



El Colegio de la Frontera Sur

EVALUACIÓN DE LA FEROMONA SEXUAL DE
Stenoma catenifer (LEPIDOPTERA: ELACHISTIDAE)
EN AGUACATE CRIOLLO EN LA REGION
SOCONUSCO, CHIAPAS.

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

Por

Miguel Ángel Vázquez López

2013

Dedicatoria

A mis padres Jorge Vázquez[†] y Aurora López

Que este sea el reflejo del amor, respeto y admiración que les tengo, así como por su apoyo incondicional durante todos los días de mi vida.

A mi esposa Yolanda Concepción Brindis Ruíz por su amor, cariño y comprensión en los momentos más difíciles. Por estar a mi lado.

A mis Hijos: Lisset, Génesis y Miguel Ángel, porque son la fuente de mi inspiración y por no haberles dedicado el tiempo que les pertenecía. Gracias por su comprensión. Los amo.

Agradecimientos

A Dios, por darme la vida y permitirme concluir una de mis metas.

Al Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), por brindarme la oportunidad de realizar el postgrado en el programa de maestría.

Al CONACYT, por brindarme la beca durante dos años (CVU 438181) que fue un apoyo fundamental para el logro de mi meta.

Al Dr. Leopoldo C. Cruz López (Tutor), Investigador de ECOSUR. Por haberme aceptado como su alumno y guiarme en la realización del trabajo de investigación, así como por su confianza y amistad brindada.

Al Dr. Alfredo Castillo Vera (Asesor), Investigador de ECOSUR. Por sus sugerencias aportadas en la mejora del trabajo de investigación.

Al Dr. Jaime Gómez Ruiz (Asesor), Investigador de ECOSUR. Por estar al pendiente de los avances del proyecto de investigación y aportar sus comentarios en la realización del trabajo.

Al M.C. Javier Valle Mora, estadístico de ECOSUR. Por su apoyo en los análisis estadísticos.

Al M. C. Eduardo Chame Vázquez. Responsable del insectario. Por su apoyo en la identificación de la nueva especie de lepidóptero encontrado en el aguacate

Al T. A. Armando Virgen Sánchez, técnico de ECOSUR. Por su apoyo en facilitar los materiales utilizados durante el trabajo de investigación y así como su apoyo en campo.

Al Ing. Dante Alfredo Hernández Sedas, así como al Sr. Juan González Arrevillaga por otorgar el permiso para la realización del estudio en sus parcelas.

Al L.I. José Higinio López Urbina, responsable del LAIGE, por su apoyo en la elaboración del mapa de sitio.

Contenido

Capítulo Introductorio.....	i
Optimización del trapeo con feromona sexual para <i>Stenoma catenifer</i> y evaluación de longevidad de la feromona sintética.....	iii
Fluctuación poblacional de dos especies de palomillas (Lepidoptera: Elachistidae) asociadas al cultivo de aguacate criollo en la región Soconusco, Chiapas, México. (Artículo enviado)	iv
Sinergia de volátiles del hospedero y feromona sexual para la atracción de <i>Stenoma catenifer</i>	v
Capítulo final.....	vi
Literatura citada.....	viii

Capítulo introductorio.

México es uno de los principales productores y exportadores de aguacate “Hass” (*Persea americana* Mill.) en el mundo (García, 2009). Las plagas más conocidas de los frutos del aguacate son dos especies de coleópteros barrenadores y la palomilla barrenadora del hueso *Stenomoma catenifer* Walsingham (Peterson y Orden, 2008). *S. catenifer* ha sido reportada como una de las principales plagas del aguacate *Persea americana* Miller (Lauraceae). Su distribución va desde México hasta Sudamérica (Hoddle y Hoddle, 2008). El daño lo ocasionan las larvas, al barrenar los brotes laterales y terminales, y por la elaboración de numerosas galerías en los frutos, afectando así la producción en cantidad y calidad (Wolfenbager y Colburn, 1979). Una infestación severa de esta plaga puede ocasionar pérdidas de alrededor del 90% (Hoddle, 2009). La larva pupa en el suelo a una profundidad de 0.5-2.0 cm. Los machos adultos son de hábitos nocturnos y se esconden durante el día (Cervantes et al., 1999). El control de *S. catenifer* se ha llevado a cabo por medio de la aplicación de insecticidas (Fornazieri, 1994; Ventura et al., 1999; Wysoki et al., 2002). Sin embargo, el uso de estos productos químicos no ha sido eficiente por la falta de métodos de muestreo de larvas y por el desarrollo críptico de la misma, que las mantiene protegidas del contacto de los insecticidas en el interior de los frutos (Hohmann et al., 2003). Por tal motivo, se sugiere utilizar otras estrategias de manejo como las trampas con feromona sexual, las cuales han mostrado ser una importante herramienta en la detección y monitoreo de diversas plagas (Herman et al., 2005). Recientemente, se han evaluado trampas con feromona para el monitoreo de *S. catenifer* (Hoddle, 2009) en cultivos de aguacate “Hass”. La feromona sexual de esta plaga fue identificada como (9Z)-9,13-tetradecadien-11-inal (Millar et al., 2008). Así también, en el cultivos de aguacate tipo Criollo, se ha capturado *S. catenifer* con trampas con feromona en dos plantaciones, una sin manejo (silvestre) y el otro con manejo agronómico, por períodos de un mes en dos estaciones climáticas (seca y lluvias). Los adultos de *S. catenifer* fueron capturados únicamente durante la estación seca que coincide con el período de

fructificación en los dos tipos de plantaciones. En las mismas trampas, bajo condiciones silvestres se capturó adultos de otra palomilla Elachistidae *Antaeotricha nictitans* (Zeller) en la estación seca y la de lluvias (Castillo et al., 2012). *A. nictitans* ya había sido reportado por (Hoddle y Millar, 2011) como una palomilla atraída por la feromona sexual de *S. catenifer*. Sin embargo, se desconoce si *S. catenifer* y *A. nictitans* están presentes en el cultivo del aguacate criollo durante todo el año. Por otro lado, se ha observado que el número de capturas de palomillas adultas disminuye con el tiempo de exposición de los cebos en las trampas, pero se desconoce, si la causa es por la pérdida gradual del atrayente o por la disminución de la densidad poblacional de la plaga (Castillo et al., 2012). Este último factor es muy importante a considerar, ya que de esto depende el tiempo en que se debe cambiar el cebo con la feromona. Así también, se sabe que para algunas especies de palomillas aparte del diseño de la trampa, la altura de ubicación del dispositivo también ha demostrado ser una variable importante que afecta las tasas de capturas (Subchev et al., 2003).

Por todo lo anterior en el presente trabajo se evaluaron algunos factores que podrían influir en la captura de *S. catenifer* con trampas con feromona, con el fin de hacer más eficiente la captura de machos adultos de esta plaga en la región del Soconusco, Chiapas. Los objetivos planteados fueron los siguientes:

- 1) Optimizar el trampeo con feromona sexual para *Stenoma catenifer* y evaluar la longevidad de la feromona sintética.
- 2) Determinar la fluctuación poblacional de dos especies de palomillas (Lepidoptera: Elachistidae) asociadas al cultivo de aguacate en el Soconusco, Chiapas, México.
- 3) Evaluar la sinergia de volátiles del hospedero y feromona sexual para la atracción de *Stenoma catenifer*.

OPTIMIZACIÓN DEL TRAMPEO CON FEROMONA SEXUAL PARA *Stenoma*
catenifer Y EVALUACION DE LA LONGEVIDAD DE LA FEROMONA SINTÉTICA

OPTIMIZACION DEL TRAMPEO CON FEROMONA SEXUAL PARA *Stenoma catenifer* Y EVALUACION DE LA LONGEVIDAD DE LA FEROMONA SINTETICA.

Introducción

El aguacate es atacado por varias plagas de insectos (Coria, 1993), entre estas se encuentra principalmente la palomilla *Stenoma catenifer* Walsingham. El control de *S. catenifer* se lleva a cabo por medio de plaguicidas (Fornazieri, 1994; Ventura et al., 1999; Wysoki et al., 2002). Sin embargo, el uso de estos productos químicos ha sido poco eficiente (Hohmann et al., 2003). Las trampas con feromonas son una importante herramienta para la detección y monitoreo de diversas plagas (Herman et al., 2005). Recientemente, se evaluaron trampas con feromona para el monitoreo de *S. catenifer* (Hoddle, 2009). La feromona sexual de *S. catenifer* fue identificada como (9Z)-9,13-tetradecadien-11-inal (Millar et al., 2008). Con esta nueva herramienta se desarrollaron algunos trabajos a fin de conocer la fluctuación de dicha plaga en el cultivo de aguacate "Hass" y evaluar la efectividad de la feromona sexual (Hoddle y Millar, 2011; Hoodle y Hoodle, 2012). Recientemente, se capturaron *S. catenifer* y *Antaeotricha nictitans* (Zeller) ambas palomillas de la familia Elachistidae en el cultivo aguacate tipo Criollo, utilizando trampas con feromona por periodos de un mes en dos estaciones climáticas (seca y lluvias) (Castillo et al., 2012). Por otro lado, en este mismo trabajo se observó que el número de capturas de palomillas adultas de *S. catenifer* disminuyó con el tiempo de exposición de las trampas en campo, pero se desconoce si la causa es por la pérdida gradual del atrayente o por la disminución de la densidad poblacional de la plaga. Hasta el momento existe poca información disponible sobre los factores que influyen en la longevidad de los cebos con feromonas en campo, situación que puede llevar a tener capturas poco confiables (Gut y Jenkinna, 1999; Knight, 2002). Este último factor es muy importante a considerar puesto que de esto depende el tiempo que se debe cambiar el cebo con la feromona.

Por otro lado, se conoce que para algunas especies de palomillas aparte del diseño de la trampa, la altura de ubicación del dispositivo, también ha demostrado

ser una variable importante que afecta las tasas de capturas (Subchev et al., 2003; Bloem et al. 2005; Athanassiou et al., 2006).

Por todo lo anterior en el presente trabajo se evaluaron algunos factores que podrían influir en la captura de machos de *S. catenifer* con trampas con feromona, con el fin de mejorar las capturas *S. catenifer* y hacer más eficiente el trampeo como una herramienta útil y confiable para la captura de machos adultos de esta plaga en la región del Soconusco, Chiapas; México. Los objetivos planteados fueron los siguientes: 1. Determinar el tipo de trampa más eficiente para la captura de los machos de *S. catenifer* en la región de estudio, 2. Determinar la altura más efectiva de la colocación de las trampas en los árboles de aguacate criollo en la región Soconusco, y 3. Evaluar la longevidad de la feromona sintética,

Materiales y métodos

Sitio de estudio

El trabajo se realizó en el cantón Texcuntic, municipio de Frontera Hidalgo, Chiapas (N14° 47' 41. 13" y W92° 11' 14.5 ") con una altura de 92 msnm, una superficie de 4 hectáreas, y más de 400 árboles con alturas superiores a los 15 metros, asociados a árboles de cacao (*Theobroma cacao L.*). El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 27°C y una precipitación media anual de 2,209 mm (Conagua, 2010).

Evaluación de diferentes tipos de trampas

Se evaluaron tres tipos de trampas (a) tipo Pherocon 1C (Ala) (Trece Inc.); (b) trampa tipo Pherocon III (Delta) (Trece Inc.), en la que las palomillas fueron capturados en una superficie adhesiva colocada en el fondo de la trampa y C) las trampas de bote de agua, en las que las palomillas se capturaron en agua jabonosa que está en el interior de la trampa. Se colocaron 12 trampas en la parcela 1. Frontera Hidalgo (N14 ° 47 '41. 13 "y W92 ° 11' 14.5"; 92 msnm),

(cuatro para cada tipo de trampa, tres con el cebo (9Z)-9,13-tetradecadien-11-inal, feromona sintética comercial y una sin cebo utilizada como control). En cada trampa el dispensador de feromonas se colocó en el centro de la parte superior interna. Las trampas tipo Delta y Ala, se elaboraron de plástico blanco semitransparente y las de bote de agua, consistían de un bote de plástico color blanco de un volumen aproximado de 4 litros.

Las trampas fueron colocadas en los árboles de aguacate a una altura media de 4 metros, la distancia entre trampas fue de 50 metros aproximadamente. Las inspecciones de las trampas se realizaron cada semana, contabilizando los machos capturados por trampa, realizándose un total de ocho observaciones durante el período de dos meses (Enero-Febrero de 2013). En cada trampa, el cebo fue sustituido cada mes. La superficie adhesiva y el agua jabonosa de las trampas se remplazaron cada semana, para evitar la saturación de palomillas y de impurezas que pudieron afectar la eficiencia de las capturas. La superficie total de las partes pegajosas fueron para la tipo Pherocon 1C (Ala) ($21.59 \text{ cm} \times 29.21 = 630.64 \text{ cm}^2$) y para la tipo Pherocon III (Delta) ($19.05 \text{ cm} \times 29.21 \text{ cm} = 556.45 \text{ cm}^2$). Al inicio de la prueba los árboles estaban en la etapa de fructificación, con aguacates de tamaños de 3.5 cm de diámetro hasta frutos aptos para la cosecha.

Efecto de la altura de trampa.

Se examinó el efecto de la altura de las trampas tipo Pherocon 1C (Ala) en la captura de machos de *S. catenifer*, en los árboles de aguacate tipo criollo, para ello se probaron tres alturas (2, 4 y 6 metros sobre el suelo). En un mismo árbol se colocó una trampa por cada altura, para tener similares condiciones. Las trampas contenían el cebo con la feromona sexual sintética (9Z)-9,13-tetradecadien-11-inal. Los árboles de aguacate fueron seleccionados aleatoriamente, cada altura de trampa se realizó con tres repeticiones. La trampa de menor altura se instaló en el tronco del árbol y las otras dos se colgaron en las ramas. El registro del número de palomillas capturadas por trampa se realizó cada semana, durante los meses de abril y mayo del 2013. La superficie adhesiva de las trampas se reemplazó cada

semana y el cebo con la feromona se sustituyó cada 4 semanas.

Evaluación de la longevidad de la feromona.

Se realizó la extracción de la feromona sintética comercial de los septos de caucho, mediante el método de Microextracción en Fase Sólida (MEFS) para comparar la pérdida de concentración de los componentes principales de la feromona a través del tiempo. Se utilizaron cuatro septos, cada septo se colocó en un frasco de vidrio en donde posteriormente se introdujo la jeringa de MEFS, con una fibra cubierta con Polidimetilsiloxano (PDMS) (Supelco, México) el cual se dejó por 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo programado se retiró el MEFS del frasco y se introdujo al cromatógrafo de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-EM) (Varian 3600). Posteriormente cada septo se colocó en una trampa tipo Pherocon 1C (Ala), las cuales fueron llevadas en las parcelas de aguacate y se dejaron durante un mes. Las extracciones de los volátiles se realizaron semanalmente, para cuantificar la pérdida del atrayente a través del tiempo bajo las condiciones climáticas de la región Soconusco, Chiapas.

Resultados

Tipos de trampa.

Las trampas tipo Pherocon 1C (Ala) cebadas con la feromona sintética comercial (9Z)-9,13-tetradecadien-11-inal) capturaron más machos de *S. catenifer* (Figura 1), pero no hubo diferencias estadísticas significativas con las capturas medias de las palomillas respecto a los otros tipo de trampas ($X^2 = 10.1$; gl = 2; P = 0.5637).

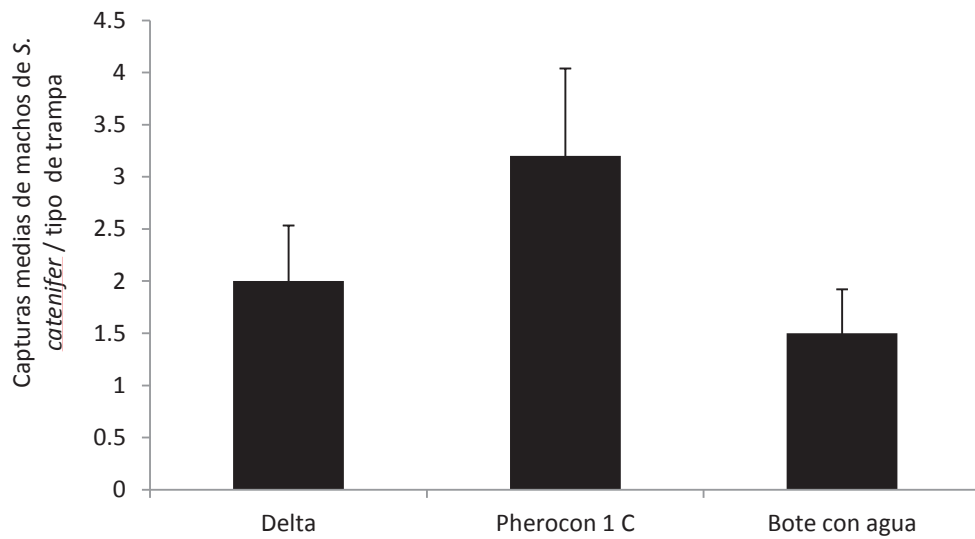


Figura 1. Capturas de machos de *Stenoma catenifer* por tipo de trampa.

Altura de trampas

La ubicación de las trampas tipo Pherocon 1C a diferentes alturas no afectó significativamente la capturas de machos de *S. catenifer* ($X^2=1.76$, $gl = 2$, $P=0.4131$). Sin embargo las trampas ubicadas a 6 metros de altura fueron las que capturaron mayor número de palomillas macho (Figura 2).

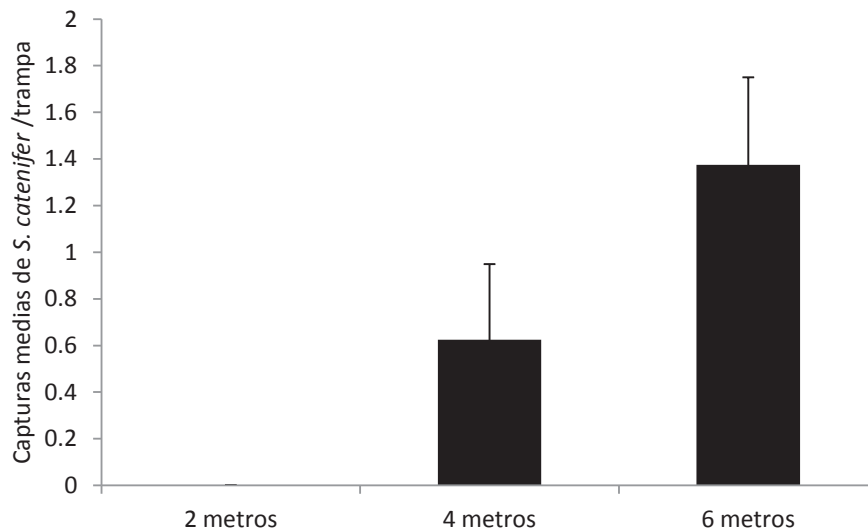


Figura 2. Efecto de la altura de trampas en la capturas de machos de *Stenoma catenifer*.

Longevidad de la feromona

El análisis químico para determinar la pérdida de la feromona de *S. catenifer* semanalmente, indicó que la concentración disminuyó en un 50 % durante la primera semana y posteriormente disminuye gradualmente hasta perder alrededor del 80 % durante la cuarta semana (Figura 3). El análisis estadístico muestra una correlación directa entre la pérdida de la feromona y tiempo de exposición ($P=0.0096$).

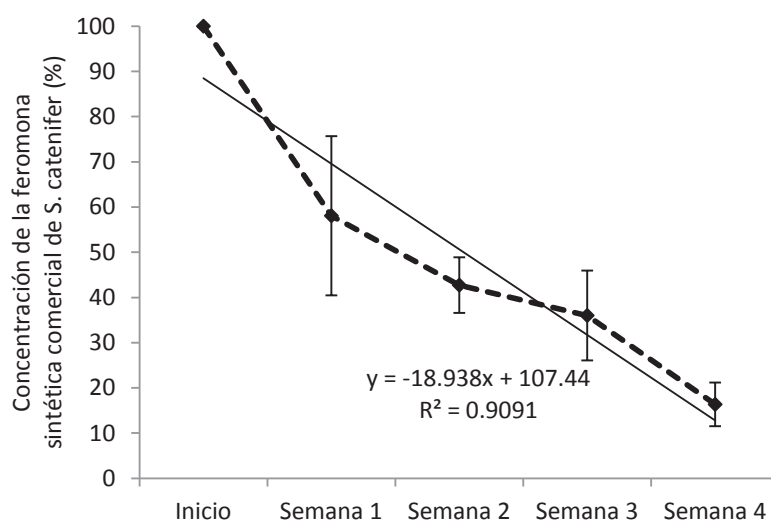


Figura 3. Pérdida de la concentración de la feromona de *S. catenifer* de los septos de caucho gris, colocados en huertas de aguacate tipo Criollo en la región Soconusco, Chiapas.

Discusión

En el presente estudio las trampas tipo Pherocon 1C fueron las más eficientes. Aunque las trampas tipo Delta demostraron ser mejores en la captura de *Thaumetopoea pityocampa* (Athanassiou et al., 2006), *Grapholita molesta* (Knight, 2011), así como *Paralobesia viteana* (Cha et al., 2013). En este estudio, las trampas tipo Pherocon 1C fueron más eficientes en capturas de machos adultos de *S. catenifer* en el aguacate Criollo. Las ventajas que presenta las trampas tipo Pherocon 1C son: 1) el tamaño de la zona pegajosa, que es ligeramente superior a la trampa tipo Delta (Pherocon 1C 630.64 cm² y Delta 556.45 cm²) y 2) que es

abierto a lo largo de todo su perímetro por abajo del dispensador, mientras que la trampa tipo Delta tiene sólo dos aberturas triangulares de 110 cm² ubicadas en cada extremo.

También se sabe, que para algunas especies de palomillas aparte del diseño de la trampa, la altura de ubicación del dispositivo ha demostrado ser una variable importante que afecta a la capturas, tal es el caso de *Theresimima ampellophaga* (Subchev et al., 2003), *Spodoptera frugiperda* (Malo et al., 2004), y *Cydia pomonella* (Knight & Light, 2005), y para otras especies estadísticamente no han sido diferentes, como por ejemplo, *Prays oleae* (Kavallieratos et al., 2005) y *S. catenifer* en aguacate “Hass” (Hoddle et al., 2011). Para nuestro estudio en el cultivo de aguacate criollo, en las tres alturas evaluadas no existió diferencias estadísticas significativas, Sin embargo, las trampas ubicadas a 6 metros presentaron las mayores tasas de capturas. Estos resultados indicaron que la arquitectura de los árboles juega un papel importante para la ubicación de las trampas. En el estudio de (Hoddle et al., 2011) en aguacate “Hass” la mejor altura de ubicación de trampas fue a 2 metros, esto influenciado por el tipo de manejo que se le da a la huerta, ya que la variedad de aguacate antes mencionada, los árboles tienen ramas productivas desde alturas de 50 cm sobre el suelo y para el aguacate tipo Criollo en nuestra región de estudio, por ser una especie que mayormente se utiliza como árboles de sombra en el cultivo de cacao las primeras ramas productivas se ubican después de los 5 metros de altura.

La eficiencia de los cebos con feromona fue evaluado anteriormente por Hoddle et al. (2009, 2011), quienes reportaron que el periodo de vida útil de los cebos en campo, en huertas de aguacate “Hass” y en alturas superiores a 1500 msnm fue de 4 semanas. Sin embargo, en las condiciones ambientales de nuestra región de estudio, con alturas inferiores a 200 msnm, se pudo observar que la eficiencia de la feromona fue menor, resultados similares fueron encontrados por Castillo et al. (2012). Para corroborar estas observaciones se realizó la extracción de la feromona, en la que se encontró una disminución del 50% de la feromona durante las primeras dos semanas. Resultados similares fueron reportados por Maitle et al. (1976) con los cebos de la feromona sintética de la palomilla de la manzana *Cydia*

pomonella, que mostraron una liberación inicial alta durante las primeras semanas, seguido de una disminución gradual en las siguientes semanas. Por otra parte Khat et al. (1994) y Kobanci (2006), en estudios similares demostraron que la liberación de la feromona disminuyó rápidamente durante las primeras dos semanas, esta rápida pérdida se lo atribuyeron a la inestabilidad química de la feromona sexual, por un alcohol dieno conjugado (Brown, 1986). Para nuestro caso posiblemente es por efecto de la temperatura, ya que el clima donde se evaluaron los cebos por Hoddle et al. (2011) fue templado y en nuestra región de estudio fue cálido con una temperatura media anual de 27 °C.

Referencias

- Athanassiu, C.G., Kavallieratos, N.G., Gakis, S.F., Kyrtsa, L.A., Mazomenos, B.E.,F. Gravanis, F.T., (2006) Influence of trap type, trap colour, and trapping location on the capture of the pine moth, *Thaumetopoea pityocampa*. Entomol. Exp. Appli. 122, 117-123.
- Bloem, S., Hight, S.D., Carpenter, J.E., Bloem, K.A., (2005). Development of the most effective trap to monitor the presence of the cactus moth *Catoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae). Florida entomol. 88, 300-306
- Brown, D.E., McDonough, L.M., (1986). Insect sex pheromones: Formulation to increase the stability of conjugated dienes. J. Econ. Entomol. 79, 922-927.
- Castillo, A., Cruz, L., Gómez, J., (2012). Moth species captured with the sex pheromone of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elasmobranchidae) in avocado plantations of Southern of Mexico. Florida Entomol. 95, 1111-1116.
- Coria-Avalos, V., (1993). Principales plagas del aguacate en Michoacán. Secretaria de agricultura, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Centro de investigaciones del Pacifico Centro, Michoacán, México.19, 20pp.
- Fornazieri, M., Piffer, R., Teixeira, C.P., Athayde, M.O., (1994). Controle da broca do fruto do aba-cateiro (*Stenoma catenifer* Wals.) na regioo serrana do

estado do Espírito Santo. Comunicado técnico 2p.

- Gut, D.R., Jenkins, J.W., (1999). Pheromones for insect control: Strategies and successes. *Methods in Biotechnology*. Vol. 5, Biopesticides Use and Delivery. Humana Press Inc., Totowa, NJ, USA. pp. 385-412. *Crop Protection Compendium*. 2005. CAB International. United Kingdom.
- Herman, T.J.B., Clearwater, J.R., Triggs, C. M., (2005). Impact of pheromone trap design, placement and pheromone blend on catch potato tuber moth. *N. Z. Plant Prot.* 58, 219-223.
- Hoddle, M., Miller, J., Hoddle, C.D., Zou, Y., Mcelfresh, S., (2009). Synthesis and field evaluation of the sex pheromone of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae). *J. Econ. Entomol.* 102, 1460-1467.
- Hoddle, M.S., Millar, J.G., Hoddle, C.D., Zou, Y., Mcelfresh, J.S., Lesch, S.M., (2011). Field optimization of the sex pheromone of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae): evaluation of lure types, trap height, male flight distances, and number of traps needed per avocado orchard for detection. *Bull. Entomol. Res.* 101, 145-152.
- Hoddle, M.S., Hoddle, C.D., (2012). Surveys for *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachitidae) y associated parasitoids infesting avocado in Perú. *J. Econ. Entomol.* 105, 402-409.
- Hohmann, C. L., Meneguim, A.M., Andrade, E.A., García de Novaes, T., Zandona, C., (2003). The avocado fruit borer, *Stenoma catenifer* (Wals) (Lepidoptera: Elachistidae): egg and damage distribution and parasitism. *Rev. Bras. Fruit.* 25, 432-435.
- Kavallieratos, N. G., Athanassiou, C.G., Balotis, G.N., Thasi, G.Th., Mazomenos, B.E., (2005). Factors affecting male *Prays oleae* (Lepidoptera: Yponomeutidae) Captures in Pheromone-Baited Traps in Olive Orchards. *J. Econ. Entomol.* 98, 1499-1505.
- Khat, M., Anshelevich, L., Dunkelblum, E., Fraishtat, P., Greenberg, S., (1994). Sex pheromone traps for monitoring the codling moth: effect of dispenser

- type, and field aging of dispenser, pheromone dose and type of trap on male captures. *Entomol. Exp. Appl.* 70, 55-62.
- Knight, A., Pickel, C., Hawkins, L., Abbott, C., Hansen, R., Hull, L., (2011). Monitoring oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) and peach twig borer (Lepidoptera: Gelechiidae) with clear delta-shaped traps. *J. Appl. Entomol.* 135, 106–114.
- Knight, A L., (2002). A comparison of gray halo-butyl elastomer and red rubber septa to monitor codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in sex pheromone-treated orchards. *J. Entomol. Soc.* 99, 123-132.
- Kobanci, O.B., Schal, C., Walgenbach, J.E., Kennedy, G.G., (2006). Effects of pheromone loading, dispenser age, and trap height on pheromone trap moth in apple orchards. *Phytoparasitica* 34, 252-260
- Maitlen, J.C., McDonough, L M., Moffitt, H R., George, D. A., (1976). Codling moth sex pheromone: Baits for mass trapping and population survey. *Environ. Entomol.* 5, 199-202
- Malo, E. A., Bahena, F., Miranda, M.A., Valle-Mora, J.,(2004). Factors affecting the trapping of males of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae) with pheromones in México. *Florida Entomol.* 87, 288-293.
- Millar, J.G., Hoddle, M., McElfresh, J.S., Zou, Y., Hoddle, C., (2008). (9Z)-9,13-Tetradecadien-11-ynal, the sex pheromone of the avocado seed moth, *Stenomima catenifer*. *Tetrahedron Lett.* 49, 4820–4823.
- Subchev, M., Toshova, T., Voigt, M.T., Mikula, J., Franckers, W., (2003). Catches of vine bud moth (*Theresimima ampellophaga*) (Lep: Ziygaenidae: procrarinae) males in pheromone traps. *J. Applic. Entomol.* 128, 44–50
- Ventura, D.D., Lopes, E.C.A., Montalvan, Y.R.,(1999). Avocado moth (Lepidoptera: Stenomidae) damage in two avocado cultivars. *Florida Entomol.* 82, 625-631
- Wysocki, M., Van den Berg, M.A., Ish-Am, G., Gazit, S., Peña J.E., Waite, G.K., (2002). Pests and pollinators of avocado. *Tropical fruit pests and pollinators,*

biology, economic importance, natural enemies and control pp. 223-293.
CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire, United Kingdom.

FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE DOS ESPECIES DE PALOMILLAS
(LEPIDPTERA: ELACHISTIDAE) AL CULTIVO DE AGUACATE CRIOLLO EN LA
REGION SOCONUSCO, CHIAPAS, MEXICO

Sometido a Crop protection

Submitted to Crop Protection.

POPULATION FLUCTUATION OF TWO MOTH SPECIES (LEPIDOPTERA:
ELACHISTIDAE) ASSOCIATED WITH CRIOLLO AVOCADO CROP IN THE
SOCONUSCO REGION, CHIAPAS, MEXICO

Miguel A. Vázquez, Leopoldo Cruz-López, Jaime Gómez and Alfredo Castillo

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Carretera Antiguo Aeropuerto km 2.5.
Tapachula, 30700 Chiapas, México.

Email: lcruz@ecosur.mx

ABSTRACT

Stenoma catenifer (Walsingham) is one of the main worldwide pests for avocado *Persea Americana Miller* (Lauraceae). Previous reports show that *S. catenifer* sex pheromone attracted males of *S. catenifer* and *Antaeotricha nictitans* (Zeller) (uncertain origin moth species). Therefore, we used that pheromone to study the annual population fluctuation of both moth species in two Criollo avocado orchards with different elevation. Three baited traps were placed in each site and every two weeks the moths captured were registered and lures were renewed monthly. The effect of precipitation and temperature, as well as crop phenology on capture of both moth species were analyzed. The moth trapping was replicated in a cacao (*Theobroma cacao* L) orchard free of avocado trees in order to contrast the results. *S. catenifer* was registered from November to July in the avocado crop sites, and there was a coincidence within the lack of avocado fruits and no capture of *S. catenifer*. However, *S. catenifer* captures frequency did not show any correlation with the crop characteristic trait used in this study to describe the crop phenology. Thus, the first *S. catenifer* captures coincide with the crop flowering and the presence of the avocado fruits, independently of site altitude. In the low altitude site there was a high frequency of *S. catenifer* captures from December to January while in high altitude captures increased from February to May. A captures correlation with precipitation but no with temperature were observed in the low altitude site; while a correlation was observed with temperature but no with rain at the high altitude site. *S. catenifer* pheromone also attracted as expected to *A. nictitans* in avocado crop. Interesting, *A. nictitans* was captured all seasons, even

in large numbers that *S. catenifer* and it was the only moth species captured in the cacao orchard. *A. nictitans* captures frequency was high in the high altitude site, where none environmental variable was related with the captures. An unidentified moth species belonged to the Elachistidae family was consistently captured in traps in addition to *S. catenifer* and *A. nictitans*. Finally, this information is important in order to understand the role that these two moth species play in a tropical agroecosystem.

Key words: Monitoring, *Stenoma catenifer*, phenology, pheromone, *Antaeotricha nictitans*.

1. Introduction

Mexico is one of the world leading producer of Hass avocado variety (*Persea americana* Mill); 1.1 million tons were grown in 123, 000 hectares in 2010 (SIAP, 2012), exporting 80% of avocado to the U.S., limited only for quarantine pests (Morales, 2012). Two species of beetles and the seed borer moth *Stenoma catenifer* (Walsingham) are the best known pests of avocado fruits (Peterson and Orden, 2008), which have not been registered in Michoacan (higher production in Mexico), based on the Mexican Government (Salazar-García et al., 2004).

However, Mexico has a large number of native varieties of avocado, but little is known about the association of *S. catenifer* with these varieties. Particularly, native avocado cultivations also called "Criollo" are found in the Soconusco region, Chiapas, Mexico, (Hernández, 2011) where Castillo et al. (2012) detected the presence of *S. catenifer* using the pheromone, identified as (9Z)-9,13-tetradecadien-11-ynal (Millar et al., 2008) for periods of one month in two seasons (dry and rainy). During dry season only adults of *S. catenifer* were captured (fruiting period), and in the same traps another Elachistidae moth *Antaeotricha nictitans* (Zeller) was also captured in both seasons, being only captured in the wild crops during dry season (Castillo et al. 2012). Hoddle et al. (2011) reported *A. nictitans* as a moth attracted by the *S. catenifer* pheromone, but this avocado association is not very clear. However, Castillo et al. (2012) considered *A. nictitans* as an insect visitor into avocado orchards. Currently, Hass avocado crop is expanding in several regions along Chiapas state (SIAP-SAGARPA, 2012, unpublished) therefore, the migration of *S. catenifer* could have economic

implications for exportation markets. Thus, it is important to achieve *S. catenifer* and *A. nictitans* biological and ecological information in Criollo avocado cultivation throughout the year. Therefore, the aims of this study were; a) define the population fluctuation of *S. catenifer* as well as *A. nictitans* using sex pheromone traps in order to determine the season or seasons of major incidence of these moths associated with the Criollo avocado, b) determine the effects that climatic factors (precipitation and temperature), elevation and crop phenology may have on the population fluctuation of *S. catenifer* and *A. nictitans* and c) monitor *A. nictitans* in cocoa, free of avocado trees for more information on its prevalence in other crops.

2. Materials and methods

2.1 Field site

The study was carried out in two different sites where Criollo avocado is grown, each one with different agroecological conditions and elevation, in the Soconusco region, Chiapas (Fig. 1). Site 1; an area of four ha with more than 400 trees (15 m height) associated with cocoa trees in canton Texcuntic, municipality of Frontera Hidalgo (N14 ° 47 '41. 13 "and W92 ° 11' 14.5"; 92 m a.s.l.), The weather is warm subtropical with summer rains, the average annual temperature is 27 °C and an average annual rainfall of 2,009 mm (Conagua, 2012).

The second site (2) is located in Ejido Aguinal, municipality of Tuxtla Chico (N14° 54' 21,7" and W 92° 13' 43,4") at an altitude of 200 m a.s.l. and an area of two ha.

On this site avocado trees over 10 m high, which are used as shade trees of cacao, are associated with mango trees (*Mangifera indica* L.) and caimito (*Chrysophyllum caimito* L.). The weather is humid with summer rains and the annual average temperature is 26 °C an average annual rainfall of 2057 mm (Conagua, 2012).

2.2 Moth population fluctuations associated with Criollo avocado crop

Month monitoring was conducted for one year in the two avocado orchards (above described) from September 2012 to August 2013. Three baited traps Pherocon 1C type, described by Trece Inc. (1987) and one unbaited trap (control) were placed at each study site. The lure used was the synthetic pheromone (9Z)-9,13-tetradecadien-11-ynal described by Millar et al. (2008). Trees were randomly chosen and a trap per tree was placed at 4 m height above the ground which were replaced every month. The sticky surfaces of the traps were replaced biweekly, to avoid saturation of the moths that could affect catch efficiency. Data were registered biweekly by counting the number of moths species captured per trap, there was also a record of climatic factors recorded obtained from meteorological station located close to study sites.

*2.3. Monitoring *A. nictitans* in a cocoa orchard.*

In order to have more information on the prevalence of *A. nictitans* in other plant species associated to avocado crop, a trapping was carried out in a cacao orchard

free of avocado trees (within and around the orchard). Two Pherocon traps type were placed; one baited and the other unbaited as control. The same pheromone was used as describe below from November 2012 to January 2013. The trees were chosen randomly and traps were placed at a height of four m above the ground. The pheromone traps were replaced every month and data collection was performed every two weeks counting the number of moths captured per trap.

2.4 Data analysis

Data on population abundance between sites was analyzed using the General Linear Model (GLM) which fit a Poisson distribution. Analysis were performed by using the R Development Core Team 2012 program, where the captures were considered as the response variable. The control was not included in the analysis, because males moth were not captured. For moth catches correlations with climatic factors (precipitation and temperature), altitude and phenology of avocado, polynomial regressions were performed with JMP Statistical Software 5.0.1.2

3. Results

3.1 Population fluctuations of S. catenifer

Population fluctuation of *S. catenifer* is shown in Fig 2. where a total of 189 moths were captured (September 2012-August 2013). *S. catenifer* captures frequency was higher in site 1 (low altitude) (n=121) than in site 2 (higher altitude) (n=68) ($X^2=16.57$, GL=1, $P=0.000481$). The first *S. catenifer* male catches occurred

during November at site 1 and, displaying a moth population peak on December 22nd, 2012. The highest catches were on January 23rd, 2013, with an average catch of 5 moths/ trap/week. In site 2 the presence of *S. catenifer* started in late January, an increased from February 6th, displaying a peak population on April 17th, 2013, with an average of 2.15 moths/trap/week. At both sites the collection of the first adult males corresponded to the flowering and the presence of the first fruits in the trees. The captures number of *S. catenifer* did not show a correlation with the characteristic trait used to describe the phenology of avocado trees, at site 1 ($r = 0.389$, $P = 0.845$) as well as at site 2 ($r = 0.411$, $P = 0.0847$). It was not observed a correlation between the moths captured related to temperature at site 1 ($P = 0.7140$ and $r = 0.1822$) (Fig. 3A), although in that site a correlation with precipitation was observed ($P = 0.0332$, $r = -0.6146$) (Fig. 4A). In contrast, at site 2 a correlation was observed with media temperature ($P = 0.0027$, $r = 0.656$) (Fig. 3B), while there was not significant with precipitation ($P = 0.9869$, $r = 0.581$) (Fig. 4B).

3.1 Population fluctuations of *A. nictitans*

A. nictitans was captured with a higher frequency than *S. catenifer* at both sites (*A. nictitans* = 985 and *S. catenifer* = 189). *A. nictitans* was captured all seasons at both sites (Fig. 5), but the captures frequency was higher at site 2 ($\alpha = 0.05$). There was no correlation between catches of adult *A. nictitans* and temperature factor at site 1 ($P = 0.2835$) (Fig. 6A) nor at site 2 ($P = 0.2350$) (Fig. 6B). However, there was a slight numerical increase in population abundance when lower temperature occurred at both sites. On the other hand, the influence of precipitation factor and

captures of *A. nictitans* showed a significant correlation for site 1 ($P = 0.0035$) (Fig. 7A). In site 2 the precipitation factor was not correlated with catches ($P = 0.0955$) (Fig. 7B).

In the process of trap revision, another moth species belonged to the Elachistidae family (according to Triplehorn and Johnson (2004)) was consistently captured in both sites, which was present from late May to July 10th, showing higher abundance at site 2. (Fig. 8 shows a photograph of this new moth species in comparison with to *S. catenifer* and *A. nictitans*).

3.3 Monitoring *A. nictitans* in a cocoa orchard.

During the month monitoring at the cocoa orchard, a total of 37 *A. nictitans* moths were captured, and the highest catches occurred in November, after that, there was a gradual declination in catches.

4. Discussion

This work describes for first time the annual fluctuation of a wild adult population of the avocado seed borer moth *S. catenifer*. Males of *S. catenifer* were trapped at the beginning of flowering Criollo avocado crops at both study sites. It was observed that populations increased as increasing fruit number and size of the fruit, getting the greatest catches when the fruits reached physiological maturity, which was consistent with that reported by Nava et al. (2005) in studies on population fluctuations of *S. catenifer* in Brazil. However, the period of high

incidence of *S. catenifer* in the two sites was different, at site 1 (low altitude) *S. catenifer* were captured in November, while at site 2 (high altitude), the first capture was in February. Likewise, the number of moths caught was different at each site, more males *S. catenifer* were captured at site 1. This difference could be determined mainly by the availability of moths food, as around site 1 there were several plots of productive avocado Criollo, while at site 2, the plot of avocado was smaller and far from other sites with avocado trees. Similar results were observed with the seed moth *Cydia strobilella* (L) of fir tree which was collected with different population abundance at sites with different altitudes, the authors assumed that this difference was due to the availability and quality of the food (Skrzypczynska et al., 1998). The phenology of avocado fruits for each site was not correlated with male captures of *S. catenifer*, although moth captures started at the time of appearance of the first fruits and increased according to the increase in the number of fruit on the trees, as well as in the size increased. Likewise, catches were decreasing gradually as food availability decreased. Similar results were observed with *Anastrepha serpentina* (Wiedemann) where higher population abundance occurred during the period of highest abundance of ripe fruits in mango trees (Tucuch-Cauich et al., 2008).

Another important factor which influenced insect populations was the temperature (Taylor and Spalding 1988), for *S. catenifer* temperature influenced the population fluctuation only at site 2, this behavior was very similar to that reported in *Cydia pomonella* (L) which at higher temperatures there was more moth activity (Jacobocuellar et al., 2005) similarly Martinez and Godoy (1987) mentioned that the

temperature factor has a direct influence on *A. serpentina* catches. In regard to site 1, no temperature influence was observed on the population fluctuation of *S. catenifer*, since this factor had little variation during the sampling season.

On the other hand, it is known that precipitation affects flight activity of several species of insects, such as the case of the leaf miner *Liriomyza trifolii* (Burgess) a pest of the jalapeño pepper (Valenzuela et al., 2010), which showed a decrease in their populations with rain conditions. In our study we found that the presence of rainfall directly affected *S. catenifer* catches. The precipitation factor had a greater effect on site 1, which had the highest catches of adult male moths during dry season and low rainfall, which was similar with the presence and abundance of food in the site. The results of this study indicate that population fluctuation of *S. catenifer* in the study area is influenced by the availability of resources and environmental factors (temperature and rainfall), which together determine the distribution and abundance of adult moths. A similar behavior was observed in scolytids (Perez et al., 2009) and the fruit fly *Anastrepha striata* (Schiner) in guava (Rodriguez et al., 1999).

During the *S. catenifer* monitoring the moth *A. nictitans* was trapped, confirming what was found by Hoddle et al. (2011) and Castillo et al. (2012). Remarkable, it was observed that this species was present all seasons in both study sites. At site 1, an area of greater environmental disturbance, the presence of *A. nictitans* was less abundant than at site 2. The latter is considered a minor disturbance area due to the presence of a greater diversity of local plant species; those conditions are favorable for *A. nictitans* population. As Baudry (1984) mentioned plant diversity

mosaic of the site, is a key factor in the abundance and diversity of insect species. The climatic factors (precipitation and temperature) had no significant influence on population fluctuation of *A. nictitans*. However we observed that at site 1, *A. nictitans* population abundance showed a relationship with precipitation. Hoddle et al (2011) suspected that *A. nictitans* could have a direct association with avocado cultivation, however, reviewing infested avocado fruit (unpublished results), we did not record any *A. nictitans* larvae, similar observations were reported by Castillo et al. (2012). In addition, our *A. nictitans* captures in a cocoa orchard with no avocado trees around, strengthens the hypothesis that *A. nictitans* do not have a direct association with the damage of avocado fruits, however this must not be discarded. Thus we agree that *A. nictitans* could be a polyphagous species which feeds on leaves of shrubs or evergreen trees that are available in all seasons.

It is worth to mention that in pheromone traps besides trapping *S. catenifer* and *A. nictitans*, an unidentified moth species was captured which belong to the Elachistidae family. This moth was present at the two study sites from May to July, with a greater abundance at site 2. Unlike, *A. nictitans* was not attacking avocado fruits, it was infesting fruits. This results agree with Adamski (2009); Brown (2004, 2009) and Hoddle (2010) results, which mentioned that avocado is attacked by a variety of Lepidoptera. It is important to achieve more information on this new moth species, because this could be a potential pest for the avocado cultivation in this region. This new moth species and *A. nictitans* likely shared the same sex pheromone of *S. catenifer* as presented in other species such as moths *Trichoplusia ni*, *Pseudoplusia includens* (Landolt and Heath, 1987) or even the

attractant might be due to impurities resulting in the synthesis of the pheromone as mentioned Hrudova (2003).

Conclusions

We have shown that based on population fluctuation of *S. catenifer* in the Soconusco region in the state of Chiapas, Mexico, it emerged from November to July, and depended on the presence and abundance of food, climatic factors (precipitation and temperature) and elevation. Whereas *A. nictitans*, occurs throughout the year with a higher population abundance than *S. catenifer*, however, we assumed that this species did not have direct relation to the fruit damage, but this could be associated to the foliage of avocado trees. We also reported for the first time the presence of an unidentified moth species belonged to the Elachistidae family with a potential association with avocado fruit. Finally, our results are important in order to implement appropriate control insect pest populations measures in avocado crop.

Acknowledgements

Thanks to the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) to provide a scholarship to MALV. We also want to thank to M. C. Javier Valle Mora for his advice on statistical analysis and to Ing. Dante Alfredo Hernandez Sedas, and Sr Juan Gonzalez Arrevillaga who provided plots where the study was conducted. We finally thank to Eduardo Rafael Chame Vazquez for helping us to determine the

family name of the new moth species captured. We thank Dr. Jocelyn G. Millar for providing the pheromone lures.

References

- Adamski, D., Hoddle, M., 2009. A new *Halcocera clemens* from Guatemala and redescription of *H. iceryaeella* (Riley) from the United State (Lepidoptera: Coleophoridae: Blastomasinae: Halcocerini): Two congeners with incidental preference for avocado. Entomol. Soc. 111, 254-262.
- Baudry, J., 1984. Effects of landscape structure on biological communities: the case of heterogeneous network landscapes. Vol I. in: Methodology in landscape ecological research and planning. J. Brandt and P. Agger (eds.). Roskilde University Center, Roskilde, Denmark. pp. 55-65
- Brown, J.W., Brown, J.L., 2004. A new species of *Cryptaspasma walsingham* (Lepidoptera: Tortricidae: Olethreutinae) from Central America, the Caribbean, and southeastern United States, with a catalogue of the world fauna of Microcorsini. Proc. Entomol. Soc. 106, 288-297.
- Brown, J.W., Hoddle, M.S., 2009. A new species of *Histura razowski* (Lepidoptera:Tortricidae: Polyorthini) from Guatemala attacking avocados (*Persea americana*)(Lauraceae). Proc. Entomol. Soc. 112, 10-21.
- Castillo, A., Cruz, L., Gómez, J., 2012. Moht species captured with the sex pheromone of *Stenomoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) in avocado plantations of Southern of Mexico. Florida Entomol. 95, 1111-1116.

Conagua, 2012. Comisión Nacional del Agua, Organismos cuenca de Frontera Sur, Jefatura de proyectos de Hidrometeorología, Fraccionamiento los Laguitos, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Fecha de consulta Agosto del 2013.

Hernández, S.A., Magallanes, C.R., García, C.G., Hernández, S.M., 2011. Situación actual del agroecosistema aguacate *Persea americana* Mill. Raza Antillana en la región del Soconusco, México. VII Congreso mundial del aguacate, Actas VII Congreso Mundial del Aguacate 2011 Cairn, Australia.

Hoddle, M.S., Brown, J.W., 2010. Lepidoptera associated with avocado fruit in Guatemala. Florida Entomol. 93, 649-650.

Hoddle, M.S., Millar, J.G., Hoddle, C.D., Zou, Y., Mcelfresh, J.S., Lesch, S.M., 2011. Field optimization of the sex pheromone of *Stenomoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae): evaluation of lure types, trap height, male flight distances, and number of traps needed per avocado orchard for detection. Bull. Entomol. Res. 101, 145-152.

Hrodova, E., 2003. The presence of non-target lepidopteran species in pheromone traps for fruit tortricid moths. Plant. Protect. Sci. 39, 126–131.

Jacobo-Cuellar, J. I., Mora-aguilera, G., Ramirez-Legarreta, M.R., Vera-Graciano, J., Pinto, V.M., López-Collado, J., Ramírez-Guzmán, M.E., Aceves-Navarro, L.A., 2005. Caracterización cuantitativa de la diapausa de palomilla de la manzana *Cydia pomonella* L. en Cuauhtémoc, Chihuahua, México. Agrociencia 39, 221-229.

JMP Version 5.0.1.2, SAS (2003).

Landolt, P.J., Heath, R.R., 1987. Role of female produced sex pheromone in behavioral reproductive isolation between *Trichoplusia ni* (Hubner) and

- Pseudoplusia includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae: Plussinae). J. Chem. Ecol. 13, 1005-1018.
- Martinez, N.B., Godoy F., 1987. Fluctuación poblacional de *Anastrepha serpentina* Wied. en nispero (*Achras zapota*) en el Limón, Aragua Venezuela (Diptera: Tephritidae). Agric. Téc. Méx. 37, 123-129.
- Millar, J.G., Hoddle, M., McElfresh, J.S., Zou, Y., Hoddle, C., 2008. (9Z)-9,13-Tetradecadien-11-ynal, the sex pheromone of the avocado seed moth, *Stenoma catenifer*. Tetrahedron Lett. 49, 4820–4823.
- Morales, R., 2012. Diálogo el Economista. Disponible en www.eleconomista.com.mx/industrias/2012/04/08/triplica-mexico-exportaciones-aguacate-cincoanos10.aspx (Consultado el día 18 de Octubre de 2013).
- Nava, D.E., Parra, J.R., Costa, V., Guerra, T.M., Consoli, F.L., 2005. Population dynamics of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) and related larval parasitoids in Minas Gerais, Brazil. Florida Entomol. 88, 441-446
- Pérez, de la C.M.M., Equihua, M.A., Romero, N.J., Sánchez, S.S., García, L.E., 2009. Diversidad, fluctuación poblacional y plantas huésped de escolítidos (Coleoptera: Curculionidae) asociados con el agroecosistema cacao en Tabasco, México. Rev. Mex. Biodiv. 80, 779-791.
- Peterson, E., Orden, D., 2008. Avocado pests and avocado trade. Amer. J. Agr. 90, 321-335.
- R Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. <http://www.R-project.org/>. R. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

- Rodríguez, G.G.; Del Valle, M.P., Silva-Acuña, R., 1999. Fluctuación poblacional y aplicación del análisis de sendero a la época del incremento de *Anastrepha striata* Schiner (Diptera: Tephritidae) afectando a *Psidium guajava* L. en el estado Monagas, Venezuela. Bull. Entomol. Venez. 14, 63-67.
- Salazar, G.S., Zamora, C.L., Vega, L.R.J., 2004. Actualización sobre la industria del aguacate en Michoacán, México. Cal. Avoc. Soc. 87, 45-54.
- Siap, (2012). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Sagarpa. Cierre de la producción agrícola por estado www.siap.gob.mx/ fecha de consulta 31 de Julio de 2013.
- Skrzyczyńska, M., Koziar, M., Kosibowicz, M., 1998. Pheromone trapping of the spruce seed moth *Cydia strobiella* L. (Lep:Tortricidae) in southern Poland in 1996-1997. Anz. Schädlingkunde., Pflanzenschutz, Umweltschutz. 71, 96-99.
- Taylor, F., Spalding, J.B., 1988. Fitness functions for alternative development pathways in the timing of diapause induction. Am. Natural. 131, 678–699.
- Trece Inc. (1987). Goodbye guess work. Bull. Entomol. Soc. Am. 1987.p 133.
- Triplehorn, C. A., Johnson, N. F., 2004. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. Seventh edition. Thomson Brooks/Cole, Belmont, CA. 864 pp.
- Tucuch-Cauich, F. M., Chi-Que, G., Orona-castro, F., 2008. Dinámica poblacional de adultos de la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha* sp. (Diptera: Tephritidae) en Campeche, México. Agric. Téc. Méx. 34, 341-347.
- Valenzuela-Escobar, F.A., Bautista-Martínez, N., Lomeli-Flores, J.R., Valdez-Carrasco, J.M., Cortez-Mondaca, E., Palacios-Torres, R.E., 2010.

Identificación y fluctuación poblacional del minador de la hoja *Liriomyza trifolii* en chile jalapeño en el norte de Sinaloa. Acta zool. Mex. 26, 585-601.

Figure legends

Figure 1. Location of the study sites. Site 1: Canton Texcuntic, municipality of Frontera Hidalgo, with a surface of four ha of Criollo avocado (N 14° 47' 41.13" y W 92° 11' 14.5", 92 m a.s.l.). Site 2: the Aguinal Ejido municipality of Tuxtla Chico, area of two ha of Criollo avocado (N 14° 54'21.7" y W 92° 13' 43.4 ". 200 m a.s.l.).

Figure 2. Population fluctuation of *Stenoma catenifer* in two Criollo avocado orchards with different ecological conditions during the period 2012-2013.

Figure 3. Relationship between the biweekly mean temperature and the total *S. catenifer* caught in two avocado orchards at different elevations. Site 1, Texcuntic, municipality of Frontera Hidalgo (92 m a.s.l). B) Site 2, El Aguinal, municipality of Tuxtla Chico (200 m a.s.l).

Figure 4. Relationship between the biweekly total rain and the total *S. catenifer* caught in two avocado orchads at different altitude. Site 1, Texcuntic, municipality of Frontera Hidalgo (92 m a.s.l). B) Site 2, El Aguinal, municipality of Tuxtla Chico (200 m a.s.l).

Figure 5. Population fluctuation of *A. nictitans* males two criollo avocado orchards with different agroecological conditions during the period 2012-2013.

Figure 6. Relationship between the biweekly mean temperature and the total *A. nictitans* caught in two avocado orchards at different elevation. Site 1, Texcuntic, municipality of Frontera Hidalgo (92 m a.s.l). B) Site 2, El Aguinal, municipality of Tuxtla Chico (200 m a.s.l).

Figure 7. Relationship between the biweekly total rain and the total *A. nictitans* caught in two avocado orchards at different altitude. Site 1, Texcuntic, municipality of Frontera Hidalgo (92 m a.s.l). B) Site 2, El Aguinal, municipality of Tuxtla Chico (200 m a.s.l).

Figure 8. Unidentified moth species belonged to the Elachistidae family (C) in comparison with to *S. catenifer* (A) and *A. nictitans* (B).

Figure 1

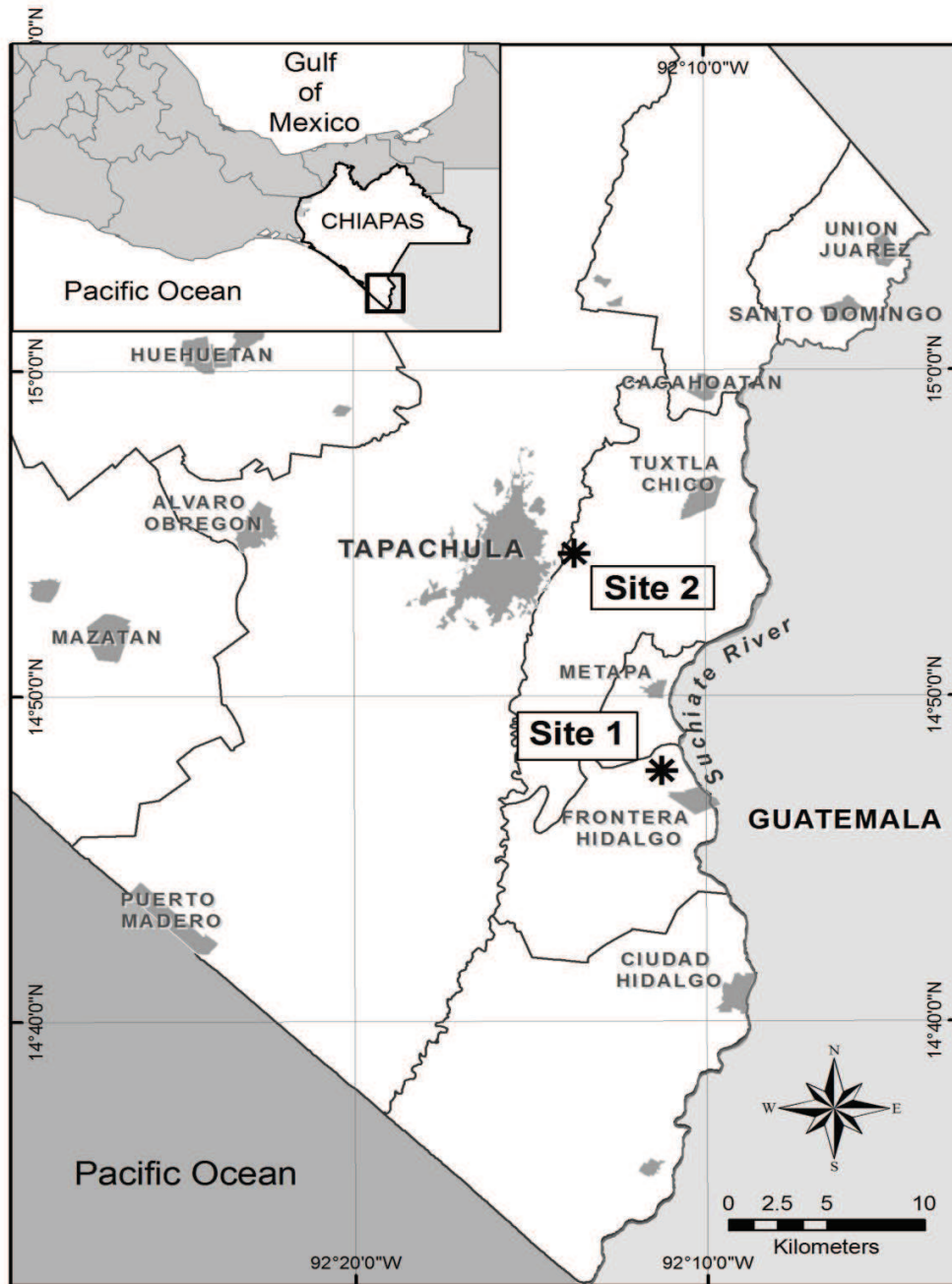


Figure 2

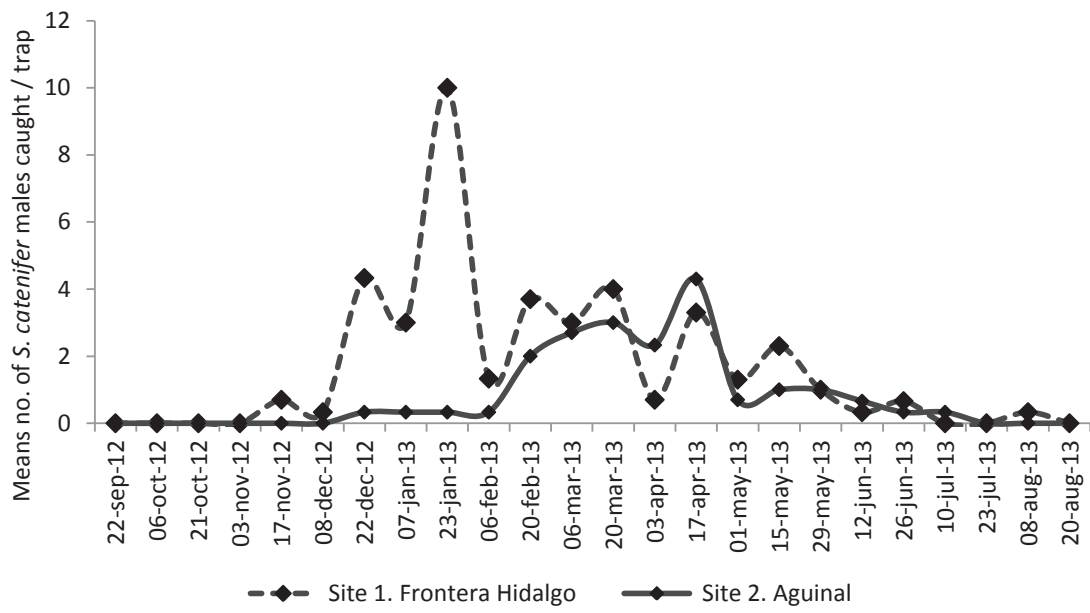


Figure 3

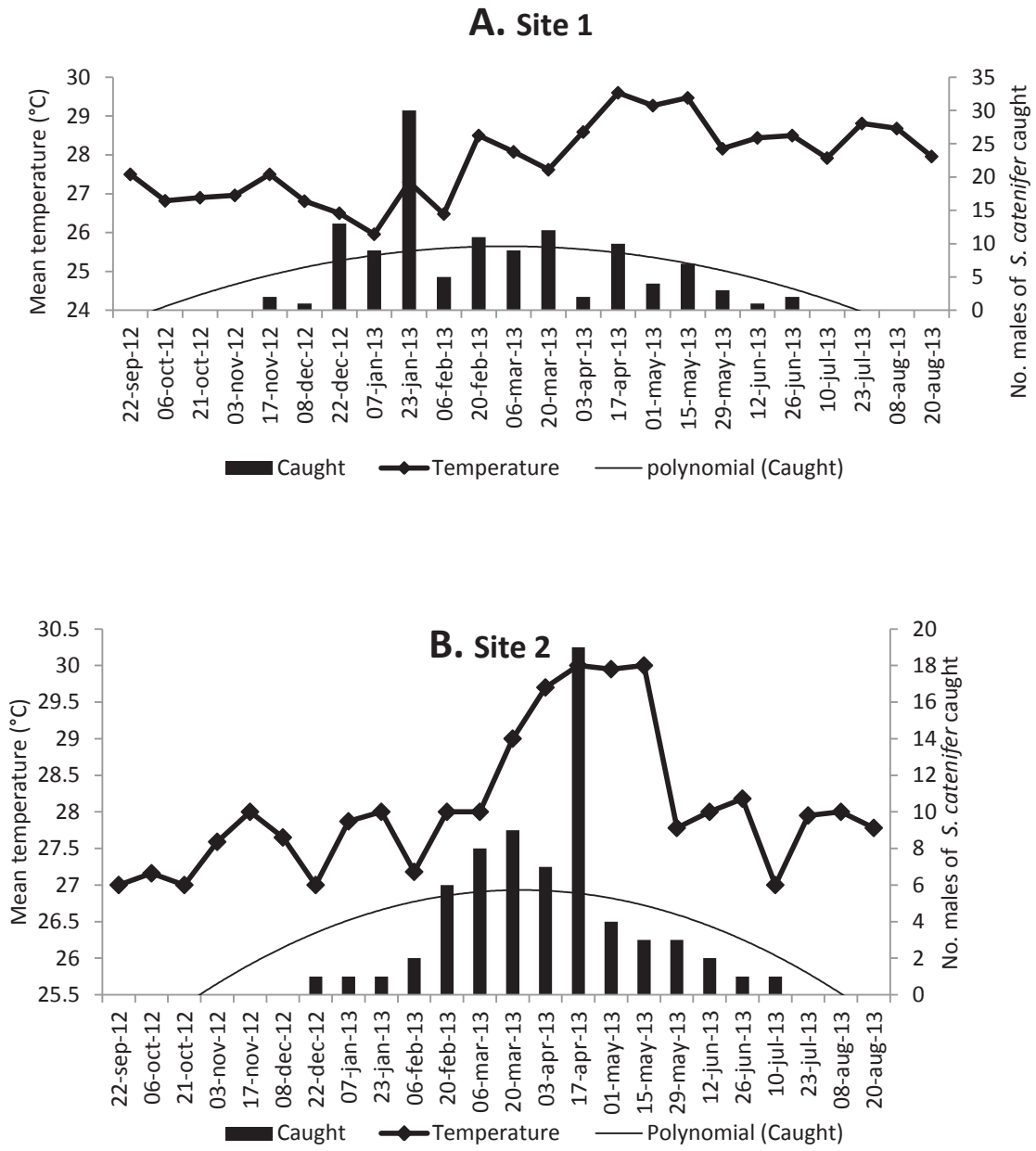


Figure 4

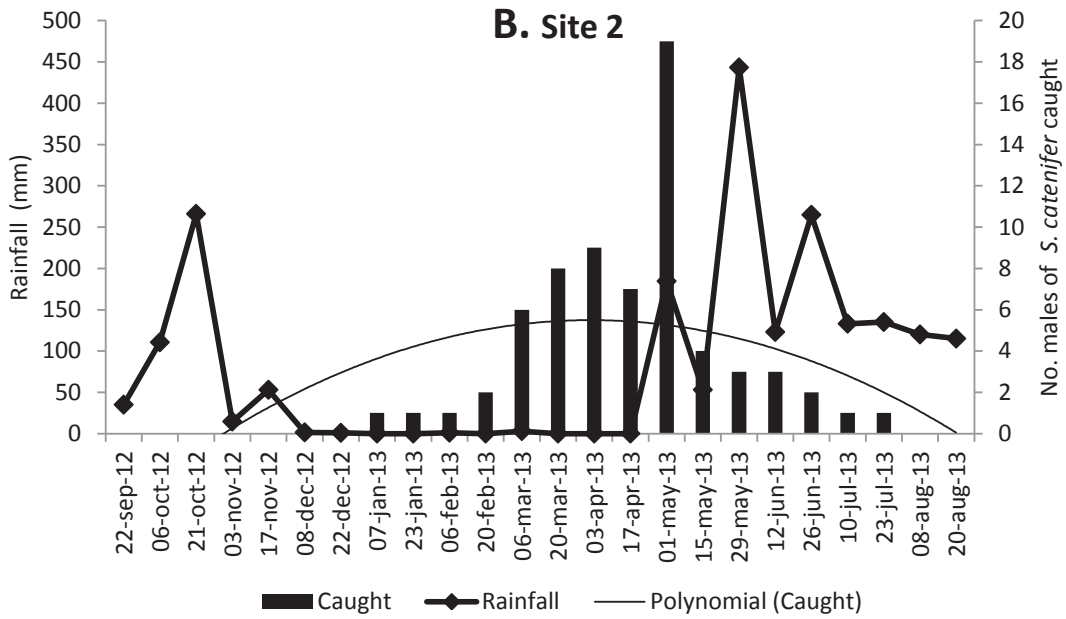
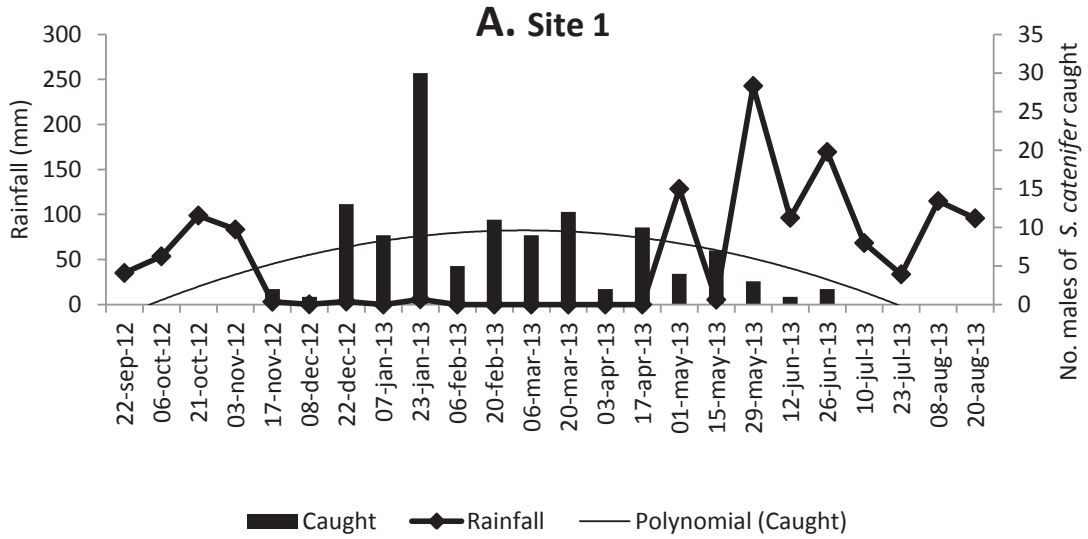


Figure 5

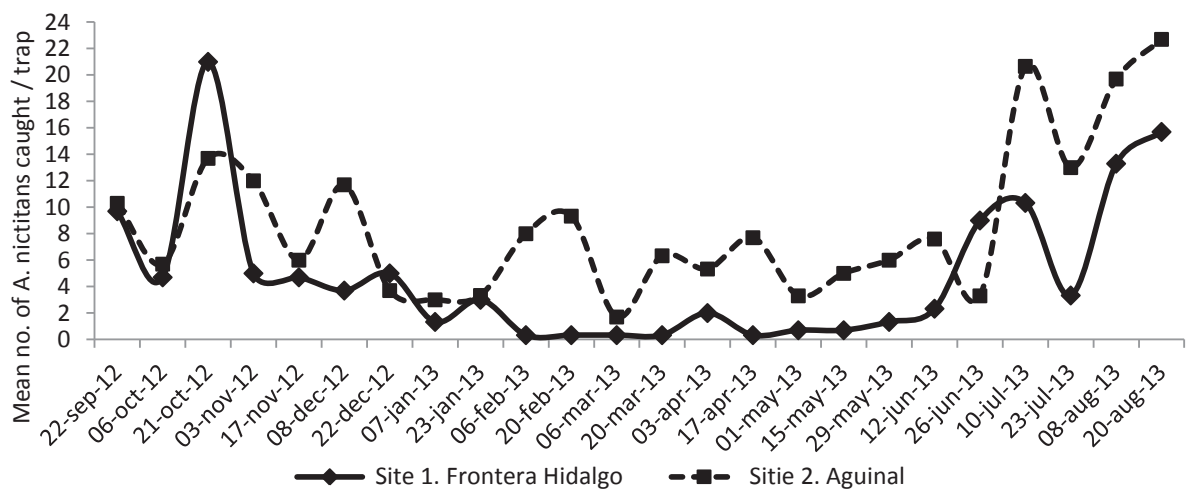


Figure 6

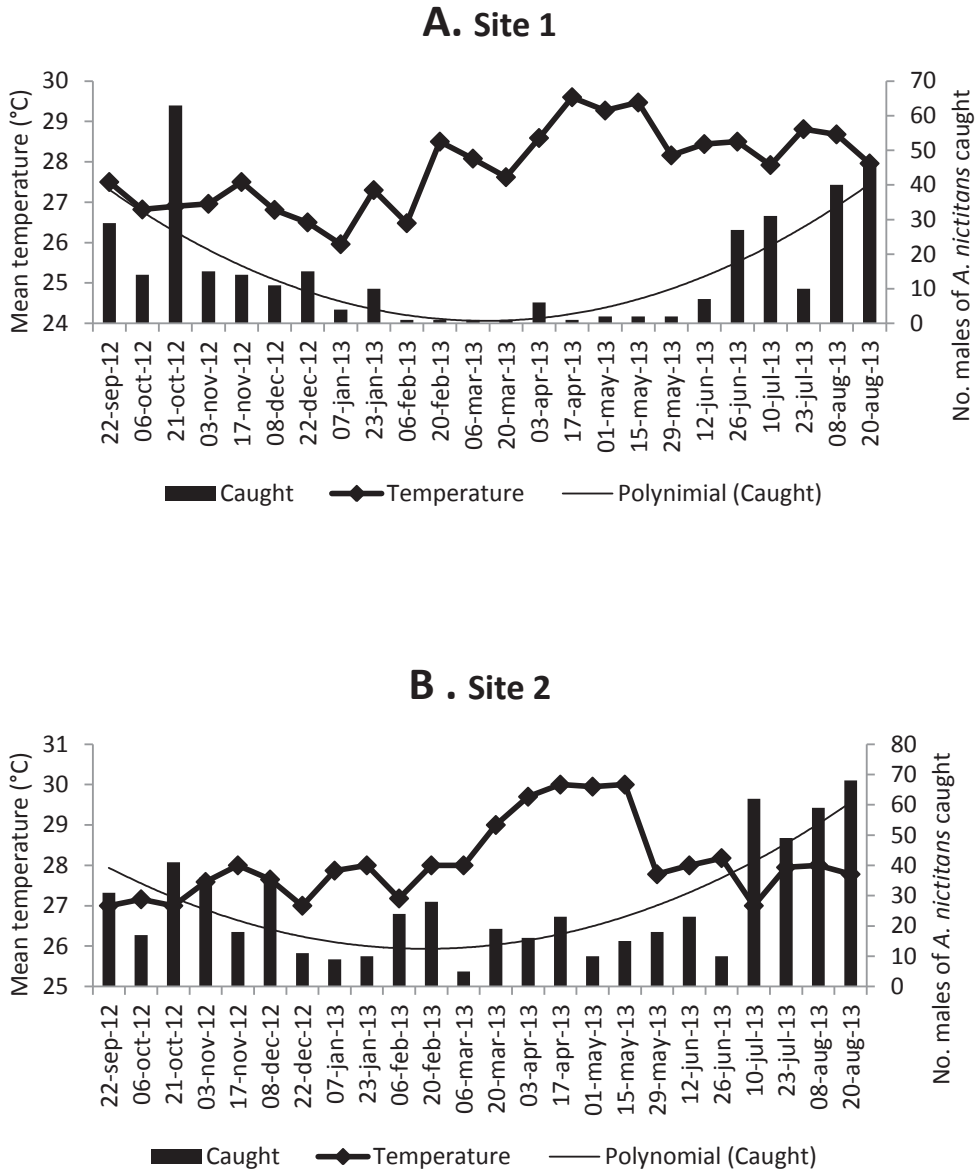


Figure 7

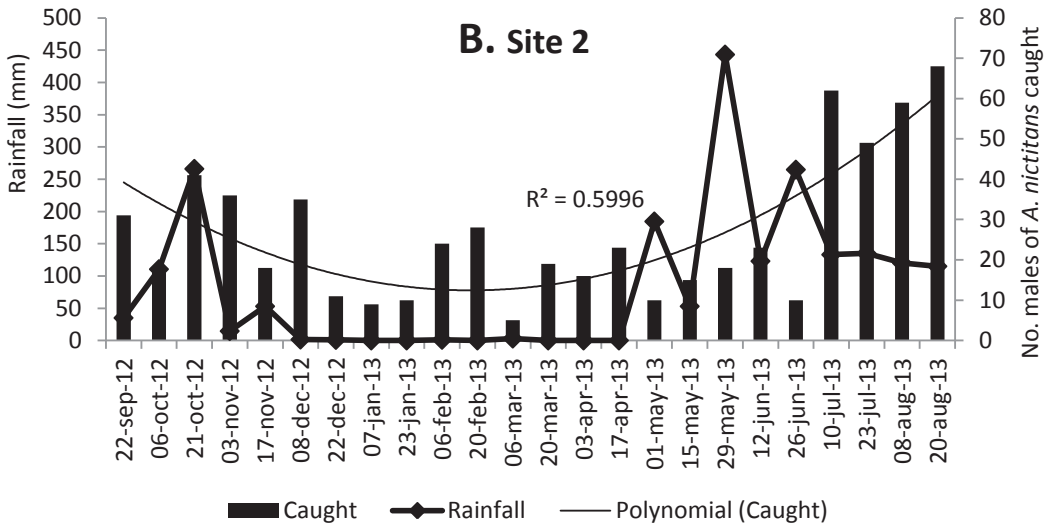
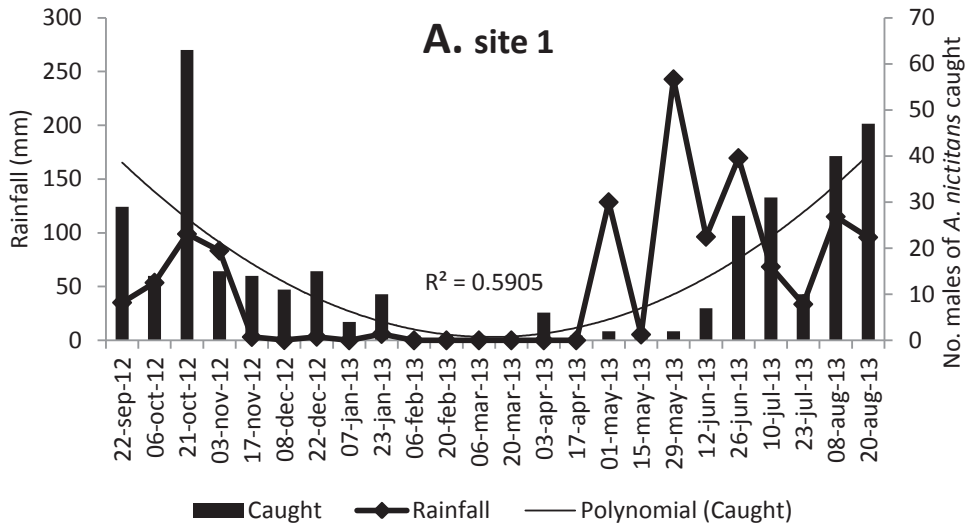
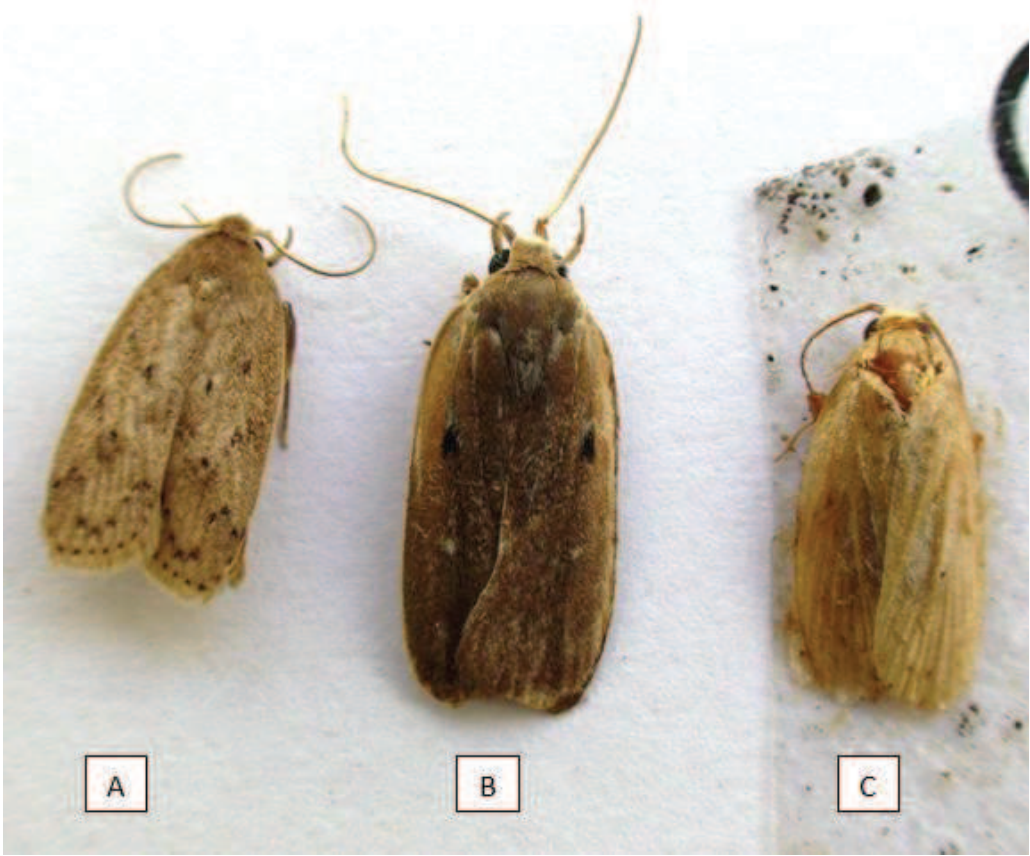


Figure 8



A

B

C

SINERGIA DE VOLÁTILES DEL HOSPEDERO Y LA FEROMONA SEXUAL PARA LA ATRACCIÓN DE *Stenoma catenifer*.

Sinergia de Volátiles del hospedero y la feromona sexual para la atracción de *Stenoma catenifer*.

Introducción.

La feromona sexual de *Stenoma catenifer* (Wallsingham) se identificó como (9Z)-9,13-tetradecadien-11-inal (Millar et al., 2008) y se ha evaluado su potencial para detectar a dicha plaga (Hoddle et al., 2011). Uno de los enfoques más recientes dentro de la investigación de métodos alternativos para el control de insectos plaga, es la identificación de sustancias semioquímicas que puedan ser utilizadas como parte de una estrategia de Manejo Integrado de Plagas. (Agelopoulos et al., 1999; Miller & Cowles, 1990). De esta manera se conoce, que la localización de plantas hospederas por insectos está basada en la detección de compuestos volátiles de plantas en general, en algunos casos estos compuestos son específicos a familias, géneros o especies (Pickett et al., 1999). Estos compuestos volátiles son semioquímicos, conocidos como kairomonas. Las kairomonas de plantas se han usado como cebos en trampas para atraer insectos, como por ejemplo *Rhagoletis mendax* (Diptera: Tephritidae) fue capturado en trampas con volátiles extraídos de los frutos del arándano (Liburd, 2004). Así como las palomillas machos y hembras de *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera, Tortricidae) fueron capturados con los volátiles de los frutos de pera (Light, 2001). También se sabe que la combinación de la feromona sexual y volátiles del hospedero mejoran las capturas de insectos plaga como es caso de *Cydia pomonella* (Landolt, 2008). Para *S. catenifer*, se conoce que las hembras detectan los volátiles del aguacate para encontrar el sitio de oviposición (Nava, 2005), pero no se tiene información sobre el comportamiento de los machos frente a este tipo de compuestos. Por lo que el objetivo de este trabajo fue conocer si hay sinergia al combinar los volátiles del hospedero y la feromona sexual en la atracción de machos de *S. catenifer*.

Materiales y Métodos

Se evaluó el efecto de la feromona sintética comercial y un fruto de aguacate en trampas tipo Pherocon 1C, para lo cual se colocaron 4 trampas en la parcela de aguacate tipo Criollo ubicado en Frontera Hidalgo, Chiapas. En tres trampas se colocaron la feromona sintética y un fruto de aguacate de peso aproximado de 100 gramos y en otra trampa se colocó únicamente el fruto de aguacate, la cual sería utilizada como el control. Este estudio fue realizado en el período comprendido del 3 de abril al 3 de julio de 2013, las revisiones de las trampas se realizó cada semana en la que se contabilizaba el número de palomillas capturadas por especie. El cebo con la feromona fue sustituido cada mes y los frutos de aguacate se cambiaban en cada revisión.

Resultados

Durante el tiempo que duró el experimento, se capturaron únicamente 12 machos de *S. catenifer*, 17 *A. nictitans* y 42 palomillas capturadas de otra especie (Familia: Pyralidae, Subfamilia: Phycitinae). En las trampas control no se capturo ninguna palomilla (Figura 9).

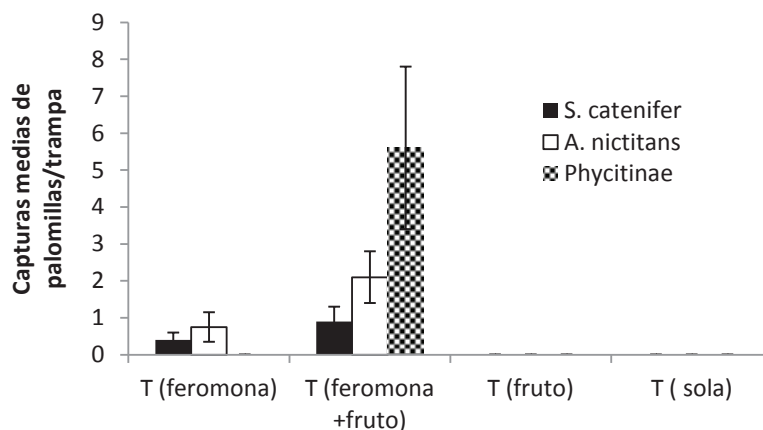


Figura 1. Especies de palomillas capturadas en trampas con feromona de *S. catenifer* y un fruto de aguacate

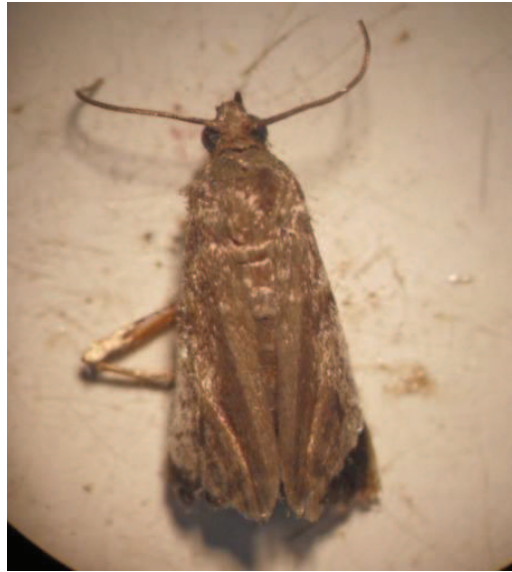


Figura 2. Fotografía de la palomilla, perteneciente a la familia Pyralidae, subfamilia Phycitinae.

Discusión

Las trampas cebadas con frutos de aguacate y la feromona sexual de *S. catenifer*, fueron atractivas para *S. catenifer*, *A. nictitans* y una nueva especie. Estos datos corroboran lo antes mencionado por Nava et al. (2005) donde las hembras de *S. catenifer* son atraídas por los olores de la fruta para la oviposición. Sin embargo, hasta el momento no se han realizado extracciones de los compuestos químicos del fruto de aguacate que pudieran ser atractivos para machos y hembras, tal como se realizó con la palomilla de la manzana *Cydia pomonella* (Light et al., 2001), quienes encontraron un atrayente específico que es (2E, 4Z)-2,4-decadienoato, volátil derivado de la pera que resultó ser un potente atrayente para machos y hembras. Con nuestros resultados obtenidos, se observó un efecto de atracción de la feromona más los volátiles del fruto en la captura de *S. catenifer*, también lo fue para *A. nictitans* y una nueva especie (pendiente por identificarse) perteneciente a la familia Pyralidae, subfamilia Phycitine. Nuestros resultados fueron similares a los obtenidos por Coracini et al. (2003) quienes encontraron que

uno de los compuestos volátiles de los frutos de pera, fue atractivo para varias especies de palomillas en el norte de Europa.

Referencias

- Agelopoulos, N., Birkett, M.A., Hick, A.J., Hooper, A.M., Pickett, J.A., Pow, E.M., Smart, D.W.M., Smiley, L.J., Wadhams, C.M., Woodcock, (1999). Exploiting semiochemicals in insect control. *Pestic. Sci.* 55, 225-235.
- Castillo, A., Cruz, L., Gómez, J., (2012). Moth species captured with the sex pheromone of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) in avocado plantations of Southern of Mexico. *Florida Entomol.* 95, 1111-1116.
- Coracini, M., Bengtsson, M., Liblikas, LL., Witzgall, P., (2003). Attraction of codling moth males to apple volatiles. *Entomol. Exp. Appl.* 110, 1–10.
- Hoddle, M.S., Millar, J.G., Hoddle, C.D., Zou, Y., Mcelfresh, J.S., Lesch, S.M., (2011). Field optimization of the sex pheromone of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae): evaluation of lure types, trap height, male flight distances, and number of traps needed per avocado orchard for detection. *Bull. Entomol. Res.* 101, 145-152.
- Liburd, O., (2004). Identification of host volatile compounds for monitoring blueberry maggot fly. *Small Fruits Rev.* 3, 307-312.
- Light, D.M., Knight, A.L., Henrick, C.A., Rajapaska, D., Lingren, B., Dickens, J.C., Reynold, K.M., Buttery, R.G., Merrill, G., Roitman, J., Campell, B.C., (2001). A pear-derived kairomone with pheromonal potency that attracts male and female codling moth, *Cydia pomonella* (L.). *Naturwissenschaften* 88, 333-338.
- Miller, J.R., Cowles, R.S., (1990). Stimulo-deterrent diversion: a concept and possible application to onion maggot control. *J. Chem. Ecol.* 16, 1367-1382.
- Nava, D.E., Parra, J.R., Diez-Rodriguez, G.L., Simoes Bento, J.M., (2005). Oviposition behavior of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae): chemical and physical stimuli and diel pattern of egg laying. *Entomol. Soc. Amer.* 98, 409-414.

Pickett, J. A., Smiley, D.W.M., Woodcock, C.M., (1999). Secondary metabolites in plant-insect interactions: dynamic systems of induced and adaptative responses. *Adv. Bot. Res.* 30, 91-114.

Capítulo final

Los resultados obtenidos respecto a la optimización del trapeo con la feromona sexual para *S. catenifer* y longevidad de la feromona sintética, muestran que en condiciones de campo la feromona disminuye su concentración rápidamente durante las primeras dos semanas (50%), esta rápida disminución del compuesto feromonal podría ser por el efecto de la temperatura. Así también, se probaron diferentes tipos de trampa, de las cuales, las trampas tipo Pherocon 1C fueron las más eficientes en la captura de machos de *S. catenifer* en las condiciones agroecológicas del sitio de estudio. Con respecto a la altura de ubicación del dispositivo de captura, las trampas colocadas a 6 metros sobre el suelo presentaron las mayores tasas de capturas, estos resultados indicaron que la arquitectura de los árboles juega un papel importante para la ubicación de las trampas, ya que por el tipo de manejo que se le da a la huerta del aguacate tipo Criollo en la región de estudio, sus primeras ramas productivas se ubican después de los 5 metros de alturas.

De los resultados del estudio sobre la fluctuación poblacional de dos especies de palomillas Elachistidae en el cultivo tipo Criollo se observa que la feromona sexual de *S. catenifer* es eficiente para determinar la estacionalidad de esta plaga, puesto que se observó que las palomillas adultas iniciaron el vuelo al inicio de la floración del cultivo del aguacate criollo, bajo las condiciones ambientales de cada sitio de estudio, y las poblaciones se incrementaron conforme aumentó el número y tamaño de los frutos, registrándose las mayores capturas cuando los frutos alcanzaron la madurez fisiológica. Esto concuerda con lo reportado por Nava et al. (2005) en el estudio de la fluctuación poblacional de *S. catenifer* en Brasil. Por lo que se puede decir que de acuerdo a la fluctuación poblacional de *S. catenifer* en la región del Soconusco, en el Estado de Chiapas, México, *S. catenifer* se encuentra presente en el aguacate tipo Criollo desde Noviembre hasta el mes de Julio, y es dependiente de la presencia y abundancia de alimento, de factores climáticos (precipitación y temperatura) y altitud. En tanto que *A. nictitans* (Zeller)

se presenta durante todo el año y su abundancia poblacional está relacionada con la presencia de una mayor diversidad de especies vegetales en los sitios de estudio, condiciones que se consideran favorables para las poblaciones de *A. nictitans*. En este trabajo se reporta la presencia de otra nueva especie de palomilla asociada al aguacate perteneciente a la familia Elachistidae.

Por último, en el experimento donde se evaluó el efecto de las trampas con la feromona sexual sintética más el fruto de aguacate, se capturaron *S. catenifer*, *A. nictitans* y una nueva especie que pertenece a la familia: Pyralidae, subfamilia: Phycitinae.

Referencias citadas

- Castillo A., Cruz L., Gómez, J., (2012). Moth species captured with the sex pheromone of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) in avocado plantations of Southern of Mexico. Florida Entomol. 95, 1111-1116.
- Cervantes Peredo, L., Lyal, C.H.C., Brown, V.K., (1999). The stenomatine moth, *Stenoma catenifer* Walsingham: a pre-dispersal seed predator of Greenheart (*Chlorocardium rodiei* [Schomb.] Rohwer, Richter and van de Werff) in Guyana. J. Nat. His. 33, 531–542.
- Fornazieri, M., Piffer, R., Teixeira, C.O., Athayde, M.O., (1994). Controle da broca do fruto do aba-cateiro (*Stenoma catenifer* Wals.) na regioao serrana do estado do Espfrito Santo. Comunicado técnico 2p.
- García P.E., (2009). El aguacate en México, origen y amenazas. Revista Ciencia y Desarrollo, Vol. 34, no. 225, p. 16.22, Versión electrónica Norma ISO 690-2.
- Herman, T.J.B., Clearwater, J.R., Triggs, C.M., 2005. Impact of pheromone trap design, placement and pheromone blend on catch potato tuber moth. N. Z. Plant Prot. 58, 219-223.
- Hoddle M., Miller, J., Hoddle, C.D., Zou Y., Mcelfresh, S., (2009). Synthesis and field evaluation of the sex pheromone of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae). J. Econ. Entomol. 102, 1460-1467.
- Hoddle, M.S., Hoddle, D.D., (2012). Surveys for *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachitidae) and associated parasitoids infesting avocado in Perú. J. Econ. Entomol. 105, 402-409.
- Hoddle, M.S., Millar, J.G., Hoddle, C.D., Zou, Y., Mcelfresh, J.S., Lesch, S.M., (2011). Field optimization of the sex pheromone of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae): evaluation of lure types, trap height, male flight distances, and number of traps needed per avocado orchard for detection. Bull. Entomol. Res. 101, 145-152.

- Hohmann, C.L., Meneguim, A.M., Andrade, E.A., García de Novaes T., Zandona, C., (2003). The avocado fruit borer, *Stenoma catenifer* (Wals) (Lepidoptera: Elachistidae): egg and damage distribution and parasitism. *Rev. Bras. Fruit.* 25, 432-435.
- Millar, J.G., Hoddle, M., McElfresh, J.S., Zou, Y., Hoddle, C., (2008). (9Z)-9,13-Tetradecadien-11-ynal, the sex pheromone of the avocado seed moth, *Stenoma catenifer*. *Tetrahedron Lett.* 49, 4820-4823.
- Nava, D.E., Parra, J.R., Costa, V., Guerra, T.M., Consoli, F.L., (2005). Population dynamics of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) and related larval parasitoids in Minas Gerais, Brazil. *Florida Entomol.* 88, 441-446.
- Pérez, de la C.M.M., Equihua, M.A., Romero, N.J., Sánchez S.S., García L.E., (2009). Diversidad, fluctuación poblacional y plantas huésped de escolítidos (Coleoptera: Curculionidae) asociados con el agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Rev. Mex. Biodiv.* 80, 779-791.
- Peterson, E., Orden, D., (2008). Avocado Pests and Avocado Trade American J. *Agric. Econ.* 90, 321-335.
- Rodríguez, G.G.; Del Valle, M.P., Silva-Acuña, R., (1999). Fluctuación poblacional y aplicación del análisis de sendero a la época del incremento de *Anastrepha striata* Schiner (Diptera: Tephritidae) afectando a *Psidium guajava* L. en el estado Monagas, Venezuela. *Bull. Entomol. Venez.* 14, 63-67.
- Subchev, M., Toshova, T., Voigt, M.T., Mikula, J., Franckers, W., (2003). Catches of vine bud moth (*Theresimima ampellophaga*) (Lep: Ziygaenidae: procridinae) males in pheromone traps. *J. Applic. Entomol.* 128, 44-50.
- Tucuch-Cauich, F. M., Chi-Que, G., Orona-castro F., (2008). Dinámica poblacional de adultos de la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha* sp. (Diptera: Tephritidae) en Campeche, México. *Agric. Téc. Méx.* 34, 341-347.
- Ventura, D.D., Lopes, E.C.A., Montalván, R., (1999). Avocado moth (Lepidoptera: Stenomidae) damage in two avocado cultivars. *Florida Entomol.* 82, 625-631

Wolfenbarger, D.O., Colbum, B., (1979). The *Stenoma catenifer*, a serious avocado pest. P. Fl. St. Hortic. Soc. 92, 275-287.

Wysoki, M., Van den Berg, M.A., Ish-Am, G., Gazit, S., Peña J.E., Waite, G.K., (2002). Pests and pollinators of avocado. Tropical fruit pests and pollinators, biology, economic importance, natural enemies and control pp. 223-293. CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire, United Kingdom.