



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO DE FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

**BIOECOLOGÍA DEL BARRENADOR GRANDE DE LA SEMILLA DEL
AGUACATE *Heilipus lauri* Boheman (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)
EN LA REGION CENTRAL DE MÉXICO**

ALVARO CASTAÑEDA VILDÓZOLA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2008

La presente tesis titulada: BIOECOLOGÍA DEL BARRENADOR GRANDE DE LA SEMILLA DEL AGUACATE *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: CURCULIONIDAE) EN LA REGION CENTRAL DE MÉXICO realizada por el alumno ALVARO CASTAÑEDA VILDÓZOLA, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: _____
DR. ARMANDO EQUIHUA MARTÍNEZ

ASESOR: _____
DR. HÉCTOR GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

ASESOR: _____
DR. JESÚS ROMERO NÁPOLES

ASESOR: _____
DR. JUAN F. SOLÍS AGUILAR

ASESOR: _____
DR. SAMUEL RAMÍREZ ALARCÓN

ASESOR: _____
DR. JORGE E. PEÑA

BIOECOLOGÍA DEL BARRENADOR GRANDE DE LA SEMILLA DEL AGUACATE
***Heilipus lauri* Boheman (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN LA REGION**
CENTRAL DE MÉXICO

Alvaro Castañeda Vildózola
Colegio de Posgraduados, 2008.

RESUMEN

A pesar de que *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) es una plaga que puede repercutir negativamente en la comercialización exterior del aguacate cultivado en México, se carece de información científica básica y aplicada sobre este insecto. La existente es muy superficial e imprecisa que no puede sustentar aspectos relacionados con su morfología, biología y distribución en nuestro país. Considerando lo anterior se propone generar información básica que pueda ser utilizada como referencia dentro de programas de manejo y/o erradicación dentro de áreas que reportan la presencia de este insecto. La presente investigación comprendió la descripción morfológica, aspectos biológicos como instares larvarios, fecundidad, fertilidad y longevidad; fluctuación poblacional en Ixtapan de la Sal, Estado de México, así como sus enemigos naturales, distribución y hospederas en centros de origen del aguacate. La genitalia masculina y femenina de tres especies de *Heilipus* Germar (*Heilipus lauri* Boheman, *H. pittieri* Barber y *H. trifasciatus*) se describen e ilustran. La duración en días de los diferentes estados de desarrollo de *H. lauri* en laboratorio ($26\pm 2^{\circ}\text{C}$, 60-70% HR y fotoperiodo 12:12) fue para el huevo de 10.87 ± 0.45 , larva 48.51 ± 2.30 y de la pupa 15.32 ± 1.58 . Las larvas de *H. lauri* pasan por cuatro instares larvarios de acuerdo con el estudio de distribución de frecuencias de la anchura de las capsulas cefálicas, análisis discriminante, prueba de traslazo y análisis de regresión lineal. Los machos vivieron 319.82 ± 88.69 días ($n=17$, rango 181-464) y las hembras 299.29 ± 86.13 d ($n=17$, rango 188-462). Una población de 17 hembras ovipositó 8482 huevos en un periodo de 56 semanas, con un promedio de 498.47 ± 208.85 (rango 224-952) huevos/hembra y un porcentaje de fertilidad de $85.57\pm 7.27\%$ ($n=1646$), con un rango de 72.51- 91.41%. De acuerdo con los resultados de fluctuación poblacional en los años 2004-2005, la presencia de adultos de *H. lauri* en Ixtapan de la Sal, Edo. de México fue desde marzo hasta septiembre, y las mayores densidades de población se registraron en mayo, junio y julio. El insecto fue registrado en los estados de México, Morelos y Veracruz en huertos de traspatio; teniendo como hospederas a los cultivares Hass, Fuerte, Colín V-33, *P. scheideana* y *Persea americana* var. *drymifolia*. Los aguacates antillanos, *P. americana* var. *americana* en Veracruz y Yucatán y *P. americana* var. *guatemalensis* en Chiapas no fueron hospederas de *H. lauri*. No se registró la presencia de enemigos naturales de *H. lauri* en Ixtapan de la Sal.

Palabras clave: *Persea americana*, picudos, ciclo de vida, fecundidad, distribución.

**BIOECOLOGY OF THE AVOCADO SEED WEEVIL *Heilipus lauri* Boheman
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ON THE CENTRAL REGION OF MEXICO**

Alvaro Castañeda Vildózola

Colegio de Posgraduados, 2008.

ABSTRACT

Even though *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) is a pest that negatively affects exportation of avocado produced in Mexico, there is a lack of basic and applied scientific information on this insect. Available information in our country is general and imprecise in aspects such as morphology, biology and distribution. In this sense, the goal of this research was to provide information that can be used in management and eradication programs in areas where this pest has been reported. This research includes morphological description, biology, larval instar, fecundity, fertility and longevity; It is also presented fluctuation of *H. lauri* in Ixtapan de la Sal, Estado de Mexico, natural enemies, distribution and hosts. Male and female genitalia from three species of *Heilipus* Germar (*Heilipus lauri* Boheman, *H. pittieri* Barber y *H. trifasciatus*) is described and illustrated. Under controlled conditions (26±2°C, 60-70% HR, 12:12 light:dark), *H. lauri* stages lasted the following: egg 10.87±0.45, larva 48.51±2.30 and pupa 15.32±1.58 days. Larva went through four instars according with the frequency distribution, discriminant analysis, overlapping test and simple regression of cephalic width. Males survived 319.82 ± 88.69 days (n=17, minimum 181 and maximum 464 days) and females survived 299.29 ± 86.13 days (n=17, minimum 188 and maximum 462 days). Seventeen females laid 8482 eggs during 56 weeks, with an average of 498.47±208.85 (224-952) eggs/female and a fertility percentage of 85.57±7.27% (n=1646), that oscillated from 72.51 to 91.41%. During 2004-2005 in Ixtapan de la Sal, *H. lauri* adults were observed from March to September with the highest densities in May, June and July. The insect was found in Mexico, Morelos and Veracruz states on Hass, Fuerte, Colón V-33, *P. scheideana* and *Persea americana* var. *drymifolia*. *P. americana* var. *americana* (Veracruz and Yucatan states) and *P. americana* var. *guatemalensis* (Chiapas state) were no hosts of *H. lauri*. No natural enemies of *H. lauri* were found in Ixtapan de la Sal.

Key words: *Persea americana*, weevils, life history, fecundity, distribution.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico que me permitió realizar mis estudios de doctorado.

Al Colegio de Posgraduados, por permitirme estar en sus aulas y brindarme conocimientos.

A la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C quien me proporciono todas la facilidades para mí capacitación.

Agradezco sinceramente a los integrantes de mí consejo particular: Dr. Armando Equihua Martínez, Dr. Héctor González Hernández, Dr. Jesús Romero Nápoles, Dr. Juan F. Solís Aguilar, Dr. Samuel Ramírez Alarcón y Dr. Jorge E. Peña; de quienes recibí todo su apoyo en el desarrollo de la presente investigación y sugerencias valiosas para mejorar el manuscrito y sobre todo por sus enseñanzas. Fue un gran privilegio para mí verme rodeado de personas con gran sabiduría y prestigio académico.

Al Maestro Jorge Valdez Carrasco por su constante e incondicional apoyo en la presente investigación, quien siempre me ha brindado su amistad sincera en todo momento, enseñanzas, su gran calidez humana y por ser una persona ejemplar. Maestro Jorge, gracias por todo.

Al Dr. Hiram Bravo Mojica, le agradezco mucho sus comentarios que me permitieron mejorar el presente trabajo y por su amistad.

A los Maestro Luís Emilio Castillo Márquez y Horacio Koji Osada Velásquez por su apoyo en los análisis estadísticos.

Al Dr. Cristian Nava Díaz, por su apoyo incondicional y por la gran amistad que nos une desde que estudiamos la preparatoria.

Al Dr. Allan González Herrera de la Universidad de Costa Rica, C.A. por facilitarme muestras de *Heilipus* spp. y por su gran amistad.

Al Dr. Esteban Rodríguez Leyva por su apoyo y sugerencias durante el desarrollo de mi investigación y por su amistad.

A todos mis maestros, Dr. Néstor Bautista M., Dra. Laura Delia Arenas O., Dr. J. Concepción Rodríguez M., Dr. Ángel Villegas M., Dr. Julio Sánchez E., Dra. Socorro Anaya R., Dr. Jorge Vera G. y Dr. José López C., mi agradecimiento por compartir conmigo sus conocimientos y sobre todo su amistad. Muchas gracias a todos.

Al Ing. Pedro Mijares Oviedo Director General del ICAMEX y Secretario Técnico de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C por su apoyo incondicional, su amistad y por permitirme concluir esta gran meta.

Dra. Maria de la Cruz Espindola Barquera, Gerenta de Investigación y Desarrollo Frutícola de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C. por el apoyo que me brindo durante mi estancia en el Colegio de Posgraduados.

A mis amigos y colegas con quienes mantengo una gran amistad: Dr. Cristian Nava Díaz, Dr. Francisco Javier Avendaño Gutiérrez, Dr. Omar Franco Mora, Dr. Agustín Robles Bermúdez, Dr. Ariel W. Guzmán Franco., Dra. Maria Teresa Santillán Galicia, Dra. Maria de Lourdes Arévalo Galarza, Dr. Juan Carlos Reyes Alemán, Dra. Maria de la Cruz Espindola Barquera, Dr. Juan José Delgadillo, Dr. Alejandro Rodríguez, Dr. Luís Martín Hernández Fuentes, Dr. Eduardo Campos Rojas, M. C. Karla Yolanda Flores Maldonado, M.C. Martha Y. Sánchez Roncancio y Dr. Carlos Acatitla Trejo.

A mis compañeros de trabajo por su amistad y constantes ganas de superación. En especial agradezco a la Sra. Berenice Rogel González y el Ing. Abdiel Aguirre Aguirre por su amistad y apoyo.

A mis compañeros estudiantes, luchen por lograr sus sueños.

Si olvide a alguien que es lo mas seguro, espero me disculpen, no es intencional esta omisión, pero créanme agradezco todo su apoyo y amistad.

DEDICATORIA

A ti señor Dios, por todas tus bendiciones.

Esta tesis la dedico a lo mas valioso y preciado que tengo en la vida, mí familia. Con todo mí amor y gran respeto a una gran mujer, mí esposa Eva y a la razón de mí vida, mí hijo Alvarito Axel, gracias por su paciencia, por sus palabras de aliento en los momentos más difíciles y por el gran amor que siempre he recibido de ustedes. Juntos logramos concluir este sueño que parecía lejano, lo logramos familia.

Con mucho agradecimiento y cariño a mis padres:

Antonia Vildózola Tiempos
Mario Castañeda Sol

A mis hermanos:

Irene, Luís, Silvia, Ignacio y Agustín.

Y a toda la familia que es muy numerosa, los quiero a todos y gracias por su apoyo.

CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE CUADROS	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Plagas del aguacate a nivel mundial y en México	4
3.2 Género <i>Heilipus</i>	7
3.3 Especies del género <i>Heilipus</i> spp. que dañan al aguacate	8
3.4 El barrenador grande de la semilla del aguacate <i>Heilipus lauri</i> Boheman (Coleoptera: Curculionidae)	9
3.4.1 Antecedentes	9
3.4.2 Taxonomía	9
3.4.3 Descripción	10
3.4.4 Plantas hospederas	11
3.4.5 Biología	12
3.5 Fluctuación poblacional	12
3.6 Distribución geográfica	13
3.7 Enemigos naturales	13
3.8 Instares larvarios	14
3.8.1 Determinación de instares larvarios	15
3.8.2 Utilidad de la determinación de instares larvarios	17
3.9 Fertilidad y fecundidad en Curculionidae	17
4. MATERIALES Y MÉTODOS	19
4.1 Origen del material entomológico	19
4.2 Cría de <i>H. lauri</i>	19
4.3 Descripción morfológica de <i>H. lauri</i>	20
4.3.1 Huevo	20
4.3.2 Larva	21
4.3.3 Pupa	21
4.3.4 Adulto	22
4.4 Descripción de los genitales de tres especies de <i>Heilipus</i> spp. asociadas al aguacate	22
4.5 Biología de <i>H. lauri</i>	23
4.6 Determinación de instares larvarios de <i>H. lauri</i> en condiciones de laboratorio	24
4.7 Estudio de la longevidad, fecundidad y fertilidad de <i>H. lauri</i>	26
4.8 Fluctuación poblacional de adultos de <i>H. lauri</i> en Ixtapan de la sal, Estado de México	27
4.9 Distribución geográfica y hospederos de <i>H. lauri</i>	28
4.10 Enemigos naturales de <i>H. lauri</i>	29
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
5.1 Descripción de los estados de desarrollo y aspectos de la biología de <i>H. lauri</i>	30
5.1.1 Huevo	30

5.1.2 Larva	30
5.1.3 Pupa	32
5.1.4 Adulto	33
5.2 Descripción de la genitales de tres especies de <i>Heilipus</i> que dañan frutos de aguacate en México y Costa Rica	36
5.2.1 Genitalia de <i>H. lauri</i> Boheman	36
5.2.2 Genitalia de <i>H. pittieri</i> Barber	37
5.2.3 Genitalia de <i>H. trifascatus</i> Fabricius	38
5.3 Biología de <i>H. lauri</i>	45
5.3.1 Huevo	45
5.3.2 Larva	46
5.3.1 Pupa	48
5.3.3 Adulto	49
5.4 Determinación de instares larvarios de <i>H. lauri</i>	52
5.5 Longevidad, fecundidad y fertilidad de <i>H. lauri</i>	57
5.6 Fluctuación poblacional de <i>H. lauri</i>	62
5.7 Distribución y hospederos de <i>H. lauri</i>	64
5.8 Enemigos naturales de <i>H. lauri</i>	68
6. CONCLUSIONES	70
7. LITERATURA CITADA	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Descripción de los estados de desarrollo de <i>H. lauri</i> .	35
Figura 2. Machos de <i>Heilipus</i> spp.	42
Figura 3. Genitalia masculina de tres especies de <i>Heilipus</i> spp.	43
Figura 4. Genitalia femenina de tres especies de <i>Heilipus</i> spp.	44
Figura 5. Ciclo de vida de <i>H. lauri</i> .	51
Figura 6. Distribución de frecuencias del ancho de la cápsula cefálica del barrenador grande de la semilla del aguacate de <i>H. lauri</i> .	52
Figura 7. Regresión lineal de los valores promedio del ancho de la capsula cefálica y el número de instares larvarios de <i>H. lauri</i> .	55
Figura 8. Curva de supervivencia de 17 hembras de <i>H. lauri</i> en laboratorio.	58
Figura 9. Total de huevos por semana ovipositados por 17 hembras de <i>H. lauri</i> en laboratorio (2006-2007).	59
Figura 10. Número de adultos de <i>H. lauri</i> capturados en árboles de aguacate criollos en el salitre, Ixtapan de la sal, Edo. de México. 2004-2005.	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Duración promedio de los estados de desarrollo de <i>H. lauri</i> criados en laboratorio ($26\pm 2^{\circ}\text{C}$, 60-70%HR, Fotoperiodo 12:12).	48
Cuadro 2. Número de observaciones y porcentaje de clasificación de cada instar de <i>H. lauri</i> obtenido del análisis discriminante.	53
Cuadro 3. Anchura promedio de la capsula cefálica, rango y constante de Dyar para los cuatro instares de <i>H. lauri</i> calculados por el análisis discriminante.	54
Cuadro 4. Rangos ajustados y probabilidades de traslapo para los cuatro instares larvarios de <i>H. lauri</i> calculados mediante la prueba de traslapo.	54
Cuadro 5. Distribución y hospederos de <i>H. lauri</i> en distintas regiones geográficas de México.	67

1. INTRODUCCIÓN

El aguacate, *Persea americana* Mill. (Lauraceae), es nativo de México y Centroamérica. Actualmente se cultiva en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. A México se le considera como el principal productor con 112, 782 hectáreas cultivadas, en donde se producen cerca de un millón de toneladas al año. El estado de Michoacán ocupa el primer lugar en producción de esta fruta con 963, 499 toneladas, al que siguen Morelos, Nayarit, Puebla, Guerrero y Jalisco con 32, 489; 23,158; 12, 785 y 8, 560 toneladas anuales, respectivamente (El Financiero en línea, 2006, consultar <http://www.siap.gob.mx/>). México es parte del centro de origen del aguacate y por millones de años el árbol ha convivido con una amplia variedad de insectos asociados a sus tallos, ramas, hojas, flores y frutos y que en la naturaleza cumplían con una función específica como parte del proceso de regulación poblacional de esta especie vegetal. A partir de la apertura de extensas áreas dedicadas a la explotación comercial de este frutal, diversos insectos de importancia agrícola han tenido a su disposición alimento abundante durante todo el año (Wysocki *et al.* 2003).

El grupo de insectos asociados al aguacate que se destacan por su importancia son los denominados del tipo cuarentenario en el que se agrupan seis especies de Curculionidae (Coleoptera) y una de Elasmobranchidae (Lepidoptera). Los barrenadores de ramas *Copturus aguacatae* Kissinger y *C. constictus* Champion, los barrenadores pequeños de la semilla del aguacate *Conotrachelus perseae* Barber y *C. aguacatae* Barber, el barrenador grande de la semilla del aguacate *Heilipus lauri* Boheman, barrenador del tallo *H. albopictus* Champion y la palomilla barrenadora de la semilla del aguacate *Stenomoma catenifer* Walsingham son los más importantes y la causa principal que originó la implementación de la

cuarentena impuesta por el gobierno de Estados Unidos de America al aguacate mexicano en 1912 (SAGARPA, 2002; Muñiz-Velez, 2001; Leos-Rodriguez *et al.* 2003).

A pesar de ser una especie reconocida en nuestro país, *H. lauri* ha recibido poca atención y se tiene escaso conocimiento de su descripción, biología, fluctuación poblacional, enemigos naturales y distribución. Esto puede ser debido a que su distribución incluye unicamente los estados de Veracruz, Morelos, Hidalgo, Estado de México y Guerrero, pero no se encuentra en Michoacán donde predominan otras especies barrenadores del aguacate como *Conotrachelus perseae* y *Copturus aguacatae*.

2. OBJETIVOS

El presente estudio tiene como objetivo general estudiar aspectos morfológicos y bioecológicos del barrenador grande de la semilla del aguacate *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) que contribuyan a entender la importancia que representa este insecto de carácter cuarentenario y facilitar a las autoridades fitosanitarias de México tomar las medidas necesarias que eviten su distribución a regiones productoras de aguacate en donde no se ha registrado. Los objetivos particulares de este trabajo son los siguientes:

- 1) Describir e ilustrar las principales características morfológicas de los estados de desarrollo de *H. lauri* con el apoyo de técnicas modernas de microscopia, fotografía digital y procesamiento de imágenes que faciliten su identificación.
- 2) Conocer aspectos biológicos de *H. lauri* en laboratorio como número de instares larvarios de *H. lauri* mediante la técnica de la medida del ancho de la cápsula cefálica; su longevidad, fecundidad y fertilidad
- 3) Estudiar la fluctuación poblacional de *H. lauri* en Ixtapan de la Sal, Estado de México.
- 4) Identificar los enemigos naturales, su distribución, hospedantes silvestres y cultivados en los principales centros de origen del género *Persea* spp.
- 5) Conocer la distribución de *H. lauri* en los principales centros de origen del género *Persea* spp.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Plagas del aguacate a nivel mundial y en México.

A Nivel mundial se reportan 108 especies de insectos y ácaros presentes en las principales regiones productoras de aguacate del mundo. Los ordenes Thysanoptera, Heteroptera, Lepidoptera y Diptera agrupan el mayor número de especies nocivas a este frutal (Waite y Martínez-Barrera 2002).

En Israel se reportan como plagas asociadas al aguacate a los acaros, *Tetranychus cinnabarinus*, *T. urticae*, *Anychus orientalis* y *Polyphagotarsonemus latus*; Trips, *Heliothrips haemorrhoidalis* y *Retithrips syriacus*; chinches *Stenozygum coloratu*, *Capparis spinosa* y *Oxycaraenus hyalinipennis*, mosquita blanca, *Parabemisia myricae*, pulgones, *Aphis gossypii* y *A. spiraecola*; piojos harinosos, *Pseudococcus longispinus*, escama suave, *Protopulvinaria pyriformis*, y los lepidópteros, *Boarmia selenaria*, *Cryptoblabe gnidiella*, *Cacoecimorpha pronubana* y *Spodoptera littoralis* (Swirski et al. 1995).

De Villiers y Van Der Berg (1987) reportaron para Sudáfrica 18 especies de insectos plaga, destacando en importancia a la mosca de la fruta de Natal, *Pterandrus rosa*, las escamas suaves, *Protopulviriana pyriformis* y *Coccus hesperidium*, escamas armadas, *Hemiberlesia lataniae* y *Chrysomphalus dyctiospermi*, la chinche, *Pseudothraupis wayi*; trips, *Heliothrips haemorrhoidalis* y *Selenothrips rubrocinctus*, piojo harinoso, *Pseudococcus longispinus* y los lepidópteros, *Ascotes reciprocaria*, *Tortrix capensana*, *Archips occidentales*, *Cryptophlebia leucotreta*.

En Australia y Nueva Zelanda se tienen registros de plagas importantes del aguacate, destacando en importancia los tortricidos, *Ctenopseustis obliquana*, *C.*

herana, *Planotortrix notophaea*, *Epalxiphora axenana* y *Stathmopoda* spp., las escamas, *Hemiberlesia lataniae* y *H. rapax*, el trips, *Heliothrips haemorrhoidalis*, la araña roja, *Eotetranychus sexmaculatus* y el crisomélido *Monolepta australis* (Fay y DeFaveri 1990, Stevens *et al.* 1995, Steven 2004).

En California y Florida, Estados Unidos de Norteamérica, presentan problemáticas fitosanitarias diferentes; en California se tienen registradas como plagas al complejo de arañas rojas, *E. sexmaculatus*, *Oligonychus punicae*, *O. perseae* y *O. yothersi*, la escama, *P. pyriformis*, el geométrico, *Sabulodes aegrotata*, el minador de la hoja, *Marmara salictella*, los enrolladores de hoja, *Amorbia cuneana*, *A. emigratella* y *A. essignata*, el tortricido *Argyrotaenia citrana*, los trips, *Scirtothrips perseae* y la chinche, *Homalodisca coagulata* (Waite y Martínez-Barrera 2002, Hoddle *et al.* 2003, Oevering *et al.* 2003). Peña (2003) reportó para Florida 49 especies de ácaros e insectos asociados al aguacate; sin embargo, sólo 12 son consideradas como plagas de importancia económica como la mosca de la fruta del caribe *Anastrepha suspensa*, los geométridos *Epimeces detexta*, *E. matronaria*, *Anacamptodes defectaria*, *Oxidia vesulia transpones*, la chinche de encaje, *Pseudacysta perseae*, minador de la hoja del aguacate, *Gracillaria perseae*, enrollador de la hoja, *Caloptilia* sp., araña roja, *O. yothersi*, la chinche mirida, *Dagbertus fascitus*, el ácaro eriofido, *Tegolophus perseae* y el barrenador del tallo, *Heilipus apiatus*.

En Chile destacan en importancia como plagas del aguacate la araña roja, *O. yothersi*, piojo harinoso, *P. longispinus*, escamas armadas, *Aspidiotus nerii* y *H. rapax*, trips *H. haemorrhoidalis*, escamas, *Saissetia oleae* y *P. pyriformis*, y los coleópteros, *Naupactus xanthographus* y *Pantomorus cervinus* (López-Laport 1999).

En Brasil, *S. catenifer* es la principal plaga del aguacate, tiene una amplia distribución en el país y su presencia ha causado la reducción de la superficie cultivada con este frutal debido a las grandes pérdidas que ha ocasionado (Nava *et al.* 2006). Otras plagas importantes registradas son *Heilipus catagraphus* y *H. rufipes*, curculiónidos que barrenan los tallos del aguacate causando la mortalidad de árboles jóvenes (Lourenção *et al.* 1984, 2003); el lepidóptero, *Deuterollyta majuscula* (Herrich-Schaffer) actúa como defoliador y en ocasiones se alimenta de los frutos (Nava *et al.* 2004).

En México existen varios reportes de insectos y ácaros plaga del cultivo del aguacate, recientemente Morales-Torres (2006) y Equihua-Martínez *et al.* (2006), reportan la presencia de varias especies de insectos nocivas al aguacate en Michoacán y las agrupan en tres categorías, plagas cuarentenarias, primarias y secundarias. En el grupo de las cuarentenarias destacan en importancia los barrenadores pequeños de la semilla, *Conotrachelus perseae* y *C. aguacatae*, y el barrenador de ramas, *Copturus aguacatae* (Curculionidae). En el grupo de las plagas primarias agrupan a numerosas especies de trips de los géneros *Frankliniella*, *Neohydatotrips*, *Scirtothrips*, *Heliiothrips* y *Pseudophilothrips*; ácaros, *O. punicae* y *O. perseae* (Tetranychidae) y *Calepitrimerus muesebecki* (Eriophyidae) y *Amorbia cuneana* (Lepidoptera: Pyralidae). Las plagas secundarias reportadas son lepidópteros defoliadores, *Copaxa multifenestrata* (Saturnidae), *Papilio garamas garamas* (Papilionidae), *Pyrrhopyge chalybea* (Hesperidae), escamas armadas de los géneros *Abgrallaspis*, *Acutaspis*, *Aspidiotus*, *Chrysomphalus*, *Diaspis*, *Hemiberlesia*, *Melanaspis*, *Mycetaspis*, *Pinnaspis*, *Quadraspidotus* y *Velataspis*; escamas blandas, *S. oleae*, *Coccus hesperidum*, *Pulvinaria simulans*, *Ceroplastes cirripediformis* (Coccidae), agalla

del aguacate, *Trioza anceps* (Psyllidae), periquito del aguacate, *Metcalfiella monograma* (Membraciadae) y mosquitas blancas, *Aleirodicus dugesi*, *Paraleyrodes goyabae*, *Trialeurodes floridensis* y *Trialeurodes similis* (Aleyrodidae).

En otras regiones productoras del aguacate como Veracruz, Morelos y Estado de México se tienen registrada la presencia de insectos de carácter cuarentenario como la palomilla del aguacate, *S. catenifer* (Acevedo 1970), el barrenador de ramas, *Copturus constrictus*, barrenador del tallo *Heilipus albopictus* (Muñiz 2001), y el barrenador grande de la semilla del aguacate, *Heilipus lauri* (Medina 2005).

3.2 Género *Heilipus*.

El género *Heilipus* originalmente descrito por Germar en 1854, está integrado por 91 especies distribuidas en el continente Americano, 39 para Norte y Centro América (O'Brien & Wibmer 1982) y 52 para América del Sur (Wibmer & O'Brien 1986). Recientemente, Vanin & Gaiger (2005) determinaron a *H. odoratus* como una nueva especie sudamericana; con lo que se incrementa el número de la lista original a 92 especies. En México, se tienen registradas únicamente 11 especies de *Heilipus*, siendo las más conocidas *H. albopictus* y *H. lauri* (O'Brien & Wibmer 1982, Muñiz-Velez 2001).

Los caracteres morfológicos que describen al género *Heilipus* los propuso Kurschel (1955) y son los siguientes: premento glabro, tibias posteriores curvadas y forman en el ángulo interno un fuerte mucro unciforme, premucrón ausente. Proceso mesosternal tuberculiforme.

3.3 Especies del genero *Heilipus* spp. que dañan al aguacate.

A la fecha, la literatura registra ocho especies de *Heilipus* que atacan al aguacatero *Persea americana* Mill. Estos insectos ovipositan en tallos y frutos, a los que las larvas destruyen totalmente. En el estado de Florida, E. U. A, las larvas de *H. squamosus* Lec. (= *H. apiatus* Oliver), actúan como barrenadores de tallos, causando la muerte de árboles jóvenes (Wolfenbarger 1948, Woodruff 1963). En México, se ha registrado al barrenador del tallo del aguacatero *H. albopictus* Champion en Morelos e Hidalgo (Morrone 2003); y al barrenador grande de la semilla *H. lauri* Boheman, en Morelos, Puebla, Estado de México y Veracruz (García 1962, Medina-Quiroz 2005).

En Costa Rica se presentan tres especies de barrenadores, el del tallo *H. elegans* Guerin y los barrenadores de frutos *H. trifasciatus* Fabricius (= *H. perseae* Barber) y *H. pittieri* Barber (González-Herrera 2003). *H. trifasciatus* también ha sido reportada en la zona del canal de Panamá (Dietz & Barber 1920). En Brasil, se han detectado las especies *H. elegans* Guerin, *H. rufipes* Perty y *H. catagraphus* Germar como barrenadores de tallos del aguacatero; aunque *H. catagraphus* también ha sido observado dañando frutos de aguacate y perforando tallos de *Annona squamosa* L. Por el número de especies, el género *Heilipus* se considera como el grupo primario de insectos nocivos al cultivo del aguacatero en América (Lourenção *et al.* 1984, 2003).

3.4 El barrenador grande de la semilla del aguacate *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae).

3.4.1 Antecedentes.

La descripción original de *H. lauri* la realizó Boheman en 1845, la especie tipo se colectó en México sin mencionar el lugar preciso y la planta hospedera se reportó como *Laurus drymifolia*. Posteriormente Champion (1902), en su obra *Biología Centrali-Americana* reporta la colecta de dos especímenes de *H. lauri* en Calpulalpan, Tlaxcala, México. Barber (1912) reportó la introducción de *H. lauri* a los Estados Unidos, al capturar ejemplares de esta especie en Ontario, California y en San Luis Missouri. La introducción de *H. lauri* a territorio Norteamericano se debió a la importación de semillas provenientes de México. Este evento propició la creación de la cuarentena impuesta al aguacate mexicano en 1912. En México, García (1962), reportó el primer estudio sobre la morfología, biología, distribución y control de *H. lauri*. Desgraciadamente las investigaciones sobre esta especie ya no continuaron. Medina (2005) en Morelos, concluyó que *H. lauri* en Morelos se alimenta de genotipos de aguacate criollos y de mejorados y que su presencia es durante todo el año.

3.4.2 Taxonomía.

El barrenador grande de la semilla del aguacate, está incluido dentro del *Phylum* Arthropoda, Clase insecta, Orden Coleoptera, Familia Curculionidae, Subfamilia Molytinae, Tribu Molytini (=Hylobiini), Género *Heilipus*, Especie *H. lauri* Boheman 1845 (Morrone 2000). Otras especies muy relacionadas con *H. lauri* son: *H. pittieri* y *H. trifascitus*, ambas nativas de Costa Rica y Panamá (Dietz & Barber 1920, González-Herrera 2003).

3.4.3 Descripción.

La descripción original de este insecto, la realizó Boheman en 1854, de especímenes colectados en México. Posteriormente Champion (1902), redescubre someramente a *H. lauri*, mencionando como caracteres distintivos de la especie el rostrum largo; protórax cónico, estrecho y transverso; élitros amplios en su base y angostos en el ápice con dos manchas de color ocre en cada élitro. Barber (1919), proporciona también una descripción muy general y menciona que *H. lauri* es de color café, con dos manchas conspicuas en cada élitro en posición anteromedial y subapical. El rostrum de la hembra es 1.5 veces más grande que el pronoto y en machos es ligeramente más pequeño.

García (1962), menciona que el huevo de *H. lauri* recién depositado es de color verde y oscurece conforme avanza el desarrollo embrionario; es ovoide, con una longitud de 1 mm y 0.7 mm de ancho y el corión está reticulado. La larva próxima a pupar mide 15 a 25 mm de longitud, cuerpo curvado, color blanco lechoso, cabeza color café y mandíbulas oscuras; el primer segmento torácico es café claro. La pupa es de forma oval y en promedio mide 15 mm de largo y 7 mm de ancho y es de color blanco cremoso.

El adulto hembra mide 13.5 a 14.5 mm de largo y 5.8 a 6.1 mm de ancho; los machos alcanzan una longitud de 12.5 a 13.5 mm y 5.5 a 5.9 mm de ancho. Su coloración es negra o rojo oscuro y brillante. Los élitros son rugosos y punteados en dirección transversal, formando estrías perpendiculares, en el fondo de las estrías se observan escamas filiformes de color blanco que dan un aspecto moteado al cuerpo. Cada élitro posee un par de manchas amarillas, formadas por la aglomeración de escamas en forma de diente. Las manchas son un carácter distintivo de la especie. La región externa carece de rugosidad, con

una densidad variable de escamas, lo que dependerá de la parte del cuerpo que se trate.

3.4.4 Plantas hospederas.

El barrenador grande de la semilla del aguacate, es una especie monófaga, ya que su única planta hospedera conocida es ésta, atacando tanto genotipos criollos como cultivares comerciales. Salgado y Bautista (1993), reportaron que en el Estado de México, *H. lauri* causa daño en frutos de aguacate Hass, Fuerte y Colín V-33. Medina (2005), documentó que en Morelos *H. lauri* tiene preferencia por frutos de aguacate criollo, *P. americana* var. *drymifolia* y los cultivares Choquette, Fuerte Hass, donde causa del 30 al 60% de daño. Del Ángel-Coronel (2006), reportó la presencia de *H. lauri* en frutos de *Persea schiedeana* Nees en Huatusco, Veracruz. La información de este autor representa el primer reporte de *H. lauri* dañando frutos de una especie diferente al aguacate.

Hasta el momento no se conocen otros hospederos de *H. lauri* en México, pero cabe mencionar que nuestro país es megadiverso en especies del género *Persea*, por lo tanto no se descarta la posibilidad de que el barrenador grande de la semilla esté asociado a otras especies afines al aguacate, tal como sucede con la palomilla del aguacate *Stenomoma catenifer* que ha sido reportada en otras lauráceas como el chinene (*Persea schiedeana* Nees.), anayo (*Beilschmedia* sp.), *Chlorocardium rodei*, *Nectandra megapotamica* Mez., *Cinnamomum camphora* (L.) (Acevedo *et al.* 1972; Cervantes *et al.* 1999; Link y Link 2008).

3.4.5 Biología.

García (1962), reportó el primer estudio sobre la biología de *H. lauri*, sin embargo, en ese trabajo de laboratorio, no se mencionaron variables como temperatura, humedad relativa y fotoperíodo, así como su efecto en la duración de cada uno de los estados de desarrollo, por lo que se puede considerar impreciso. En ese estudio se menciona que el huevo tuvo un periodo de incubación de 12 a 14 días, el estado de larva tuvo una duración de 54 a 63 días, con cinco posibles instares larvarios; la pupa registró una duración de 14 a 16 días y la longevidad del adulto osciló entre los 3.5 a 4.0 meses.

En Ixtapan de la Sal, Estados de México, Salgado y Bautista (1993), determinaron que *H. lauri* requiere 100 a 117 días para completar su ciclo biológico desde huevo hasta la emergencia del adulto; sin embargo, estos autores no reportaron la duración para cada uno de los estados de desarrollo de este insecto.

La fenología del cultivo, juega un papel importante en el número de generaciones de *H. lauri* que se presenten en campo. García (1962), concluyó que en Tepoztlan y en Cuernavaca, Morelos, el barrenador grande de la semilla presentó dos generaciones al año, la primer se desarrolló en los meses de junio-agosto y la segunda en diciembre-febrero.

3.5 Fluctuación poblacional.

En la naturaleza las poblaciones de insectos normalmente fluctúan en función del tiempo debido a factores bióticos y abióticos. De esta forma el estudio de las poblaciones de cualquier especie de insecto debe considerar estos factores. Uno de los puntos importantes de la entomología agrícola en el estudio

de las fluctuaciones poblacionales de insectos plaga consiste en obtener datos referentes a las épocas de presencia de “picos” poblacionales, proporcionando las bases y posibilidades de implementar medidas de control eficientes que permitan establecer el equilibrio poblacional (Broglia-Micheletti 1999).

La utilización de trampas luminosas o con feromonas son importantes para estudiar la fluctuación poblacional de insectos. La distribución de las trampas en el campo es aleatoria y permanecen por un período predeterminado en un área establecida. Al final de cada periodo, los insectos se identifican y cuantifican. Sin embargo, para *H. lauri* no existe una técnica de monitoreo de adultos; la captura directa es una herramienta implementada en curculiónidos diurnos como *Scyphophorus acupunctatus* y *Trichobaris championi* (Solis-Aguilar 2001, Huerta-Paniagua 2003).

3.6 Distribución geográfica.

García (1962) menciona la presencia del barrenador grande de la semilla del aguacate en Estado de México (Villa Guerrero, Texcaltitlán y Zumpahuacán), Guerrero (Acapetlahuaya, Cacalotenango, Cuetzala del progreso, Chapa, Iguala, San Francisco de la Cuadra, San Felipe Chila, Pachivira, Taxco), Hidalgo (Xochicotlan), Morelos (Cuernavaca, Puente de Ixtla y Tepoztlán) y Veracruz (Zapotitlan).

3.7 Enemigos naturales.

Respecto a los enemigos naturales de *H. lauri*, la información disponible hace mención únicamente de *Bracon* spp. (Braconidae), ectoparasitoide gregario de larvas. Su presencia fue registrada por García (1962) en Tepoztlán, Morelos y

reporta un porcentaje de parasitismo de alrededor del 10%. Sin embargo, Medina (2005), no reporta la presencia de enemigos naturales de *H. lauri* para esa localidad.

3.8 Instares larvarios.

Durante su desarrollo, las larvas de los insectos y otros artrópodos mudan regularmente, reemplazando su exoesqueleto. Como resultado, el periodo larval se divide en varios estadios o instares, aunque existe controversia sobre estos términos (Carlson 1983, Fink 1983).

Sin embargo, el término instar se define como el periodo de una muda a otra, por lo tanto el primer instar inicia con la emergencia de la larva del huevo hasta la primer muda y el último instar abarca la última muda y finaliza con cualquiera de los eventos, un estado de prepupa y/o pupación (Esperk *et al.* 2007).

El número de instares larvarios es muy variable y dependerá del grupo de insectos. Por ejemplo en *Trichogramma australicum*, se ha reportado un solo instar (Jarjees y Merritt 2002); las larvas del efemeróptero *Leptophlebia cupida* pueden alcanzar hasta 34 instares (Clifford *et al.* 1979). Comúnmente, el número de instares esta muy canalizado a nivel instraespecifico, es decir, no es variable y es constante en cada grupo de insectos. Los insectos tienen de tres a ocho instares como regla, pero en algunos ordenes filogeneticamente viejos como Ephemeroptera, Odonata y Plecoptera donde los estados inmaduros están fuertemente esclerosados y su exoesqueleto no es expansible, obliga a tener más de 10 mudas (Esperk *et al.* 2007).

Esperk *et al.* (2007) concluyeron que existen rompimiento a las reglas sobre la estabilidad del número de ínstaes larvarios. A nivel intraespecífico puede existir variabilidad en el número de ínstaes larvarios y que puede suceder en insectos hemimetábolos y holometábolos. Las causas pueden ser atribuidas a factores climáticos como temperatura, fotoperiodo, humedad, calidad y cantidad del alimento y densidad de insectos en una superficie.

3.8.1 Determinación de ínstaes larvarios.

La medición del ancho de la cápsula cefálica, ha sido la técnica mas empleada para la determinación de ínstaes larvarios. El análisis de las mediciones se basan en la regla de Dyar (1890), misma que se basa en que la cápsula cefálica una vez esclerosada, permanece más o menos constante durante cada instar en particular, con una progresión geométrica regular de una muda a otra. Esta técnica puede presentar poca o ninguna dificultad en la separación de ínstaes larvarios, sin embargo puede haber traslapos entre ínstaes que causen incertidumbre en la determinación apropiada de un instar en particular. Existen muchos estudio que respaldan esta regla, aunque hay casos en al que los resultados no se ajustan, tal como lo reportan para las larvas de *Zeuzera pyrina* (L.) (Lepidoptera: Cossidae) (García y Haro 1987).

La regla de Dyar se aplicó originalmente en insectos del orden lepidóptera, generándose una gran cantidad de información hasta la fecha como lo reportan en *Phthorimea operculella* (Llanderal, 1993), *Copitarsia incomoda* (Flores *et al.* 2006) y *Comadia redtenbacheri* (Hernández *et al.* 2005). En el caso de coleópteros de las familias Dryophthoridae y Curculionidae, la regla de Dyar se ha aplicado exitosamente como lo demuestran numerosos estudios.

El picudo del algodónero *Anthonomus grandis*, presentó tres instares larvarios (Reardon *et al.* 2002); los picudos acuáticos del arroz *Lissorhoptrus oryzophilus* y *L. kuscheli* (Cave y Smith 1983, Pantoja *et al.* 1999) y el picudo argentino de los pastos *Listronotus bonarensis* tuvieron cuatro instares larvarios (Goldson *et al.* 2001). Los picudos de las leguminosas *Sitona hispidulus*, *S. lineatus* y *S. discoideus* presentaron cinco instares larvarios; los picudos del mango *Cryptorhynchus* (= *Sternochetus*) *mangiferae* y *S. frigidus* presentaron también cinco instares larvarios (Hansen *et al.* 1989, De Jesús y Gabo, 2000). El picudo del guayabo *Conotrachelus dimidiatus* y el picudo del aguacatero *C. perseae* tuvieron cinco instares larvarios (Muñiz y González 1982, Salinas 1999), excepto *Conotrachelus psidii* que registró cuatro instares (Bailez *et al.* 2003). Ulmer *et al.* (2007) determinaron que el picudo *Eurhinus magnificus* plaga importante de especies de Vitaceae en Florida, U. S. A. presenta también cinco instares larvarios.

Los picudos de la familia Dryophthoridae *Metamasius callizona* y *M. mosieri* registraron cinco instares larvarios (Salas y Frank 2001, Cave *et al.* 2006). En Uganda, África, Gold *et al.* (1999) reportaron que *Cosmopolites sordidus* presentó de cinco a siete instares larvarios en laboratorio; aunque en condiciones de campo manifestó seis instares larvarios. En Puerto Rico las poblaciones de campo de *C. sordidus* presentaron cinco instares larvarios (Pantoja *et al.* 2006). Sarro *et al.* (2004) determinaron que el picudo del cocotero *Homalinotus coriaceus* pasa por siete instares larvarios. El picudo chileno de la frambuesa *Aegorhinus superciliosus*, es la especie con más instares larvarios en curculionidae, del que se han registrado 14 (Aguilera y Rebollero 2001).

3.8.2 Utilidad de la determinación de instares larvarios.

La identificación apropiada de los instares larvarios de los insectos constituye una herramienta de mucha utilidad en diversos estudios de control biológico, ya que parasitoides y depredadores presentan cierta preferencia por algún instar del huésped; de igual manera los entomopatógenos son más eficientes con algún instar en particular. En toxicología, se tiene el conocimiento que las dosis letales son variables dependiendo del instar larvario, de manera que tanto en un bioensayo y en manejo de campo, la identificación correcta de los instares larvarios de una especie de insecto plaga, permite tener un manejo más homogéneo y se obtiene también una mejor eficiencia de los agroquímicos.

La construcción de tablas de vida, requiere del conocimiento apropiado de los instares larvarios ya que es esencial en estudios donde los factores bióticos y abióticos ejercen un papel importante en la mortalidad y supervivencia de un determinado instar. Adicionalmente otra aplicación importante es en el desarrollo de modelos poblacionales y determinación de la fluctuación poblacional de una especie plaga, permitiendo la implementación de programas de manejo integrado que eviten alcanzar el nivel de daño económico a un determinado cultivo (Llenderal 1993, Gold *et al.* 1999).

3.9 Fertilidad y fecundidad en Curculionidae.

Los estudios de fertilidad y fecundidad constituyen también una herramienta básica para el conocimiento del potencial biótico de una especie insectil de importancia agrícola. Al conocer el número de huevos depositados por hembra y su fecundidad se puede pronosticar la magnitud del daño que puede causar una población de insectos fitófago para una región. Esta información

también ha sido de utilidad en los programas de producción de insectos benéficos para su uso en control biológico, en particular la producción masiva del insecto huésped. En Florida, EUA, se ha implementado el estudio de fertilidad y fecundidad de picudos del genero *Metamasius* plagas importantes de bromeliáceas. El objetivo de estos estudios fue disponer de huevos para la producción masiva del taquínido *Lixodmestia franki* y su posterior liberación para el control de *Metamasius* spp. (Suazo *et al.* 2006b).

Las hembras de *Metamasius mosieri*, tienen la capacidad de ovipositar 39.2 huevos durante su vida productiva (Cave *et al.* 2006). Similarmente *M. callizona* puede ovipositar 39.6 huevos en todo su ciclo productivo (Frank *et al.* 2006). *M. quadrilinetus* oviposita 19.7 huevos en su ciclo productivo y presenta una viabilidad de los huevos del 33% (Suazo *et al.* 2006a), en laboratorio es la especie menos productiva. Por otro lado *M. hemipterus* oviposita 51.6 huevos y se caracteriza por ser la especie más fecunda, su porcentaje de fertilidad es de 81.3% (Weissling *et al.* 2003). En general la fecundidad de estas especies es muy baja si se compara con *Conotrachelus psidii*, ya que esta especie oviposita de 539 a 793 huevos/hembra durante todo su período reproductivo con un 95.5% de fertilidad (Bailez *et al.* 2003). *Rhynchophorus cruentatus* tiene la capacidad de ovipositar 207 huevos por hembra con un 40 al 100% de fertilidad (Weissling y Giblin 1994).

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 Origen de material entomológico.

Los adultos del barrenador grande de la semilla del aguacate *H. lauri*, se colectaron en árboles de traspatio en Ixtapan de la Sal, Estado de México. Este lugar se ubica a 1685 msnm; 18°49'28.2" de Latitud N y 99°39'50.2" de Longitud W. Es una zona de transición entre clima templado subhúmedo y cálido subhúmedo. La temperatura media anual es de 28°C (máxima de 37°C y mínima de 11°C) y la precipitación anual es de 1321mm (Salgado y Bautista, 1992).

4.2 Cría de *H. lauri*.

Los adultos de campo se trasladaron al laboratorio de Parasitología de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C en Coatepec Harinas, Estado de México y se mantuvieron a una temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, humedad relativa de 60-70% y fotoperiodo 12:12 horas luz: oscuridad. Como fuente de alimentación de los adultos y sustrato de oviposición, se les proporcionó frutos de aguacate del cultivar Colín V-33. Los huevos se extrajeron diariamente del interior de los frutos con el empleo de un bisturí del número 11, se realizó un corte en el orificio de oviposición para exponer al huevo y con un pincel de pelo de camello del número 0 se retiraron y se colocaron en cajas Petri que contenían papel absorbente húmedo como sustrato de incubación. Las cajas estuvieron en observación cada 12 h para detectar la emergencia de larvas.

Debido a que no se contó con dieta artificial para iniciar la cría de *H. lauri*, se emplearon frutos de aguacate cv. Colín V-33; estos frutos tienen la ventaja de no descomponerse rápidamente como sucedió con los frutos de los cultivares

Hass y Fuerte. Debido a la imposibilidad de criar las larvas sobre rodajas de fruto de aguacate (éstas se oxidaban al contacto con el aire quedando inservibles para ser utilizadas como alimento), se utilizaron frutos completos de aguacate (n=50), con peso ($X \pm DS$) de 218.41 ± 27.94 g, largo 9.4 ± 0.69 cm, ancho 6.8 ± 0.31 cm. Con el bisturí se realizaron dos pequeñas perforaciones en los extremos del fruto, a través de los cuales se introdujo una larva neonata por perforación. En total se infestaron 500 frutos y un total de 1000 larvas para tener material disponible para el estudio morfológico y determinación de instares larvarios.

4.3 Descripción morfológica de *H. lauri*.

En este estudio sólo se describen estructuras que pueden facilitar la identificación del insecto, empleando por ello terminología reciente. Se empleó fotografía digital para complementar la descripción proporcionando evidencias reales de las distintas estructuras del cuerpo.

4.3.1 Huevo. Se empleó una muestra de 50 huevos, de los que se describen su coloración; los huevos fueron fotografiados directamente con un fotomicroscopio Tessoar (Carl Zeiss, Germany) con cámara digital para microscopía PAXCM3 para realizar las mediciones de la longitud y ancho. Para las mediciones se utilizó una escala de referencia que se obtuvo de un micrómetro de objetivo (Carl Zeiss, Germany) fotografiado en las mismas condiciones que las muestras. Las imágenes digitalizadas se midieron con el programa Image Tool para Windows ver. 3.0 (Wilcox *et al.* 2002). Con la imagen de la reglilla micrométrica se calibró el programa y se utilizaron micrómetros como unidad de medida. Las mediciones de

longitud y anchura del huevo se realizaron tomando como referencia la distancia entre los puntos más externos de sus bordes.

La descripción de la superficie del corion, requirió fotografías al microscopio electrónico de barrido (JEOL 35-C). Los huevos se deshidrataron en alcoholes al 80%, 90% y absoluto; se secaron en una secadora de punto crítico Samdri 780 A. Las muestras se colocaron en portaobjetos metálicos con cinta conductora de cobre y se cubrieron con una capa de oro de 70nm en una ionizadora de oro. Finalmente las fotografías se tomaron en un microscopio electrónico de barrido JEOL 35C. Para la descripción se empleó la terminología sugerida por Cave *et al.* (2006) y Dossdall *et al.* (2007).

4.3.2 Larva. En este estudio se utilizaron 20 larvas de cuarto instar criadas en laboratorio. Se midió la longitud del cuerpo y ancho de la cápsula cefálica empleando la metodología utilizada para el huevo. Debido a su tamaño grande y facilidad para identificar estructuras y setas, la descripción se realizó directamente empleando un microscopio estereoscópico (American Optical, U.S.A). La descripción de la distribución de setas en los distintos apéndices cefálicos, requirió macerar 10 muestras en hidróxido de potasio al 10% a 80°C durante 10 minutos, después se lavaron con agua destilada y se hicieron montajes no permanentes en glicerina.

La descripción se realizó considerando como base la terminología propuesta por Maravaldi (2003), Cave *et al.* (2006), Dossdall *et al.* (2007) y Ulmer *et al.* (2007), quienes hacen referencia a quetotaxia de la capsula cefálica, estructuras bucales, quetotaxia del cuerpo, número de pliegues en los segmentos abdominales y forma de espiráculos.

4.3.3 Pupa. Se emplearon 25 pupas y se utilizó la misma metodología que en el caso de larvas. Se consideró la terminología propuesta por Oliveira de Sousa *et al.* (2004), Laitão Barbosa y De Melo Valente (2003), Dossall *et al.* (2007) y Ulmer *et al.* (2007). La descripción se basó en la disposición de las setas en el rostrum, superficie dorsal del pronotum y abdomen.

4.3.4 Adulto. La descripción se dividió en dos partes, la morfológica externa y la interna que consideró la genitalia masculina y femenina. En el primer caso se utilizaron 34 especímenes adultos (17 hembras y 17 machos) de los que se realizaron mediciones y se hicieron descripciones basadas en la terminología propuesta por Vanin y Geige (2004), ellos describen estructuras muy específicas típicas de especies de *Heilipus* que permite su fácil identificación.

4.4. Descripción de la genitales de tres especies de *Heilipus* spp. asociadas al aguacate.

Debido a que no se tiene conocimiento apropiado de la genitalia de *H. lauri*, se requirió una descripción detallada de las distintas estructuras que forman sus genitales masculinos y femeninos de esta especie. Se adicionaron en este estudio dos especies de *Heilipus* que barrenan aguacate en Centroamérica, *H. pittieri* de Costa Rica y *H. trifasciatus* de Costa Rica y Panamá. Las muestras necesarias para el caso fueron enviadas por el Dr. Allan González Herrera de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, C. A. La adición de estas dos especies pretende remarcar las diferencias de sus genitales como carácter para separa las especies. A los especímenes de las tres especies se les separó el abdomen, se maceraron y aclararon en una solución de hidróxido de potasio al 10% por 15

minutos, a temperatura de 80°C; las estructuras se lavaron con agua destilada y se conservaron en alcohol al 70%. Se hicieron montajes temporales en glicerina para el estudio de la genitalia.

El estudio morfológico, fotografías y mediciones se hicieron en un fotomicroscopio III (Carl Zeiss, Germany) y en un fotomicroscopio Tessoar (Carl Zeiss, Germany), ambos con cámara digital para microscopía PAXCM 3. Las mediciones de las imágenes digitalizadas se realizaron con el programa Image Tool para Windows ver. 3.0 (Wilcox *et al.* 2002). Para la descripción se empleó la terminología propuesta por Kuschel (1987), Clark (1993), Howden (1995), Oliveira *et al.* (2004) y Vanin & Gaiger (2005).

4.5 Biología de *H. lauri*.

El estudio se realizó en una cámara de cría de insectos, ubicada en el Instituto de Fitosanidad del Colegio de posgraduados, Montecillo, Estado de México. La cámara de cría se mantuvo a temperatura de 26±2°C, humedad relativa de 60-70% y fotoperiodo 12:12. Se extrajeron 400 huevos de frutos de aguacate infestados por hembras criadas en laboratorio. Se depositaron en cajas Petri con papel absorbente húmedo como sustrato de incubación. Diariamente los huevos fueron observados para determinar el periodo de incubación.

Las larvas emergidas se retiraron de la caja Petri y se introdujeron a frutos de aguacate. En esta fase se infestaron 150 frutos con 300 larvas en su interior. Después de 20 días de haberlas introducido a los frutos se realizó un conteo y consistió en extraer las larvas del interior de las semillas, registrándose el número de supervivientes. Posteriormente se introdujeron a frutos nuevos de aguacate considerando una sola larva por fruto ya que se determinó que son caníbales. Al

cumplirse 20 días de la segunda reintroducción, las semillas se extrajeron de los frutos y se colocaron en cajas de plástico con arena húmeda para evitar su desecación. Un total de 76 semillas con larvas en su interior de 40 días de edad, estuvieron en observación constante para registrar el evento de pupación. Para facilitar las observaciones, a cada semilla se le realizó un orificio que permitió la observación directa de las larvas próximas a pupar. La finalización del estado de larva se concluyó cuando las semillas registraron la presencia de pupas en su interior. Similar que en el caso anterior las pupas fueron observadas diariamente a través del orificio realizado en las semillas hasta detectar la presencia de adultos. Finalmente el objetivo del estudio consistió en determinar el número de días requeridos para completar cada uno de los estados de desarrollo. Además se anexa información recolectada de campo complementaria al estudio de laboratorio.

4.6 Determinación de instares larvarios de *H. lauri* en condiciones de laboratorio.

Esta parte de la investigación se realizó en las instalaciones de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C. en Coatepec Harinas, Estado de México. Esta institución dispone de 22 hectáreas cultivadas con aguacate, lo que permitió el fácil acceso a los frutos para la cría del insecto y disponer de material para la determinación instares larvarios. La metodología para la cría de las larvas se menciona en el punto 4.2.

Las larvas de primer instar se obtuvieron directamente cuando emergieron de los huevos, se tomó una muestra de 35 individuos. De una población de frutos de aguacate previamente infestados, se tomaron muestras aleatorias ($n = 35$

larvas) a los 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 y 45 días después de haberlas introducido. En total se analizaron 385 larvas en diferentes etapas de desarrollo. Las larvas de cada muestra se depositaron en agua a 100°C durante 1 a 3 min, dependiendo de su tamaño y posteriormente se fijaron en alcohol etílico al 70%.

Para realizar la medición de las cápsulas cefálicas, se tomó una fotografía digital de la larva de interés mediante el uso de un fotomicroscopio Tessoar Carl Zeiss (Carl Zeiss, Germany) y una cámara digital para microscopía PAXCM 3. A cada una de las imágenes se les asignó un número progresivo, se archivaron en formato JPG y se capturó la imagen de la reglilla de un micrómetro graduado en centésimas de milímetro para calibrar el analizador de imágenes.

La medición de las cápsulas cefálicas se realizó empleando el programa Image Tool 3.0 (Wilcox *et al.* 2002). Con la imagen de la reglilla micrométrica se calibró el programa y se utilizaron micrómetros como unidad de medida (μm). Para la medición de la anchura de la cápsula cefálica, se midió la distancia entre los puntos más externos de sus bordes laterales o genas.

Con los valores del ancho de las cápsulas cefálicas se obtuvo un gráfico de distribución de frecuencias para definir la presencia de grupos de observaciones que corresponden a cada uno de los instares larvales. Se asumió que la frecuencia de valores de cada instar, se ajusta a una distribución normal, como lo sugiere Huerta (2004).

Se realizó un análisis discriminante (SAS Institute, 1994) que permitió separar a dos o más grupos definidos *a priori* de modo que se minimiza la probabilidad de una clasificación errónea. Esta técnica tiene por objetivo depurar los instares obtenidos por el método gráfico (distribución de frecuencias) y darle una base cuantitativa al proceso de clasificación. El procedimiento consistió en

asignar un valor del 1 al 4 (supuestos instares) a cada valor numérico proveniente de la medición de la cápsula cefálica. El valor asignado es un promedio ajustado de los valores de cada individuo en el conjunto de variables independientes y se transforman a una probabilidad a *posteriori*, que define la probabilidad de que un individuo se ajuste a cada uno de los instares definidos (Hernández *et al.* 2005, Lucho 2006). Con el programa PROC MEANS se calcularon los estimadores de cada instar (media, desviación estándar y varianza), necesarios para definir los valores de cada instar (SAS Institute 1994).

También se calculó la probabilidad de traslape entre instares (SAS Institute 1994) y se redefinieron los límites mínimo y máximo de cada instar. Los parámetros requeridos para separar apropiadamente los instares se estiman bajo el supuesto de que la distribución de los valores de las cápsulas cefálicas para cada instar sigue una progresión normal y que la distribución observada es la suma de las distribuciones normales individuales (Logan 1998). Se aplicó la regla de Dyar y análisis de regresión lineal para obtener la tasa promedio de incremento de la cápsula cefálica y verificar que su incremento sigue una progresión lineal para los diferentes instares larvarios de *H. lauri*.

4.7 Estudio de longevidad, fecundidad y fertilidad de *H. lauri*.

En julio de 2006, se colectaron 100 frutos infestados con larvas de *H. lauri* en Ixtapan de la Sal, Estado de México; mismos que se acondicionaron en el laboratorio de parasitología de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C., para esperar la emergencia de adultos. En septiembre, emergieron 17 parejas en un solo día, mismas que se emplearon en el experimento. El sexado se realizó tomando como referencia el tamaño del rostrum, las hembras lo tienen

más largo y delgado y en los machos es corto y grueso; estos individuos se trasladaron a una cámara de cría de insectos en el edificio de Fitosanidad del Colegio de Posgraduados. Los insectos por pareja se depositaron en recipientes de plástico de 14 cm de altura, 10.5 cm de diámetro y 1L de capacidad. Como sustrato de oviposición y alimento se emplearon frutos de aguacate cv. Colín V-33 de septiembre de 2006 hasta febrero de 2007, debido a la escasez del cv. Colín V-33 se emplearon aguacates criollos *Persea americana* var. *drymifolia* y cv. Fuerte. En mayo se reinició la alimentación con frutos de Colín V-33. La cámara de cría se mantuvo controlada a una temperatura de $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, 60-10% de HR y fotoperíodo 12:12. Desde el inicio hasta el final del experimento se cuantificó cada tercer día el número de huevos ovipositados por hembra en el interior de los frutos. Con un bisturí del No. 11, cuidadosamente se realizaron cortes en los sitios de oviposición para exponer los huevos y con un pincel de pelo de camello del No. 0 se extrajeron y depositaron en una caja Petri con papel absorbente húmedo para facilitar la cuantificación.

El conteo finalizó hasta que la última hembra murió. El estudio reporta el número promedio de huevos ovipositados por hembra cada semana y el porcentaje de supervivencia de las hembras se ilustra en una grafico curva de supervivencia.

4.8. Fluctuación poblacional de adultos de *H. lauri* en Ixtapan de la Sal, Estado de México.

Hasta el momento, la literatura no reporta de métodos de muestreo respecto al barrenador grande de la semilla del aguacate, pero se conoce que este insecto es de hábitos diurnos y muy activo durante la fructificación del

aguacate. Considerando esta información se realizó este trabajo en la comunidad del Salitre, municipio de Ixtapan de la Sal, Estado de México de marzo a septiembre de 2004 y marzo a septiembre de 2005. Se eligieron cinco árboles de aguacate criollos distribuidos dentro de un huerto de traspatio, se realizaron observaciones cada semana y los muestreos se realizaron de 09:00 hasta las 17:00 h dirigidas. Cada árbol fue observado por 30 minutos y el estudio consistió en la captura de adultos de *H. lauri* cuando se encontraban perforando los frutos para ovipositar o se encontraban posando entre las ramas. Todos los insectos capturados se cuantificaron y con la información generada se construyó un gráfico correspondiente a la fluctuación poblacional.

4.9 Distribución geográfica y hospederos de *H. lauri*.

En los estados de Chiapas, Guanajuato, México, Morelos, Querétaro, Puebla, Veracruz y Yucatán se realizaron observaciones, colectas de frutos infestados por larvas de insectos barrenadores o adultos en huertos de traspatio donde se cultivan aguacates mejorados, criollos y otras especies de *Persea*. El muestreo se realizó una sola vez durante la fructificación del aguacate en cada región. En Puebla el muestreo se realizó en octubre de 2005; Guanajuato y Querétaro en Agosto de 2005 y 2006. En Morelos en septiembre de 2006. Los muestreos en Veracruz tuvieron lugar en agosto de 2006 y febrero de 2008. Chiapas y Yucatán en febrero de 2008. En cada sitio de muestreo se colectó un número variable de frutos, 30 frutos en Veracruz, 50 en Morelos, 120 en el Estado de México y 35 en Guanajuato y se georeferencio el lugar con un geoposicionador (Garmin, etrex, Taiwán). A los propietarios de árboles de aguacate en Yucatán y Chiapas, se les mostraron fotografías de *H. lauri* y los daños en frutos con la

finalidad de obtener información complementaria sobre la presencia del insecto en cada región. Los frutos colectados que presentaron daños por barrenadores de semilla se mantuvieron en estudio en la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C. para lo cual se depositaron en cajas de cartón. Después de 20 días, la pulpa de los frutos se deshidrató y se retiró para extraer las semillas. Las semillas se depositaron en cajas de plástico (30cm de largo, 20 cm de ancho y 6 cm de altura) con arena húmeda en su interior para evitar la deshidratación de las semillas y la muerte de los insectos. Las cajas se cubrieron con tela tul y se esperó hasta la emergencia de adultos para identificar a las especies involucradas. La identificación de los cultivares, variedades botánicas y especies afines a *Persea* spp. donde se encontró barrenador de la semilla, la realizó el Dr. Juan Carlos Reyes Alemán, especialista en recursos fitogenéticos del género *Persea* spp. de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C.

4. 10 Enemigos naturales de *H. lauri*.

En el municipio de Ixtapan de la Sal, Estado de México, de mayo a agosto de 2006, se colectaron 300 frutos de aguacate infestados con larvas de *H. lauri*; se llevaron al laboratorio y se depositaron en cajas de cartón de 60 x 40 x15 cm (Figura 3) y se cubrieron con tela tul para evitar la fuga de los picudos y sus presuntos enemigos naturales. Después de 25 días la pulpa de los frutos se deshidrató y se les retiró la semilla, esta actividad se realizó con la finalidad de facilitar la emergencia de los adultos o de sus enemigos naturales. Posteriormente se colocaron en las cajas de cartón para continuar con la espera.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Descripción de los estados de desarrollo y aspectos de la biología de *H. lauri*.

A continuación se reporta información más específica referente al huevo, larva de 4^o instar, pupa y adulto. Una descripción más detallada de los estados de desarrollo de *H. lauri* pueden ser consultada en García (1962).

5.1.1 Huevo.

Es de forma ovoide, mide 1.40 ± 0.06 mm de largo (n=50, rango 1.28-1.54 mm) y 0.87 ± 0.03 mm de ancho (n=50, rango 0.80- 0.96 mm). Al momento de la oviposición, el corión es color blanco brillante, durante el transcurso del desarrollo embrionario adquiere una coloración café claro hasta café oscuro. Su superficie es finamente reticulada y forma figuras pentagonales (Figura 1A).

5.1.2 Larva.

La larva de cuarto instar alcanza una longitud de 24.21 ± 1.49 mm (n=20, rango 21.00 - 26.29 mm). El cuerpo es robusto, curvado y de color blanco opaco (Figura 1B); la cabeza mide 1.87 ± 0.06 mm de ancho (n=70, rango 1.80-2.04 mm), es de color café claro y no está retraída en el segmento protorácico. Antenas rudimentarias y cónicas. Sutura epicraneal visible en toda su longitud, sutura frontal en forma de U con los brazos formando un lóbulo. Presenta cinco pares de setas frontales (F), las setas F4 y F5 son muy largas, las tres restantes son de menor tamaño. En la región epicraneal se observaron cinco pares de setas dorsales (D), la D1, D3 y D5 presentaron mayor tamaño que las D2 y D4. Tiene

dos pares de setas laterales (Lt), Lt1 y Lt2 de tamaño similar y dos pares ventrales (V1 y V2) cortas (Figura 1C). El clípeo presenta tres pares de setas clipeales (Cl), las setas Cl1 y Cl2, se ubican en límite del clípeo y la frente (Figura 1D). Labro (Lbr) es lobulado, con tres pares de setas, Lbr1 y Lbr 2 son mas largas que Lbr3 (Figura 1D); epifarige muestra dos barras lábrales o tomas de forma cónica, con cuatro pares de setas anterolaterales y seis pares anteromedianas (Figura 1E). Las mandíbulas presentan dos dientes dístales, bien desarrollados y uno más rudimentario. Cada mandíbula muestra un par de setas mandibulares (Mb), la seta Mb1 se ubica entre los dientes dístales, en posición marginal se ubica la seta Mb2 (Figura 1F). Los palpos maxilares son bisegmentados, segmento basal cuadrado y el apical es cónico; cardo bien definido, estípite (Est) muestra cuatro setas, la Est1 tiene posición basal y tres setas alineadas transversalmente. La mala tiene tres sedas ventrales y siete dorsales. En el labio; el esclerito premental completo, la parte membranosa tiene un par de setas largas (Figura 1G). El posmenton (Psm) muestra tres pares de setas largas, la Psm 1 se ubica cerca de la base de esta estructura y las Psm 2 y Psm 3 colocadas cerca de los palpos labiales (Figura 1H).

El protórax presenta una placa protorácica con tres setas en cada extremo y un par de espiráculos biforos, típicos de la familia Curculionidae. La región pleural presenta dos setas y la pedal con seis setas. Mesotórax y metatórax tienen dos lóbulos sobre su superficie; cada segmento torácico presenta seis setas de distinta longitud.

Abdomen formado por nueve segmentos, los segmentos del I al VII con un par de espiráculos bicamerales laterales, el VIII tiene posición dorsal (Figura 1I). Los espiráculos en sus bordes inferior y superior con una seta espiracular; cada

segmento abdominal presenta cuatro lóbulos o pliegues de la cutícula y dos pares de setas postdorsales. El segmento IX con dos pares de setas dorsales. Ano rodeado por cuatro lóbulos, los laterales muestran un par de setas.

5.1.3 Pupa.

Mide 16.97 ± 1.25 mm de longitud (n=25, rango 14.95- 19.78 mm). El protórax, tiene forma subtriangular, mas ancho en su base y bordes redondeados. Presenta nueve pares de setas dispuesta como sigue: dos pares anterodorsales, dos pares discales, cuatro pares laterales y un par posterodorsal. Metatórax con dos pares de setas, escutelum en posición transversal y ligeramente elevado; metatórax con dos pares de setas, la superficie de las pterotecas presentan tubérculos y están paralelamente estriados en sus bordes (Figura 1J).

La cabeza presenta un par de setas frontales; los ojos son ovales y muestran un par de setas sobre cada ojo; el rostro de las hembras, alcanza las coxas metatoraxicas y en los machos apenas las mesotorácicas. Presenta cinco pares de setas en posición lineal, cuatro pares en posición basirrostral y el quinto se inserta a 1/3 del ápice del rostro, cercano a la base de las antenas (Figura 1K).

El abdomen en vista dorsal está formado por nueve segmentos. Los segmentos I al VII con espiráculos; el segmento I presenta una seta pleural sobre el espiráculo, los segmentos II al VII con seta pleural al costado derecho del espiráculo. Segmento VIII carece de seta pleural. Segmentos I al VII con tres pares de setas dorsales, las del segmento I son más cortas y delgadas que el resto. Segmento VIII con un par de setas dorsales. El segmento IX tiene un par de pseudocercis orientados caudalmente y con un par de setas ventrales (Figura 1J).

5.1.4 Adulto.

El integumento es opaco, de coloración negro rojizo en la mayoría del cuerpo, excepto las patas de color rojizo. La longitud del cuerpo (excluyendo el rostro) es de 14.77 ± 0.87 mm (n=17, rango 13.03-15.91 mm) en las hembras y 13.78 ± 0.76 mm (n=17, rango 12.50-15.15 mm) en los machos.

El rostro alcanza una longitud de 7.29 ± 0.67 mm (n=17, rango 6.02- 8.38 mm) en hembras y 5.32 ± 0.28 mm (n=17, rango 4.92- 5.94 mm) en los machos. Es curvo en las hembras y ligeramente más delgado que en los machos, en estos últimos es corto y recto. La inserción de las antenas en las hembras es en la parte media del rostro y en machos a 1/3 del ápice del rostro. Este carácter es distintivo para la separación de sexos. La superficie del rostro a 1/3 de su base es rugosa y con escamas cortas, blancas, redondeadas y en forma de diente, a 2/3 de su ápice es casi liso. La superficie de la cabeza es rugosa, presenta pocas escamas alargadas, blancas y redondeadas; frente con una depresión redondeada y poco profunda. Los ojos son ovalados.

El protórax, alcanza una longitud de 3.59 ± 0.18 mm (n=17, rango 3.25- 3.92 mm) y 3.86 ± 0.20 mm de ancho (n=17, rango 3.51- 4.11 mm) en las hembras y 3.28 ± 0.17 mm de longitud (n=17, rango 2.05- 3.56 mm) y 3.65 ± 0.11 mm de ancho (n=17, rango 3.42- 3.81 mm) en los machos. Su ápice es constreñido, bisinuado en su base, superficie rugosa y el margen apical es curvo y redondeado en su base.

Los élitros en las hembras alcanzan una longitud de 10.37 ± 0.59 mm (n=17, rango 9.28- 11.16 mm) y 5.86 ± 0.32 mm (n=17, rango 5.33- 6.20 mm) de ancho y en los machos 9.78 ± 0.40 mm (n=17, rango 9.13- 10.46 mm) de largo y 5.49 ± 0.24 mm (n=17, rango 5.14- 5.89 mm) de ancho. Los lados son subparalelos hasta 4/5

de su longitud, gradualmente se estrechan hasta su ápice y en conjunto son redondeados. Los ángulos humerales de los elitros forman un cayo humeral y cerca del tercio apical de los mismos, presentan un cayo periápical prominente, muy característico del género *Heilipus*.

La superficie de los élitros es estriada, con numerosas escamas filiformes, que dan una apariencia moteada. El carácter distintivo de la especie lo constituye la presencia de dos pares de manchas de forma irregular y alargadas, formadas por la compactación de escamas pequeñas ovales de color naranja opaco (Figura 1L). El primer par, es el más grande y se localiza a $2/5$ de la base de los élitros y el segundo a $1/5$ del ápice, ubicada casi sobre el cayo periápical. Las patas de ambos sexos, están cubiertas por escamas alargadas y blancas; los fémures de las patas pro, meso y metatorácicas presentan una gruesa espina a $1/3$ del margen distal, que al decrecer hacia su extremo apical forma una estructura aserrada en su margen interno. El extremo apical de las tibias presenta flecos de setas y un fuerte mucro. El abdomen en vista ventral presenta escamas largas, delgadas y redondeadas en el centro de los ventritos y escamas cortas, gruesas y blancas en sus bordes. En los ventritos I y II se observa una depresión poco profunda en machos y hembras.

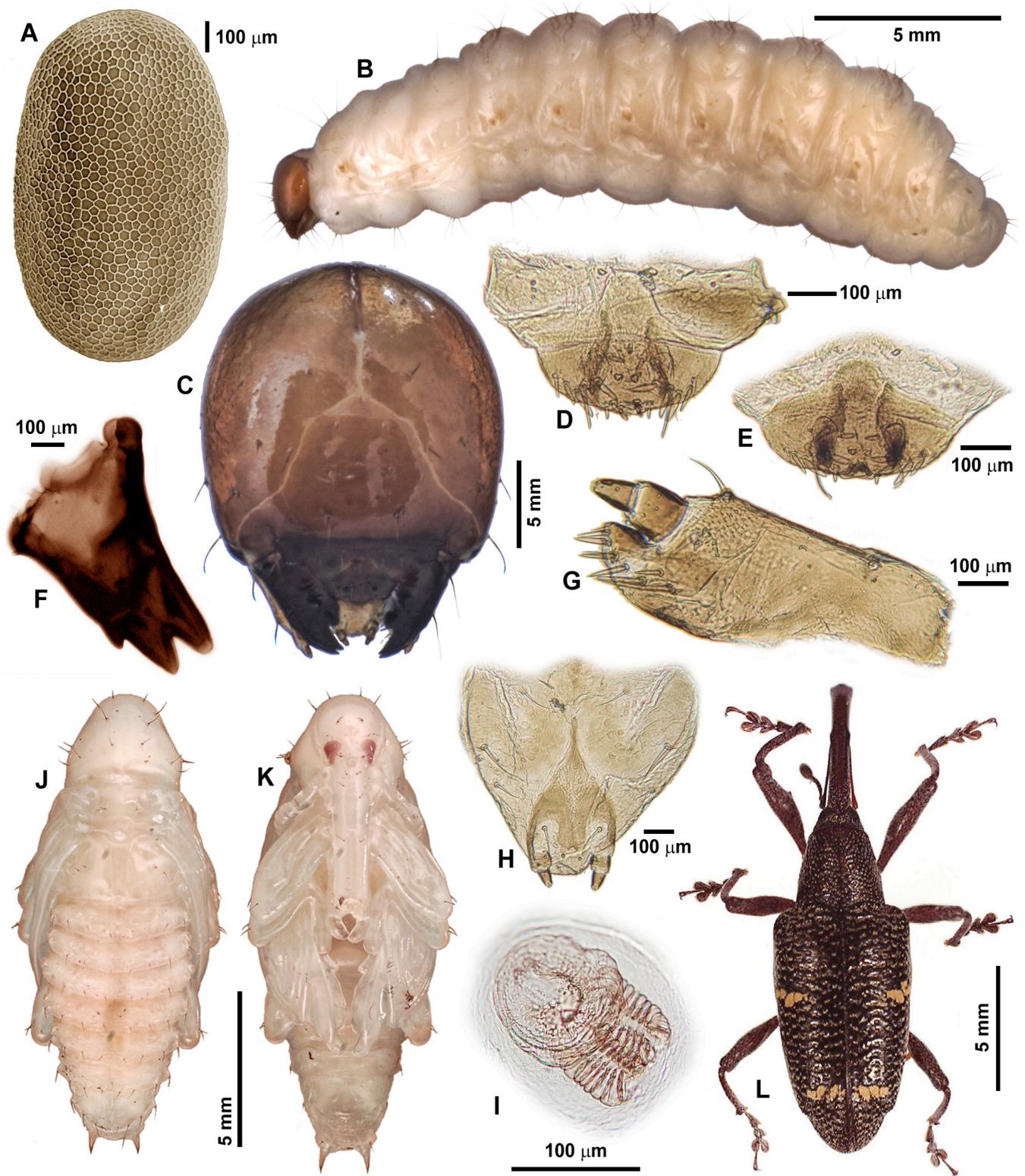


Figura 1. Descripción de los estados de desarrollo de *H. lauri*. Huevo A; Larva B; Capsula cefálica C; Labro-Clipeo D; Hepifaringe E; Palpo maxilar G; Labio H; Espiráculo abdominal I; Pupa vista dorsal J; Pupa vista ventral K; Adulto L.

5.2. Descripción de la genitalia de tres especies de *Heilipus* que dañan frutos de aguacate en México y Costa Rica.

No obstante que la estructura general de la genitalia de cada uno de los sexos en las tres especies es similar, la morfología fina de algunos caracteres, en particular edeagos, espículas, esternitos VIII y estilos, lo que pueden ser usada como una herramienta para separar a estas especies.

5.2.1 Genitalia de *H. lauri* Boheman.

Macho (Figura 2A). Edeago de 2.13 mm de longitud y anchura máxima de 0.75 mm, su forma general es triangular, simétrico y con una constricción subapical; saco interno corto sin sobrepasar los apodemas, membranoso, con microtriquias y sin escleritos (Figura 3A). En vista lateral es de similar tamaño que los apodemas, estos miden 1.75 mm de longitud (Figura 3D). Tegmen con parámetros que miden 1.02 mm de longitud; manubrio de 0.44 mm de largo, ápice truncado y anillo relativamente grueso (Figura 3G). Espícula gastrale de 2.77 mm de longitud y 0.16 mm de ancho, ligeramente de mayor tamaño que el cuerpo del edeago y menos robusta que la de *H. trifasciatus*; la placa cuticular del esternito VIII de 0.60 mm de ancho, en su parte superior se divide en dos placas pequeñas y cuadradas e inferiormente tiene forma de “V” (Figura 3J).

Hembra. Esternito VIII alargado en forma de “Y”; el apodema es robusto, mide 0.45 mm de longitud y 0.11 mm de ancho y presenta dos pequeñas protuberancias laterales en su base; los brazos del esternito de 1.18 mm de longitud. Los bordes internos y externos de los brazos de este esternito presentan protuberancias cuticulares que van disminuyendo su esclerosamiento hasta terminar en membrana; las protuberancias externas son más prolongadas, inician

a partir de los 2/3 de los brazos del esternito. La apertura máxima de los brazos del esternito VIII de 0.94 mm de ancho; ápice redondeado y muestra pocas setas (Figura 4A). Los coxitos de 1.08 mm de longitud y 0.28 mm en su parte basal que es más ancha que la terminal (Figura 4D). Los estilos de 0.17 mm de largo y 0.10 mm de ancho, son cilíndricos, más esclerosados que los coxitos, articulados al ápice de estos. Distalmente presentan dos grupos de sénsulos bien definidos (Figura 4G). La espermateca mide 0.86 mm de longitud, es esclerosada, de cuerpo delgado y con forma de U. Los brazos de la espermateca son largos, delgados y casi del mismo tamaño; el que conduce al conducto espermático es ligeramente más largo y el que conecta a la glándula espermática es corto (Figura 4J). Bursa copulatrix sin escleritos.

Material examinado: México. Estado de México: Ixtapan de la sal, 5 hembras y 5 machos, 18.VII.2004. Colector: A. Castañeda-Vildózola (en frutos de aguacatero *P. americana*).

5.2.2 Genitalia de *H. pittieri* Barber

Macho (Figura 2B). Edeago de 2.40 mm de longitud y tiene una anchura máxima de 0.78 mm, la forma es triangular, con bordes simétricos que convergen en una constricción subápical que inicia a la mitad del cuerpo del edeago. Saco interno corto, sin sobrepasar los apodemas, membranoso, con microtriquias y sin esclerito (Figura 3B). En vista lateral, mide casi el doble del tamaño de los apodemas, estos alcanzan una longitud de 1.47 mm, ligeramente más cortos que *H. lauri* y *H. trifasciatus* (Figura 3E). Tegmen con parámetros de 1.15 mm de longitud, manubrio de 0.27 mm, es más corto y menos esclerosado que las otras dos especies y el ápice es redondeado; el anillo es delgado (Figura 3H). Espícula

gastrale de 2.82 mm de longitud y 0.07 mm de ancho, placa cuticular del esternito VIII de 0.83 mm de ancho, es bilobulada, brazos delgados y con dos pequeñas placas delgadas y de forma triangular (Figura 3K).

Hembra. Esternito VIII parecido al de *H. lauri* y en forma de "Y". El apodema de 0.24 mm de longitud y 0.10 mm de ancho; con una ligera dilatación en su base. Los brazos del esternito de 1.40 mm de longitud, lados curvados en su totalidad, esclerosados y con protuberancias cuticulares externas que inician a partir de la mitad de los brazos del esternito. La apertura máxima de los brazos del esternito VIII de 1.13 mm de ancho; el ápice muestra pocas setas (Figura 4B). Coxitos de 1.06 mm de longitud y 0.35 mm en su parte más ancha (Figura 4E). Estilos de 0.21 mm de longitud y 0.07 mm de ancho, son alargados y no cilíndricos, más esclerosados que los coxitos y articulados al ápice de éstos; distalmente presenta dos hileras de sénsulos, a dos tercios del cuerpo del estilo, se ubica un sénsulo de tamaño pequeño (Figura 4H). Espermateca mide 0.95mm de longitud, esclerosada y tiene forma de "U". Los brazos de la espermateca cortos y de similar tamaño, el que conduce al ducto espermático es ligeramente más grande que el que conecta a la glándula espermática (Figura 4K). Bursa copulatrix sin escleritos.

Material examinado. Costa Rica. Cartago: San Ramón de tres ríos, 5 hembras y 5 machos, 19. X. 05. Colector: A. González-Herrera (adultos provenientes de larvas, criadas en frutos de aguacate *P. americana* Mill. cv. Hass).

5.2.3 Genitalia de *H. trifasciatus* Fabricius

Macho (Figura 2C). Edeago de 2.03 mm de longitud y anchura máxima de 0.78 mm; presenta lados paralelos simétricos y una ligera constricción preapical; saco interno corto sin sobrepasar los apodemas, membranoso, con microtriquias y sin esclerito (Figura 3C). En vista lateral, es de similar tamaño que los apodemas, estos alcanzan una longitud de 1.75mm (Figura 3F). El tegmen presenta parámetros de 1.00 mm de largos, el manubrio de 0.36 mm de largo y el ápice es constreñido; anillo delgado (Figura 3I). Espícula gastral de 2.83 mm de largo y 0.22 mm de ancho; la placa cuticular del esternito VIII de 0.92 mm de ancho, es de forma arriñonada y brazos gruesos (Figura 3L).

Hembra. Esternito VIII en forma de “Y”; el apodema de 0.52 mm de longitud y 0.20 mm de ancho y con su base dilatada; brazos de 1.05 mm de largo, curvados y sin protuberancias cuticulares en sus bordes internos y externos. Los brazos del esternito desde la base hasta su parte media están esclerosados; el resto de cada brazo se reduce a cutícula aplanada, ancha y con numerosas papilas. La apertura máxima de los brazos del esternito VIII es de 1.06 mm de ancho; el ápice es redondeado y sin sénsulos (Figura 4C). Los coxitos de 1.01 mm de longitud y 0.43 mm de ancho en su parte basal (Figura 4F). Estilos de 0.16 mm de largo y 0.09 mm de ancho, cortos y cilíndricos, más esclerosados que los coxitos y articulados con sus ápices; distalmente presentan dos grupos de sénsulos (Figura 4I). La espermateca de 0.84 mm de longitud; esclerosada y abultada en su parte media; brazos de la espermateca largos, gruesos, más separados que en *H. lauri* y *H. pittieri*; de tamaño similar, el que contiene al ducto espermático es ligeramente más grande que el que conecta a la glándula espermática, pero este último es más grueso (Figura 4L). Bursa copulatrix sin

escleritos.

Material examinado. Costa Rica. Tilarón: Solania, 3 hembras y 2 machos, 10. VI. 98. Colector: Y. Gómez (adultos provenientes de larvas, criadas en frutos de aguacatero *P. americana*).

El género *Heilipus* ha sido poco estudiado, esto lo demuestra la escasa literatura reportada (Barber 1919, Dietz & Barber 1920, Wolfenbarger 1948, Woodruff 1963, Lourenção *et al.* 1984, González-Herrera 2003, Lourenção *et al.* 2003, Morrone 2003. Vanin & Gaiger, (2005) hicieron un estudio morfológico de *H. odoratus* incluyendo la genitalia, este estudio representa el primero a nivel mundial en tratar la genitalia de *Heilipus*. Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que la genitalia constituye una herramienta de utilidad en la separación de especies de *Heilipus* que atacan frutos de aguacate. Se encontraron diferencias bien marcadas en las estructuras de la genitalia masculina y femenina y que son reportadas por primera vez en estas tres especies de picudos. La morfología externa de *H. lauri* y *H. pittieri* puede auxiliar en la separación de especies, el rostrum de las hembras es más grande que el de los machos; en *H. trifasciatus* se requieren observaciones más detalladas para la separación de sexos y el estudio de la genitalia es de utilidad. La genitalia masculina en Curculionoidea es muy variada en forma, tamaño y de estructuras adicionales, en este estudio, las tres especies estudiadas de *Heilipus* presentaron diferencias en la forma del cuerpo del edeago, terminación del ápice, grosor de la espícula gastral y forma del esternito VIII, estas dos últimas estructuras se consideraron clave en la separación de especies de *Heilipus* spp. Howden (1995) reportó que las estructuras relacionadas con la oviposición en Curculionidae presentan modificaciones según el sustrato utilizado para la oviposición y las

dividen en 11 categorías. El género *Heilipus* es agrupado en la categoría ocho o tipo de oviposición endofítico; las hembras ovipositan en frutos o vainas en un orificio previamente elaborado con el rostrum y con el mismo empujan el huevo en el fondo del orificio. Este grupo incluye distintas especies de Curculionidae y los coxitos (hemiesternitos) sufren modificaciones en forma y longitud, pero no es una herramienta para separar especies. La longitud de los coxitos en las tres especies de *Heilipus* tratadas en este estudio es corta en relación con el rostrum. En este estudio se demostró que el edeago y espícula gastral en machos y en las hembras, el esternito VIII y la disposición de sénsulos en el ápice de los estilos constituyen caracteres primarios para la diferenciación de las tres especies de *Heilipus* asociadas a frutos de aguacate. Finalmente, la información generada en el presente estudio constituye el primer intento para el uso de la genitalia como herramienta en una posible ubicación sistemática e incluso filogenética de las especies del género *Heilipus*.

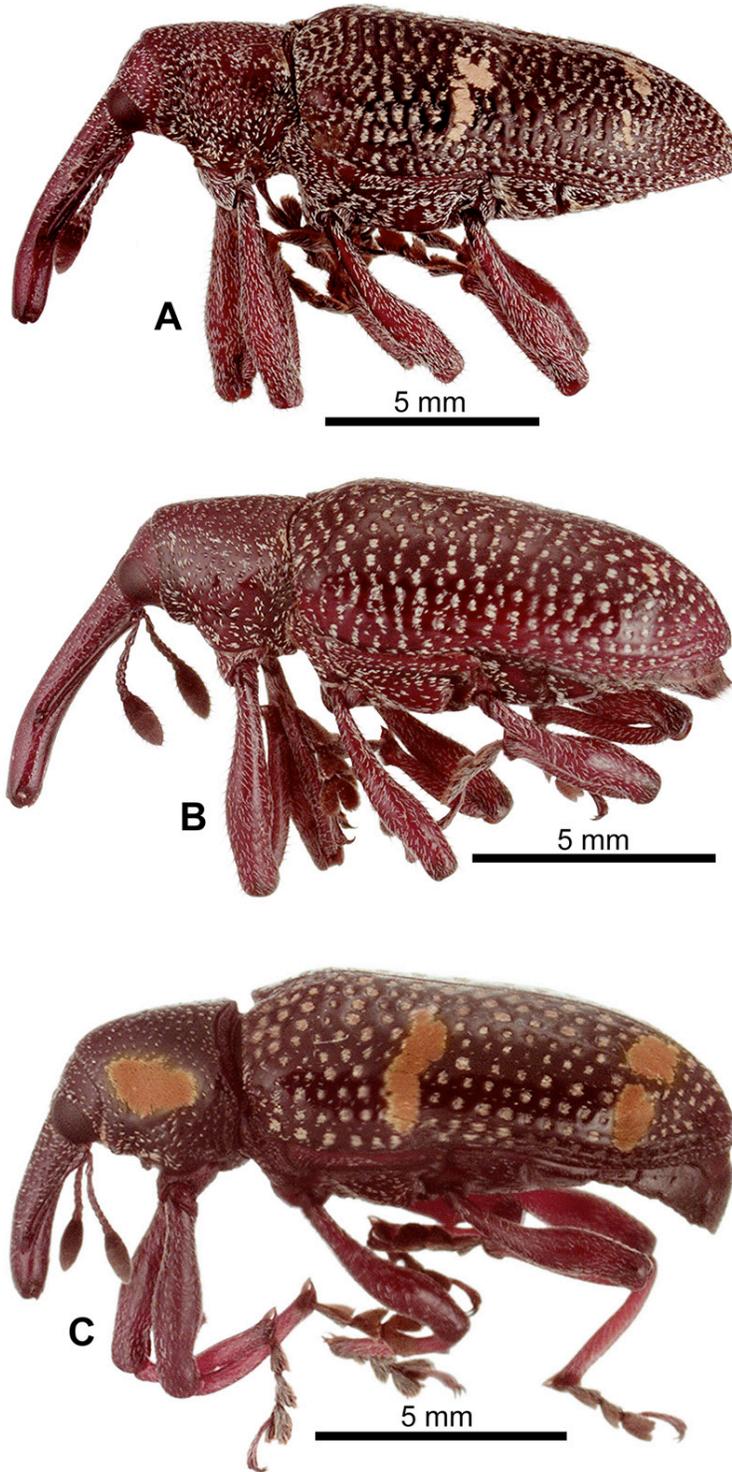


Figura 2. Machos de *Heilipus* spp. A. *lauri*; B. *pittieri*; C. *trifasciatus*, vista lateral.

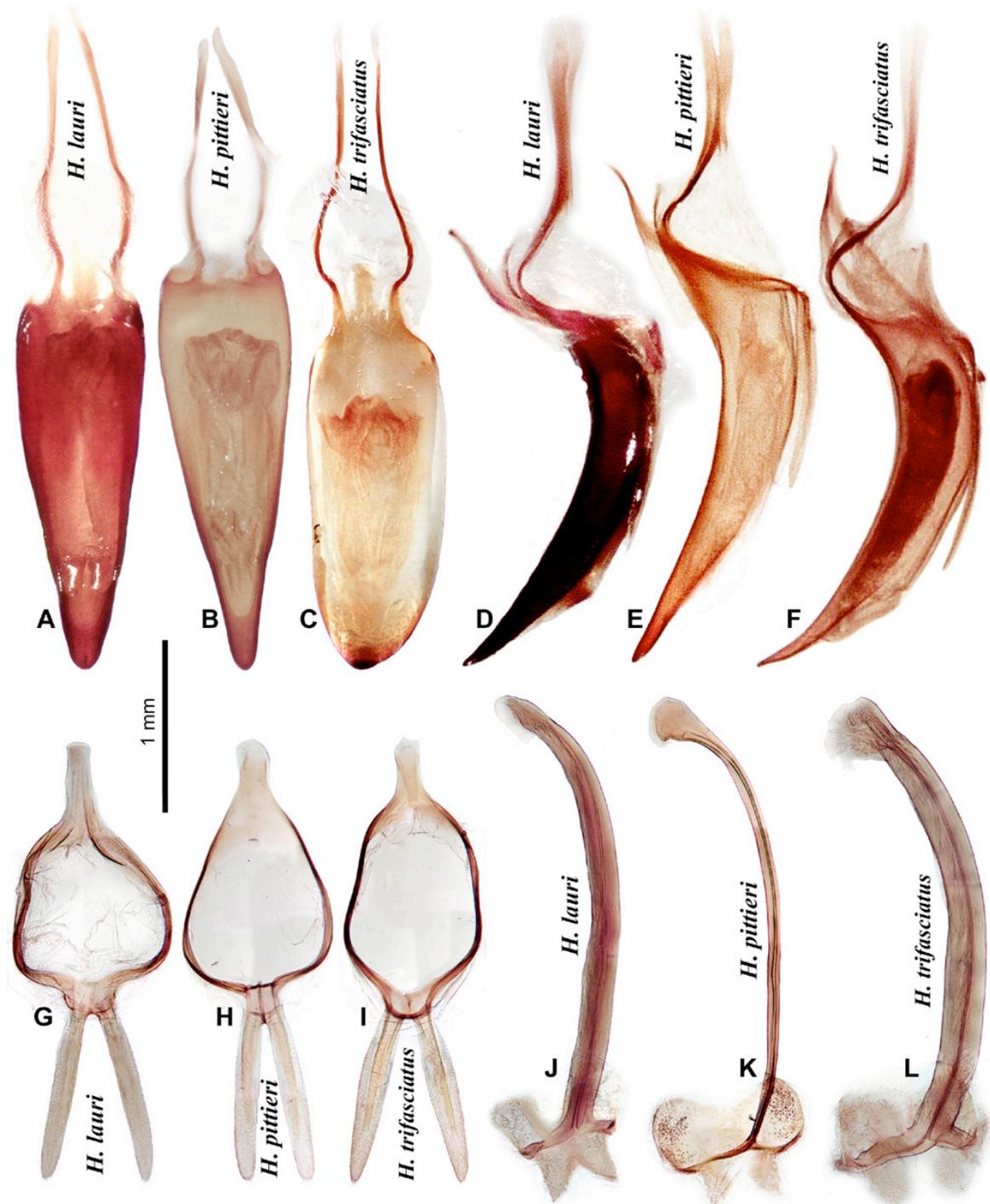


Figura 3. Genitalia masculina de tres especies de *Heilipus* spp. A-C Edeago, vista dorsal; D-F Edeago, vista lateral; G-I Tegmen, vista lateral; J-L Espícula gastrale, vista lateral.

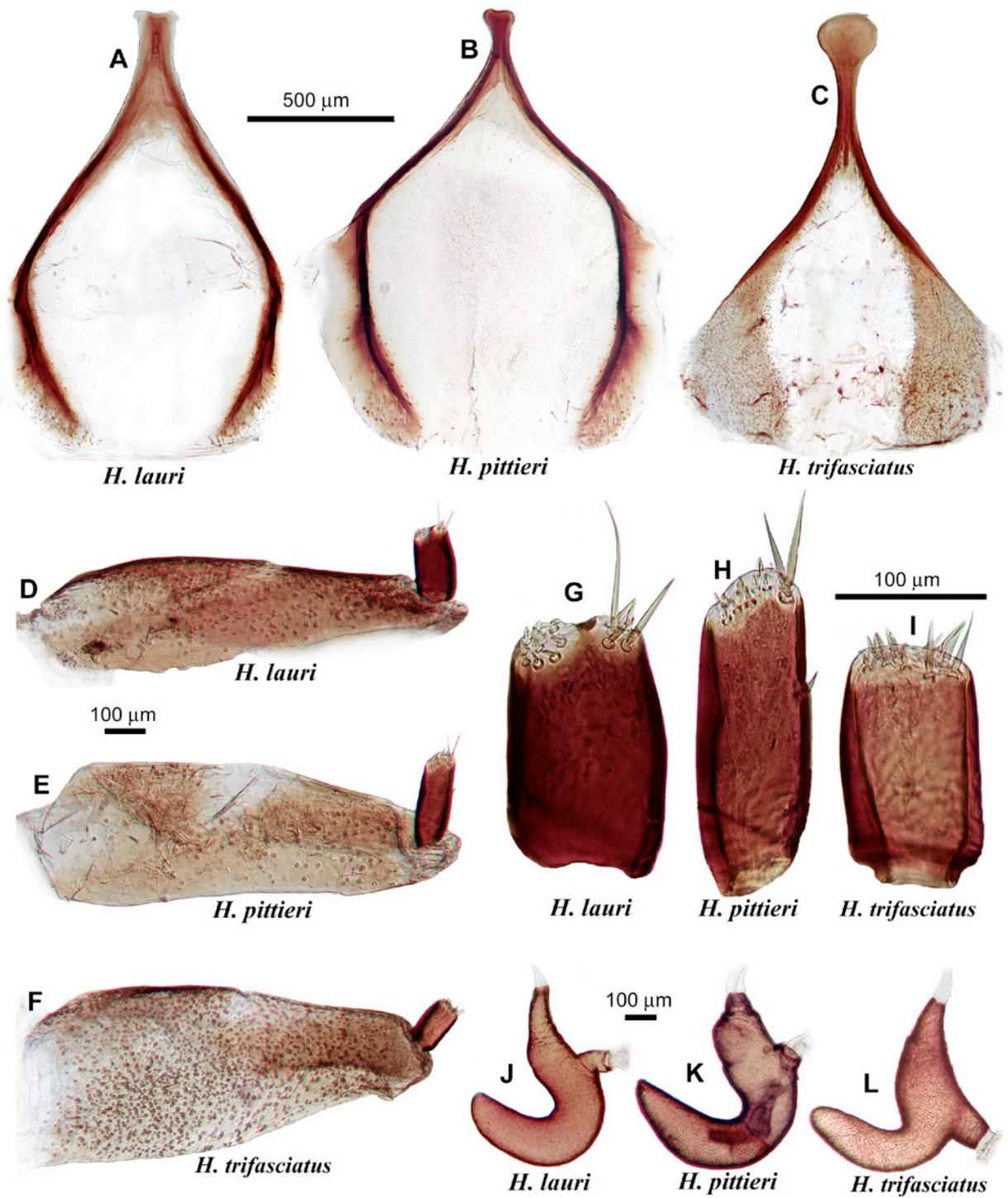


Figura 4. Genitalia femenina de tres especies de *Heilipus* spp. A-C Esternito VIII, vista lateral; D-F Coxitos, vista lateral; G-I Estilos, vista lateral; J-K Espermatecas, vista lateral.

5.3 Biología de *H. lauri*.

5.3.1 Huevo. La evidencia de la presencia de huevos en el fruto consistió de un orificio con secreciones blancas en su alrededor (Figura 5A). Son depositados individualmente en un orificio realizado por la hembra en el fruto de aguacate en desarrollo (Figura 5B). La oviposición es dentro del orificio, pero el huevo no logra ser introducido a lo más profundo, por lo que la hembra lo empuja con el rostrum hasta el fondo, muy cercano a la semilla. Finalmente la entrada del orificio es cubierta con los residuos producto de la perforación y con secreciones bucales. En laboratorio se cuantificaron de uno hasta 25 huevos por orificio, en campo es común encontrar de uno a tres orificios por fruto con un huevo en su interior (n=200 frutos revisados). En laboratorio, la incubación del huevo tuvo una duración promedio de aproximadamente 11 días (Cuadro 1). Previamente García (1962), reportó un periodo de incubación de 12.96 días con un rango de 13 a 15 días, no menciona las condiciones de temperatura, humedad relativa y fotoperíodo empleadas en su estudio, sin embargo representó el primer intento por conocer aspectos de la biología de *H. lauri*.

En picudos del género *Metamasius* y *Conotrachelus* la incubación del huevo difiere significativamente al de *H. lauri*. Salas y Frank (2001), reportaron que la incubación del huevo de *M. callizona* tiene una duración de 8.27 ± 1.04 con un rango de 7 a 10 días (26°C, 82%HR y fotoperíodo 14:10). En *M. mosieri* la información obtenida es muy similar a la especie anterior 8.2 ± 0.2 con un rango de 7 a 10 días (25°C, 50-60%HR y fotoperíodo 14:10) (Cave *et al.* 2006). En *C. psidii*, el periodo de incubación del huevo tuvo una duración promedio de 3.9 ± 0.60 con un rango de 2 a 6 día ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, 65-75HR y fotoperíodo de 12:12) (Bailez *et al.* 2003). La duración del periodo de incubación está íntimamente ligado con la

especie y factores ambientales, es interesante mencionar que los estudios desarrollados en laboratorio tratan de simular en lo más posible las condiciones de campo donde naturalmente viven las especies insectiles. En Ixtapan de la Sal, se han registrado hembras ovipositando desde marzo a septiembre. Este comportamiento está íntimamente ligado con la fenología del aguacate en la región.

5.3.2 Larva. Al emerger del huevo, la larva inmediatamente empieza a barrenar a través de la pulpa para dirigirse a la semilla. Se aloja en un cotiledón donde se alimentara y desarrolla todo su ciclo larvario (Figura 5C). Las larvas son caníbales, por lo que es común encontrar una por semilla, pero se pueden encontrar hasta dos, pero cada una en su respectivo cotiledón. De una muestra de 100 frutos infestados con larvas de *H. lauri* en Ixtapan de la Sal, se obtuvieron en laboratorio 81 adultos; de 63 semillas se cuentificó un solo individuo y 18 semillas presentaron dos larvas; de los 19 frutos restantes, aunque infestados no emergieron formas adultas. En laboratorio el desarrollo larvario requiere en promedio 48 días (Cuadro 1). Los resultados obtenidos difieren con los reportados por García (1962), quien concluyó que la larva de *H. lauri* en condiciones ambientales no controladas cumple su ciclo en 58.58 días con un rango de 54 a 63 días, por lo que existe una diferencia de 10 días entre ambos estudios. Comparando los resultados obtenidos con los de otras especies de picudos, el estado larval de *M. callizona* tiene una duración de 37.4 días a 26°C, mientras que en *M. mosieri* es más prolongado, con 59.6 días a 25°C. Las larvas del picudo del guayabo *C. psidii* completaron su ciclo en 16 días a 25±1°C (Salas y Frank 2001, Bailez *et al.* 2003, Cave *et al.* 2006). Las diferencias entre especies son muy

marcadas, sin embargo proporciona una idea de la complejidad del ciclo de vida de cada especie.

Una característica típica de las larvas de *H. lauri*, es que no destruyen las semillas ya que las utilizan para pupar; contrariamente, las larvas de *Conotrachelus perseae* son gregarias y se alimentan de la totalidad de la semilla destruyéndola por completo y la pupación ocurre en el suelo (Salinas 1999).

H. odoratus es una plaga importante de *Aniba rosaedora* Ducke (Lauraceae) en Brasil, sus larvas se alimentan de las semillas y hacen un daño similar al de *H. lauri*, sólo se contabilizó una larva en cada semilla (Benchaya-Nunes 2006). En *H. trifasciatus* se han contabilizado dos a cuatro larvas por semilla de aguacate. Este dato es interesante debido a la capacidad de esta especie en eficientizar el alimento, si consideramos el tamaño relativamente grande de las larvas (Dietz y Barber 1921).

En Ixtapan de la Sal, la presencia de larvas de *H. lauri* ocurrió desde abril a agosto de 2004, en otro muestreo realizado, se colectaron larvas en febrero y principios de marzo de 2005. Se desconoce si existen dos generaciones al año o sean generaciones anuales sobrepuestas. En este punto se requiere un estudio más detallado para dar respuesta a las suposiciones.

Cuadro 1. Duración promedio de los estados de desarrollo de *H. lauri* criados en laboratorio (26±2°C, 60-70%HR, Fotoperiodo 12:12).

Estado	Número de individuos observados	Duración en días	
		Promedio±DS	Rango
Huevo	64	10.87±0.45	10-13
Larva	64	48.51±2.30	44-55
Pupa	64	15.32±1.58	11-18
Ciclo de huevo a adulto	64	74.68±1.71	72-80
Longevidad del adulto	34	309.55±86.72	181-464

5.3.3 Pupa. Los frutos que contienen larvas próximas a pupar, caen al suelo y la pulpa sirve de alimento a varias especies de animales, dejando al descubierto la semilla (Figura 5D). La larva forma una cámara de pupación en el interior de un cotiledón, las paredes son cubiertas con sus detritos y la pared que comunica con el exterior es muy delgada. Finalmente se aloja en su interior y permanece inmóvil hasta transformarse en pupa la cual es muy móvil (Figura 5E); la duración de este estado de desarrollo es de alrededor de 15 días (Cuadro 1). El resultado obtenido es muy similar al de García (1962), quien reporta una duración de 15 días y un rango de 14 a 16 días bajo condiciones no controladas.

El estado de pupa de *M. callizona* tiene una duración de 11.8 días a 26°C; el de *M. mosieri* es más corto con una duración de 9.7 días a 25°C y el de *C. psidii*, la duración del estado de pupa fue de 16 días a 25±1°C.

En el estado de pupa es posible realizar el sexado de los adultos; las hembras presentan el rostrum mas largo que alcanza las coxas metatorácicas, en los machos es más corto y sólo alcanza las coxas mesotorácicas.

En campo, la pupación ocurrió a finales de agosto y septiembre; posteriormente se colectaron cinco larvas que puparon a finales de marzo.

5.3.4 Adulto. Se observó que el adulto al emerger de la semilla; realiza un corte circular con sus mandíbulas en la pared delgada de la semilla para permitir su salida. La longevidad de los adultos en laboratorio fue de 309.55 ± 86.72 días ($n=34$, rango, 181-464 días) (Cuadro 1). De una muestra de 81 adultos obtenidos en laboratorio, todos emergieron en el día. El mismo comportamiento lo reportó Benchaya-Nunes (2006) en *H. odoratus*. Esta especie tiene un comportamiento de emergencia que corresponde a un ritmo circadiano, ya que la emergencia está modulado por este factor, que es una característica observada en muchos organismos vivos incluyendo los insectos. La mayor emergencia de adultos de *H. odoratus* ocurre entre 09:00 a 15:00 horas.

La proporción sexual registrada en 81 individuos de *H. lauri* correspondió a 42 hembras y 38 machos (1:0.90). En una población de 83 adultos de *H. odoratus* Benchaya-Nunes (2006), reportó 44 machos y 39 hembras (1:1.12). En ambos estudios se puede concluir que la relación hembra:macho en las dos especies de *Heilipus* es cercana a 1:1.

Los adultos son de hábitos diurnos, su presencia es muy notoria durante la fructificación del aguacate desde las 09:00 hasta las 17:00 h, además es común observar el apareamiento sobre los frutos, mientras la hembra lo perfora para ovipositar (Figura 5F).

Todos los individuos obtenidos de laboratorio emergieron una vez que su cuerpo se endureció, la emergencia de los nuevos adultos ocurrió en septiembre a octubre y marzo a abril. Finalmente se concluye que la biología de *H. lauri* está íntimamente ligada con la fenología del aguacate en Ixtapan de la Sal. La disponibilidad de alimento durante todo el año (frutos y follaje), la diversidad genética del aguacate y condiciones ambientales, favorece la presencia de este insecto.



Figura 5. Ciclo de vida de *H. lauri*. Fruto mostrando signos de oviposición A; Orificio de oviposición con huevo B; Larva alimentándose del fruto C; Semillas infestadas con larvas proximas a pupación D; Pupa en el interior de la semilla E; Adultos apareándose y abajo la hembra perforando el fruto para ovipositar.

5.4. Determinación de instares larvarios de *H. lauri*.

La determinación de instares larvarios en insectos espermatófagos es difícil, similar que en insectos xylófagos. En este estudio no fue posible seguir las mudas que sufrió *H. lauri*, pues todo el desarrollo larvario ocurre en el interior de la semilla. La apertura de éstas para extraer las larvas y determinar su posible instar implicó su destrucción. Las semillas abiertas no pudieron utilizarse para reintroducir las larvas observadas, ya que se oxidan al contacto con el aire y quedan inservibles como alimento.

La medición de la anchura de las cápsulas cefálicas permitió la identificación de los instares larvales de *H. lauri*. El análisis de distribución de frecuencias y el empleo de técnicas estadísticas como el análisis discriminante y la prueba de traslazo fueron herramientas de mucha utilidad para definir los instares larvarios de *H. lauri*.

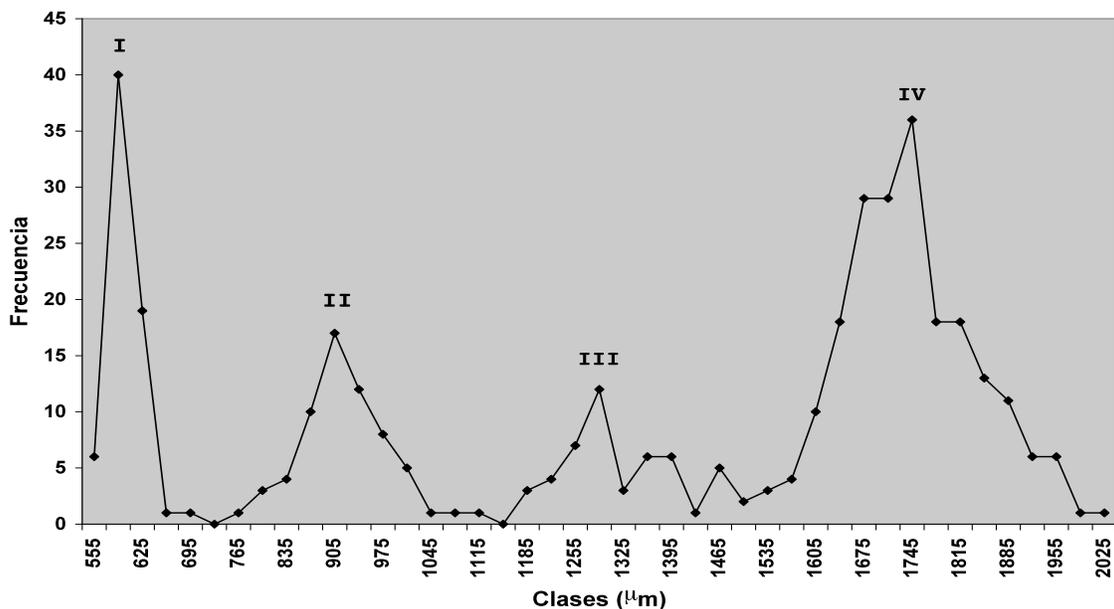


Figura 6. Distribución de frecuencias de la anchura de la cápsula cefálica del barrenador grande de la semilla del aguacate *H. lauri*.

Al realizar la distribución de frecuencias se obtuvo una curva multimodal con cuatro picos bien definidos, que asumen la presencia de cuatro posibles instares larvales (Figura 6).

Generalmente, las mediciones morfológicas de individuos provenientes del mismo estado ontogénico, siguen una distribución normal, por lo menos en especies que no son sexualmente dimórficas (Esperk *et al.* 2007). La nula probabilidad de una mala clasificación arrojado por el análisis discriminante respalda esta hipótesis (Cuadro 2) ya que todos los individuos medidos en este estudio, pudieron ser clasificados satisfactoriamente en uno de los cuatro instares, con una probabilidad de error $<0.05 \mu\text{m}$, descartándose la probabilidad de un alto porcentaje de traslapo entre instares de acuerdo a la media, desviación estándar y rango de tamaño para cada instar (Cuadro 3).

Cuadro 2. Número de observaciones y porcentaje de clasificación de cada instar de *H. lauri* obtenido del análisis discriminante.

Instar	I	II	III	IV	Total
I	67	0	0	0	67
	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00
II	0	62	0	0	62
	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
III	0	0	51	0	51
	0.00	0.00	100.00	0.00	100.00
IV	0	0	0	201	201
	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00

Cuadro 3. Anchura promedio de la capsula cefálica, rango y constante de Dyar para los cuatro instares de *H. lauri* calculados por el análisis discriminante.

Instar	Tamaño de muestra	Media±DS (µm)	Rango de tamaño (µm)	Constante de Dyar
I	67	618.37±28.54	554.7-770.8	
II	64	939.71±64.02	815.1-1127.5	1.51
III	53	1350.79±93.68	1184.8-1558.0	1.43
IV	201	1763.84±93.91	1564.0-2045.7	1.30

Cuadro 4. Rangos ajustados y probabilidades de traslapo para los cuatro instares larvarios de *H. lauri* calculados mediante la prueba de traslapo.

Instar	Rango (µm)	Probabilidad de traslapo		
		Limite Inferior	Limite Superior	Total
I	554.7-717.0	0.000000	0.000289	0.000289
II	717.1-1106.6	0.000286	0.004571	0.004857
III	1106.7-1557.1	0.004569	0.013851	0.018420
IV	1557.2-2045.7	0.013823	0.000000	0.013823

Con la prueba de traslapo se redefinieron los rangos para cada instar permitiendo que todas las cápsulas cefálicas medidas se agruparan apropiadamente en cada instar. Las bajas probabilidades de traslapo (0.0289 a 1.8420%) obtenidas soportan la hipótesis de cuatro instares larvarios (Cuadro 3). Los resultados obtenidos, también son respaldados por la regla de Dyar (Dyar 1890), cuyo principio parte de la base de que la cápsula cefálica una vez

esclerosada, permanece más o menos constante durante un mismo instar en particular, con una progresión geométrica regular de una muda a otra.

De acuerdo a la medición de las cápsulas cefálicas de *H. lauri* a lo largo de su desarrollo larvario, se demostró que su crecimiento sigue una progresión geométrica lineal con una tasa de incremento promedio de 1.41, sufriendo pequeñas reducciones con cada incremento en el número de instars.

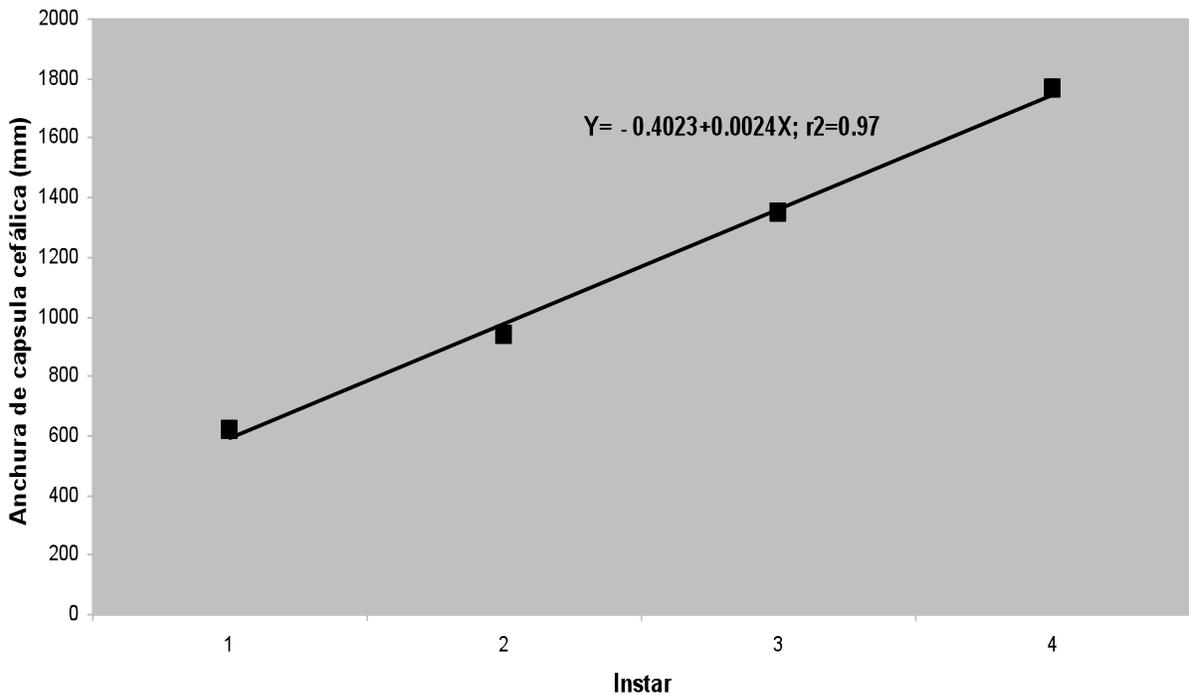


Figura 7. Regresión lineal de los valores promedio del ancho de la cápsula cefálica y el número de instares larvarios de *H. lauri*.

En lepidópteros, la tasa de incremento promedio es de 1.40 en cada muda (Dyar, 1890). Este comportamiento también se ha observado en curculiónidos como *Conotrachelus psiddi*, *Homalinotus coriaceus*, *Cosmopolites sordidus* y *Pissodes castaneus* (Bailez *et al.* 2003, Sarro *et al.* 2004, Pantoja *et al.* 2006, Panzavolta 2007). Al realizar la regresión lineal, graficando el ancho de la cápsula cefálica contra el número de instars, la línea de regresión obtenida indicó que los cuatro instares larvarios de *H. lauri* siguen una progresión geométrica

lineal (Figura 7) similar a lo reportado por Gaines y Campbell (1935) en *Heliothis virescens*, Pantoja *et al.* (2006) en *Cosmopolites sordidus* y Panzavolta (2007) en *Pissodes castaneus*. La ecuación de regresión es altamente significativa ($P < 0.0001$, $r^2 = 0.97$) e indica que todas las cápsulas cefálicas medidas pudieron ser clasificadas satisfactoriamente en uno de los cuatro. La regla de Dyar puede presentar poca o ninguna dificultad en la separación de instares larvarios, sin embargo puede haber traslajos entre instares y que esto propicie incertidumbre en la determinación apropiada de un instar en particular. Existen muchos estudios que respaldan esta regla, sin embargo hay casos en que los resultados no se ajustan a la misma, tal como lo reportan para las larvas de *Zeuzera pyrina* (L.) (Lepidoptera: Cossidae) (García y Haro 1987). Para que los datos se ajusten se puede realizar un análisis de regresión lineal (Gaines y Campbell 1935).

En este estudio los resultados obtenidos no concuerdan con los reportados previamente por García (1962), quien reportó cinco instares larvarios para *H. lauri*, sin embargo no menciona bases cuantitativas para respaldar sus resultados.

Los resultados obtenidos, constituyen el primer acercamiento para conocer la biología de *H. lauri*, plaga importante de carácter cuarentenario en México. Con la información generada es posible construir tablas de vida, que requieren el conocimiento apropiado de los instares larvarios ya que es esencial en estudios donde los factores bióticos y abióticos ejercen un papel importante en la mortalidad y supervivencia de un determinado instar. Finalmente con esta información se podrán generar modelos de predicción y estudios de fluctuación poblacional que permitan la implementación de programas de manejo integrado de plagas y eviten a *H. lauri* dispersarse a otras áreas productoras de aguacate libres de este insecto; debido al cambio climático global y la constante

movilización de frutas de una región a otra, con lo que se incrementa su rango de dispersión a nuevos nichos agroecológicos. Es por lo tanto importante que las autoridades fitosanitarias del país tomen cartas en el asunto y se evite un nuevo embargo que puede traer consecuencia a la economía de los productores de aguacate.

5.5 Longevidad, fecundidad y fertilidad de *H. lauri*.

La longevidad promedio de los adultos de *H. lauri* en laboratorio fue de 309.55 ± 86.72 días (n=34, rango, 181-464 días). Los machos tuvieron una mayor longevidad promedio de 319.82 ± 88.69 días (n=17, rango 181-464) y las hembras 299.29 ± 86.13 días (n=17, rango 188-462). García (1962), encontró que la longevidad de *H. lauri* es de 105 a 120 días y los machos son los primeros en morir. En el presente estudio las hembras vivieron en promedio 104.66 días y los machos 97.33 días. En nuestro estudio, hembras y machos fueron tres veces más longevos, lo que se atribuye a la calidad de alimento empleado. En todo el experimento se suministró alimento fresco cada 4 días y la manipulación fue relativamente baja; que en muchos casos ocasiona estrés, bajando la calidad de vida de los insectos. Dietz y Barber (1920), reportaron que la longevidad en *H. trifasciatus* es de 116 días, y que las hembras son mucho más longevas que los machos.

En laboratorio, los adultos de *H. lauri* son muy longevos, en campo posiblemente es más reducida debido al efecto de factores bióticos y abióticos que regulan su población. Sin embargo, los resultados muestran el potencial que una especie puede alcanzar cuando las condiciones ambientales, la disponibilidad de alimento y ausencia de enemigos naturales le son favorables.

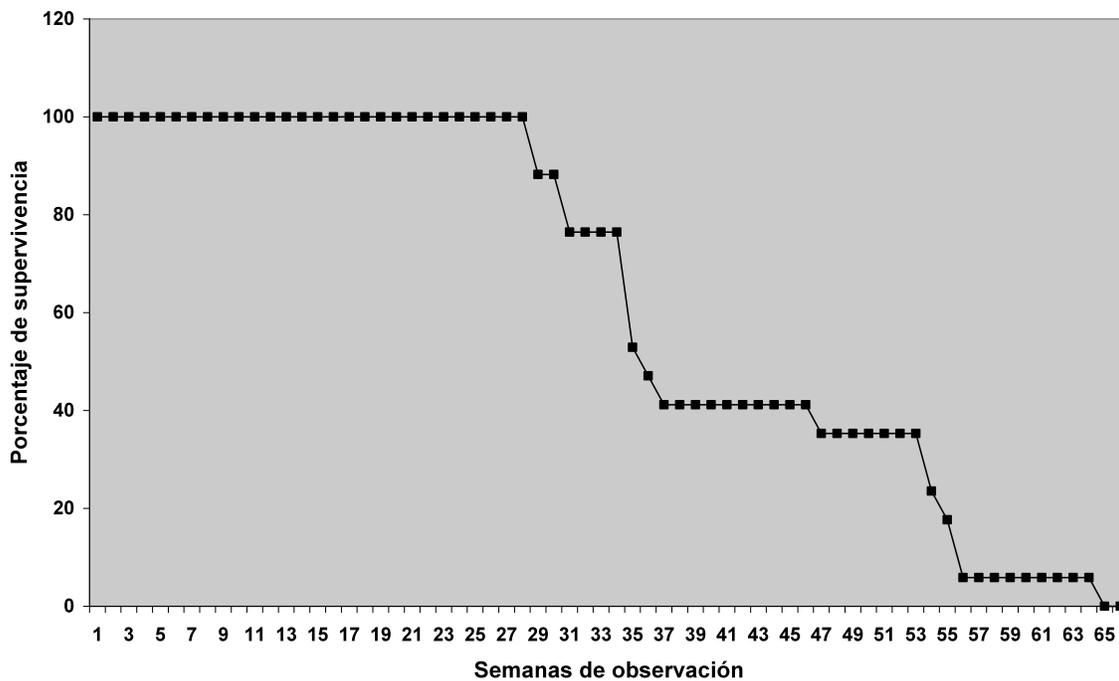


Figura 8. Curva de supervivencia de 17 hembras de *H. lauri* en laboratorio.

De una cohorte de 17 hembras de *H. lauri*, no se registró mortalidad en las primeras semanas de observación. El primer caso ocurrió 29 semanas después de la emergencia, mientras que la mortalidad del 50% de la población se registró en la semana 36. En la semana 54 el porcentaje de supervivencia correspondió al 25% y finalmente en la semana 65 la mortalidad fue del 100% de la población en observación (Figura 8).

En *Heilipus* spp. no hay antecedentes de estudios relacionados con tablas de vida, por lo que el presente estudio proporciona una idea de la evolución de la mortalidad. Estudios similares se han desarrollado en *Metamasius callizona*, *M. mosieri*, *M. quadrilineatus*, especies con distinto grado de longevidad; el modelo de mortalidad sigue la misma curva que en *H. lauri* (Frank *et al.* 2006, Cave *et al.* 2006, Suazo *et al.* 2006a).

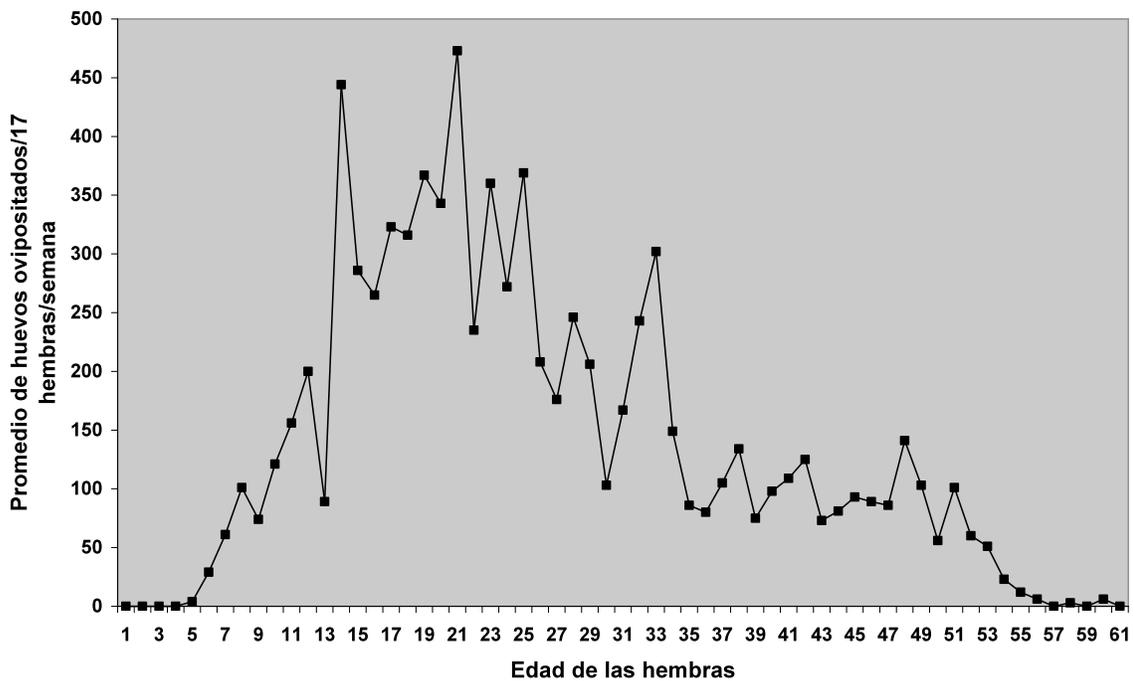


Figura 9. Total de huevos por semana ovipositados por 17 hembras de *H. lauri* en laboratorio (2006-2007).

Durante 56 semanas, una población de 17 hembras ovipositó 8482 huevos con un promedio de 498.47 ± 208.85 (rango 224-952) huevos/hembra. La primera hembra ovipositó su primer huevo a las cuatro semanas después de su emergencia y la última lo realizó a las ocho semanas después de su emergencia. La oviposición fue relativamente baja hasta la semana 10; mientras que de las semanas 14 a la 33 se presentaron los picos más altos de promedios de oviposición con fluctuaciones de 100 a 400 huevos ovipositados por 17 hembras/semana. De la semana 34 a la 53, la fluctuación decreció de 149 a 51 huevos/17 hembras/semana. Finalmente de las semanas 54 a la 60, la producción de huevos bajo drásticamente de 23 a 0 huevos/17 hembras/semana (Figura 9).

La oviposición por hembra/semana en general fue alternante durante toda su vida productiva, se cuantificó un promedio 8.90 ± 7.12 huevos/hembra/semana

(rango 0.23-26.11). Finalmente la producción de huevos decayó debido a la edad de las hembras, pero aun avanzada su edad, una hembra continuó ovipositando hasta una semana antes de su muerte.

En este estudio, se cuantificó un total de 8482 huevos/17 hembras/56 semanas de oviposición, esta cifra es demasiado alta. Su atribución posiblemente se debe a la calidad del alimento y las condiciones apropiadas de laboratorio ($26\pm 2^{\circ}\text{C}$, 60-10% de HR y fotoperíodo 12:12). En *M. quadrilineatus*, se reportan a nivel de laboratorio 593 huevos/30 hembras/ 22 semanas, cifra muy baja si se considera que su alimento proporcionado es el mismo que naturalmente toma de su entorno natural, la Bromeliaceae *Tillandsia standley* L. B. Smith y condiciones ambientales de 21°C , 70% HR y fotoperíodo 12:12 (Suazo *et al.* 2006a). En *M. mosieri* en promedio las hembras ovipositaron 39.2 ± 3.0 huevos ($n=36$, rango 11-95 huevos) con condiciones ambientales de 25°C , 50-60% HR, fotoperíodo 14:10 y empleando como alimento *Tillandsia utriculata* (Cave *et al.* 2006). En *M. callizona* la producción de huevos en condiciones ambientales de 25°C y fotoperíodo de 14:10, también es muy baja con una producción de 2973 huevo/75 hembra. En general los picudos del género *Metamasius* tienen una baja fecundidad en laboratorio, a pesar de emplear condiciones ambientales y alimento similares a los naturales no expresan su potencial biótico. En nuestro estudio las hembras de *H. lauri* tuvieron una alta fecundidad con un $85.57\pm 7.27\%$ con un rango de 72.51- 91.41%. En los primeros meses de oviposición la fecundidad (Noviembre-Diciembre), osciló entre el 90.38 y 91.41%, posteriormente en el trimestre mayo-julio, la fertilidad fue de 72.51 y 81.06%. En el último mes de oviposición la fertilidad fue 90.83%. Las hembras de *H. lauri* de edad avanzada ovipositan huevos fértiles; mientras que las hembras de edad avanzada de *M.*

quadrilineatus ovipositaron huevos infértiles. En insectos la edad influye en la fecundidad pero no en la fertilidad, de acuerdo a nuestros resultados la presencia de machos con las hembras influyó en la fertilidad, sin embargo (Weissling y Giblin-Davis 1994, Hernández *et al.* 2006), reportan que es necesario un solo apareamiento entre machos y hembras de *Rhynchophorus cruentatus* y *S. acupunctatus* para que las hembras almacenen el esperma en la espermateca y se permita la fecundación de los huevos conforme sea necesario. En el presente estudio las hembras siempre estuvieron acompañadas del macho y no hubo interferencia negativa en la oviposición, además proporcionaron esperma continuamente, lo cual se reflejó en la fecundidad y fertilidad. Posiblemente los picudos de la familia Dryophthoridae que involucra los géneros *Metamasius*, *Cosmopolites* y *Rhynchophorus* ovipositan pocos huevos, así lo demuestran los estudios, sin embargo todas las citas consultadas mencionan el retiro de los machos después del apareamiento con las hembras (Weissling y Giblin-Davis 1994, Koppenhöfer y Seshu Reddy 1994, Suazo *et al.* 2006^a, Cave *et al.* 2006, Frank *et al.* 2006, Hernandez *et al.* 2006). El sustrato de oviposición también constituye un fuerte estímulo para que haya éxito en la cantidad y calidad de los huevos depositados. Koppenhöfer y Seshu Reddy (1994), concluyeron que las hembras de *Cosmopolites sordidus* prefieren ovipositar en mayor cantidad en rizomas completos que en pseudotallos o rebanadas de rizomas, en este último caso la disecación y oxidación de metabolitos redujo su poder de atracción. Se cuantificaron 2.7 huevos/semana/hembra y 0.7 huevos/semana/hembra en rizomas completos y pseudotallos respectivamente (Koppenhöfer 1993). En *H. lauri* los frutos de aguacate constituyeron un sustrato de oviposición adecuado debido a los altos valores de fecundidad obtenidos.

5.6 Fluctuación poblacional de *H. lauri*.

En Ixtapan de la Sal, Edo. de México, la presencia de adultos del barrenador grande de la semilla del aguacate, fue registrada a partir de la última semana de abril de 2004, con la colecta de cinco ejemplares, posteriormente la colecta semanal de adultos se incrementó. En mayo se detectaron 7.4 picudos/árbol/mes; en junio la presencia de *H. lauri* sobre los árboles presentó un incremento notable, superior al mes anterior, registrándose un promedio de 21 picudos/árbol/mes. Esta alta incidencia de picudos en junio fue favorecida por la abundante presencia de frutos de aguacate ya que en ese año de 2004, la fructificación de los cinco árboles favoreció la disponibilidad de sitios de oviposición y alimento a *H. lauri*. En julio y agosto la presencia de este insecto bajó drásticamente hasta un promedio de 1.6 a 1.0 picudos/árbol/mes respectivamente, lo cual pudo deberse a la escasez de frutos sanos o muerte natural de los individuos. Finalmente en la primera semana de septiembre sólo se detectaron 0.4 picudos/árbol y en las semanas sucesivas no hubo detecciones. En el 2005, se presentó una baja fructificación en los árboles de aguacate, debido al fenómeno conocido como “alternancia”, el año anterior los árboles fueron muy productivos reflejándose una alta incidencia de picudos. En ese año la actividad de los adultos de *H. lauri* se registró a partir de la última semana de marzo con 0.4 picudos/árbol. En los muestreos sucesivos se detectaron picudos sólo hasta la tercera y cuarta semana de mayo. En ese mes se registró un promedio de 1.6 picudos/árbol/mes; mientras que en junio se detectaron 0.6 picudos/árbol/mes; cabe señalar que en el año anterior, en junio, se presentó el más alto nivel de picudos colectados, sin embargo la posible escasez de frutos afectó negativamente la presencia del insecto. En julio de 2005 se detectó un pequeño

incremento de picudos con un promedio de 1.2 individuos/árbol. En muestreos siguientes ya no se detectaron picudos (Figura 10).

En el presente estudio se encontró que la presencia de adultos de *H. lauri* en Ixtapan de la Sal, ocurre de marzo a septiembre, con un pico poblacional de mayo a julio; aunque se cree que el insecto esté presente todo el año debido a su longevidad de 309 días y emergencia de nuevos adultos. En Tepoztlán, Morelos García (1962) y Medina (2005) reportaron la presencia de adultos de *H. lauri*. El primer autor menciona que el barrenador grande de la semilla del aguacate es frecuente desde la última semana de enero hasta los primeros días de agosto. El segundo, reporta la presencia del insecto a partir de marzo hasta la última semana de septiembre. Estos resultados son algo similares a los obtenidos en Ixtapan de la Sal.

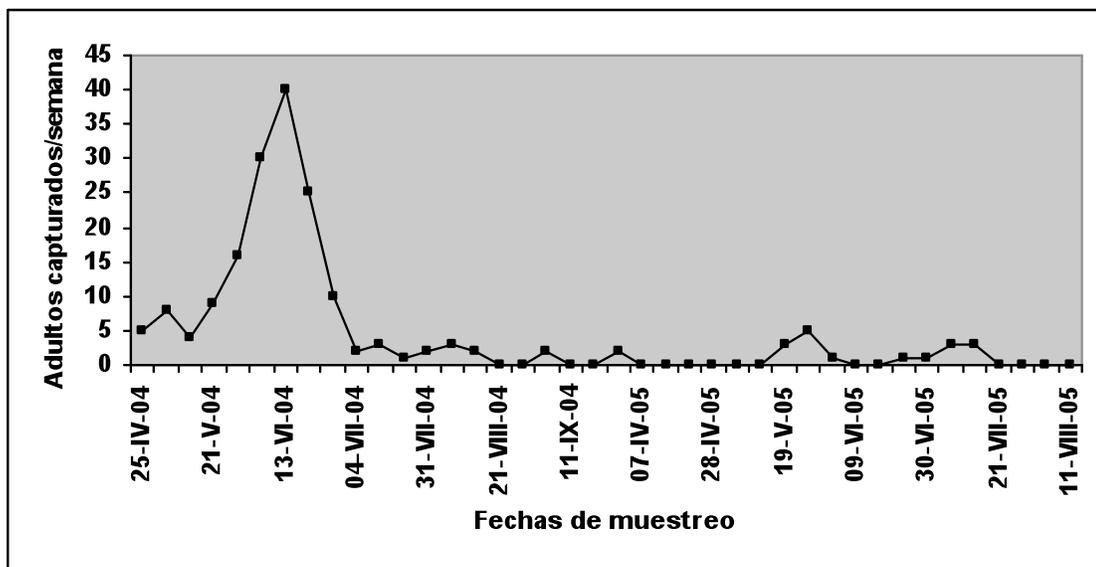


Figura 10. Número de adultos de *H. lauri* capturados en árboles de aguacate criollo en el Salitre, Ixtapan de la sal, Edo. de México. 2004-2005.

La abundancia de alimento, diversidad genética de aguacates y condiciones ambientales, favorecen la presencia de *H. lauri* y sin necesidad de emigrar fuera de la región, así lo demuestran los resultados obtenidos a partir de los muestreos. Esta especie es monófaga y no requiere de hospedantes alternos para sobrevivir de una temporada a otra como ocurre con muchas plagas agrícolas. Además no requiere entrar en estado de diapausa, adultos y larvas se alimentan de las distintas partes del aguacate (frutos y follaje) durante todo el año (García, 1962; Medina-Quiroz, 2005).

5.7 Distribución y hospederos de *H. lauri*

Se tuvo la oportunidad de muestrear los principales cultivares comerciales y las tres variedades botánicas de aguacate que se encuentran en sus respectivos nicho ecológicos y que de acuerdo con Storey *et al.* (1986) éstas son las siguientes: aguacates criollos raza mexicana *P. americana* var. *drymifolia*; aguacates guatemaltecos *P. americana* var. *guatemalensis* y aguacates antillanos o paguas *P. americana* var. *americana*.

La presencia de *H. lauri* se registró en Tepoztlan, Morelos; Ixtapan de la Sal, Estado de México y Zongolica, Veracruz (Cuadro 5). Su distribución geográfica tiene un gradiente altitudinal que va desde 1307 a 1924 msnm, teniendo como hospederos a los principales cultivares de aguacate cultivados a nivel traspatio, *P. scheideana* (chinene) y criollos de raza mexicana *P. americana* var. *drymifolia*. Originalmente Boheman describió la especie tipo a partir de adultos obtenidos de semillas de *Laurus drymifolia* sinonimia antigua de *Persea americana* var. *drymifolia* (Champion 1902, Storey *et al.* 1986), es posible que desde tiempos remotos *P. scheideana* o chinene también halla sido hospedero

natural de *H. lauri* ya que se tiene la referencia de *H. pittieri*, especie de Costa Rica, taxonómicamente es muy cercana a *H. lauri*, de la cual su descripción original se realizó de adultos que emergieron de semillas de *Persea scheideana* (= *P. pittieri*) (Barber 1919). Ahora *H. pittieri*, es una plaga importante de *Persea americana* cv. Hass en Costa Rica (González-Herrera 2003).

De acuerdo con la información proporcionada por Champion (1902) y Barber (1912), la presencia de *H. lauri* únicamente ha sido documentada en México, su distribución abarca la zona de transición mexicana donde la entomofauna neártica y neotropical se traslapan (Halffter, 1987). Morrone *et al.* (2002), dividieron al territorio mexicano en 14 provincias biogeográficas; de acuerdo a esta clasificación y a la información obtenida, la presencia de *H. lauri* se limitó a la provincia del eje volcánico transmexicano y según Storey *et al.* (1986) esta misma provincia es considerada centro de origen de *P. americana* var. *drymifolia*. Laurenção *et al.* (2003) mencionan que el género *Heilipus* es de origen neotropical por presentar la mayor diversidad de especies. Esta información permite generar la hipótesis siguiente: *H. lauri* es posiblemente una especie invasora que emigro del sur hacia el norte del continente Americano, estableciéndose en las faldas del eje volcánico transversal, siguiendo la distribución natural de *Persea* spp., pero sin alcanzar los 2000 msnm, de acuerdo a los resultados de la presente investigación. La sierra de Zongolica, Veracruz, forma parte del centro de origen de *P. americana* var. *drymifolia*, y es común encontrar a *P. scheideana*, ambas son hospederos de *H. lauri*.

Las paguas o aguacates antillanos *P. americana* var. *americana*, tienen como centro de origen las tierras bajas centroamericanas. En México se han introducido a varias regiones del golfo, península de Yucatán y vertiente del

Pacífico. En los recorridos realizados en Veracruz y Yucatán en altitudes de los 0 a 72 msnm, no se encontraron frutos de *P. americana* var. *americana* atacados por el barrenador grande de la semilla. Los propietarios de aguacates de ambas localidades reportaron nunca haber visto frutos infestados por barrenadores de frutos. Preliminarmente se puede decir que los aguacates de tierras bajas no son hospederos de *H. lauri*, ya que tanto la variedad botánica de aguacate y el gradiente altitudinal no favorecen la presencia de este insecto, las causas son desconocidas pero se recomienda hacer muestreos más rigurosos para confirmar la hipótesis.

En la región de los altos de Chiapas, se visitó las comunidades de Amatenango y Aguacatenango, a nivel traspatio se revisaron aguacates de la variedad botánica *guatemalensis* o guatemaltecos que son cultivados y muy apreciados. De un total de 20 árboles en fructificación revisados en ambos poblados no se encontraron indicios de la presencia de insectos barrenadores de aguacate. Los testimonios proporcionados por los pobladores confirmaron la no presencia de *H. lauri*.

Los resultados obtenidos sugieren que *H. lauri* está diseminado en la provincia del eje volcánico transmexicano siguiendo la distribución natural de *P. americana* var. *drymifolia* y los cultivares comerciales de aguacate como Hass, Fuerte, Colín V-33 y otros a altitudes de 1290 a 1920 msnm. García (1962) reportó la presencia de *H. lauri* en varias comunidades de Guerrero e Hidalgo, sin embargo éste autor no menciona las formas botánicas o cultivares de aguacate donde se colectaron, pero hipotéticamente pueden ser criollos mexicanos. Los hospederos preferidos en esas áreas son *P. americana* var. *drymifolia*, los

cultivares Hass, Fuerte, Colín V-33 y *P. scheideana*, este último es considerado un nuevo hospedero registrado previamente por Del Ángel-Coronel (2006).

Cuadro 5. Distribución y hospederos de *H. lauri* en distintas regiones geográficas de México.

Estado	Localidades	Coordenadas geográfica	msnm	Hospederos
Estado de México	Coatepec Harinas	18° 55' 02.4" N 99° 45' 31.8" O	2119	Aguacate cv. Hass, Fuerte, Colín V-33 <i>P. americana</i> var. <i>drymifolia</i>
	San Andrés de los Gama	19°02'39.3" LN 99°55'33.8" LO	1976	Aguacate cv. Hass, Fuerte, Colín V-33 <i>P. americana</i> var. <i>drymifolia</i>
	Ixtapan de la sal	18°49'28.1" LN 99°39'50.2" LO	1685 a 1920	Aguacate cv. Hass, Fuerte, Colín V-33 <i>P. americana</i> var. <i>drymifolia</i>
Morelos	Tétela del volcán	18°52'36.9" LN 98°44'48.1" LO	2043	Aguacate cv. Hass <i>P. americana</i> var. <i>drymifolia</i>
	Tepoztlan	19°00'18.2" LN 99°08'05.9" LO	1870	Aguacate cv. Hass, Fuerte
	Tepalcingo	18°35'40.0" LN 98°50'55.8" LO	1169	<i>P. americana</i> var. <i>drymifolia</i>
Veracruz	Huatusco	19°10'30.2 LN 96°57'39.1" LO	1307	<i>Persea scheideana</i>
	Zongolica	18°04' LN 96°59' LO	1294	<i>Persea scheideana</i> , <i>P. americana</i> var. <i>drymifolia</i>
	Antigua	19°19'19.7" LN 96°19'09.1" LO	72	<i>Persea americana</i> var. <i>americana</i>
Chiapas	Amatenango	16°30'47.3" LN 92°26'11.1" LO	1834	<i>Persea americana</i> var. <i>guatemalensis</i>
	Aguacatenango	16°30'45.4" LN 92°26'07.7" LO	1780	<i>Persea americana</i> var. <i>guatemalensis</i>
Querétaro	Tolimán	20° 55' LN 99° 56' IO	1 560	<i>P. americana</i> var. <i>drymifolia</i>
Guanajuato	Comonfort	20°42'15" LN 100°45'51"LO	1795	Aguacate cv. Hass, Fuerte <i>P. americana</i> var. <i>drymifolia</i>
Puebla	Atlixco	18°49'30"N 98° 18'24" O	1840	Aguacate cv. Fuerte, <i>P. americana</i> var. <i>drymifolia</i>
Yucatán	Hunucma	21°01'19.5" LN 89°52'13.5" LO	0	<i>Persea americana</i> var. <i>americana</i>
	Tetis	20°56'58.8" LN 89°55'51.5" LO	0	<i>Persea americana</i> var. <i>americana</i>

Poco se conoce sobre las plantas hospederas de la mayoría de las especies de *Heilipus*, pero se sabe de *H. apiatus*, *H. albopictus*, *H. pittieri*, *H. trifasciatus*, *H. elegans*, *H. catagraphus*, *H. rufipes*, *H. lactarius*, *H. tricolor*, *H. parvulus*, *H. peplus*, *H. velamen* y *H. odoratus* tienen una estrecha relación con plantas de las familias Lauraceae y Anonaceae, angiospermas primitivas con una amplia distribución en el neotrópico (Woodruff 1963, Laurenção *et al.* 2003, Benchaya 2006).

En México sólo se conoce de *H. lauri* y *H. albopictus*, ambas asociadas a aguacate. La primera como barrenador de frutos y la segunda como barrenador de tallos (Muñiz-Vélez 2001). En Ixtapan de la Sal se confirmó la presencia de *H. albopictus* Champion, especie que fue corroborada por el Dr. Charles O'Brien. Ambas especies de *Heilipus* conviven en el mismo árbol ocupando su respectivo nicho.

Finalmente en Comonfort, Guanajuato, se documentó la presencia de *Conotrachelus perseae* Barber, su identificación se realizó empleando las claves y descripciones de Barber (1923) y Whitehead (1979). Esta especie no convive junto con *H. lauri*.

5.8. Enemigos naturales de *H. lauri*

De todas las muestras de frutos colectados no se registró la presencia de enemigos naturales, una razón podría ser la naturaleza de los estados inmaduros de *H. lauri*. Todo el ciclo de vida excepto el adulto transcurre en el interior del fruto y/o semilla, el insecto se encuentra protegido por la pulpa y ubicado en el interior de la semilla, situación difícil para un posible depredador o parasitoide, sin embargo García (1962), reportó la presencia de *Bracon* spp. (Hymenoptera:

Braconidae) parasitando larvas del barrenador grande de la semilla en Tepoztlán y Cuernavaca, Morelos; según información del autor, el parasitoide presentó bajo porcentaje de parasitismo, menor del 10%.

Tampoco se registraron formas inmaduras o adultos infestados por entomopatógenos. La posible ausencia de enemigos naturales es relativa, por lo que se requieren estudios más formales al respecto para proporcionar una respuesta más verídica.

6. CONCLUSIONES

1. La distribución de setas de la cápsula cefálica, estructuras bucales, cuerpo y forma del espiráculo son similares a la mayoría de larvas de otras especies de Curculionidae. Los segmentos abdominales en vista dorsal presentaron cuatro pliegues de la cutícula.
2. El carácter distintivo de la pupa lo constituyó la quetotaxia del rostrum y del protórax en vista dorsal; siendo caracteres distintivos en las especies de Curculionidae.
3. El carácter distintivo de los adultos de *H. lauri* lo constituye la presencia de dos pares de manchas de forma irregular y alargadas de color naranja opaco. El primer par, es el más grande y se localiza a 2/5 de la base de los élitros y el segundo a 1/5 del ápice, ubicada casi sobre el cayo periapical.
4. Las genitalias masculinas y femeninas de las tres especies de *Heilipus* spp., que barrenan frutos de aguacate representan caracteres distintivos para la separación de especies, siendo el edeago, espícula gastral y estilos de los esternitos VIII las estructuras distintivas.
5. En condiciones de laboratorio a temperatura de $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, 60-70% de HR y Fotoperiodo 12:12., la duración en días de cada uno de los estados de desarrollo de *H. lauri* fue la siguiente: huevo 10.87 ± 0.45 , larva 48.51 ± 2.30 , pupa 15.32 ± 1.58 y longevidad del adulto 309.55 ± 86.72 .
6. Las larvas de *H. lauri* pasan por cuatro instares larvarios, los promedios de la anchura de la cápsula cefálica para cada instar fueron de: I= 618.37 ± 28.54 , II= 939.71 ± 64.02 , III= 1350.79 ± 93.68 y IV= 1763.84 ± 93.91 ; las probabilidades de traslapeo entre instares son muy bajas y junto con el modelo de regresión se asumen cuatro instares.

7. La longevidad de los machos alcanzó los 319.82 ± 88.69 días ($n=17$, rango 181-464) y las hembras 299.29 ± 86.13 días ($n=17$, rango 188-462). La fertilidad de 17 hembras fue de 8482 huevos con un promedio de 498.47 ± 208.85 (rango 224-952) huevos/hembra/56 semanas y un porcentaje de fertilidad de $85.57 \pm 7.27\%$ ($n=1646$), con un rango de 72.51- 91.41%.
8. La presencia de adultos de *H. lauri* en Ixtapan de la Sal, es desde marzo hasta septiembre, con un pico de densidad poblacional de mayo a julio; pero se sugiere que el insecto esté presente todo el año debido a su longevidad de 309 días y emergencia de adultos nuevos.
9. La presencia de *H. lauri* se limitó a la provincia del eje volcánico transmexicano dentro de los estados de México, Morelos y Veracruz en huertos de traspatio, en los cultivares Hass, Fuerte, Colín V-33, *Persea americana* var. *drymifolia* y *P. scheideana* (chinene). Los aguacates antillanos, *P. americana* var. *americana* en Veracruz y Yucatán, así como *P. americana* var. *guatemalensis* en Chiapas no fueron hospederos de *H. lauri*.
10. No se detectaron enemigos naturales de *H. lauri* en Ixtapan de la Sal, Estado de México.

7. LITERATURA CITADA

Acevedo, J. E., J. T. Vázquez G. y C. Sosa M. 1970. Estudios sobre el barrenador del hueso y pulpa del aguacate *Stenomoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Stenomatidae). *Agrociencia* 9:17-24.

Aguilera, P. A. y R. Rebollero R. 2001. Estadios larvarios de *Aegorhinus superciliosus* (Guérin, 1830) (Coleoptera:Curculionidae). *Revista Chilena de Entomología* 28:5-8.

Bailez, O. B., A. M. Viana-Bailez, J. O. G. De Lima & D. D. O. Moreira. 2003. Life-History of the guava weevil, *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera:Curculionidae), under laboratory conditions. *Neotropical Entomology* 32:203-207.

Barber, H. S. 1912. Note on the avocado weevil (*Heilipus lauri* Boheman). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 14:181-183.

Barber, H. S. 1919. Avocado weevils. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 21:53-61.

Barber, H. S. 1923. Two new *Conotrachelus* from tropical fruits (Coleoptera:Curculionidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 25:183-185.

Benchaya-Nunes, A. 2006. Ritmo diário de emergência e alimentação, e determinação sexual baseado na estridulação de *Heilipus odoratus* Vanin & Gaiger, 2005 (Coleoptera:Curculionidae:Molytinae), broca da semente do pau rosa. (Dissertação Mestrado). Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-graduação em Entomologia. Manaus, Amazonas. 41p.

- Broglio-Micheletti, S. M. 1999.** Estudo sobre *Cerconota anonella* (Sepp. 1830) (Lepidoptera:Oecophoridae) em gravioleiras (*Annona muricata* L.) no Estado de Alagoas. (Dissertação Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, São Paulo. 88 p.
- Carlson, R. W. 1983.** Instar, stadium and stage: definitions to fit usage. *Annals of the Entomological Society of America* 76:319.
- Cave, G. L. & C. M. Smith. 1983.** Number of instars of the rice water weevil *Lissorhoptrus oryzophilus* (Coleoptera:Curculionidae). *Annals of the Entomological Society of America* 76:293-294.
- Cave, R. C., P. S. Duetting, O.R. Creel & C.L. Branch. 2006.** Biology of *Metamasius mosieri* (Coleoptera:Dryophthoridae), with a description of larval and pupal stages. *Annals of the Entomological Society of America* 99:1146-1153.
- Cervantes, P. L., C. H. C. Lyal & V. K. Browns. 1999.** The stenomatine moth, *Stenoma catenifer* Walsingham: a pre-dispersal seed predator of greenheart (*Chlorocardium rodei* (Schomb.) Rohwer, Richter & van der Werff) in Guyana. *Journal of Natural History* 33:531-542.
- Clark, W. E. 1993.** The weevils genus *Neomastix* Dietz (Coleoptera: Curculionidae, Anthonomini). *The Coleopterist Bulletin* 47:1-19.
- Clifford, H. F., H. Hamilton & B. A. Killins. 1979.** Biology of the mayfly *Leptophlebia cupida* (Say) (Ephemeroptera: Leptophlebiidae). *Canadian Journal of Zoology* 67:1730-1732.
- Champion, G. C. 1902.** *Biología Centrali-Americana, Insecta. Coleoptera. Rhynchophora. Curculionidae. Curculioninae (Part) 4*, 144 p.

- Del Ángel-Coronel, O. A. 2006.** Fisiología del desarrollo, plagas de campo y patología postcosecha de frutos de chinene (*Persea scheideana* Ness). (Tesis:Maestría). Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Chapingo, México. 146 p.
- De Jesus, L. R. A. & R. R. Gabo. 2000.** Life history and host range of the mango pulp weevil, *Sternochetus frigidus* (Fabr.) in Palawan, Philippines. The Philippine Agricultural Scientist 83:145-150.
- De Villiers, E. A. & M. A. van den Berg. 1987.** Avocado insects of South Africa. South African Avocado Growers Association Yearbook. 10:75-79.
- Dietz, H. F. & H. S. Barber. 1920.** A new avocado weevil from the canal zone. Journal of Agricultural Research 20:111-118.
- Dyar, H. G. 1890.** The number of moults of lepidopterous larvae. Psyche 5:420-422.
- El Financiero en línea. 2006.** Aguacate mexicano, alimento para el mundo. <http://fox.presidencia.gob.mx/buenasnoticias/?contenido=26042&pagina=59>
- Esperk, T., T. Tammaru & S. Nylin. 2007.** Interspecific variability in number of larval instars in insects. Journal of Economic Entomology 100: 627-645.
- Fink, T. J. 1983.** A further note on the use of the terms instar, stadium, and stage. Annals of the Entomological Society of America 76:316-318.
- Flores-Pérez, L. R., N. Bautista-Martínez, J. Valdez-Carrasco, O. Morales-Galvan y S. Quiñones-Luna. 2006.** Comparación de dos técnicas de medición de capsulas cefálicas para separar estadios larvales de *Copitarsia incommoda* (Walter) (Lepidoptera:Noctuidae). Acta Zoológica Mexicana 21:109-113.

- Frampton, E. R. 1986.** Determination of the number of larval instars of *Sitona discoideus* Gyllenhal (Coleoptera:Curculionidae) using probit analysis. New Zealand Journal of Zoology 13:107-111.
- Frank, J. H., T. M. Cooper & C. Larson. 2006.** *Metamasius callizona* (Coleoptera:Dryophthoridae): longevity and fecundity in the laboratory. Florida Entomologist 89:208-211.
- Gaines, J. C. & F. L. Campbell. 1935.** Dyar's rule as related to the number of instar of the corn earworm, *Heliothis obsoleta* (Fab.), collected in field. Annals of the Entomological Society of America 28:445-461.
- Garcia, A. P. 1962.** *Heilipus lauri* Boheman un barrenador de la semilla del aguacate en México. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 107 p.
- García P. F. y A. Haro. 1987.** Determinación y caracterización de los estadios larvales de *Zeuzera pyrina* (Lepidoptera: Cossidae) en un cultivo de laboratorio. Boletín de la Asociación Española de Entomología 11:43-56.
- Gold, C. S., P.S. Nemeje & R. Coe. 1999.** Recognition and duration of the larval instars of banana weevil, *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera:Curculionidae). African Entomology 7:49-62.
- Goldson, S. L., M. R. McNeill, J. R. Proffitt & D. B. Baird. 2001.** Seasonal variation in larval-instar head-capsule sizes of argentine stem weevil, *Listronotus bonarensis* (Kuschel) (Coleoptera:Curculionidae). Australian Journal of Entomology 40:371-375.
- González-Herrera, A. 2003.** Artrópodos asociados al cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) en Costa Rica. Proceedings of the World Avocado Congress V. Malaga, Spain. pp. 449-454.

- Halffer, G. 1987.** Biogeography of the montane entomofauna of Mexico and Central America. *Annual Review of Entomology* 32:95-114.
- Hanon, N., L. Allen-Williams, J. B. Lee & R. Bardner. 1984.** Larval instar determination of the pea and bean weevil *Sitona lineatus* L. (Coleoptera:Curculionidae). *Entomologist Monthly Magazine* 120:167-171.
- Hansen, J. D., J. W. Armstrong & S. A. Brown. 1989.** The distribution and biological observations of the mango weevil, *Cryptorhynchus mangiferae* (Coleoptera:Curculionidae), in Hawaii. *Proceedings of Hawaiian Entomological Society* 29:31-39.
- Harman, D. M. 1970.** Determination of larval instars of the white pine weevil by head- capsule measurements. *Annals of the Entomological Society of America* 63:1573-1575.
- Hernández-Livera, R., C. Llanderal-Cazáres, L. E. Castillo-Márquez, J. Valdez-Carrasco y R. Nieto-Hernández. 2005.** Identificación de instares larvales de *Comadia redtenbacheri* (Hamm) (Lepidoptera:Cossidae). *Agrociencia* 39:539-544.
- Hernández R. M. C., M. Gutiérrez O., L. Aldana LI. & Ma. E. Valdés E. 2006.** Fecundity of the sisal weevil, *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera:Curculionidae), on *Poliantes tuberosa* (Liliales:Agavaceae). *Florida Entomologist* 89:518-520.
- Hoddle M.S., K. M. Jetter & J. G. Morse. 2003.** The economic impact of *Scirtothrips perseae* Nakajara (Thysanoptera:Thripidae) on California avocado production. *Crop Protection* 22:485-493.

- Huerta-Paniagua, R. A., N. Baustista-Martínez, H. Bravo-Mojica, J. L. Carrillo-Sánchez y O. Díaz-Gómez. 2004.** Distribución altitudinal de *Trichobaris championi* Barber (Coleoptera:Curculionidae) y observaciones de campo sobre su biología. *Agrociencia* 38:97-106.
- Howden, A. T. 1995.** Structures related to oviposition in Curculionoidea. *Memoirs of the Entomological Society of Washington* 14:53-100.
- Jarjees, E. A. & D. J. Merrit. 2002.** Development of *Trichogramma australicum* Girault (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in *Helicoverpa* (Lepidoptera: Noctuidae) host eggs. *Australian Journal of Entomology* 41:310-315.
- Koppenhöfer A. M. 1993.** Observations on egg-laying behaviour of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 68:187-192.
- Koppenhöfer A. M. & K. V. Seshu Reddy. 1994.** A comparison of rearing methods for the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera:Curculionidae) on its natural host. *Insect Science and its Application* 15:191-195.
- Kuschel, G. 1955.** Nuevas sinonimias y anotaciones sobre Curculionoidea (Coleoptera). *Revista Chilena de Entomología* 4:261-312.
- Kuschel, G. 1987.** The subfamily Molytinae (Coleoptera:Curculionidae): General Notes and description of new taxa from New Zealand and Chile. *New Zealand Entomologist* 9:11-29.
- Leibee, G. L., B.C. Pass & V. Yeargan. 1980.** Instar determination of clover root curculio, *Sitona hispidulus* (Coleoptera:Curculionidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 53:473-475.

- Leos-Rodríguez J. A., M. T. Kido-Cruz & R. Valdivia-Alcalá. 2003.** Impacto de las barreras fitosanitarias en el comercio de aguacate entre México y los Estados Unidos de Norteamérica. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11:99-103.
- Link D & F. M. Link. 2008.** Identificao de plantas hospedeiras da broca do abacate, *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera:Elachistidae) no Rio Grande do Sul. *Neotropical Entomology* 37:342-344.
- Logan, J. A. 1998.** General program for determinig instar distribution from headcapsule widths: Example analisis of mountain pine beetle (Coleoptera:Scolytidae). *Enviromental Entomology* 27:332-340.
- López-Laport, E. 1999.** Situación sanitaria del palto en Chile. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5: 329-336.
- Lourenção, A. L., C. J. Rossetto & N. B. Soares. 1984.** Ocorrência de adultos de *Heilipus catagraphus* Germar, 1824 (Coleoptera:Curculionidae) danificando frutos de abacateiro. *Bragantia* 43:249-253.
- Lourenção, A. L., N. B. Soares & G. H. Rosado-Neto. 2003.** Ocorrência e danos de larvas de *Heilipus rufipes* Perty (Coleoptera:Curculionidae) em abacateiro (*Persea americana* Mill.) no Estado de Ceará. *Neotropical Entomology* 32:363-364.
- Lucho-Constantino, G. G. 2006.** Afidos (Hemiptera: Aphididae) mas frecuentes en cereales en México, morfometría y aspectos bioecológicos. (Tesis:Maestria). Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politecnico Nacional. México, D.F. 217pp.
- Maravaldi, E. A. 2003.** Key to larvae of South American subfamilies of weevils (Coleoptera:Curculionidae). *Revista Chilena de Historia Natural* 76:603-612.

- Maravaldi, E. A. & A. A. Lanteri. 2005.** Key to higher taxa of South America weevils based on adult characters (Coleoptera:Curculionidae). *Revista Chilena de Historia Natural* 78:65-87.
- Medina, Q. F. 2005.** Incidencia del barrenador grande del hueso del aguacate *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera:Curculionidae) en Tepoztlan, Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Morelos. 39p.
- Morrone, J. J., D. Espinosa O. & J. Llorente B. 2002.** Mexican biogeographic provinces: preliminary scheme, general characterizations and synonymies. *Acta Zoologica Mexicana* 85:83-108.
- Morrone, J. J. 2003.** *Heilipus albopictus* (Champion, 1902) Coleoptera:Curculionidae: Molytinae: Molytini. *Dugesiana* 10:35-36.
- Muñiz-Vélez, R. 2001.** Algunos curculiónidos en las plantas cultivadas en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Entomología* No. 16:1-14.
- Muñiz-Velez R. y E. González R. 1982.** *Conotrachelus dimidiatus* Champion “el picudo de la guayaba” en Morelos, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. 26:9-35.
- Nava D. E., A. D. Neves, G I. Diez-Rodríguez, J. C. Gonçalves & J. R. P. Parra. 2004.** Biología e tabela de vida de fertilidade de *Deuterollyta majuscula* (Lep.: Pyralidae) em abacateiro (*Persea americana* Mill.). *Revista Brasileira de Fruticultura* 26: 234-236.
- Nava D. E., J. R. P. Parra, J. M. S. Bento, G I. Diez-Rodríguez & M. L. Haddad. 2006.** Distribuição vertical, danos e controle cultural de *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) em pomar de abacate. *Neotropical Entomology* 35:516-522.

O'Brien, Ch. W. & J. B. Wibmer. 1982. Annotated check list of the weevils (*Curculionidae sensu lato*) of North America, Central America, and the West Indies (Coleoptera:Curculionidae). *Memoirs of the American Entomological Institute* 34:1-382.

Oevering, P., B. A. Faber & P. A. Phillips. 2003. Glassy winged sharpshooters *Homalodisca coagulate*, in southern California avocado orchards. *Proceedings of the World Avocado Congress V. Malaga, Spain.* pp. 439-444.

Oliveira, D. S. W., G. Brizziola Dos Santos & G. H. Rosado-Neto. 2004. Morphological aspects of *Pseudopiazurus obesus* (Boheman, 1838) and considerations about the synonymy with *Pseudopiazurus papayanus* (Marshall) (Coleoptera:Curculionidae). *Acta Biologica Paranaense* 33:167-179.

Pantoja, A., L. M. Ramirez, L. E. Escandona, H. Bastidas & M.C. Duque. 1999. Number of instars of *Lissorhoptrus kurscheli* (Coleoptera:Curculionidae) from rice in Venezuela. *Annals of the Entomological Society of America* 92:236-238.

Pantoja, A., A. Salazar & R. Macchiavelli. 2006. Recognition of instars and adult trap catches of *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera:Curculionidae) from Puerto Rico. *Annals of the Entomological Society of America* 99:875-878.

Panzavolta, T. 2007. Instar determination for *Pissodes castaneus* (Coleoptera:Curculionidae) using head capsule widths and lengths. *Environmental Entomology* 35:1054-1057.

Peña, J. E. 2003. Pests of avocado in Florida. *Proceedings of the World Avocado Congress V. Malaga, Spain.* pp. 487-494.

Reardon, B. J, C.P. Suh & D. W. Spurgeon. 2002. Head capsule widths of larval instars of the cotton boll weevil. *Southwestern Entomologist* 27:291-292.

SAGARPA. 2002. Norma Oficial Mexicana. NOM-FITO-2002. Especificaciones para el manejo fitosanitario y movilización de aguacate. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Rural. Diario Oficial de la Federación, primera sesión, pp:54-65., 26 de abril de 2002.

Salgado-Siclan M. L. y N. Bautista-Martinez. 1993. El barrenador grande del hueso del aguacate en Ixtapan de la sal, México. In Memoria. Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C. Coatepec Harinas, Estado de México. pp. 225-231.

Salas, J., J. & H. Frank. 2001. Development of *Metamasius callizona* (Coleoptera:Curculionidae) on pineapple stems. Florida Entomologist 84:123-126.

Salinas, C. A. 1999. Biología del barrenador pequeño del hueso del aguacate *Conotrachelus perseae* Barber en Tacambaro, Michoacán. (Tesis:Maestría). Especialidad en Entomología y Acarología. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 60p.

Sarro, F. B.; W. B. Crocomo & J. M. S. Ferreira. 2004. Aspectos da biología e morfologia da broca do pedúnculo floral do coqueiro, *Homalinotus coriaceus* (Gyllenhal) (Coleoptera:Curculionidae). Neotropical Entomology 33:7-12.

Stevens, D. 2004. Control of six spotted mite, *Eotetranychus sexmaculatus*. New Zealand Avocado Growers Association Annual Research Report. 4:13-24.

Stevens, P. S., C. E. McKenna & D. Steven. 1995. Management for avocados in New Zealand. Proceedings of the World Avocado Congress III. pp. 429 – 432.

Storey, W. B., B. Bergh & G. A. Zentmyer. 1986. The origin, indigenous range and dissemination on the avocado. California Avocado Society Yearbook 70:127-133.

- Suazo A., D. P. Pacheco, R. D. Cave & J. H. Frank. 2006a.** Longevity and fecundity of *Metamasius quadrilineatus* Champion (Coleóptera:Dryophthoridae) on natural bromeliad host in the laboratory. The Coleopterist Bulletin 60:264-270.
- Suazo A., N. Arismendi, J. H. Frank & R. D. Cave. 2006b.** Method for continuously rearing *Lixadmontia franki* (Díptera: Tachinidae), a potencial biological control agent of *Metamasius callizona* (Coleoptera: Dryophthoridae). Florida Entomologist 89:348-353.
- Swirski E., M. Wysoki & Y. Izhar. 1995.** Avocado pests in Israel. Proceedings World Avocado Congress III. pp. 419 - 428
- Vanin, S. A. & F. Gaiger. 2005.** A new spermophagus species of *Heilipus* Germar from the Amazonian Region (Coleoptera, Curculionidae, Molytinae). Revista Brasileira de Entomologia 49:240-244.
- Waite G. K. & R. Martinez-Barrera. 2002.** Insect and mite pests. In A. W. Whiley, B. Schaffer, B. N. Wolstenholme eds. The avocado. Botany, production and uses. Wallingford, U. K., CAB International. pp. 339-361.
- Weissling T. & R. Giblin-Davis. 1994.** Fecundity and fertility of *Rhynchophorus cruentatus* (Coleoptera:Curculionidae). Florida Entomologist 77:373-375.
- Weissling, T., R. Giblin-Davis, B. Center, R. Heath & J. Peña. 2003.** Oviposition by *Metamasius hemipterus sericerus* (Coleoptera: Dryophthoridae: Rhynchophorinae). Florida Entomologist 86:174-177.
- Whitehead, D. R. 1979.** Recognition characters and distribution records for species of *Conotrachelus* (Coleoptera:Curculionidae) that damage avocado fruits in Mexico and Central America. Proceedings of the Entomological Society of Washington 81:105-107.

Wilcox, C. D., S. B. Done, W. D. McDavid & D. B. Greer. 2002. Image tool for Windows ver. 3.0. The University of Texas, Health Science Center, Department of Dental Diagnostic Science, San Antonio, Texas, U.S.A.

Wibmer, G. J. & Ch. W. O'Brien. 1986. Annotated check list of the weevils (*Curculionidae sensu lato*) of South America (Coleoptera:Curculionidae). *Memoirs of the American Entomological Institute*. 39:1-563.

Wolfenbarger, D. O. 1948. *Heilipus squamosus* Lec. A new enemy of the avocado. *California Avocado Society Yearbook* 33:98-102.

Woodruff, R. E. 1963. An avocado weevil (*Heilipus apiatus* Oliv.) (Coleoptera:Curculionidae). Florida Department of Agriculture, Division of Plant Industry (Entomology Circular 11). 1 p.

Wysocki, M., M. A. van de Berg, G. Ish-Am, S. Gazit, J. E. Peña & G. K. Waite. 2003. Pests and pollinators of avocado. In Peña, J., J. L. Sharp and M. Wysocki eds. *Tropical fruits pests and pollinators*. Wallingford, U. K., CAB International.