

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS



CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

SISTEMA DE TRAMPEO PARA *Stenoma catenifer* WALSINGHAM (LEPIDOPTERA: ELACHISTIDAE) EN HUERTOS DE AGUACATE HASS EN COLIMA

GUADALUPE DEL CARMEN VELÁZQUEZ MARTÍNEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS



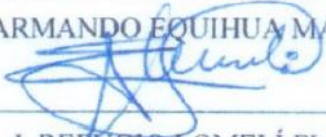


MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2020

La presente tesis titulada: **Sistema de trapeo para *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) en huertos de aguacate Hass en Colima** realizada por la alumna: **Guadalupe del Carmen Velázquez Martínez** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO	 DR. HÉCTOR GONZÁLEZ HERNÁNDEZ
ASESOR	 DR. ARMANDO EQUIHUA MARTÍNEZ
ASESOR	 DR. J. REFUGIO LOMELÍ FLORES
ASESOR	 DR. JULIO CESAR ROJAS LEÓN
ASESOR	 DR. JOSÉ LÓPEZ COLLADO

Montecillo, Texcoco, Estado de México, diciembre de 2020

**SISTEMA DE TRAMPEO PARA *Stenoma catenifer* WALSINGHAM
(LEPIDOPTERA: ELACHISTIDAE) EN HUERTOS DE AGUACATE HASS**

**Guadalupe del Carmen Velázquez Martínez- Dra.
Colegio de Postgraduados, 2020**

RESUMEN

Stenoma catenifer Walsingham, es una plaga de importancia cuarentenaria y es importante detectarla oportunamente, con el fin de reducir el riesgo de dispersión y establecimiento en áreas libres. La presente investigación se realizó en huertas de aguacate del estado de Colima, el objetivo de los experimentos fue evaluar un sistema de trapeo como herramienta básica en las actividades de monitoreo de esta plaga y estudiar su fluctuación poblacional. Adicionalmente, se estudió el complejo de especies de parasitoides asociados a esta plaga. En el primer experimento se determinó el número apropiado de trampas con feromona sexual en una hectárea para la detección oportuna de *S. catenifer* en huertos comerciales de aguacate Hass. En las cuatro huertas, se establecieron 1 trampa en 2 ha, 1, 2 y 3 trampas/ha. En el segundo experimento, también realizado en cuatro huertas de aguacate, se analizó la fluctuación poblacional y la temperatura (T), humedad relativa (HR) y fechas de muestreo en las capturas de machos de *S. catenifer*, usando trampas cebadas con su feromona sexual. El efecto de la T y HR sobre las capturas se analizó con el análisis de distribuciones bivariadas no paramétricas. En el tercer experimento, se usó la técnica de marcaje-liberación y recaptura para medir el grado de dispersión de los adultos machos de *S. catenifer*, en tres diferentes fechas, en dos huertas de aguacate Hass en Comala, y una huerta de limón mexicano en Tecomán. Para este estudio se marcaron 100 individuos de *S. catenifer* con polvos fosforescentes DayGlo que posteriormente fueron liberados en las parcelas experimentales. La recuperación de las palomillas se llevó a cabo con trampas con la feromona sexual

sintética. En el estudio realizado para determinar los enemigos naturales asociados a esta plaga, de junio a septiembre de 2018 se colectaron frutos de aguacate Hass, con síntomas de daño por *S. catenifer*, los cuales se conservaron en laboratorio para posible emergencia de adultos parasitoides. En el primer experimento, se sugiere usar la densidad de 1 trampa/ ha de aguacate. Respecto al estudio de fluctuación poblacional, se colectaron 6,836 machos de la palomilla de *S. catenifer*. Los porcentajes de infestación en frutos de aguacate variaron de cero a 65 %, además, se observó que las mayores capturas fueron con temperaturas de mayores a 15.8 °C y HR mayor a 60 %; mientras que, la temperatura alta y la HR baja, no favorecieron el desarrollo de esta plaga. En el estudio de dispersión de la palomilla, de las 300 de palomillas macho liberadas se recuperó hasta un 21 % de las palomillas, con capturas en trampas colocadas a distancias de hasta 100 m. En el estudio de parasitoides asociados a *S. catenifer*, se detectaron los parasitoides *Dolichogenidea* sp. (nueva especie) e *Hypomicrogaster rugosus* (Hymenoptera: Braconidae), ambos emergieron de larvas de *S. catenifer* y el hiperparasitoide *Perilampus fulvicornis* (Hymenoptera: Perilampidae) que emergió de *Dolichogenidea* sp.

Palabras clave: *Persea americana*, palomilla barrenadora de la semilla del aguacate, riesgo relativo.

**TRAPPING SYSTEM FOR *Stenoma catenifer* WALSINGHAM (LEPIDOPTERA:
ELACHISTIDAE) IN AVOCADO HASS ORCHARDS**

**Guadalupe del Carmen Velázquez Martínez- Dra.
Colegio de Postgraduados, 2020**

ABSTRACT

Stenoma catenifer Walsingham, is a pest of quarantine importance and it is important to detect it in a timely manner, in order to reduce the risk of dispersal and establishment in free areas, so in avocado orchards of the state of Colima, a series of experiments was carried out to evaluate a trapping system as a basic tool in monitoring activities for this pest. In the first experiment, the appropriate number of sex pheromone traps in one hectare was determined for the timely detection of *S. catenifer* in commercial Hass avocado orchards. 1 trap was established in 2 ha, 1, 2 and 3 traps / ha. In experiment number two, also in four avocado orchards, the population fluctuation and temperature (T), relative humidity (RH) and sampling dates were analyzed in the captures of *S. catenifer* males, using traps baited with its pheromone sexual. The effect of T and HR on the catches was analyzed with the analysis of non-parametric bivariate distributions. In experiment three, the mark-release and recapture technique was used to measure the degree of dispersal of adult males of *S. catenifer*, on three different dates, in two Hass avocado orchards in Comala, and in a lemon orchard. Mexican in Tecomán. For this study, 100 individuals of *S. catenifer* were marked with DayGlo phosphorescent powders that were later released in the experimental plots. The recovery of the moths was carried out with traps with the synthetic sex pheromone. In the study carried out to determine the natural enemies associated with this pest, Hass avocado fruits were collected from June to September 2018, with symptoms of damage by *S. catenifer*, which were preserved in the laboratory for possible emergence of parasitoid adults. In experiment one, it is

suggested to use the density of 1 trap / ha of avocado. Regarding the study of population fluctuation, 6,836 males of the *S. catenifer* moth were collected. The percentages of infestation in avocado fruits varied from zero to 65%, in addition, it was observed that the highest captures were with temperatures of greater than 15.8 ° C and RH greater than 60%; while the high temperature and low RH did not favor the development of this pest. In the moth dispersal study, of the 300 male moths released, up to 21% of moths were recovered, with captures in traps placed at distances of up to 100 m. In the study of parasitoids associated with *S. catenifer*, the parasitoids *Dolichogenidea* sp. (new species) and *Hypomicrogaster rugosus* (Hymenoptera: Braconidae), both emerged from larvae of *S. catenifer* and the hyperparasitoid *Perilampus fulvicornis* (Hymenoptera: Perilampidae) that emerged from *Dolichogenidea* sp.

Keywords: *Persea americana*, avocado seed borer moth, relative risk,

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados campus Montecillo y al Posgrado en Fitosanidad-Entomología y Acarología por haberme aceptado para seguir con mis estudios de doctorado

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por haberme otorgado una beca para mi manutención durante los estudios de doctorado

Al Dr. Héctor González Hernández por su apoyo como profesor consejero, por su ayuda durante la investigación y sus revisiones constantes para la culminación de la tesis, su dedicación, tiempo, esfuerzo y paciencia para que todo estuviera en tiempo y forma.

A los Drs. Armando Equihua Martínez, J. Refugio Lomelí Flores, Julio C. Rojas León y José López Collado por sus comentarios y apoyo durante el periodo de investigación, un agradecimiento enorme para ustedes.

Al M. en C. Hugo Cesar Arredondo Bernal, M. en C. Jorge Antonio Sánchez González, Dra. Beatriz Rodríguez Vélez, Dr. Roberto Montesinos Matías, Ing. Marco Antonio Mellín, al técnico Luis Morales Gallegos por todas las facilidades otorgadas para utilizar el equipo e instalaciones del Centro Nacional de Referencia en Control Biológico y a todo el personal que labora en el Centro por su amabilidad y apoyo durante mi estancia en los laboratorios y al técnico **Edgar Cobián** aunque ya no trabaje en el CNRCB siempre mostro mucha disponibilidad para las salidas de campo.

Al **Ing. Celerino Rodríguez, Ing. Alejandro Figueroa**, del Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Colima (CESAVECOL)

A la **Ing. Alejandra Zamora Cruz** por su apoyo durante el periodo que estuve trabajando en Colima, sin ella los experimentos no hubieran sido posible, es una gran profesional en el manejo de crías de insectos.

A los **Productores de aguacate** dueños de las huertas en Colima, por dejarnos realizar la colecta de frutos y los experimentos en sus parcelas para la realización de este trabajo de investigación.

Al **M. en C. Jorge Valdez Carrasco** por su apoyo en la toma y procesamiento de fotografías de los parasitoides encontrados.

A todos aquellos **amig@s** y **compañer@s** que de una u otra manera me aportaron algo en este tiempo en el colegio y que siempre estuvieron apoyando.

DEDICATORIA

A mis padres, **José Alberto Velázquez Vargas** y **Corisandra Martínez Gumeta**, a mis por su apoyo durante todo el periodo de estudio, siempre me han ayudado para que cumpla mis metas.

A mis hermanas: **Lorena, Andrea, Odeli y Odalis** y hermano **Diego** por su apoyo y comprensión incondicional.

A mis sobrinos, **Clarita y Jesús** que deseo vean en mí un buen ejemplo.

A familiares, amig@s y conocidos que siempre me alentaron a seguir en este periodo del doctorado.

CONTENIDO

Página

RESUMEN	III
ABSTRACT	V
AGRADECIMIENTOS	VII
DEDICATORIA	IX
LISTA DE CUADROS.....	XIII
LISTA DE FIGURAS.....	XIV
I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
II. OBJETIVO GENERAL.....	4
2.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
III. LITERATURA CITADA	5
CAPITULO 1. CAPTURAS DE <i>Stenoma catenifer</i> WALSINGHAM (LEPIDOPTERA: ELACHISTIDAE) MEDIADAS POR LA DENSIDAD DE TRAMPAS CON FEROMONA EN HUERTOS DE AGUACATE HASS.....	7
1.1. RESUMEN.....	7
1.2. ABSTRACT	8
1.3. INTRODUCCIÓN.....	9
1.4. MATERIALES Y MÉTODOS	10
1.4.1. Sistema de trapeo	10
1.4.2. Análisis de datos	11
1.5. RESULTADOS	12
1.6. DISCUSIÓN.....	19
1.7. CONCLUSIONES.....	22
1.8. LITERATURA CITADA	23

CAPITULO 2. DINÁMICA POBLACIONAL DE <i>Stenoma catenifer</i> WALSHINGHAM (LEPIDOPTERA: ELACHISTIDAE) EN HUERTOS DE AGUACATE HASS EN COLIMA, MÉXICO	25
2.1. RESUMEN	25
2.2. ABSTRACT	26
2.3. INTRODUCCION.....	27
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS	29
2.4.1. Área de estudio y muestreo de insectos	29
2.4.2. Registro de temperatura y humedad relativa	30
2.4.3. Medición del porcentaje de infestación	31
2.4.4. Análisis de datos	31
2.5. RESULTADOS	32
2.5.1. Porcentaje de infestación	32
2.5.2. Análisis de similaridad entre variables	33
2.6. DISCUSIÓN.....	38
2.7. CONCLUSIONES.....	41
2.8. LITERATURA CITADA	42
CAPITULO 3: DISPERSIÓN DE <i>Stenoma catenifer</i> WALSHINGAM POR MEDIO DE LA TÉCNICA MARCAJE-RECAPTURA EN AGUACATE HASS Y LIMON MEXICANO EN COLIMA	46
3.1. RESUMEN	46
3.2. ABSTRACT	47
3.3. INTRODUCCIÓN.....	48
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS	49
3.4.1. Área de estudio	49
3.4.2. Cría de palomillas de <i>Stenoma catenifer</i>	49
3.4.3. Marcado, liberación y recaptura de palomillas	51
3.4.4. Análisis de datos de palomillas recapturadas.....	52

3.5. RESULTADOS	53
3.7. CONCLUSIONES.....	57
3.8. LITERATURA CITADA	58
CAPÍTULO 4. ENEMIGOS NATURALES DE <i>Stenoma catenifer</i> WALSINGHAM (LEPIDOPTERA: ELACHISTIDAE) EN HUERTOS DE AGUACATE HASS EN COLIMA	62
4.1. RESUMEN	62
4.2. ABSTRACT	63
4.3. INTRODUCCIÓN.....	64
4.4. MATERIALES Y MÉTODOS	65
4.4.1. Área de estudio	65
4.4.2. Colecta de frutos	65
4.4.3. Cría de larvas de <i>Stenoma catenifer</i> y parasitoides asociados	66
4.4.4. Identificación de los parasitoides.....	66
4.5. RESULTADOS	67
4.6. DISCUSIÓN.....	70
4.7. CONCLUSIONES.....	71
4.8. LITERATURA CITADA	71
5. CONCLUSIONES GENERALES	74

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Principales estados productores de aguacate en México.....	1
Cuadro 1.1. Huertos de aguacate Hass seleccionados para evaluación de la densidad de trampas con feromona sexual para <i>Stenoma catenifer</i> . Colima, México, enero-mayo de 2018.....	10
Cuadro 2.1. Huertos examinados para el muestreo de <i>Stenoma catenifer</i> en Colima, México durante 2018-2019.....	30
Cuadro 3.1. Huertos seleccionados para evaluación de la dispersión de <i>Stenoma catenifer</i>	51
Cuadro 3.2. Valores estadísticos de la distancia recorrida en metros por las palomillas de <i>S. catenifer</i> marcados y recapturados en los huertos durante 2018 y 2020.....	55
Cuadro 3.3. Valores estadísticos de la distancia recorrida en metros por las palomillas de <i>Stenoma catenifer</i> marcados y recapturados en los huertos durante 2018 y 2020.....	59
Cuadro 4.1. Lugares de colecta de frutos en el estado de Colima.....	65

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1. Número de palomillas barrenadoras de la semilla del aguacate <i>Stenoma catenifer</i> capturadas en trampas con feromona sexual sintética, a diferentes densidades de trampeo.....	13
Figura 1.2. Promedio acumulado de palomillas barrenadoras del hueso del aguacate (IC95) capturadas en las trampas con feromona sexual sintética a diferentes densidades de trampeo en huertos de aguacate Hass, Colima, México. 2018.....	15
Figura 1.3. Distribución de muestreo bootstrap no paramétrico de los totales de las palomillas capturadas de <i>Stenoma catenifer</i> en las parcelas experimentales (\pm IC95) en el modelo lineal de las diferentes huertas.....	16
Figura 1.4. Relación entre los adultos totales capturados del tratamiento 3Th y los tratamientos 1T2h, 1Th y 2Th en los cuatro huertos de aguacate Hass de Colima, México. 2018.....	18
Figura 2.1. Relación de las fechas de muestreo con el total de los adultos capturados en los cuatro huertos de aguacate Hass en Colima, México.	34
Figura 2.2. A) Gráfica de conglomerados entre la captura de palomillas, temperatura, humedad relativa y fechas de capturas. B) Gráfica del Análisis de Coordenadas Principales (PCOoA) que muestra la relación de similitud entre las variables abióticas, las fechas de muestreo y las capturas de <i>Stenoma catenifer</i>	36
Figura 2.3. A) Gráficas de densidad bivariada de la zona de confort (para las capturas positivas > 0 ; como para cuando no hubo capturas = 0) para la Temperatura (T) y Humedad Relativa (HR) en las diferentes huertas de estudio; B) Gráficas de las	

distribuciones kernel bivariadas de la Temperatura (T) y Humedad (HR) cuando no hay capturas de la palomilla.	37
Figura 2.4. Distribución de riesgo relativo donde ocurren las capturas en el cultivo de aguacate en Colima, México..	38
Figura 3.1. Mapas de dispersión de adultos de la palomilla barrenadora generados con valores de palomillas macho de <i>Stenoma catenifer</i> marcadas y recapturadas (Y), a las 48 y 120 h posteriores a la liberación. Repeticiones en el tiempo: A)1; B) 2 y C) 3.	54
Figura 4.1. Parasitoide gregario <i>Dolichogenidea</i> sp., A) macho y B) hembra obtenidos de larva de <i>S. catenifer</i>	68
Figura 4.2. Macho del parasitoide solitario <i>Hypomicrogaster rugosus</i>	69
Figura 4.3. Hiperparasitoide adulto <i>Perilampus fulvicornis</i> obtenido de pupas de <i>Dolichogenidea</i> sp.	69

INTRODUCCIÓN GENERAL

México es el principal país productor y exportador de aguacate en el mundo, en el 2019 la producción nacional fue de 2, 300,888.90 ton (SIAP, 2020), aportando el 44.9 % de la producción mundial, por lo que continúa liderando la oferta internacional de este bien agrícola (FAO, 2019). El país al que más se exporta es a Estados Unidos, con un valor de US\$ 2, 112, 434,940 además a otros países como Canadá, Japón, Países Bajos, China, España, Francia. También en México, otros productos procesados del aguacate, como el guacamole y pulpa, generan cerca de 78,000 y 23,000 ton, respectivamente (SIAP, 2020). El aguacate se cultiva en todo el país, sin embargo, el principal productor es Michoacán, en 2019 produjo 1, 725,213 ton, lo que representó ganancias por cerca de MX \$39 mil millones de pesos. Otros estados de México con producción importante de aguacate son: Jalisco, México, Nayarit. Morelos, Guerrero, Chiapas, Puebla, Yucatán y Oaxaca (SIAP, 2020) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales estados productores de aguacate en México

Estados	Producción (toneladas)
Michoacán	1,725,213
Jalisco	231,613
México	117,326
Nayarit	60,077
Morelos	53,339
Guerrero	26,563
Puebla	17,018
Chiapas	16,596
Oaxaca	11,921
Yucatán	10,773
Otros	30,552
TOTAL	2,307,991

Fuente: SIAP (2020).

El aguacate es atacado por varios insectos plaga que merman su producción. En México las plagas de importancia cuarentenaria del aguacate incluyen a los barrenadores pequeños de la semilla *Conotrachelus perseae* y *C. aguacatae*; el barrenador de ramas, *Copturus aguacatae*; el barrenador grande de la semilla *Heilipus lauri* (Coleoptera: Curculionidae); y la palomilla barrenadora de la semilla *S. catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) (Equihua Martínez *et al.*, 2007). De estas plagas cuarentenarias o reglamentadas del aguacate, la especie que tiene una mayor distribución a nivel continente (México, Centro y Sudamérica) es *S. catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) (Wysoki *et al.*, 2002).

En México *S. catenifer* se encuentra en los estados de Colima, Guerrero, Jalisco y Querétaro, donde puede provocar pérdidas cercanas al 80% en aguacate Hass, además de restringir la comercialización nacional y de las exportaciones (SENASICA-DGSV, 2016). En Guatemala, los niveles de fruta dañada en aguacate Hass por *S. catenifer*, llegan a ser del 45% (Hoddle y Hoddle, 2008). En la región de Santo Tomas Aquino, Brasil, *S. catenifer*, puede causar hasta 60 % de infestación en aguacates de la variedad Margarida. Además, el nivel de infestación aumenta conforme el fruto está más cercano a la cosecha (Nava *et al.*, 2005). Generalmente, en *S. catenifer*, las larvas de primer instar perforan la epidermis del fruto de aguacate, penetran a través de la pulpa y se dirigen hacia la semilla (Acevedo-Jaramillo *et al.*, 1972). En el interior del fruto, el excremento y las exuvias dejadas por las larvas pueden producir la pudrición del fruto (SENASA, 2006); En ocasiones también las larvas pueden atacar y secar ramas terminales (Wolfenbarger y Colburn, 1979).

Para el control de esta plaga se han implementado diferentes métodos, como el control legal, cultural y químico. El muestreo de frutos, se realiza en la parte media de la copa de los árboles y se cortan aquellos frutos que presenten signos externos sospechosos de haber

sido infestados por *S. catenifer* (SENASICA-DGSV, 2016). Esta plaga se encuentra regulada por la norma NOM-066-FITO-2002, en la que se establecen las especificaciones para el manejo fitosanitario y movilización del aguacate y se aplica bajo la campaña fitosanitaria plagas reglamentadas del aguacatero (SENASICA, 2011). Para el control cultural se realizan recolectas y se entierran los frutos infestados caídos, a una profundidad no menor de 1 m, se cubren con cal agrícola y tierra (SENASICA-DGSV, 2016). Esto impide que el insecto plaga complete su ciclo biológico en el suelo, reduciendo las poblaciones de las siguientes generaciones (Hohmann y Meneguim, 2005). En México, no se han reportado enemigos naturales, sin embargo, en algunos países de Centro y Sudamérica como Colombia, Brasil, Guatemala, Perú y Venezuela, se han reportado a himenópteros parasitoides de la familia Braconidae como *Apanteles* sp., *Apanteles desantisi*, *Hypomicrogaster* sp., *Chelonus* sp., *Macrocentrus* sp, y de la familia Ichneumonidae como *Priesteromerus* sp., *Xiphosomella* sp., *Eudeleboea costanetoi* (Ichneumonidae), *Brachycyrtus* sp y al taquírido *Chrysodoria* sp., además de los Trichogrammatidae, *Trichogramma pretiosum*, *Trichogramma bruni* y *Trichogrammatoidea annulata*, con porcentajes de parasitismo hasta del 90% (Boscán de Martínez y Godoy, 1982; Arellano, 1998; Hohmann *et al.*, 2001; Hohmann *et al.*, 2003; SENASA, 2006; Hoddle y Hoddle, 2008; Hoddle y Hoddle, 2012; Manrique *et al.*, 2014). En el control químico, la APEAM (Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de México, A.C) (2016), recomienda para esta plaga los insecticidas siguientes: malation (125 mL/ha en 100 L de agua) y permetrina (200-300 mL/100 L de agua) (APEAM, 2017). Santos *et al.*, (1996) probó insecticidas piretroides deltametrina, permetrina, y fenvalerato, también contra esta plaga, con buenos resultados. Mientras que Hohmann *et al.*, (2000) probaron cipermetrina con resultados cercanos al 100%. Por otro lado, las trampas con feromona sexual, en general, son usadas en huertas certificados para

exportación para demostrar que son áreas libres de plagas o para monitorear la incursión de alguna plaga exótica en países que reciben importaciones de áreas con alto riesgo (Hoddle *et al.*, 2011). La efectividad de las trampas con feromona sexual para capturar machos adultos de *S. catenifer* se ha demostrado en México (Castillo *et al.*, 2012), Guatemala, Brasil y Perú (Hoddle y Hoddle, 2012).

A pesar de que México es líder en la producción del aguacate Hass y es el principal exportador a nivel mundial, aún existen muchos retos a ser superados en el cultivo de aguacate y uno de ellos es *S. catenifer*, que puede ser una limitante para la producción y comercialización nacional e internacional. En este sentido, es necesario conocer más sobre su biología de campo y de sus métodos de control para mantener o ampliar las áreas libres de la palomilla barrenadora de la semilla del aguacate. Por lo anterior, la presente investigación tuvo los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL

- Establecer un sistema de trampeo de la palomilla del aguacate *S. catenifer* que pueda ser usado en programas de manejo en huertos de aguacate Hass.

Objetivos específicos

- Determinar el número apropiado de trampas con feromona sexual por unidad de superficie (una hectárea) para la detección oportuna de *S. catenifer* en huertos comerciales de aguacate Hass.
- Conocer la dinámica poblacional de *S. catenifer* en huertos de aguacate Hass en Colima.
- Evaluar la capacidad de dispersión del adulto macho de *S. catenifer* usando la técnica de marcaje-recaptura con trampas cebadas con feromonas sexuales en una plantación de aguacate y limón.

- Conocer la diversidad de especies de parasitoides asociados a *S. catenifer* en huertos de aguacate Hass en Colima.

LITERATURA CITADA

- Acevedo-Jaramillo, E., Vásquez, G.J.T., Sosa-Moss, C. 1972. Estudios sobre el barrenador del hueso y pulpa del aguacate *Stenoma catenifer*. Chapingo, México. *Agrociencia*, 9:17-24.
- APEAM. 2017. Listado de Plaguicidas recomendados por APEAM (versión completa). Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de México. [Fecha de consulta: 30-10-2020]. En línea: <http://plaguicidas.apeamac.com/Listados.aspx>
- Arellano, C.G. 1998. El “barrenador del fruto del palto” *Stenoma catenifer* Walsh y su control natural en Chanchamayo y Satipo. *Ecología, Revista de la Asociación Peruana de Ecología* (Lima), 1:55-58
- Boscán de Martínez, N. y Godoy, F. 1982. *Apanteles* sp (Hymenoptera: Braconidae) parasito del taladrador del fruto del aguacate *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Stenomidae) en Venezuela. *Agronomía Tropical*, 32:319-321.
- Castillo, A., Cruz-López, L. and Gómez, J. 2012. Moth species captured with sex pheromone of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) in avocado plantations of Southern Mexico. *Florida Entomologist*, 95: 1111-1116
- Equihua Martínez, A., Gazca Corona, L., y Salinas Castro, A. 2007. Cap. 7, Plagas, Barrenadores. Pp: 136-164. En: D. Téliz D., y A. Mora (Coordinadores). *El Aguacate y su Manejo Integrado*. 2da. Edición, Mundi-Prensa México, S.A. de C.V. México, D.F. 320 p.
- FAO. (2019). FAOSTAT. Dirección de Estadística. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Hoddle, M. S., and Hoddle, C. D. 2008. Bioecology of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) and associated larval parasitoids reared from Hass avocados in Guatemala. *Journal of Economic Entomology*, 101: 692-698.
- Hoddle, M. S., and Hoddle, C. D. 2012. Survey for *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) and associated parasitoid infesting avocados in Perú. *Journal of Economic Entomology*, 105: 402-409.
- Hohmann, C. L., Dos Santos, W. J., Meneguim, A. M. 2000. Avaliação de técnicas de manejo para o controle da broca-do-abacate, *Stenoma catenifer* (Wals.) (Lepidoptera: Oecophoridae). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 22:359-363
- Hohmann, C. L., Meneguim, A. M. 2005. A Broca-do-Abacate (*Stenoma catenifer*) aspectos biológicos, comportamento, danos e manejo. Instituto Agrônomo Do Paraná. Informe da Pesquisa No. 147. Novembro/05. 19 p.

- Hohmann, C. L., Meneguim, A. M., Andrade, E. A., Garcia de Novaes, T., Zandona, C. 2003. The avocado fruit borer, *Stenoma catenifer* (Wals.)(Lepidoptera: Elachistidae): Egg and damage distribution and parasitism. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25:432-435.
- Hohmann, C. L., Meneguim, A. M., Maceda, A. 2001. Parasitismo de *Stenoma catenifer* (Lep.: Oecophoridae) por tricogramátidos (Hym.: Trichogrammatidae) na região norte do estado do Paraná, Brasil. In: VII Simposio de Controle Biológico, 03-07 de junho de 2001-Poços de Caldas (MG). Pág. 332
- Manrique, B. 2014. Biología del pasador del fruto del aguacate *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) y búsqueda de sus posibles enemigos naturales. *Boletín Científico, Museo de Historia Natural*, 18:79-92
- Nava, D.E., Parra, J. R. P., Costa, V. A., Guerra, T. M., and Consoli F., L. 2005. Population dynamics of *Stenoma Catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) and related larval parasitoids in Minas Gerais, Brazil. *Florida Entomologist*, 88: 441-446.
- SENASA. Servicio Nacional de Sanidad Agraria. 2006. Manual de procedimientos para la prospección de *Stenoma catenifer* Walsingham. Dirección de Sanidad Vegetal. Dirección de Análisis del Riesgo y Vigilancia Fitosanitaria. 17 p.
- SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2011. Manual Operativo de la NOM-066-FITO-1995 para la Campaña Plagas Reglamentadas del Aguacatero. Dirección General de Sanidad Vegetal. 48 p. En línea: <http://www.senasica.gob.mx/?id=4624>. Fecha de consulta 21 de octubre de 2020.
- SENASICA-DGSV. 2016. Palomilla barrenadora del aguacate (*Stenoma catenifer* Walsingham). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria- Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria- Grupo Especialista Fitosanitario. Ficha Técnica. Tecámac, México 16 p
- SIAP. (2019). Panorama Agroalimentario 2019. En SIAP (p. 214). <https://www.gob.mx/siap>
- SIAP. 2020. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. En línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> . Fecha de consulta: 29 de octubre de 2020
- Wysoki, M., Van den Berg, M.A., Ish-Am, G., Gazit, S., Peña J., E. and Waite, G. K. 2002. Pests and pollinators of avocado, pp: 223-293. In: J.E. Peña, J.L Sharp, and M. Wysoki (eds.). *Tropical Fruit Pests and Pollinators, Biology, Economic Importance, Natural Enemies and Control*. CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire, UK.
- Wolfenbarger D., O., and Colburn, B. 1979. The *Stenoma catenifer*, a serious avocado pest. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 92: 275.

**CAPITULO 1. CAPTURAS DE *Stenoma catenifer* WALSINGHAM
(LEPIDOPTERA: ELACHISTIDAE) MEDIADAS POR LA DENSIDAD DE
TRAMPAS CON FEROMONA EN HUERTOS DE AGUACATE HASS**

1.1. RESUMEN

La presencia de *Stenoma catenifer* Walsingham, una plaga reglamentada, puede impedir la comercialización nacional e internacional de aguacate Hass de zonas libres de plagas reglamentadas del aguacatero. Una opción para su oportuna detección es el uso de trampas con feromona sexual sintética. Por lo que el objetivo del estudio fue determinar la densidad de estas de trampas para el monitoreo de *S. catenifer*. El experimento se estableció en cuatro huertos comerciales de aguacate Hass, con diferentes niveles de infestación de la plaga, en Colima, México. En los huertos, se establecieron las densidades siguientes: 1 trampa en 2 ha, 1, 2 y 3 trampas/ha. Las trampas se revisaron cada 15 días para registrar el número de palomillas capturadas. La densidad de 3 trampas/ha capturó el mayor número de palomillas, seguida de la densidad de 1 trampa/ha; mientras que las capturas con 1 trampa/2 ha y 2 trampas/ha fueron las menores pero muy similares entre sí. Sin embargo, las densidades de 1 trampa/2 ha, 1 y 2 trampas/ha en relación a la densidad de 3 trampas/ha estuvieron linealmente relacionadas en la mayoría de los casos. La tasa de error global por omisión, i.e., no detectar la palomilla cuando está presente, con referencia a la densidad de 3 trampas/ha fue de 5.5 %, y 2.7 % para las densidades de 1 trampa/2 ha y 2 trampas/ha; mientras que, en la densidad de 1 trampa/ha siempre detectó palomillas y no tuvo omisión de error. Por tratarse de una plaga de importancia cuarentenaria y porque el interés de detectarla oportunamente y así reducir el riesgo de dispersión y establecimiento a las áreas libres, se sugiere usar la densidad de 1 trampa/ ha de aguacate.

Palabras clave: *Persea americana*, palomilla barrenadora de la semilla del aguacate, trampas con feromona sexual, monitoreo

1.2. ABSTRACT

Stenoma catenifer Walsingham is a quarantine pest; if it occurs in regulated pest-free areas of avocado in Mexico it can prevent national and international trade. One option for monitoring is the use of synthetic sex pheromone-baited traps. The objective of this study was to determine the optimal density of these traps for effective monitoring of *S. catenifer*. The experiment was done in four commercial Hass avocado orchards in Colima, Mexico, each with different levels of pest infestation. The following trap densities were established: 1 trap/ 2 ha and 1, 2 or 3 traps/ ha. The traps were checked every 15 days and the number of moths recorded. The density of 3 traps/ha captured the most moths per trap followed by 1 trap/ha; similar small numbers of moths were captured at densities of 1 trap/2 ha and 2 traps/ha. In general, there was a linear relationship between trap catches at the densities of 1 trap/2 ha, 1 and 2 traps/ha and trap catch at a density of 3 traps/ha. This indicates that there is a similarity in the captures made in the 1T2h, 1Th and 2Th treatments, and the 3Th treatment. The overall omission error rate, i.e., the proportion of traps not detecting moths when they when present, was 5.5% at a density of 3 traps/ha, and 2.7% at trap densities of 1 trap/2 ha and 2 traps/ha, while, the density of 1 trap/ha all traps always captured moths and so there was no error for omission. As *S. catenifer* is a quarantine pest that must be detected promptly to reduce the risk of dispersal and establishment in moth-free areas, it is suggested that a density of 1 trap/ha is used in avocado.

Key words: *Persea americana*, avocado seed moth, sexual pheromone traps, monitoring.

1.3. INTRODUCCIÓN

La palomilla barrenadora de la semilla del aguacate, *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae), es una especie nativa de las áreas neotropicales del continente americano (Nava *et al.* 2006), con distribución en varios en países de Centro y Sudamérica (Hoddle *et al.* 2012, Hohmann *et al.* 2001, Manrique *et al.* 2014). En México, *S. catenifer* está distribuida en Chiapas, Colima, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Nuevo León, Jalisco, Oaxaca, Querétaro y Veracruz (SENASICA, 2020). En ausencia de acciones de manejo, este insecto puede provocar pérdidas entre el 45 y 80% en huertos comerciales de aguacate Hass (Hoddle y Hoddle 2008, Nava *et al.* 2005). Las larvas perforan la pulpa del fruto para dirigirse y alimentarse principalmente de la semilla, aunque también pueden atacar y secar brotes (Wolfenbarger y Colburn 1979). Los programas de trampeo diseñados para la detección de esta y otras plagas, tienen el objetivo de prevenir la dispersión de una especie nociva hacia nuevas áreas geográficas, así como monitorear el progreso de la dispersión de especies exóticas cuando se establecen en áreas nuevas (Buntin 1994). Los sistemas de detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica, a través del uso de trampas y atrayentes, se han convertido en una valiosa herramienta de aplicación cotidiana en programas de manejo integrado de plagas, ya que brindan información oportuna que facilita la toma de decisiones para iniciar o no acciones de control.

La densidad de trampas es uno de los aspectos que necesitan ser optimizados antes de poder usar un sistema de detección o monitoreo basado en feromonas. En este sentido, la densidad de las trampas es uno de los factores que influye la magnitud de las capturas y por lo tanto debe ser estandarizado en un sistema de monitoreo de *S. catenifer* en México. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar el número

apropiado de trampas con feromona sexual por unidad de superficie (una hectárea) para la detección oportuna de *S. catenifer* en huertos comerciales de aguacate Hass.

1.4. MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1. Sistema de trampeo

El estudio se realizó durante los meses de enero a mayo de 2018, para el monitoreo de las poblaciones de la plaga, se seleccionaron cuatro huertas comerciales de aguacate Hass en el estado de Colima, México, con diferentes niveles de infestación de *S. catenifer*, altitud y edad de los árboles (Cuadro 1.1).

Cuadro 0.1. Huertas de aguacate Hass seleccionados para evaluación de la densidad de trampas con feromona sexual para *S. catenifer*. Colima, México, enero-mayo de 2018.

Municipio	Huerto	Ubicación	Altitud (m.s.n.m.)	Superficie (ha)	Edad (años)
Comala	Agosto	19.2347°N, 103.4355 W	1,102	4.1	13
	Piedra Rajada	19.2450°N, 103.4480 W	1,199	7.1	48
	Rancho Alto	19.2580°N, 103.4219 W	1,338	9.9	48
Cuauhtémoc	La Calma	19.2528°N, 103.3542 W	1,523	6.9	5

En el estudio, los árboles de aguacate se encontraban en el estado fenológico de floración-fructificación, que son los meses donde se presenta una mayor infestación de la plaga, donde se evaluaron cuatro densidades de trampeo: Tratamiento 1: 1 trampa/2 ha (1T2h); Tratamiento 2: 1 trampa/ha (1Th), Tratamiento 3: 2 trampas/ha (2Th) y Tratamiento 4: 3 trampas/ha (3Th). La trampa usada fue del tipo ala de cartón Pherocon[®] 1C (Trécé Inc., Adair, OK, EUA) cebadas con una feromona comercial liberadas en un septo de caucho (Pherocon[®] Septa lures, Trécé Inc., Adair, OK, EUA). En cada huerto, en los tratamientos fueron colocadas en igual número y en el centro de la superficie correspondiente, dentro del dosel de los árboles de aguacate, a una altura aproximada de

1.60 m. El experimento se estableció con un diseño en bloques completos al azar, donde cada tratamiento incluyó cuatro repeticiones (huertos). La distancia entre trampas fue de al menos 50 m. Las trampas se revisaron quincenalmente, del 03 enero al 09 de mayo de 2018, para registrar el número de palomillas de *S. catenifer* capturadas. En los especímenes capturados se corroboraba que las alas anteriores tuvieran las 25 manchas pequeñas de color negro que forman una figura en forma de S” acostada. Después del registro y si no era necesario el cambio de la base de la trampa que generalmente era cada mes, las palomillas se eliminaban de las bases con una espátula de plástico. Los septos con la feromona sexual sintética, se cambiaban cada mes.

1.4.2. Análisis de datos

La variable respuesta fue el número de machos de la palomilla *S. catenifer* capturados por trampa en cada uno de los tratamientos. Para analizar los promedios de capturas se ajustó un modelo lineal generalizado mixto, con una función de enlace de la distribución binomial negativa (BN). Los parámetros del modelo fueron estimados con la función *glmer.nb*. En este modelo mixto, se consideran tanto los efectos fijos, como los aleatorios (Faraway, 2006). El modelo empleado para analizar los factores estudiados fue en la notación del lenguaje R: PALOMILLAS~ TRATAMIENTO + FECHA (1|HUERTA/TRAMPA). Este modelo representa el modelo aditivo lineal en los conteos de las PALOMILLAS, de los factores a la derecha de la tilde (~), es decir, en función del TRATAMIENTO, la FECHA de muestreo. La HUERTA fue considerada como es una muestra aleatoria de las posibles parcelas en la zona, lo mismo que la TRAMPA que se encontraban anidadas dentro de las huertas. El efecto de los tratamientos se obtuvo mediante una prueba de F y la comparación de medias se hizo con la prueba de Tukey, ambas con un nivel de significancia de 0.05, con los datos transformados de acuerdo al modelo BN, aunque los resultados se presentan en las unidades originales.

Adicionalmente, se hicieron 1,000 corridas con *bootstrap* no paramétrico, para visualizar la variabilidad en las estimaciones de los totales de palomillas capturadas (Thai *et al.*, 2013). Los intervalos de confianza (95 %) se calcularon con los cuartiles (0.025, 0.975) de la distribución de muestreo. Para evaluar la consistencia en las capturas de los tratamientos 1 trampa/2 ha, 1 y 2 trampas/ha, en relación a 3 trampas/ha, se hizo un análisis de regresión lineal simple del tratamiento 3 trampas/ha vs. los tratamientos 1 trampa/2 ha, así como 1 y 2 trampas/ha.

Adicionalmente, la tasa de error por omisión en las capturas relativo al tratamiento 3 trampas/ha (tmt 3), se calculó como nf_j/nt , donde nf_j es el número de veces que todas las repeticiones de las trampas del tratamiento j donde no se capturó ninguna palomilla y nt es el número de veces con capturas positivas ($x > 0$) en las trampas del tratamiento tmt 3. Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el programa R v. 3.4.0 (R CoreTeam 2015).

1.5. RESULTADOS

Un total de 2,321 palomillas macho de *S. catenifer* se capturaron durante el periodo del 03 enero a 09 de mayo de 2018. Se observa que el promedio de adultos capturados aumenta en la etapa fenológica de floración y fructificación del aguacate. También se pudo observar que el número de palomillas capturadas aumentaban al incrementarse el nivel de infestación de *S. catenifer*. Respecto a las huertas, la mayor captura de palomillas ocurrió la huerta Piedra Rajada, con un total de 1,004 adultos machos; el siguiente fue la huerta Rancho Alto, con 769 machos; después la huerta Agosto con 276 machos, y en la huerta La Calma, en Cuauhtémoc, Colima, con 272 machos.

Se observó que para la huerta Rancho Alto, el pico de captura total de palomillas ocurrió en el día juliano 102 (12 de abril) con 48 palomillas (3Th); para la huerta Piedra Rajada fue en el día 74 (15 de marzo), con 37 palomillas (1Th); para la huerta La Calma fue en el día 129 (09 de mayo), con 29 palomillas (3Th), y para la huerta El Agosto ocurrió en el día 18 (18 de enero), con 12 palomillas (2Th) (Fig. 1.1.).

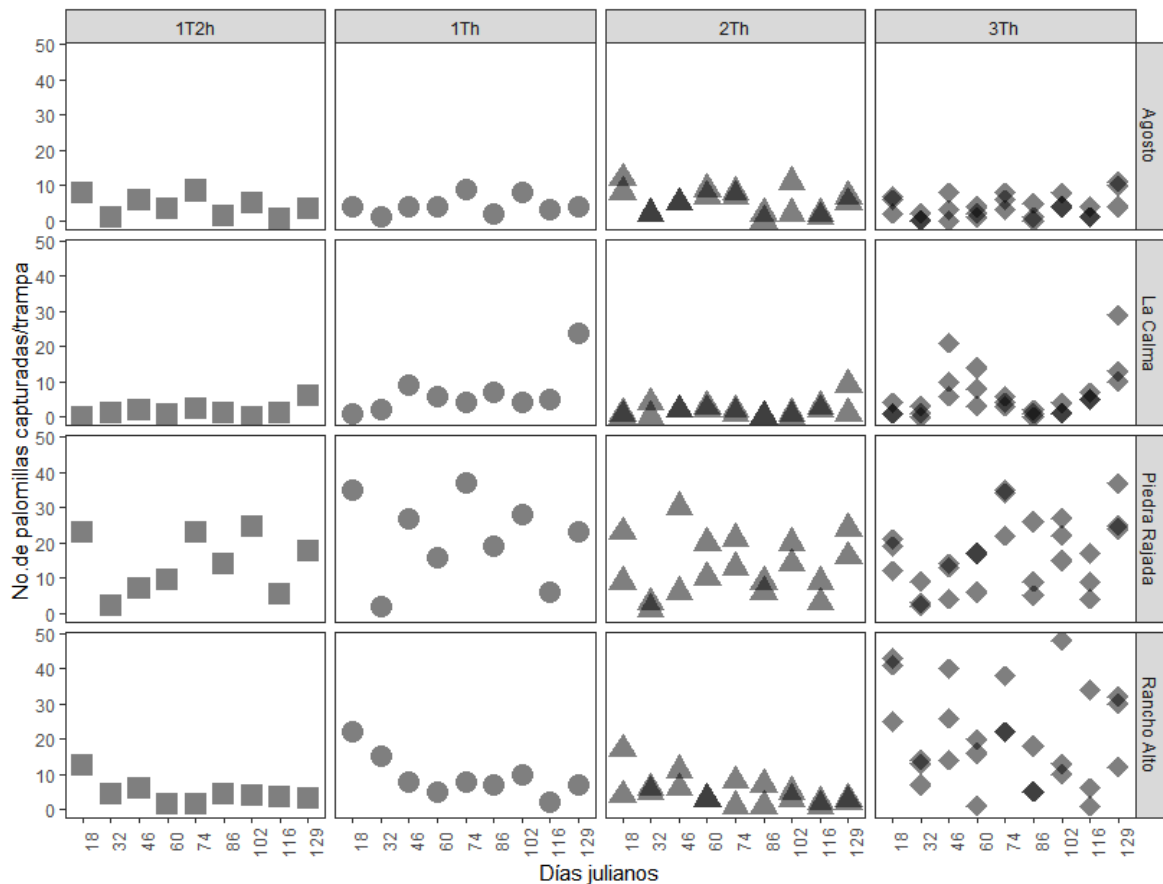


Figura 0.1. Número de palomillas barrenadoras de la semilla del aguacate *Stenoma catenifer* capturadas en trampas con feromona sexual sintética, a diferentes densidades de trampeo (1 T2h, 1Th, 2Th y 3Th) y en las diferentes huertas de aguacate Hass, en los municipios de Comala y Cuauhtémoc, Colima, México. 2018. Las columnas corresponden a tratamientos y las hileras a las huertas experimentales. 1T2h: 1Trampa/2 ha; 1Th: 1 Trampa/ha; 2Th: 2 Trampas/ha; 3Th: 3 Trampas/ha.

La densidad de trampas afectó las capturas de los machos de *S. catenifer* ($F_{3,8} = 16.31$, $P < 0.0001$). La densidad de 3Th presentó el mayor número de palomillas de *S. catenifer* capturadas en los cuatro huertos y en las diferentes fechas de muestreo, con un promedio de 0.84 palomillas/trampa/noche; comparado con los tratamientos 1T2h y 2Th, aunque sus capturas fueron similares al tratamiento 1Th.

Las capturas del tratamiento 1Th fueron intermedias, con un promedio de 0.75 palomillas/trampa/noche y no significativamente diferentes a las capturas de los tratamientos 1T2h y 2Th. Las capturas de palomillas de los tratamientos 1T2h y 2Th fueron muy similares, con promedios de 0.43 y 0.44 palomillas/trampa/noche, respectivamente. De acuerdo con la comparación de medias de palomillas capturadas, se observó que entre los tratamientos de 3Th y 1Th, no fueron significativamente diferentes; mientras que, el 3Th sí fue significativamente diferente de los tratamientos 1T2h y 2Th (Fig. 1.2.).

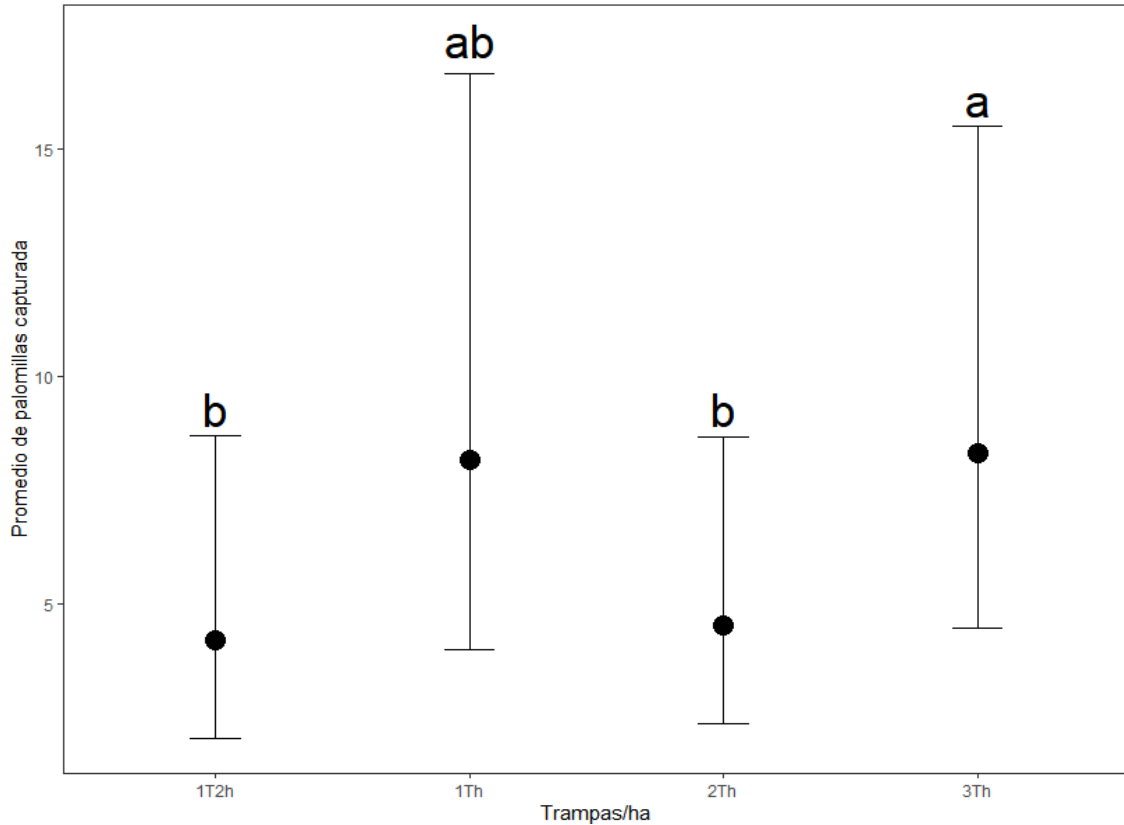


Figura 0.2. Promedio acumulado de palomillas barrenadoras del hueso del aguacate (IC95) capturadas en las trampas con feromona sexual sintética a diferentes densidades de trampeo en huertos de aguacate Hass, Colima, México. 2018. Medias con las letras similares no son significativamente diferentes según prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$). 1T2h: 1Trampa/2 ha; 1Th: 1 Trampa/ha; 2Th: 2 Trampas/ha; 3Th: 3 Trampas/ha.

Además, con el muestreo *bootstrap* no paramétrico, se observa que en las huertas Rancho Alto, La Calma y Piedra Rajada, los tratamientos 1T2h, 1Th y 2Th, tuvieron capturas totales similares, comparado con el tratamiento 3Th que capturó más palomillas. De esta manera se confirma que el tratamiento 3Th fue el que capturó más palomillas (Fig. 1.3.).

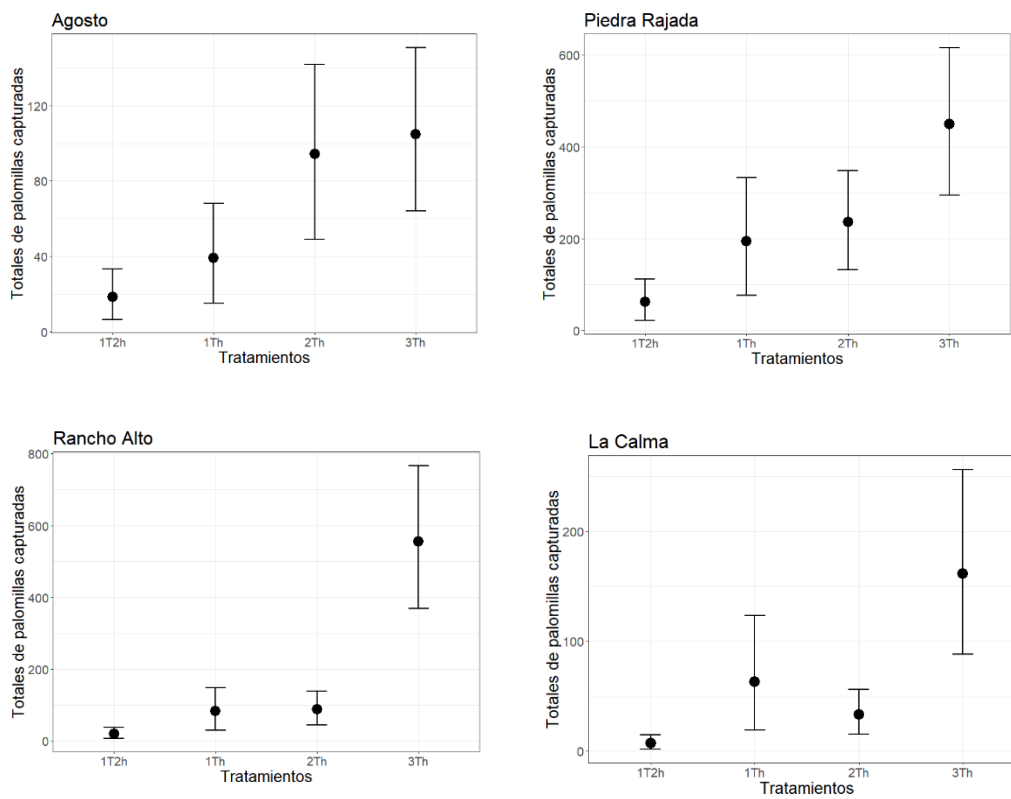


Figura 0.3. Distribución de muestreo *bootstrap* no paramétrico de los totales de las palomillas capturadas de *S. catenifer* en las parcelas experimentales (\pm IC95) en el modelo lineal de las diferentes huertas. El punto negro en cada línea indica el valor medio para los totales de cada uno de los tratamientos. 1T2h: 1Trampa/2 ha; 1Th: 1 Trampa/ha; 2Th: 2 Trampas/ha; 3Th: 3 Trampas/ha.

Cuadro 0.2. Resultados de las regresiones lineales del tratamiento 3Th vs. los tratamientos 1T2h y 1Th y 2Th en las huertas experimentales: coeficientes b0 y b1 del modelo, Fc, p, r. capturados del tratamiento 3Th y los tratamientos 1T2h, 1Th y 2Th en los cuatro huertos de aguacate Hass de Colima, México. 2018. 1T2h: 1Trampa/2 ha; 1Th: 1 Trampa/ha; 2Th: 2 Trampas/ha; 3Th: 3 Trampas/ha.

Huerto	Tratamientos	b0	b1	Fc	p	r
Agosto	1 trampa/ 2 has	1.3902	0.2380	3.6	0.098	34.1%
	1 trampa/ha	1.8093	0.2163	3.9	0.087	36 %
	2 trampa/ha	4.535	0.516	3.7	0.095	34.5%
La Calma	1 trampa/ 2 has	-0.03008	0.08755	12.2	0.01	63%
	1 trampa/ha	0.5594	0.3495	20.5	0.002	74.5%
	2 trampa/ha	0.9327	0.1510	18.75	0.034	72.8%
Piedra Rajada	1 trampa/ 2 has	0.8079	0.2650	14.1	0.01	66.9%
	1 trampa/ha	5.0011	0.3303	7.3	0.029	51.3%
	2 trampa/ha	8.8477	0.3513	7.75	0.027	52.5%
Rancho Alto	1 trampa/ 2 has	0.37983	0.06759	3.30	0.11	32.1%
	1 trampa/ha	2.2604	0.1145	2.83	0.135	28.8%
	2 trampa/ha	1.4430	0.1349	4.99	0.060	41.6%

En el caso del total de palomillas capturadas, en el tratamiento de 3Th se observó la relación entre los machos capturados y el total de los tratamientos 1T2h, 1Th y 2Th, en cada uno de las huertas (Fig. 1.4). En el análisis, se observa una correlación positiva con la densidad 1T2h, 1Th o 2Th y densidad 3Th (Cuadro 1.2., Fig. 1.4.). Lo anterior indica claramente que existe una similitud en las capturas entre los tratamientos 1T2h, 1Th y 2Th, y el tratamiento 3Th.

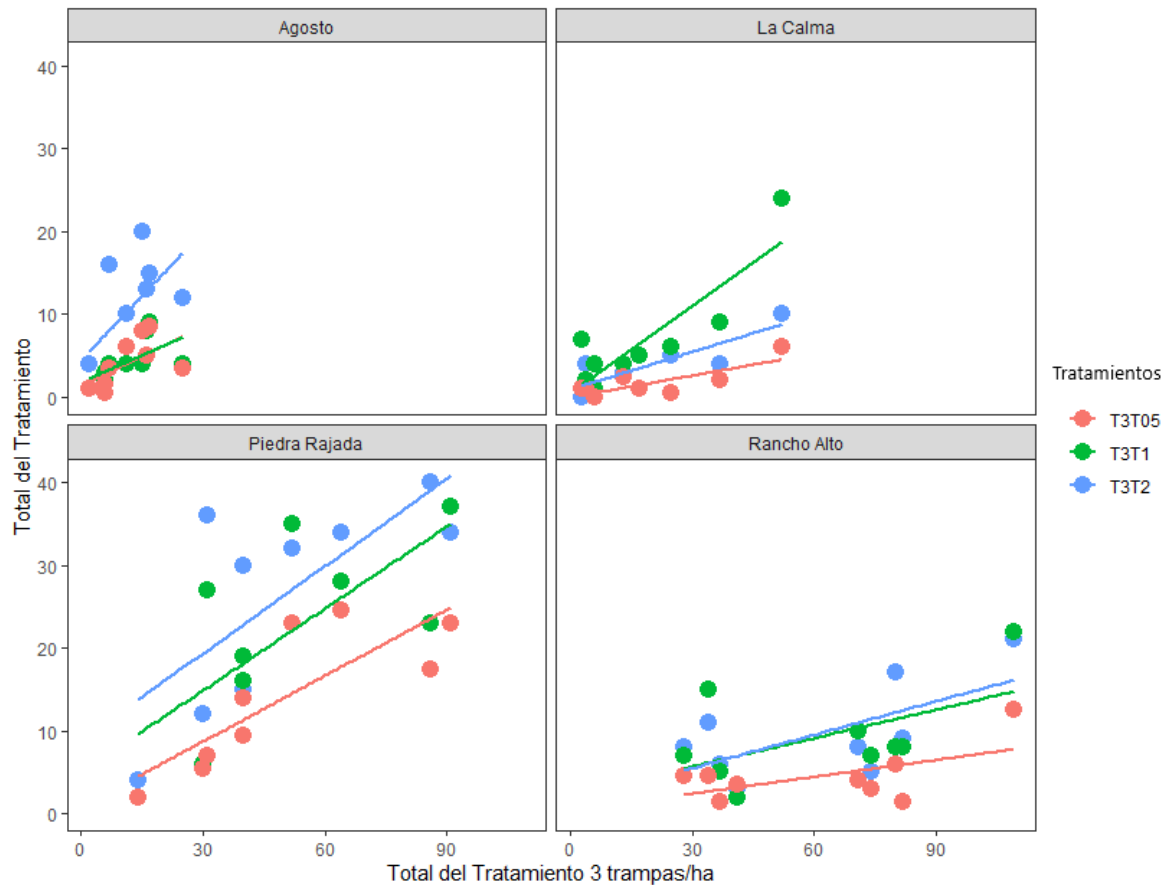


Figura 0.4. Relación entre los adultos totales capturados del tratamiento 3Th y los tratamientos 1T2h, 1Th y 2Th en las cuatro huertas de aguacate Hass de Colima, México. 2018. T05: 1Trampa/2 ha; T1: 1 Trampa/ha; T2: 2 Trampas/ha; T3: 3 Trampas/ha.

Por otra parte, la estimación del error por omisión para el tratamiento 1T2h fue de 5.5% y del tratamiento 2Th fue de 2.7%. En el tratamiento 1Th no hubo error por omisión y esto indica que la capacidad de detección de adultos es parecida a la del tratamiento 3Th, en el rango observado de densidades.

1.6. DISCUSIÓN

En este estudio, encontramos que la densidad de trampas cebadas con feromona no afectó significativamente la captura de machos de *S. catenifer*, ya que 1Th y 3Th capturan igual número de palomillas macho y es mayor al resto de los tratamientos. En este sentido, Hoddle *et al.* (2011) sugieren que la densidad de trampas debe variar de acuerdo el nivel de infestación por *S. catenifer* y el tamaño de huertos de aguacate. Por ejemplo, ellos recomiendan que en huertos de hasta 76 ha se deben instalar aleatoriamente de 10-13 trampas por un periodo de 7 días para detectar al menos un macho de esta palomilla, con un intervalo de confianza del 90 %. Además, ellos recomiendan que para la detección de *S. catenifer* en huertos de exportación, con superficie de hasta 2 ha, se deben de colocar de 2 a 5 trampas, distribuidas al azar. Las diferencias en el número de capturas de las palomillas en el tiempo, pueden deberse a diversos factores, como las tasas de liberación de la feromona (Anderbrant *et al.*, 1992), la posición de la trampa (Simandl y Anderbrant 1995), el clima (Walton *et al.*, 2004), las condiciones del viento y espacio entre las trampas (Wedding *et al.*, 1995), o al porcentaje de infestación de la palomilla en las huertas (Riedl 1980, Hoddle *et al.*, 2011). Estimar que una trampa por hectárea es apropiada para detectar a *S. catenifer*, es de gran importancia, ya que esto puede ayudar a los productores de aguacate para monitorear adecuadamente a esta plaga y a reducir costos en relación al número de trampas/ha.

En México, el SENASICA (2017), en su Manual Operativo Aguacate (2016), no es claro sobre que densidad de trampas se debe colocar por superficie en las huertas comerciales de aguacate Hass. No obstante, señala que en municipios con detecciones de la palomilla se debe colocar una trampa cada 550 m. Por otro lado, describe que en zonas libres, como parte de las acciones de manejo y eliminación de la plaga, el trampeo se debe establecer tan pronto se detecte un foco de infestación. Para esto, se debe colocar una trampa cada 2 ha, con una separación de aproximadamente 130 m (17 trampas en un radio de 520 m),

La trampa permanecerá fija durante los seis meses del manejo del foco de infestación. También el SENASICA sugiere que en municipios con presencia de esta plaga, colindantes con aquellos libres, se debe colocar un cordón fitosanitario de trampas, a una distancia de 130 a 150 m entre ellas. Muy similar a las recomendaciones de Hoddle *et al.*, (2011) para la detección de al menos un macho de *S. catenifer*.

En nuestros resultados también observamos que 15 días después de cambiar la base de las trampas y el septo con la feromona, se presentaban aumentos en el número de palomillas capturadas. Lo que se observó en otros estudios, como en el trapeo de *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae) en brócoli, fue que las condiciones de temperatura y humedad relativa, son factores que afectan la emisión y estabilidad de la feromona. También observaron que, durante los primeros días de establecido el trapeo, hay una tasa alta de emisión de la feromona, hasta que la tasa de liberación del dispensador llega a un equilibrio con el ambiente (Barrientos-Hernández *et al.*, 2011).

El manejo agronómico que se realiza en las huertas, es otro factor que influye de manera significativa en el número de capturas. Por ejemplo, en el presente estudio, se observó que en la huerta Piedra Rajada, el manejo fitosanitario es inadecuado, ya que antes o después de la cosecha, el productor no realizaba colecta y eliminación de frutos infestados por la palomilla, ni en el suelo, ni sobre los árboles. En consecuencia, los focos de infestación de la palomilla se mantienen. Además, en esta huerta y en Rancho Alto, donde se obtuvieron las mayores capturas de palomillas, los árboles son altos, (más de 10 m) y para los cosechadores no es posible cortar o cosechar totalmente los frutos, posiblemente algunos infestados por la palomilla. En cambio, en las huertas La Calma y Agosto, los árboles son de 2 a 3 m de altura, por lo que su manejo y cosecha se realiza de manera adecuada, hay menor cantidad de frutos en suelo, y el número de palomillas capturadas fue menor.

Respecto a sistemas de trapeo para el monitoreo de otras plagas de importancia agrícola, Figueroa-Castro *et al.*, (2016) reportan que *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae) es atraído por la feromona de agregación sintética y tejido de agave hasta en un rango de 120 m, y que las trampas colocadas a las mayores distancias entre sí, capturaron más picudos. También recomiendan para el monitoreo de *S. acupunctatus* usar trampas con la feromona sintética y tejido de agave, a una densidad de una trampa por cada 6 ha de agave tequilero. Vanaclocha *et al.*, (2016), evaluaron en *Phyllocnistis citrella*, (Lepidoptera; Gracillariidae) plaga de los cítricos, la captura de adultos en relación a la densidad de trampas. En dos años de monitoreo, demostraron que densidades de 1 trampa/ha, produjo resultados similares a los obtenidos a la densidad recomendada de 1 trampa cada 0.4-1.6 ha. Bacca *et al.*, (2006), en el minador del café *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae), encontraron que una densidad de una trampa con feromona cada 3.5-4 ha, es la más adecuada para el monitoreo del minador del café.

Por otra parte, el encargado de la huerta o el productor, que toma decisiones, puede tener una aversión al riesgo, es decir, que aunque una trampa, parece ser suficiente para detectar las palomillas, esta persona puede considerar una trampa como insuficiente y colocar trampas extras, con el fin de mitigar el riesgo percibido de detectar palomillas. La aversión al riesgo puede modificar la decisión de utilizar solo una trampa/ha, aunque los resultados experimentales demuestren que es lo recomendable. Es importante recalcar que en el presente estudio, a 1 trampa/ha, no hubo error por omisión en la detección de las palomillas, lo que significa que la densidad de 1 trampa/ha, capturó palomillas durante todo el experimento. Finalmente, nuestros resultados indican que la cantidad de trampas influye en la cantidad de insectos capturados de *S. catenifer*, sin embargo en el presente experimento se encontró que si se establece 1Th o 3Th, no hay diferencia significativa en la captura de palomillas, por lo que sugerimos utilizar 1Th para monitorear

adecuadamente a la palomilla barrenadora de la semilla del aguacate, con un menor costo, además de que en todas las fechas hubo capturas y no hubo error de estimación.

1.7. CONCLUSIONES

- Se capturaron un total de 2,321 palomillas macho de *S. catenifer* durante el periodo del 03 enero a 09 de mayo de 2018.
- El promedio de adultos capturados aumenta en la etapa fenológica de floración y fructificación del aguacate.
- Respecto a las huertas, la mayor captura de palomillas ocurrió en la huerta Piedra Rajada, con un total de 1,004 adultos machos; el siguiente fue la huerta Rancho Alto, con 769 machos; después en la huerta Agosto con 276 machos, y en la huerta La Calma con 272 machos.
- La estimación del error por omisión para el tratamiento 1T2h fue de 5.5 % y del tratamiento 2Th fue de 2.7 %; en el tratamiento 1Th y 3Th no hubo error por omisión y esto indica que esas densidades de trampas siempre capturaron adultos.
- La densidad de 3Th presentó el mayor número de palomillas de *S. catenifer*, con un promedio de 0.84 palomillas/trampa/noche; comparado con los tratamientos 1T2h y 2Th, aunque sus capturas fueron similares al tratamiento 1Th que presentó un promedio de 0.75 palomillas/trampa/noche. Se observó que los promedios 3Th y 1Th no difieren entre sí, por lo que se sugiere utilizar 1Th para monitorear adecuadamente a la palomilla barrenadora de la semilla del aguacate

1.8. LITERATURA CITADA

- Anderbrant O, Bengtsson M, Lofqvist J, Baeckstrom P. 1992. Field response of the pine sawfly *Neodiprion sertifer* to controlled release of diprionyl acetate, diprionyl propionate and trans-perillenal. *Journal Chemical Ecology*, 18: 1707- 1725.
- Bacca T, Lima ER, Picanço MC, Guedes RNC, Viana JHM. 2006. Optimum spacing of pheromone traps for monitoring the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 119: 39-45.
- Barrientos HI, Hernández RG, Cibrián TJ. 2011. Tasa de liberación de la feromona sexual de *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae) y capturas de machos con trampas en brócoli. *Entomotropica*, 26: 47-58.
- Buntin GD. 1994. Developing a primary sampling program. Pp.99-115. In: Pedigo LP, Buntin GD [eds.], *Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture*. CRC Press, Boca Raton.
- Castillo A, Cruz-López L, Gómez J. 2012. Moth species captured with sex pheromone of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) in avocado plantations of Southern Mexico. *Florida Entomologist*, 95: 1111-1116.
- Faraway J. 2006. Extending the linear model with R. Generalized lineal, mixed effects and nonparametric regression models. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton. 322 p.
- Figueroa-Castro P, Rodríguez-Rebollar H, González-Hernández H, Solís-Aguilar JF, Del Real-Laborde JI, Carrillo- Sánchez JL, Rojas JC. 2016. Attraction range and inter-trap distance of pheromone-baited traps for monitoring *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dyophthoridae) on blue agave. *Florida Entomologist*, 99: 94-99.
- Hoddle MS, Hoddle CD. 2008. Bioecology of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) and associated larval parasitoids reared from Hass avocados in Guatemala. *Journal of Economic Entomology*, 101: 692-698.
- Hoddle MS, Millar JG, Hoddle CD, Zou Y, McElfresh JS, Lesch SM. 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. *Bulletin of Entomological Research*, 101:145-152.
- Hoddle MS, Hoddle CD. 2012. Surveys for *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) and associated parasitoids infesting avocados in Peru. *Journal of Economic Entomology*, 105:402-409.
- Hohmann CL, Meneguim AM, Maceda A. 2001. Parasitismo de *Stenoma catenifer* (Lep.: Oecophoridae) por tricogramatideos (Hym.: Trichogrammatidae) na região norte do estado do Paraná, Brasil. In: VII Simposio de Controle Biológico, 03-07 de junho de 2001-Poços.
- Manrique B. 2014. Biología del pasador del fruto del aguacate *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) y búsqueda de sus posibles enemigos naturales. *Boletín Científico, Museo de Historia Natural*, 18: 79-92.
- Nava DE, Postali Parra JR, Diez-Rodríguez GI, Simes Bento JM. 2005. Oviposition

- behavior of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae): chemical and physical stimuli and diel pattern of egg laying. *Annals of the Entomological Society of America*, 98: 409-414.
- Nava DE, Postali Parra JR, Simes Bento JM, Diez-Rodríguez GI, Haddad ML. 2006. Distribuição vertical, danos e controle cultural de *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) em pomar de abacate. *Neotropical Entomology*, 35: 516-522.
- Riedl R. 1980. The importance of pheromone trap density and trap maintenance for the development of standardized monitoring procedures for the codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *The Canadian Entomologist*, 112: 655-663.
- R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. En línea: <http://www.R-project.org>
- SENASICA. 2016. Manual Operativo de la Modificación de la NOM-066_FITO-1995, para la Campaña contra Plagas Reglamentadas del Aguacatero. Dirección General de Sanidad Vegetal. Servicio de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 28 p. En línea: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/226794/MANUAL_OPERATIVO_AGUACATE_2016.pdf. Consultado: 8 de mayo de 2020.
- SENASICA. 2020. Distribución nacional de la palomilla barrenadora del hueso del aguacate (*Stenoma catenifer*) en México. Mapa Dinámico Fitosanitario. Dirección General de Sanidad Vegetal. Servicio de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). En línea: <http://sinavef.senasica.gob.mx/MDF/>. Consultado: 8 de mayo de 2020.
- Simandl J, Anderbrant O. 1995. Spatial distribution of flying *Neodiprion sertifer* (Hymenoptera, Diprionidae) males in a mature *Pinus sylvestris* stand as determined by pheromone trap catch. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 10: 51-55.
- Thai HT, Mentre F, Holford HG, Veyrart-Follet C, Comets E. 2013. A comparison of bootstrap approaches for estimating uncertainty of parameters in linear mixed effects models. *Pharmaceutical Statistics*, 12:129–140.
- Vanacllocha P, Jones MM, Monzó C, Stansly PA. 2016. Placement density and longevity of pheromone traps for monitoring of the citrus leafminer (Lepidoptera: Gracillariidae). *Florida Entomologist*, 99: 196-202.
- Walton VM, Daane KM, Pringle KL. 2004. Monitoring *Planococcus ficus* in South African vineyards with sex pheromone baited traps. *Crop Protection*, 23: 1089-1096.
- Wedding R, Anderbrant O, Jonsson P. 1995. Influence of wind conditions and intertrap spacing on pheromone trap catches of male European pine sawfly, *Neodiprion sertifer*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 77: 223-232.
- Wolfenbarger DO, Colburn B. 1979. The *Stenoma catenifer*, a serious avocado pest. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, Fla. State Hort. Soc. 92: 275.

**CAPITULO 2. DINÁMICA POBLACIONAL DE *Stenoma catenifer*
WALSINGHAM (LEPIDOPTERA: ELACHISTIDAE) EN HUERTOS DE
AGUACATE HASS EN COLIMA, MÉXICO**

2.1. RESUMEN

La producción de aguacate en México representa un ingreso de más de 2,700 millones de dólares en divisas. No obstante, este cultivo tiene varios factores limitantes, incluyendo insectos nocivos, que pueden limitar su exportación, uno de ellos es la palomilla barrenadora de la semilla de aguacate, *Stenoma catenifer*. Sin embargo, existe poca información sobre la dinámica de sus poblaciones, información que es valiosa para su manejo apropiado. En este estudio, analizamos la fluctuación poblacional y el impacto de la temperatura (T) y humedad relativa (HR) en las capturas de machos de *S. catenifer* usando trampas cebadas con su feromona sexual en cuatro huertos en Colima, México. Durante el periodo de junio de 2018 a junio de 2019 se colectaron 6,836 machos de la palomilla barrenadora de la semilla del aguacate, con dos picos poblacionales, el primero en junio-agosto, en la etapa fenológica de fructificación, y el segundo en diciembre-enero, que coincide con término de fructificación y principios de floración. Los porcentajes de infestación variaron de cero a 65% en las huertas examinadas. El análisis de similaridad por conglomerados y análisis de coordenadas principales indicó que el tiempo de muestreo (M) y la (HR) tienen una alta similitud pero difieren de la T. El efecto de la HR y T sobre las capturas se analizó con el análisis de distribuciones bivariadas no paramétricas. Se observó que las mayores capturas fueron con temperaturas de mayores a 15.8 °C y HR mayor a 60%. Además, las T altas y HR baja no favorecen las capturas de este insecto. Estos resultados ayudan a predecir las condiciones bioecológicas para la ocurrencia de las poblaciones de esta plaga.

Palabras clave: riesgo relativo, zona de confort.

2.2. ABSTRACT

Avocado production in Mexico represents an income of more than US \$2.7 billion in foreign exchange. However, this crop has several limiting factors, including insectile pests, that may limit its export. One of the quarantine pests is the avocado seed moth, *Stenoma catenifer*. However, there is little information about the population dynamics of this species, information that is valuable for its appropriate management. In this study, we analyzed population fluctuation and the impact of temperature (T) and relative humidity (HR) on *S. catenifer* male catches using traps baited with their sexual pheromone in four orchards in Colima, Mexico. During a year of study, from June 2018 to June 2019, 6,836 males of the avocado seed moth were collected; presenting two population peaks, the first in June-August, in the phenological stage of fruiting, and the second in December-January, which coincides with the end of fruiting and the beginning of flowering. Infestation percentages ranged from zero to 65% in the examined orchards. Cluster similarity analysis and principal coordinate analysis indicated that sampling time (M) and HR have a high similarity but differ from T. The effect of HR and T on catches was modeled by estimating non-parametric bivariate distributions. It was observed that the largest catches were with T superior to 15.8°C and HR superior to 60%. In addition, high T and low HR do not favor the captures of this pest. These results help predict bioecological conditions for the occurrence of populations of this pest.

Keywords: relative risk, comfort zone.

2.3. INTRODUCCION

A nivel mundial, México es el país líder en producción y exportación de aguacate. En 2019 tuvo una producción de 2, 300,888.90 ton, en una superficie aproximada de 206,389 ha (SIAP, 2020) y en promedio se considera que genera más de 2,700 millones de dólares anuales en divisas al país (SIAP, 2019). El aguacate tiene plagas cuarentenarias, entre las que se encuentra la palomilla barrenadora de la semilla *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) (SAGARPA, 2005). Una plaga cuarentenaria es aquella plaga de importancia económica potencial para un área certificada para exportación o una zona productora, aun cuando la plaga no esté presente o, si está presente, no está extendida y se encuentra bajo control oficial (FAO, 2006). En México, las plagas cuarentenarias se encuentran reguladas con la norma oficial NOM-066-FITO-2002. *S. catenifer* se encuentra en algunos estados de la República Mexicana, incluyendo Chiapas, Colima, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Nuevo León, Oaxaca, Querétaro y Veracruz (SENASICA-DGSV, 2016).

Los daños que causa *S. catenifer* se inician cuando las larvas de primer instar se alimentan de la epidermis del fruto de aguacate, posteriormente hacen un orificio y llegan a la semilla donde construyen galerías, aunque también pueden atacar y secar ramas terminales. En su desarrollo *S. catenifer* pasa por cinco instares larvales (Hohmann y Meneguim, 2005; Wolfenbarger y Colburn, 1979). En algunos países sudamericanos se han reportado porcentajes de infestación por esta plaga que van del 45 al 80 % (Boscán de Martínez y Godoy, 1982; Hoddle y Hoddle, 2008b; Nava y Parra, 2005). Por otra parte, el conocer la dinámica poblacional de las plagas puede proveer de información base para el control biológico y puede generar información para la planificación y el manejo de esta plaga (Price *et al.*, 2012).

Existen diferentes maneras de investigar la dinámica poblacional de una especie, una de las cuales es el uso de trampas cebadas con feromonas sexuales. Los machos de *S. catenifer* son atraídos a la feromona sexual femenina. La feromona está compuesta de (9Z)-9,13-Tetradecadien-11-ynal (Millar *et al.*, 2008). En México, las trampas cebadas con la feromona sexual se han utilizado para la captura de palomillas entre las que se encontraron *Antaeotricha nictitans* y *S. catenifer* (Castillo *et al.*, 2012). La dinámica de poblaciones incluye los cambios que sufren las comunidades biológicas así como los factores y mecanismos que la regulan (Vargas y Rodríguez, 2008) y es conocido que los factores bióticos (huésped, vegetación) y abióticos (temperatura, humedad relativa, luz) influyen significativamente en la dinámica poblacional de los organismos (Khaliq *et al.*, 2014). La temperatura y la humedad relativa son factores abióticos que afectan el desarrollo de los insectos. Por ejemplo, en Pakistán, se encontró que las poblaciones de plagas de maíz en campo fueron más altas a temperaturas de 32.5 a 36.5°C y humedad relativa de 68% (Zulfiqar *et al.*, 2010). En condiciones de campo, se encontró que la zona más propicia para la ocurrencia de *Diaphorina citri* fue de 26 a 28 °C y entre 75 a 85 % de HR (Hernández-Landa *et al.*, 2018). Otro estudio para *Largus californicus*, en California indicó que la temperatura tiene efectos en la reproducción, desarrollo y mortalidad de la plaga y que la densidad de población está influenciada por la temperatura, que determina la duración de etapa de reproducción (Johnson *et al.*, 2016) para *Drosophila suzukii* se encontró que el desarrollo desde que emerge hasta la mortalidad la temperatura se encuentra en un rango de 10 a 33°C y para la humedad relativa en laboratorio en un rango de 20 a 94 % tanto la oviposición como la vida de los adultos aumentaron (Winkler *et al.*, 2020). En el caso de *S. catenifer* en México, fue Romero Castañeda (2014) quien investigó la fluctuación poblacional utilizando trampas con la feromona sexual en los estados de Jalisco y Colima y encontró que el promedio de

capturas de *S. catenifer* no mostró una correlación ($r \leq 0.18$, $p \geq 0.08$) con la temperatura y humedad relativa evaluados. En Chiapas, Vázquez *et al.*, (2017) también utilizaron trampas con feromonas sexual para observar las capturas anuales y estudiar si la precipitación y temperatura influían en las capturas de las palomillas. Por la importancia del cultivo de aguacate para México, y la falta de información básica de esta plaga, se desarrolló la presente investigación con el objeto de explorar la dinámica poblacional de *S. catenifer* en huertos de aguacate Hass en el estado de Colima, ya que en esta región se presentan poblaciones establecidas que afectan la producción y comercialización de la fruta y obstaculizan su exportación.

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1. Área de estudio y muestreo de insectos

El estudio se realizó de junio de 2018 a junio de 2019 en cuatro huertos comerciales de aguacate Hass en los municipios de Comala y Cuauhtémoc, Colima, con diferentes niveles de infestación, altitud y edad de los árboles (Cuadro 2.1.). En el inicio del estudio, los árboles de aguacate se encontraban en el estado fenológico de floración-fructificación. Para la captura de los adultos, se colocaron cuatro trampas con feromona sexual sintética en cada huerta.

Cabe mencionar que en las huertas, al ser comerciales, se realizaron otras actividades como la aplicación de insecticidas, herbicidas, y fertilizantes por parte de los productores y el personal del Comité Estatal de Sanidad Vegetal (CESAVECOL) como parte de las acciones de la Campaña Plagas Reglamentadas del Aguacatero operada por la DGSV, SENASICA, también realizan acciones de control cultural como son la recolección y destrucción de frutos infestados.

Cuadro 0.1. Huertas examinados para el muestreo de *Stenomoma catenifer* en Colima, México durante 2018-2019.

Municipio	Huerto	Latitud	Longitud	Altitud (m s. n. m.)	Superficie (ha)	Edad (años)
Comala	La Barragana	19.323585	-103.721183	1340	3.5	10
	El Ocotillo	19.417981	-103.746985	1145	3.6	13
	Piedra Rajada	19.418115	-103.448094	1199	7.1	48
Cuauhtémoc	La Calma	19.254894	-103.354257	1523	6.9	5

La trampa que se empleó fue del tipo ala de cartón Pherocon® 1C (Trécé Inc., Adair, OK, EUA), con un liberador de caucho (Pherocon® Septa lures, Trécé Inc., Adair, OK, EUA). El liberador fue colgado en la parte media lateral de las trampas con un clip dentro de estas. Las trampas se colocaron a una distancia de 50 m entre ellas dentro del dosel de los árboles de aguacate, a una altura aproximada de 1.6 m. Las trampas se revisaron quincenalmente, para registrar el número de palomillas macho capturadas por trampa. La base de la trampa y el septo feromonal se cambiaron cada mes. Las palomillas se removían de la base con una espátula de plástico.

2.4.2. Registro de temperatura y humedad relativa

Los datos de temperatura (°C) y humedad relativa (%) se obtuvieron con sensores portátiles Data Loggers HOBO® modelo Pro v2 (u23-00x) (HOBO® Bourne, MA, EUA), que registran datos a la intemperie. Estos sensores se mantuvieron en los sitios de estudio durante todo el periodo que duró el experimento. Para realizar los análisis, se utilizó la temperatura y humedad relativa semanal promedio previa a cada fecha de muestreo (M).

2.4.3. Medición del porcentaje de infestación

Para conocer el estado fitosanitario de los huertos en estudio y el porcentaje de infestación, quincenalmente se seleccionaron al azar 10 árboles y una rama en cada uno de los puntos cardinales para un total 40 ramas. De éstas se colectaron solo los frutos con síntomas de daños como la presencia de orificios y apariencia caliza por la expulsión de los desechos alimenticios ocasionados por las larvas de *S. catenifer* (SENASICA-DGSV, 2016) o frutos que se encontraban en el suelo con daños por *S. catenifer*. Del segundo muestreo en adelante, los árboles seleccionados en un muestreo no se repitieron en el siguiente, con la finalidad de evitar pseudoreplicas. Los frutos con síntomas o daños por la palomilla se colocaron en bolsas de papel y se llevaron al laboratorio del Centro Nacional de Referencia en Control Biológico, DGSV, en Tecomán, Colima, para esperar la emergencia de adultos o los enemigos naturales de *S. catenifer*

2.4.4. Análisis de datos

Para medir la fluctuación poblacional de adultos de *S. catenifer* a lo largo del periodo de estudio y calcular su relación con los factores registrados, se calcularon estadísticas descriptivas del número de machos/trampa y se examinó la relación entre la temperatura (T), la humedad relativa (HR), y las fechas de muestreo (M) con las poblaciones de adultos de la palomilla barrenadora capturados en trampas. Inicialmente, para examinar la dependencia entre las variables, los datos fueron analizados con un análisis de correlación, de conglomerados y de coordenadas principales (PCoA), con base en el índice de disimilaridad h de Hellinger; con esto, se seleccionaron las variables que no mostraran colinearidad. El análisis PCoA permite visualizar la similitud entre las variables estudiadas en un plano cartesiano (Wilson, 2011). Finalmente, la selección de variables permitió explorar la interacción entre T y HR a las que se desarrolla la palomilla barrenadora del aguacate con la generación de un índice de riesgo relativo para las

observaciones con base en las capturas > 0 (Davies *et al.*, 2011). El riesgo relativo es la medición del riesgo asociado con diferentes niveles de factores cuantitativos, en este caso T y HR, en relación con la ocurrencia de las palomillas de la población de estudio (Bithell, 1991). El riesgo relativo se calculó como el cociente de las distribuciones kernel bivariadas cuando hay capturas (numerador) sobre la distribución bivariada cuando las capturas son cero (denominador). Los valores de este índice son positivos, y la interpretación es que mientras mayor es su valor, mayores son las condiciones para que ocurra la situación de riesgo, en este caso, de que se presente *S. catenifer*. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa R v. 3.4.0 (R Core Team, 2015).

2.5. RESULTADOS

Durante el año de estudio se capturaron 6,836 machos de la palomilla barrenadora de la semilla del aguacate. En las cuatro huertas se observan dos picos poblacionales, el primero es en los días julianos 171 y 186 de 2018, donde los árboles se encuentran en fructificación, y el segundo en el día juliano 340 del 2018 al día juliano 58 del 2019 que coincide con el término de la fructificación y el comienzo de la floración (Figura 1). Del total de palomillas capturadas, en la huerta Piedra Rajada se presentó el mayor número de individuos capturados (3,795), seguido del Ocotillo (1,454), luego La Calma (1,150) y finalmente La Barragana con 437 individuos.

2.5.1. Porcentaje de infestación

De las cuatro huertas de aguacate Hass, se colectó un total de 177 frutos con daños por *S. catenifer* del día Juliano 200 al 326 del 2018 (Fig. 2.1). Los porcentajes de infestación variaron de cero a 65 % en las diferentes huertas. Para la huerta la Barragana el porcentaje de infestación fue de 65 %, en la huerta Ocotillo fue de 17 %, en Piedra Rajada fue de 55

% y en la Calma de 12 %. Cabe mencionar que en algunos muestreos no se colectaron frutos con daños, sin embargo, si se tuvieron capturas de palomillas en las trampas.

2.5.2. Análisis de similaridad entre variables

Además la correlación de Pearson entre las variables fueron de bajas a moderadas, siendo el máximo para el caso de la fecha de muestreo y humedad relativa ($r= 0.58$), le siguió la captura correlacionada con la humedad relativa ($r= 0.19$); además hubieron datos de correlación negativos donde se encuentran las capturas con la temperatura ($r= -0.25$), la correlación de la humedad relativa con la temperatura ($r= -0.21$), la captura con la fecha ($r=-0.03$) y finalmente la fecha con la temperatura ($r=-0.04$). De los datos anteriores resumimos que la fecha de muestreo y humedad relativa tuvieron una correlación relativamente alta, por lo que para análisis posteriores se eliminó a la variable fecha. La población de palomillas capturadas en trampa fue abundante a lo largo del ciclo y probablemente es afectada por estos factores abióticos.

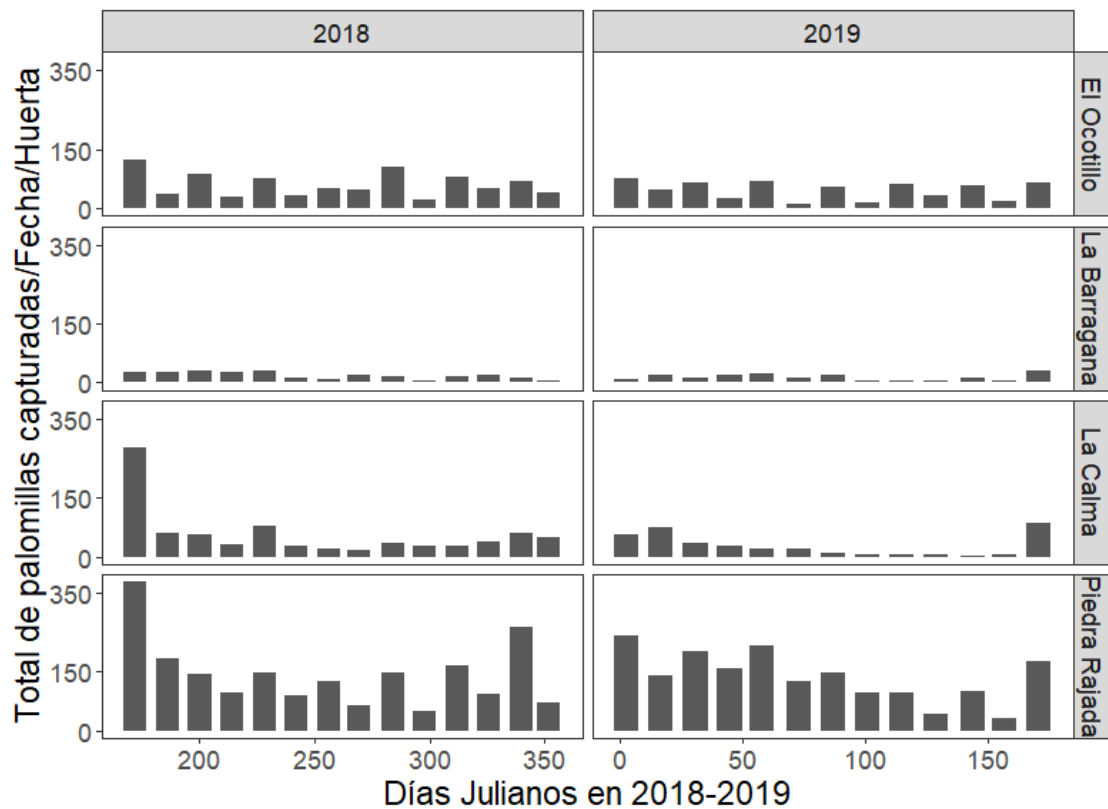


Figura 0.1. Relación de las fechas de muestreo con el total de los adultos capturados en las cuatro huertas de aguacate Hass en Colima, México. Las columnas representan los años de muestreo y las hileras las huertas examinadas.

El análisis de conglomerados dividió en dos grupos las variables; por un lado se encuentran las capturas y por el otro la temperatura, fecha y humedad relativa, siendo estos dos últimos los más próximos entre sí. Esto se confirmó con la similaridad de los pares, medida por el índice 1-h de Hellinger, que fue de 0.75 entre humedad relativa y fechas y le siguió la fecha con la temperatura con un valor de 0.71 (Fig. 2.2.A). Por otra parte, en el análisis multivariado PCoA (Fig. 2.2.B), se puede ver la similitud entre los diferentes factores que se exploraron. Al igual que en los análisis anteriores, la fecha y la humedad relativa tienen una mayor similaridad entre sí, mientras que la temperatura y las capturas se encuentran distantes entre ellas, lo cual indica que se encuentran poco relacionadas.

Puesto que se encontró tanto como una alta correlación como una alta similitud entre las fechas de muestreo y la HR, se seleccionó solamente la HR y la T para los análisis posteriores (Figura 2.2.A). La temperatura promedio en la que se obtuvieron capturas en las huertas de estudio fue de una mínima 15.8 °C y máxima de 25.4 °C y humedad relativa mínima de 41.1 % y máxima de 96.1 %; por lo que dentro de este rango de temperaturas se encuentran todas las capturas realizadas en el experimento.

Finalmente, el análisis de riesgo relativo, que es el cociente de las distribuciones cuando hay capturas sobre cuando no las capturas son cero (Figuras 2.3. A y 2.3. B), indica que las posibilidades de capturas de palomillas es mayor con temperaturas mayores a 15.8 °C y humedad relativa mayor a 60 % (parte superior izquierda de la Figura 5). Las mayores capturas se presentaron entre 18 y 22 °C y arriba de 80 % de humedad relativa (Figura 2.3. A). A humedades relativas bajas este riesgo es cercano a cero en casi todo el espectro de las temperaturas (Fig. 2.4.). Se observa que la variable que tuvo mayor efecto es la humedad relativa, pues el gradiente es más claro en el eje Y que en el eje X, que corresponde a la temperatura.

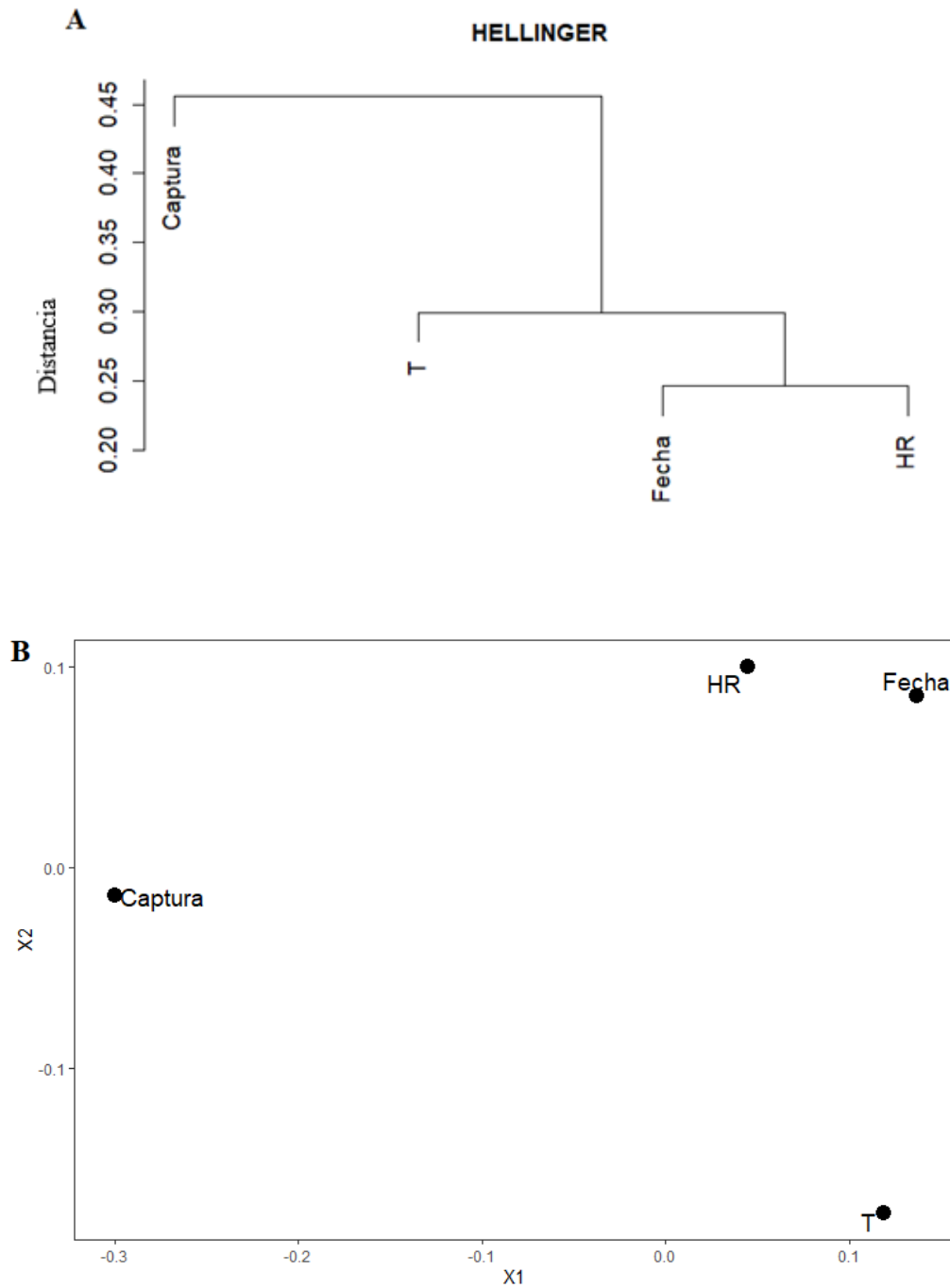


Figura 0.2. A) Gráfica de conglomerados entre la captura de palomillas, temperatura, humedad relativa y fechas de capturas. B) Gráfica del análisis de coordenadas principales (PCoA) que muestra la relación de similitud entre las variables abióticas, las fechas de muestreo y las capturas de *S. catenifer*.

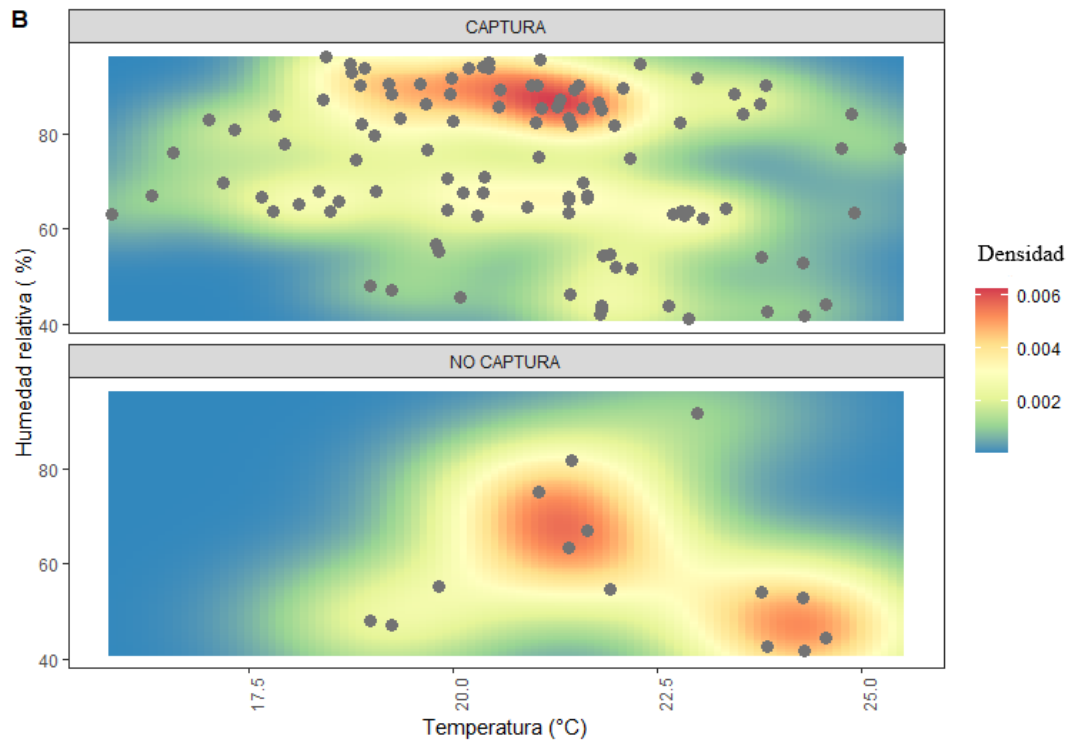
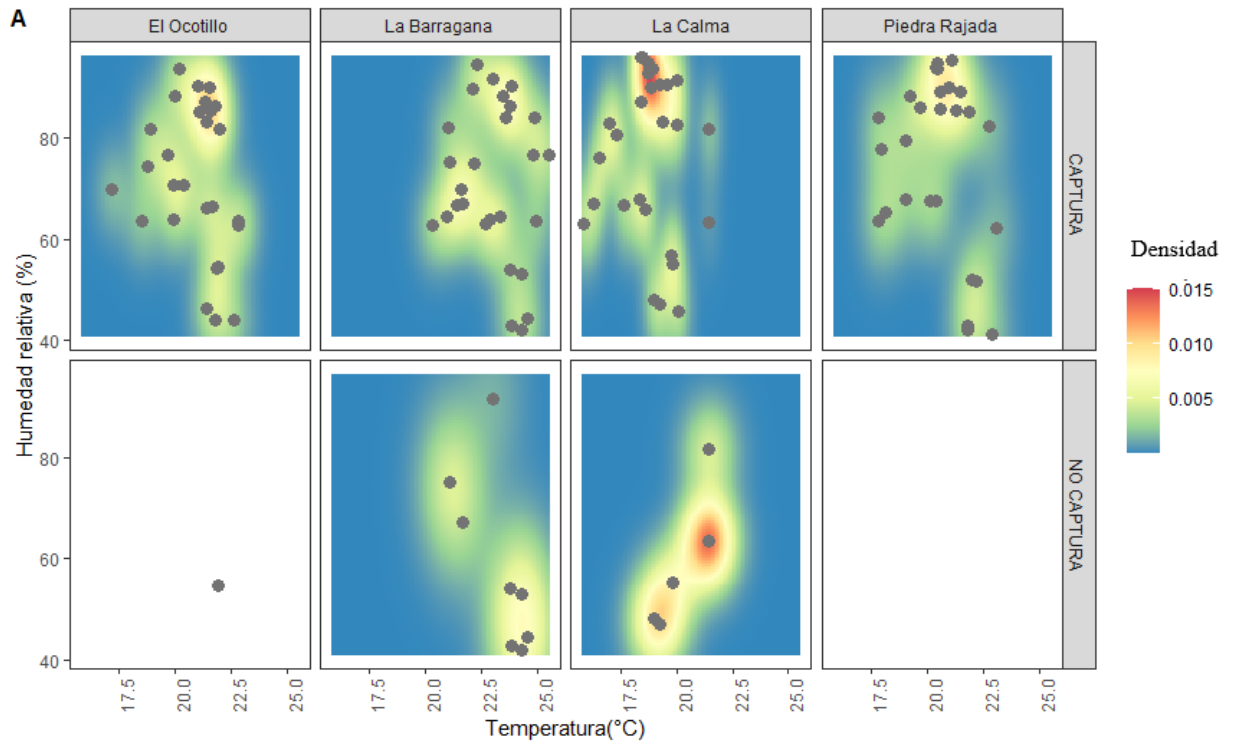


Figura 0.3. A) Gráficas de densidad bivariada de la zona de confort (para las capturas positivas > 0 ; como para cuando no hubo capturas $= 0$) para la temperatura y humedad relativa en las diferentes huertas de estudio; B) Gráficas de las distribuciones kernel bivariadas de la temperatura y humedad relativa cuando no hay capturas de la palomilla. El color indica la intensidad en las distribuciones de densidades de capturas o no capturas. Los puntos en ambas gráficas son las

coordenadas en el plano cartesiano con los valores de temperatura y humedad relativa asociados a las trampas.

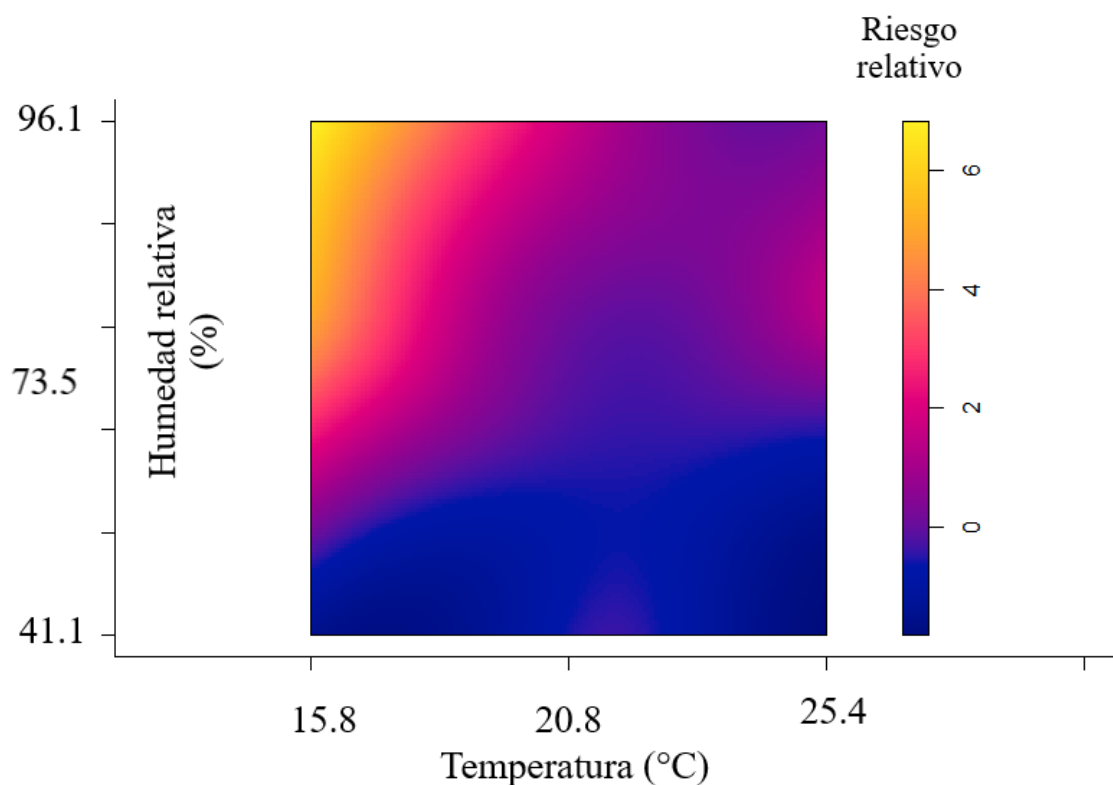


Figura 0.4. Distribución de riesgo relativo donde ocurren las capturas en el cultivo de aguacate en Colima, México. Los valores de 0 a 6 son el riesgo relativo de la ocurrencia de *S. catenifer* de acuerdo con las combinaciones de temperatura y humedad relativa. A mayor valor del riesgo es más alta la posibilidad de ocurrencia de la plaga.

2.6. DISCUSIÓN

Sobre la dinámica poblacional, en nuestros resultados se presentan dos picos en los que población de palomillas aumenta; el primero se registra en los meses de junio a agosto en el periodo de fructificación y el segundo de diciembre a enero que coincide con el término de fructificación y principios de floración. Los resultados son similares a los reportados por varios investigadores en los estudios de fluctuación poblacional en Brasil y México, quienes reportaron que las infestaciones empezaron desde el mes de diciembre (Nava *et al.*, 2006; Nava y Parra, 2005; Vázquez *et al.*, 2017). También se ha observado que el

número de palomillas capturadas disminuye gradualmente a medida que se reduce la disponibilidad de alimento (Hoddle *et al.*, 2009; Vázquez *et al.*, 2017). Además de que los mayores picos de captura de adultos se encuentran en la etapa de fructificación y en época de lluvias (Hoddle *et al.*, 2009). Nava *et al.*, (2005) proponen que la fluctuación poblacional de la palomilla se puede utilizar como un indicador del número de generaciones al año basado en los requisitos térmicos de la plaga. También que la disección de fruta infestada podría complementarse con el monitoreo de adultos de *S. catenifer* para así poder proponer un mejor manejo de la plaga (Núñez, 2008)

En Colima, encontramos que el porcentaje de infestación varía de cero a 65 % que están dentro del rango reportado por otros investigadores, como en Querétaro, donde el porcentaje de infestación va de 33.3 a 80.9 % en aguacate Hass (Palacios Torres *et al.*, 2011). En Guatemala y Perú los niveles de infestación se reportaron de cero a 58 % (Hoddle *et al.*, 2009; Hoddle y Hoddle, 2012). En Guyana se colectaron alrededor de 3,500 frutos con diferentes estados de desarrollo fisiológico. Los niveles de infestación fueron de menor o igual al 10 %, en marzo y abril de 1993 y de 1.9 % en noviembre de 1994. Los niveles de infestación fueron más altos en marzo y abril cuando el tamaño de los frutos fue mayor y disminuyó cuando los frutos fueron más pequeños. De acuerdo con Cervantes *et al.*, (1999), la limitación de los recursos puede contribuir a las bajas tasas de infestación. Por otra parte, como se mencionó anteriormente el manejo en cada una de las huertas es diferente. Por ejemplo, la huerta la Barragana estaba atendida por el dueño, se realizaban podas, aplicación de fertilizante y control químico de plagas y malezas. La huerta Ocotillo con buen manejo incluyendo trampas amarillas para otros insectos, al igual que el control de malezas y la remoción de árboles enfermos. La huerta La Calma, presentaba árboles de altura baja por lo cual se podían quitar todos los frutos, además de que tenían un excelente control de malezas y plagas. Por el contrario, en la

huerta Piedra Rajada, el productor dejaba frutos en los árboles después de la cosecha, también se dejaba una gran cantidad de frutos en el suelo, sin enterrar, tampoco hacia control de maleza.

En los huertos de aguacate de Colima encontramos que a temperaturas $> 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa $> 41\%$ se presentaron las mayores cantidades de capturas de las palomillas de *S. catenifer*. Otros autores indican que en temporada seca las temperaturas fueron de $24 \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $87 \pm 40\%$ de humedad relativa en sitios con aguacate silvestre y $29 \pm 11\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $73 \pm 36\%$ de humedad relativa para aguacate criollo, donde obtuvieron capturas de 0.3 y 0.7 palomillas/trampa/semana, en árboles silvestres y en árboles cultivados respectivamente durante la estación (Castillo *et al.*, 2012). El número total de capturas/trampa/sitio durante la estación de fructificación disminuyó significativamente, de 0.9 en la primera semana a 0.2 en la cuarta semana durante el periodo de observación. Cervantes *et al.* (1999) encontraron en Guyana, temperaturas medias anuales de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, y precipitaciones de 2,400 a 3,400 mm, los muestreos coincidieron con la época de fructificación de marzo a junio y de octubre a noviembre. Los niveles de infestación fueron más altos en marzo y abril cuando los frutos son de mayor tamaño. Nava *et al.*, (2005) mencionan que la duración del ciclo biológico de huevo a adulto aumenta o se acorta con la temperatura y varía de 69.5 días a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y a 31.4 días a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vázquez *et al.*, (2017) reportaron en aguacate criollo en Chiapas, que el número de palomillas capturadas se correlaciona con la temperatura pero no con la precipitación en el sitio con mayor altura (200 msnm). En el sitio con baja altitud las capturas de palomillas y la precipitación se correlacionaron positivamente. Los datos reportados por Vázquez *et al.*, (2017) sustentan lo que nosotros encontramos en cuanto a temperatura ya que no hubo correlación positiva de la temperatura con la captura de palomillas en ambos estudios. Esto pudo deberse a que en las relaciones entre las variables ambientales y las poblaciones son no lineales.

Los resultados de la investigación por Castillo *et al.*, (2012) no concluyen en que la temperatura o humedad relativa influyan en los resultados de capturas de las palomillas a las trampas con feromona sexual, sino por la disponibilidad de alimentos. Según Cervantes (1999), la limitación de los recursos puede contribuir a las bajas tasas de infestación mientras que Nava *et al.*, (2005) concluyeron que las temperaturas superiores a 30 °C, son perjudiciales para el desarrollo de *S. catenifer*. Finalmente, Romero Castañeda (2014) mencionó que las capturas de *S. catenifer* no mostraron correlación ($r \leq 0.18$, $p \geq 0.08$) con los factores climáticos de temperatura y humedad relativa evaluados, y que el promedio de capturas fue variable en las diferentes huertas de Colima y Jalisco. Lo anterior contrasta con nuestro estudio, en donde hubo una correlación positiva de las capturas de palomillas con la humedad relativa, esto pudo deberse a que la combinación de las temperaturas y humedad relativa en las parcelas fue ideal para las capturas de palomillas. El manejo de *S. catenifer* ha sido difícil por muchas razones, como las relacionadas con su biología (Nava *et al.*, 2006). Por ejemplo, Pérez-de la Cruz *et al.*, (2009) mencionaron que conocer la dinámica poblacional contribuye al manejo de plagas ya que a través de la misma se estima la incidencia y se puede planificar el manejo del insecto. En este trabajo conocer la zona de confort de temperatura y humedad relativa en la que se presenta *S. catenifer* sirve para monitorear a esta plaga, ya que México es el principal productor y exportador de aguacates en el mundo.

2.7. CONCLUSIONES

Se capturó un número alto de palomillas de *S. catenifer*, 3,795 en Piedra Rajada, 1,464 en el Ocotillo, 1,150 en la Calma y 427 en la Barragana. La relación entre de las variables climáticas y el tiempo de muestreo con las capturas de palomillas fueron más destacadas para la humedad relativa y la temperatura. Las combinaciones de humedad relativa y

temperatura delinearon una zona de confort para la presencia de este insecto y se generó un índice de riesgo relativo para determinar las zonas bioclimáticas de mayor riesgo. Con esto se obtuvo que temperaturas mayores de 15.8 °C y humedad relativa mayor de 60 % favorecen las posibilidades de infestación de *S. catenifer*.

2.8. LITERATURA CITADA

- Acevedo, E.J., Vázquez, J. T. G., Sosa, C. M. 1972. Estudios sobre el barrenador del hueso y pulpa del aguacate *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Stenomidae). *Agrociencia*, 9: 17-24.
- Bithell, J. . F. 1991. Estimation of relative risk functions. *Statistics in Medicine*, 10:1745–1751.
- Boscán de Martínez, N., Godoy, F. 1982. *Apanteles* sp (Hymenoptera: Braconidae) parasito del taladrador del fruto del aguacate *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Stenomidae) en Venezuela. *Agronomía Tropical*, 32: 1–6.
- Cardé, R.T., Willis, M. A. 2008. Navigational strategies used by insects to find distant, wind-borne sources of odor. *Journal of Chemical Ecology*, 34(7): 854–866. <https://doi.org/10.1007/s10886-008-9484-5>
- Castillo, A., Cruz-Lopez, L., Gómez, J. 2012. Moth species captured with the sex pheromone of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) in avocado plantations of southern Mexico. *Florida Entomologist*, 95: 1111–1116. <https://doi.org/10.1653/024.095.0440>
- Cervantes, L. P., 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 & van der Werff) in Guyana. *Journal of Natural History*, 33: 531–542. <https://doi.org/10.1080/002229399300236>
- Davies, T. M., Hazelton, M. L., Marshall, J. C. 2011. Sparr : analyzing spatial relative risk using fixed and adaptive kernel density estimation in R. *Journal of Statistical Software*, 39: 1–14.
- FAO. 2006. Glosario de términos fitosanitarios (p. 23). Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. https://www.ippc.int/largefiles/adopted_ISPMs_previousversions/es/ISPM_05_2006_Es_2006-08-18.pdf
- FAO. 2019. *FAOSTAT*. Dirección de Estadística. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Guichard, S., Kriticos, D. J., Leriche, A., Worner, S. P., Kean, J. M., Suckling, D. M. 2010. Evidence of active or passive downwind dispersal in mark-release-recapture of moths. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 134: 160–169. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2009.00950.x>
- Hernández-Landa, L., Lopez-Collado, J., González-Hernández, H., Vargas-Mendoza, M.,

- Osorio-Acosta, F., Nava-Tablada, M. E. 2018. Fluctuation and synchronization of adults catches of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in urban backyards and commercial citrus plantations. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 21: 745–753. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2018.05.005>
- Hoddle, M. S., Hoddle, C. D. 2008a. Aspects of the field ecology of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) infesting hass avocados in Guatemala. *Florida Entomologist*, 91: 693–694. <https://doi.org/10.1653/0015-4040-91.4.693>
- Hoddle, M. S., Hoddle, C. D. 2008b. Bioecology of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) and associated larval parasitoids reared from hass avocados in Guatemala. *Journal of Economic Entomology*, 101: 692–698. [https://doi.org/10.1603/0022-0493\(2008\)101\[692:BOSCLE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2008)101[692:BOSCLE]2.0.CO;2)
- Hoddle, M. S., Millar, J. G., Hoddle, C. D., Yunfan, Z., McElfresh, S. J. 2009. Synthesis and Field Evaluation of the Sex Pheromone of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae). *Journal of Economic Entomology*, 102: 1460–1467. <https://doi.org/10.1603/029.102.0409>
- 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. *Bulletin of Entomological Research*, 101: 145–152. <https://doi.org/10.1017/S0007485310000301>
- Hoddle, M. S., Hoddle, C. D. 2012. Surveys for *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) and associated parasitoids infesting avocados in Perú. *Journal of Economic Entomology*, 105: 402–409. <https://doi.org/10.1603/EC11414>
- Hohmann, C. L., Meneguim, A. M. 2005. A Broca-do-Abacate. *Informe da Pesquisa*, Vol. 147.
- Javier-López, L., Antonio-Luis, M. C., Palacios-Torres, R. E., Hernández, H. H., Díaz-Félix, G., Yam-Tzec, J. A., Ramírez-Seañez, A. R., Marina, J. A. C. 2019. Nuevo registro de *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) en la cuenca del Papaloapan. *Entomología Mexicana*, 6:314–317.
- Johnson, C. A., Coutinho, R. M., Berlin, E., Dolphin, K. E., Heyer, J., Kim, B., Leung, A., Sabellon, J. L., Amarasekare, P. 2016. Effects of temperature and resource variation on insect population dynamics: the bordered plant bug as a case study. *Functional Ecology*, 30: 1122–1131. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12583>
- Khaliq, A., Javed, M., Sohail, M., Sagheer, M., 2014. Environmental effects on insects and their population dynamics. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 1:1–7.
- 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 Letters*, 49: 4820–4823. <https://doi.org/10.1016/j.tetlet.2008.06.019>
- Nava, D. E., Haddad L. M., Parra, P. J. R. 2005. Exigências térmicas, estimativa do número de gerações de *Stenoma catenifer* e comprovação do modelo em campo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40: 961–967. <https://doi.org/10.1590/s0100->

[204x2005001000003](#)

- Nava, D. E., Parra, J. R. P. 2005. Biología de *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) em dieta natural e artificial e estabelecimento de um sistema de criação. *Neotropical Entomology*, 34: 751–759. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000500006>
- Nava, D. E., Parra, J. R. P., Bento, J. M. S., Diez-Rodriguez, G. I., Haddad, M. L. 2006. Distribuição vertical, danos e controle cultural de *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) em pomar de abacate. *Neotropical Entomology*, 35: 516–522. <https://doi.org/10.1590/s1519-566x2006000400015>
- Núñez, E. 2008. Plagas de paltos y cítricos en Perú. En R. Ripa & P. Larral (Eds.), *Manejo de Plagas en Paltos y Cítricos* (pp. 324–364). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerios de Agricultura.
- Palacios T., R. E., Ramírez del Angel, M., Uribe-Gonzalez, E., Granados-Escamilla, D., Romero-Castañeda, J., & Valdez-Carrasco, J. 2011. Avocado seed moth, *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) in Queretaro, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)*, 27: 501–504. <https://doi.org/10.21829/azm.2011.272769>
- Pérez-de la Cruz, M., Equihua-Martínez, A., Romero-Nápoles, J., Sánchez-Soto, S., García-López, E. 2009. Diversidad, fluctuación poblacional y plantas huésped de escolitinos (Coleoptera: Curculionidae) asociados con el agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80: 779–791.
- Price, P. W., Denno, R. F., Eubanks, M. D., Finke, D. L., Kaplan, I. 2012. Behavioral ecology. In P. W. Price, R. F. Denno, M. D. Eubanks, D. L. Finke, I. Kaplan (Eds.). *Insect Ecology: Behavior, Populations and Communities* (pp. 404–440). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2012.01294.x>
- R Core Team. 2015. R: The R Project for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Romero, C. J. E. 2014. Fluctuación poblacional de la palomilla barrenadora de la semilla del aguacate, *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera:Elachistidae) utilizando trampas de feromonas en los estados de Colima y Jalisco, México [Colegio de Postgraduados]. En Colegio de Postgraduados. http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/256/Sanchez_Borja_M_DC_Fitosanidad_2010.pdf?sequence=1
- SAGARPA. 2005. NOM-066-FITO-2002 | Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria | Gobierno | gov.mx. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/nom-066-fito-2002>
- SENASICA-DGSV. 2016. Palomilla barrenadora del aguacate *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria- Dirección General de Sanidad Vegetal- Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria-Grupo Especialista Fitosanitario. Ficha Técnica. Tecámac, México. 16 p.
- SIAP. 2019. Panorama Agroalimentario 2019. En SIAP (214 p). <https://www.gob.mx/siap>

- SIAP. 2020. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. En línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> . Fecha de consulta: 29 de octubre de 2020.
- Vargas, R., Rodríguez, S. 2008. Manejo de plagas en paltos y cítricos. En Renato Ripa & P. Larral (Eds.), Manejo de Plagas en Paltos y Cítricos (INIA, Vol. 23, pp. 99–103). Instituto de Investigaciones Agropecuarias Ministerio de Agricultura. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Vázquez, M. A., Cruz-López, L., Gómez, J., Castillo, A. 2017. Annual capture of two Elachistidae moth species using *Stenoma catenifer* sex pheromone in criollo avocado (*Persea americana*) at Chiapas, Mexico. Southwestern Entomologist, 42: 91–101. <https://doi.org/10.3958/059.042.0106>
- Wilson, P. D. 2011. Distance-based methods for the analysis of maps produced by species distribution models. Methods in Ecology and Evolution, 2: 623–633. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00115.x>
- Winkler, A., Jung, J., Kleinhenz, B., Racca, P. 2020. A review on temperature and humidity effects on *Drosophila suzukii* population dynamics. Agricultural and Forest Entomology, 22: 1–14. <https://doi.org/10.1111/afe.12381>
- Wolfenbarger, O., Colburn, B. 1979. The *Stenoma catenifer* , a Serious Avocado Pest. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 92: 275.
- Zulfiqar, M., Sabri, M., Raza, M., Hamza, A., Hayat, A., Khan, A. 2010. Effect of temperature and relative humidity on the population dynamics on some insect pests of maize. Pakistan Journal of Life and Social Sciences, 8: 16–18. <https://doi.org/10.3329/jujbs.v8i1.42471>

CAPITULO 3: DISPERSIÓN DE *Stenoma catenifer* WALSHINGAM POR MEDIO DE LA TÉCNICA MARCAJE-RECAPTURA EN AGUACATE HASS Y LIMON MEXICANO EN COLIMA

3.1. RESUMEN

En este de experimento de marcaje-liberación y recaptura se llevaron a cabo tres repeticiones en diferentes fechas en los cultivos de aguacate Hass en Comala y en limón mexicano en Tecomán, Colima, México, para analizar el potencial de dispersión de los adultos macho de *Stenoma catenifer*. Las palomillas macho se marcaron con polvos fosforescentes y posteriormente fueron liberados en las parcelas de aguacate o limón. En cada una de las repeticiones, se marcaron 100 adultos machos con polvos fluorescentes DayGlo de color verde, naranja o azul. La recuperación de las palomillas se realizó con trampas con la feromona sexual sintética que se colocaron siguiendo una distribución de los cuatro puntos cardinales a partir del punto de liberación, a distancias de 8, 16, 32, 64, 85 y 100 m. De las 300 de palomillas macho liberadas se recuperó hasta un 21% de éstas y la mayor distancia a la que se recuperaron palomillas marcadas fue a los 100 m.

PALABRAS CLAVE: palomillas barrenadora, dispersión

3.2. ABSTRACT

In this marking-release-recapture experiment, three replicates were carried out at different dates in a Hass avocado orchard in Comala, Colima, and in a Mexican lemon orchard in Tecomán, Colima, México, to analyze the dispersion potential of the adult males of the avocado seed moth *Stenoma catenifer*. The male moths were marked with phosphorescent powders and subsequently released. In each replication, 100 male adults were marked with a green, orange, or blue DayGlo fluorescent powders. The recovery of the moths was performed using traps baited with a synthetic sexual pheromone that were placed following distribution of the four cardinal points from the release point, at distances of 8, 16, 32, 64, 85, and 100 m. Of the 300 male moths released up to 21% were recovered, and the greatest distance at which the marked moths were recovered was at 100 m.

KEY WORDS: Avocado seed moth, dispersion.

3.3. INTRODUCCIÓN

El aguacate, *Persea americana* (Lauraceae), es nativo de México y Centroamérica. Actualmente se cultiva en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Acevedo *et al.*, 1972). México es el principal productor de aguacate, en 2019 tuvo una superficie cosechada de 215, 942 ha, con una producción de cerca de 2,300 millones de ton (SIAP, 2020). La palomilla barrenadora de la semilla del aguacate *S. catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae), es una especie que causando graves daños en las regiones de clima cálido de México (Acevedo *et al.*, 1972). Esta plaga ha sido considerada por los productores de aguacate como una de las mayores limitantes en la producción (Javier-López *et al.*, 2019). Además, en México es una plaga cuarentenaria que puede causar fuertes pérdidas en la producción, obligando a los agricultores a recurrir al control químico mediante aplicaciones de insecticidas, restringiendo aún más la comercialización y posicionamiento del aguacate mexicano en los mercados internacionales, los cuales exigen productos vegetales libres de residuos de insecticidas y libres de plagas de importancia cuarentenaria a su país (SENASICA-DGSV, 2016). En México, de acuerdo a la NIMF 08 (NIMF, 2006), el estatus de *S. catenifer* es “presente” en algunas áreas (Chiapas, Colima, Guerrero, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Tamaulipas, Veracruz y Querétaro) y bajo control oficial (Palacios Torres *et al.*, 2011; SENASICA-DGSV, 2016). Los estudios sobre el vuelo de *S. catenifer* marcadas con polvo DayGlo y usando trampas cebadas con feromona sexual sintética, han indicado que en una sola noche, las palomillas macho pueden volar alrededor de 67 m; sin embargo, esta medición puede ser subestimada (Hoddle *et al.*, 2011). Los insectos localizan recursos para sobrevivir mediante el seguimiento de trazas de olores transportados por el viento hasta su fuente. Muchos experimentos han demostrado que la ubicación exitosa de la fuente de olor requiere dos canales sensoriales: la presencia de olores atractivos y la detección del viento

que lleva ese olor (Cardé y Willis, 2008). Conocer la dispersión de los insectos plaga es clave para comprender la dinámica de poblaciones de insectos y desarrollar sistemas de pronósticos para el control de esas plagas (Osborne y Loxdale, 2002). La información de la dispersión de plagas cuarentenarias se utiliza para determinar la rapidez con que puede expresarse la importancia económica potencial de una plaga. Si la plaga tiene probabilidad de entrar y establecerse en un área de escasa importancia económica y luego dispersarse a otra en la que la importancia es mayor. Además, puede ser importante en la etapa del manejo del riesgo de establecimiento, cuando se examina la posibilidad de mantener o erradicar una plaga (FAO, 2017). Conocer la dispersión de las palomillas en relación con la dirección y fuerza del viento, puede ayudar a usar de forma más eficiente las trampas cebadas feromonas sexual en programas de monitoreo y manejo de plagas. Por lo que el objetivo de la presente investigación fue medir la capacidad de dispersión del adulto macho de *S. catenifer* usando la técnica de marcaje-liberación-recaptura usando trampas cebadas con feromona sexual sintética en plantaciones de aguacate Hass y limón mexicano.

3.4. MATERIALES Y MÉTODOS

3.4.1. Área de estudio

Los experimentos se realizaron en tres diferentes fechas, las primeras dos repeticiones se llevaron a cabo en huertos de aguacate del 13 al 17 de diciembre de 2018 y del 15 al 20 de mayo de 2019 y la tercera en un huerto de limón mexicano, del 11 al 15 de enero de 2020 (Cuadro 3.1). En cada parcela se colocaron 24 trampas con feromona sexual sintética tratando de distribuirlas en forma radial en toda la parcela.

3.4.2. Cría de palomillas de *Stenoma catenifer*

Con el fin de tener una gran cantidad de adultos de *S. catenifer*, se realizaron colectas de frutos en huertos de aguacate Hass en Comala, Colima, consideradas como focos de

infestación, se buscaba que los frutos presentaran síntomas de daño por *S. catenifer* en árboles y frutos que se encontraban en el suelo. Los frutos colectados en los huertos se llevaron al Laboratorio de Cría de Insectos del Centro Nacional de Referencia de Control Biológico (CNRCB, SENASICA, SADER), en Tecomán, Colima, donde se dejaban de 10 a 14 días en las jaulas (30 x 20 x 10 cm) de cría ventiladas y se etiquetaban con la fecha y ubicación del lugar de colecta. Este material estuvo bajo luz natural y temperatura de 25 °C y humedad relativa del 70 %. La inspección de los frutos se realizaba diariamente hasta la emergencia de larvas del quinto instar de *S. catenifer*, que buscaban sitio para pupar, estas larvas se conservaban individualmente a frascos de plástico de 250 mL de capacidad y con tapas ventiladas, a los cuales se les adicionó aserrín para darle un sustrato a las larvas para pupar. Si las larvas no emergían después de 10-14 días, los frutos se disectaban, se revisaba la semillas y la pulpa para buscar larvas de *S. catenifer* (Hoddle y Hoddle 2008b). Las larvas inmaduras encontradas en las semillas fueron removidas y se colocaban individualmente en frutos de aguacate sanos. Para lo anterior, se utilizó un taladro eléctrico para perforar un agujero de 1.5 cm de profundidad en las semillas del aguacate sanas (Hoddle y Hoddle, 2008a) para después introducir una larva. Estas semillas artificialmente infestadas se revisaban diariamente para determinar la viabilidad de la infestación. Ya como pupa, también se mantuvieron en frascos de plástico de 250 mL hasta la emergencia de los adultos.

Cuadro 0.2. Huertas seleccionados para evaluación de la dispersión de *Stenoma catenifer*.

Huerto	Localidad	Ubicación	Altitud (m.s.n.m.)	Superficie (ha)	Cultivo
Los Guayabos	Agosto, Comala, Colima	19°23'14.53'' N 103°43'39.50'' O	1,046	3.3	Aguacate Hass
Los Tomatillos	Agosto, Comala, Colima	19°24'28.51'' N 103°42'44.03'' O	1,246	3.5	Aguacate Hass
Los Tamarindos	Tecomán, Colima	18°52'17.85'' N 103°49'39.23'' O	429	4.0	Limón mexicano

3.4.3. Mercado, liberación y recaptura de palomillas

De los machos adultos obtenidos de la cría y después de 24 h de emergidos, se seleccionaban 100 individuos para cada una de las repeticiones, las cuales se impregnaban con 10 mg del polvo fluorescentes DayGlo. Para la primera repetición se utilizó el colorante verde, en la segunda el naranja y finalmente el azul. Después de aplicado el polvo fluorescente, se dejó que los adultos se impregnaran durante 5 min del polvo y posteriormente se cambiaron a recipientes limpios para transportarlas por la tarde a la huerta donde se realizaría la liberación, las liberaciones se hacían a las 6 de la tarde. Las trampas que se usaron para recapturar a las palomillas de *S. catenifer* marcadas y liberadas fueron las de tipo ala de cartón Pherocon® 1C (Trécé Inc., Adair, OK, EUA), cebadas con un liberador de caucho (Pherocon® Septa lures, Trécé Inc., Adair, OK, EUA). El liberador de caucho, impregnados de la feromona sintética comercial ((9Z)-9,13-Tetradecadien-11-ynal) (ISCA Technologies, California) (Hoddle *et al.*, 2009), se colgaba en la parte media lateral de las trampas con un clip dentro de éstas. Las trampas se colocaron en las huertas a 1.6 m de altura dentro del dosel de los árboles. Éstas se colocaron espacialmente de acuerdo al arreglo siguiente: aproximadamente en cada punto cardinal alrededor del punto de liberación (10 x 10 m) se colocaba una trampa a distancias entre trampas de 8, 16, 32, 64, 85 y 100 m a lo largo de la parcela. Posteriormente se registraba el número de machos adultos recapturados por trampa, a las 48 y 120 h después

de la liberación. Las palomillas capturadas en las trampas se revisaron con una lámpara UV, para determinar si eran palomillas marcadas con el polvo fluorescente.

3.4.4. Análisis de datos de palomillas recapturadas

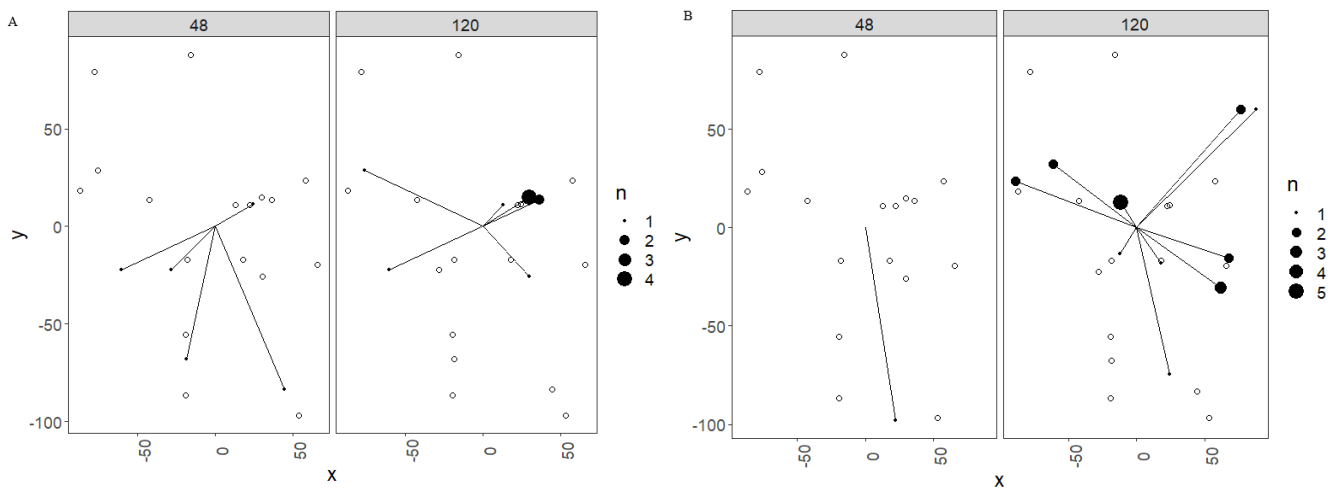
Para tener una representación espacial de la dispersión de la palomilla barrenadora de la semilla del aguacate, se generaron mapas de dispersión a partir de un conjunto de observaciones (X_k, Y_k, Z_k) , donde X_k y Y_k , son las coordenadas cartesianas de ubicación de las trampas para la captura de los insectos marcados y la variable Z_k , indica la cantidad de insectos marcados y recapturados en las trampas, unidas por una línea del punto central de liberación; además, el tamaño del símbolo está en función del número de insectos capturas. Para conocer la distancia de dispersión de los adultos macho de *S. catenifer*, con respecto al punto de liberación, se utilizó la fórmula matemática siguiente (Davis, 2002):

$$AB = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

Donde el segmento AB, indica la distancia de dispersión, en metros, del punto de liberación hacia la trampa ubicada en la parcela experimental. El punto (x_1, y_1) indica la coordenada del sitio de liberación, mientras que el punto (x_2, y_2) indica la coordenada del punto de captura. Una vez calculado el desplazamiento de las palomillas marcadas y recapturadas, con respecto al punto de liberación, se procedió a calcular la dispersión promedio y otras estadísticas, como la varianza, el error estándar y el coeficiente de variación.

3.5. RESULTADOS

Los puntos negros en la figura 3.1, representan las densidades de los adultos que fueron recapturados; mientras que, los puntos blancos representan la cero incidencia de adultos recapturados. Para el caso de la primera repetición, se observó que los adultos volaron hasta 85 m a las 48 h de ser liberadas y 64 m a las 120 h (Figura 3.1A); mientras que, en la segunda repetición del experimento, a las 48 h solo se detectó una captura a una distancia de 16 m, pero a las 120 h, se recapturaron 20 palomillas, a una distancia máxima de 85 m (Figura 3.1B). En la huerta donde se tenía el cultivo de limón, se pudo observar que a las 48 h se recapturaron palomillas a distancias de 100 m y a las 120 h se recapturaron solo cuatro palomillas y la distancia más lejana en la que se recapturó en este tiempo fue de 64 m (Figura 3.1C).



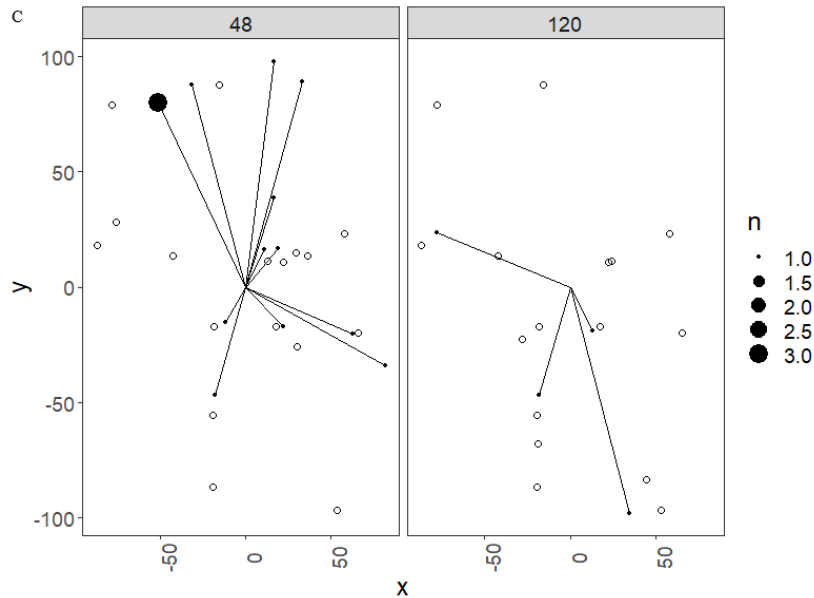


Figura 3.5. Mapas de dispersión de adultos de la palomilla barrenadora generados con valores de palomillas macho de *S. catenifer* marcadas y recapturadas, a las 48 y 120 h posteriores a la liberación. Repeticiones en el tiempo: A)1; B) 2 y C) 3. X y Y representan las coordenadas en metros donde se recapturaron los insectos, con respecto al punto de liberación de las palomillas.

3.6.DISCUSIÓN

De un total de 300 palomillas macho marcadas y liberadas en las tres repeticiones, se recapturaron 54, lo que equivale al 18 %, de este porcentaje, el 6 % se recapturó las primeras 48 h y el 94 % fue a las 120 h después de su liberación. Respecto a los porcentajes de recaptura en las huertas, de las 100 liberadas en la de aguacate Hass en Tomatillos, Comala, Colima, éste fue de 21%, mayor que en el de las otras dos huertas (Cuadro 3.2.). Hoddle *et al.*, (2011) reportaron que de las 15 palomillas macho de *S. catenifer* marcadas y liberadas, solo cuatro (el 27 %) fueron recapturadas en trampas cebadas con feromona sexual sintética. Este bajo número de palomillas marcadas y liberadas por Hoddle *et al.*, (2011) se debió a que no les fue posible tener una cría de laboratorio y al poco material colectado en campo.

Cuadro 3.2. Número de palomillas macho de *Stenoma catenifer* liberadas y recapturadas durante el experimento

Repetición/Huerta	Fecha del experimento	No. de palomillas marcadas y liberadas	No. de marcados recapturados	% de recaptura
1ª. Los Guayabos	12-17 de diciembre de 2018	100	15	15
2ª. Los Tamatillos	15-20 de mayo de 2019	100	21	21
3ª. Los Tamarindos	10-15 enero de 2020	100	18	18

En el presente experimento, las palomillas macho liberadas se recapturaron a distancias desde los 8 m hasta los 100 m desde el punto de liberación. Los resultados también indican que la media de dispersión para la primera repetición fue de $48.5 \text{ m} \pm 11.9 \text{ m}$, para la segunda repetición fue de $69.1 \text{ m} \pm 6.1 \text{ m}$ y para la tercera repetición fue de $35.2 \text{ m} \pm 13.4 \text{ m}$ (Cuadro 3.3). La segunda repetición del presente estudio fue muy similar a lo reportado por Hoddle *et al.*, (2011) quienes encontraron que en promedio, los machos de *S. catenifer* capturados, volaron en una noche $67 \text{ m} \pm 12.52 \text{ m}$, con un rango de 32-85 m.

Cuadro 3.3. Valores estadísticos de la distancia recorrida en metros por las palomillas de *Stenoma catenifer* marcados y recapturados en las huertas durante 2018 y 2020.

Fecha de ensayo	media	Distancia máxima (m)	Varianza	EE	n	CV
14 de diciembre de 2018	39.4	85	1177.8	15.3	5	0.87
17 de diciembre de 2018	57.7	100	724.9	8.5	10	0.46
17 de mayo de 2019	16	16	0	0	1	0
20 de mayo de 2019	53.1	85	745.1	6.1	20	0.51
12 de enero de 2020	44.5	100	1531	10.4	14	0.87
15 de enero de 2020	26	64	656	12.8	4	0.98

En el presente estudio el número de palomillas recapturadas se pudo deber a varias limitaciones como los que reporta Hoddle *et al.*, (2011). Por ejemplo, ellos consideran que es posible que las palomillas macho de *S. catenifer* puedan volar significativamente más lejos que las distancias promedio reportados en ese estudio; además que los machos

no responden a las feromonas después de las 02:30 h y dejan de volar a las trampas de feromonas, alrededor de 3 h después, o sea, a las 05:30 h (Hoddle *et al.*, 2009). En el presente estudio las palomillas macho de *S. catenifer* también se liberaron a las 18:00 h y es probable que las palomillas pudieron haber volado a distancias mayores de los 100 m y fuera de la parcela, como lo reportan Hoddle *et al.*, (2009). En Canadá, se estudió la dispersión del macho *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae) en condiciones de campo, Se encontró que los porcentajes de recaptura se vieron afectados por la altura a las que fueron colocadas las trampas y la proximidad de las trampas al punto de recaptura, más del 65 % de los adultos recapturados se encontraron dentro de los 50 m, el 30 % fueron recapturas de trampas más alejadas al punto de liberación (50-70 m). La palomilla puede dispersarse más metros aunque la densidad de la plaga sea baja (Sanders, 1983). En *Endopiza viteana* (Lepidoptera: Tortricidae) durante dos años en viñedos de Estados Unidos, las palomillas macho fueron recapturadas a una media de desplazamiento de 13.8 ± 0.8 m del sitio de liberación, el desplazamiento máximo fue de 105.4 ± 3.9 m dentro del viñedo (Botero-Garcés e Isaacs, 2004). En Nueva Zelanda para *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), las recapturas indican que a las trampas ubicadas más lejos de los puntos liberación disminuyen sus capturas, se recapturaron hasta 200 m del punto de liberación (Cameron *et al.*, 2002). Adicionalmente, es importante considerar que el potencial de desplazamiento significativo durante la dispersión es a favor del viento, este componente tendrá un impacto en las recapturas finales en las trampas y debe ser considerado al construir modelos de dispersión de palomillas (Guichard *et al.*, 2010) y en nuestro caso, durante los experimentos, no se midió la dirección del viento.

3.7. CONCLUSIONES

- La recaptura del 21% de las palomillas macho de *S. catenifer* liberadas, es un valor aceptable en estudios de marcaje-liberación-recaptura y poder estimar, de forma confiable, el potencial de dispersión de especies de palomillas.
- La distancia de desplazamiento de los machos de *S. catenifer* liberados en las tres parcelas fue de 85 a 100 m, 48 y 120 horas después de la liberación.

3.8. LITERATURA CITADA

- Acevedo, E.J., Vázquez, J. T. G., Sosa, C. M. 1972. Estudios sobre el barrenador del hueso y pulpa del aguacate *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Stenomidae). *Agrociencia*, 9: 17-24.
- Bithell, J. F. 1991. Estimation of relative risk functions. *Statistics in Medicine*, 10: 1745–1751.
- Boscán de Martínez, N., Godoy, F. 1982. *Apanteles* sp (Hymenoptera: Braconidae) parasito del taladrador del fruto del aguacate *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Stenomidae) en Venezuela. *Agronomía Tropical*, 32: 1–6.
- Botero-Garcés, N., Isaacs, R. 2004. Movement of the grape berry moth, *Endopiza viteana*: Displacement distance and direction. *Physiological Entomology*, 29: 443-452.
- Cameron, P.J., Walker, G.P., Wallace, A.R., Wigley, P.J. 2002. Movement of potato moth estimated by mark-recapture experiment. *New Zealand Plant Protection*, 55:177-181.
- Cardé, R. T., Willis, M. A. 2008. Navigational strategies used by insects to find distant, wind-borne sources of odor. *Journal of Chemical Ecology*, 34: 854–866. <https://doi.org/10.1007/s10886-008-9484-5>
- Castillo, A., Cruz-Lopez, L., Gómez, J. 2012. Moth species captured with the sex pheromone of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) in avocado plantations of southern Mexico. *Florida Entomologist*, 95: 1111–1116. <https://doi.org/10.1653/024.095.0440>
- Cervantes, L. P., 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 & van der Werff) in Guyana. *Journal of Natural History*, 33: 531–542. <https://doi.org/10.1080/002229399300236>
- Davies, T. M., Hazelton, M. L., Marshall, J. C. 2011. sparr : Analyzing Spatial Relative Risk Using Fixed and Adaptive Kernel Density Estimation in R. *Journal of Statistical Software*, 39: 1–14.
- FAO. 2006. Glosario de términos fitosanitarios (23 p). Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. Fecha de consulta: 09 de octubre de 2020. https://www.ippc.int/largefiles/adopted_ISPMs_previousversions/es/ISPM_05_2006_Es_2006-08-18.pdf
- FAO. 2017. Análisis de riesgo de plaga para plagas cuarentenarias. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. 62 p. En línea: <http://www.fao.org/3/a-j1302s.pdf>
- FAO. 2019. FAOSTAT. Dirección de Estadística. Fecha de consulta: 09 de octubre de 2020. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Guichard, S., Kriticos, D. J., Leriche, A., Worner, S. P., Kean, J. M., Suckling, D. M. 2010. Evidence of active or passive downwind dispersal in mark-release-recapture of moths. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 134: 160–169. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2009.00950.x>

- Hernández-Landa, L., Lopez-Collado, J., González-Hernández, H., Vargas-Mendoza, M., Osorio-Acosta, F., Nava-Tablada, M. E. 2018. Fluctuation and synchronization of adults catches of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in urban backyards and commercial citrus plantations. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 21: 745–753. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2018.05.005>
- Hoddle, M. S., Hoddle, C. D. 2008a. Aspects of the field ecology of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) infesting hass avocados in Guatemala. *Florida Entomologist*, 91: 693–694. <https://doi.org/10.1653/0015-4040-91.4.693>
- Hoddle, M. S., Hoddle, C. D. 2008b. Bioecology of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) and associated larval parasitoids reared from hass avocados in Guatemala. *Journal of Economic Entomology*, 101: 692–698. [https://doi.org/10.1603/0022-0493\(2008\)101\[692:BOSCLE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2008)101[692:BOSCLE]2.0.CO;2)
- Hoddle, M. S., Millar, J. G., Hoddle, C. D., Yunfan, Z., McElfresh, S. J. 2009. Synthesis and Field Evaluation of the Sex Pheromone of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae). *Journal of Economic Entomology*, 102:1460–1467. <https://doi.org/10.1603/029.102.0409>
- 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. *Bulletin of Entomological Research*, 101: 145–152. <https://doi.org/10.1017/S0007485310000301>
- Hoddle, M. S., Hoddle, C. D. 2012. Surveys for *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) and associated parasitoids infesting avocados in Perú. *Journal of Economic Entomology*, 105: 402–409. <https://doi.org/10.1603/EC11414>
- Hohmann, C. L., Meneguim, A. M. 2005. A Broca-do-Abacate. *Informe da Pesquisa*, Vol. 147.
- Javier-López, L., Antonio-Luis, M. C., Palacios-Torres, R. E., Hernández, H. H., Díaz-Félix, G., Yam-Tzec, J. A., Ramírez-Seañez, A. R., Marina, J. A. C. 2019. Nuevo registro de *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) en la cuenca del Papaloapan. *Entomología Mexicana*, 6: 314–317.
- Johnson, C. A., Coutinho, R. M., Berlin, E., Dolphin, K. E., Heyer, J., Kim, B., Leung, A., Sabellon, J. L., Amarasekare, P. 2016. Effects of temperature and resource variation on insect population dynamics: the bordered plant bug as a case study. *Functional Ecology*, 30: 1122–1131. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12583.Effects>
- Khaliq, A., Javed, M., Sohail, M., Sagheer, M., 2014. Environmental effects on insects and their population dynamics. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 1:1–7.
- 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 Letters*, 49: 4820–4823. <https://doi.org/10.1016/j.tetlet.2008.06.019>
- Nava, D. E., Haddad L. M., Parra, P. J. R. 2005. Exigências térmicas, estimativa do número de gerações de *Stenoma catenifer* e comprovação do modelo em campo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40: 961–967. <https://doi.org/10.1590/s0100->

- Nava, D. E., Parra, J. R. P. 2005. Biología de *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) em dieta natural e artificial e estabelecimento de um sistema de criação. *Neotropical Entomology*, 34: 751–759. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000500006>
- Nava, D. E., Parra, J. R. P., Bento, J. M. S., Diez-Rodriguez, G. I., Haddad, M. L. 2006. Distribuição vertical, danos e controle cultural de *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) em pomar de abacate. *Neotropical Entomology*, 35: 516–522. <https://doi.org/10.1590/s1519-566x2006000400015>
- Núñez, E. 2008. Plagas de paltos y cítricos en Perú. En R. Ripa & P. Larral (Eds.), *Manejo de Plagas en Paltos y Cítricos* (pp. 324–364). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerios de Agricultura.
- Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias (NIMF) No. 08. 2006. Determinación de la situación de una plaga en un área (1998). Edición 2005. Secretaría de la Convención Internacional de Protección fitosanitaria. FAO-IPPC. Consultado en línea: https://viejaweb.senasa.gov.ar/Archivos/File/File429-nimf_8.pdf. Fecha de consulta: 29 de octubre de 2020.
- Núñez, E. 2008. Plagas de paltos y cítricos en Perú. En R. Ripa & P. Larral (Eds.), *Manejo de Plagas en Paltos y Cítricos* (pp. 324–364). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerios de Agricultura.
- Osborne, J.L., Loxdale, H.D. 2002. Monitoring insect dispersal: methods and approaches. En: Bullock, J.M., Kenward, R.E. and Hails, R.S (Ed.). *Ecología de dispersión* (24–49 p). Oxford, Inglaterra. Editorial Blackwell Publishing.
- Palacios T., R. E., Ramírez del Angel, M., Uribe-Gonzalez, E., Granados-Escamilla, D., Romero-Castañeda, J. , & Valdez-Carrasco, J. 2011. Avocado seed moth, *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) in Queretaro, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)*, 27: 501–504. <https://doi.org/10.21829/azm.2011.272769>
- Pérez-de la Cruz, M., Equihua-Martínez, A., Romero-Nápoles, J., Sánchez-Soto, S., García-López, E. 2009. Diversidad, fluctuación poblacional y plantas huésped de escolitinos (Coleoptera: Curculionidae) asociados con el agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80: 779–791.
- Price, P. W., Denno, R. F., Eubanks, M. D., Finke, D. L., Kaplan, I. 2012. Behavioral ecology. In P. W. Price, R. F. Denno, M. D. Eubanks, D. L. Finke, I. Kaplan (Eds.). *Insect Ecology: Behavior, Populations and Communities* (pp. 404–440). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2012.01294.x>
- R Core Team. 2015. R: The R Project for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Romero C., J. E. 2014. Fluctuación poblacional de la palomilla barrenadora de la semilla del aguacate, *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera:Elachistidae) utilizando trampas de feromonas en los estados de Colima y Jalisco, México [Colegio de Postgraduados]. En Colegio de Postgraduados. http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/256/Sanchez_Borja_M_DC_Fitosanidad_2010.pdf?sequence=1

- SAGARPA. 2005. NOM-066-FITO-2002 | Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria | Gobierno | gov.mx. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/nom-066-fito-2002>
- Sanders, C.J. 1983. Local dispersal of male spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) moths determined by mark, release, and recapture. *The Canadian Entomologist*, 115:1065-1070.
- SENASICA-DGSV. 2016. Palomilla barrenadora del aguacate *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria- Dirección General de Sanidad Vegetal- Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria-Grupo Especialista Fitosanitario. Ficha Técnica. Tecámac, México. 16 p.
- SIAP. (2019). Panorama Agroalimentario 2019. En SIAP (214 p). <https://www.gob.mx/siap>. Fecha de consulta: 29 de octubre de 2020.
- SIAP. 2020. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. En línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Fecha de consulta: 29 de octubre de 2020.
- Vargas, R., Rodríguez, S. 2008. Manejo de plagas en paltos y cítricos. En Renato Ripa & P. Larral (Eds.). Manejo de Plagas en Paltos y Cítricos (INIA, Vol. 23, pp. 99–103). Instituto de Investigaciones Agropecuarias Ministerio de Agricultura. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Vázquez, M. A., Cruz-López, L., Gómez, J., Castillo, A. 2017. Annual capture of two Elachistidae moth species using *Stenoma catenifer* sex pheromone in criollo avocado (*Persea americana*) at Chiapas, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 42: 91–101. <https://doi.org/10.3958/059.042.0106>
- Wilson, P. D. 2011. Distance-based methods for the analysis of maps produced by species distribution models. *Methods in Ecology and Evolution*, 2: 623–633. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00115.x>
- Winkler, A., Jung, J., Kleinhenz, B., Racca, P. 2020. A review on temperature and humidity effects on *Drosophila suzukii* population dynamics. *Agricultural and Forest Entomology*, 22: 1–14. <https://doi.org/10.1111/afe.12381>
- Wolfenbarger, O., Colburn, B. 1979. The *Stenoma catenifer*, a serious avocado pest. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 92: 275.
- Zulfiqar, M., Sabri, M., Raza, M., Hamza, A., Hayat, A., Khan, A. 2010. Effect of temperature and relative humidity on the population dynamics on some insect pests of maize. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 8: 16–18. <https://doi.org/10.3329/jujbs.v8i1.42471>

CAPÍTULO 4. ENEMIGOS NATURALES DE *Stenoma catenifer* WALSINGHAM (LEPIDOPTERA: ELACHISTIDAE) EN HUERTOS DE AGUACATE HASS EN COLIMA

4.1. RESUMEN

Durante tres meses, de junio a septiembre de 2018 se colectaron frutos en huertos de aguacate Hass comerciales en el estado de Colima, con síntomas de daño por *S. catenifer*, con el objeto de obtener y determinar los parasitoides asociados a esta plaga. Durante este periodo se realizaron visitas a huertos de aguacate Hass, donde en total se colectaron 1,253 frutos, de varios tamaños con daños de *S. catenifer*. Los frutos infestados con larvas de *S. catenifer* fueron colocados en cajas plásticas con ventilación, para esperar la emergencia de parasitoides. Además, las larvas de *S. catenifer* se conservaron individualmente en frascos de plástico, para determinar el porcentaje de parasitismo. Los adultos parasitoides emergidos de las muestras se colocaron en alcohol etílico 70% y se hicieron montajes en alfileres para su posterior identificación. Los enemigos naturales obtenidos fueron los parasitoides *Dolichogenidea* sp., que se describe como una nueva especie e *Hypomicrogaster rugosus* (Hymenoptera: Braconidae), que emergieron de larvas de *S. catenifer* y el hiperparasitoide *Perilampus fulvicornis* (Hymenoptera: Perilampidae) que emergió del parasitoide *Dolichogenidea* sp. En las colectas de frutos de aguacate Hass, el parasitoide predominante fue *Dolichogenidea* sp., especie gregaria, que representó el 94.9 % de larvas parasitadas. Se observó que las larvas de *Dolichogenidea* sp., emergen al final del desarrollo larval de *S. catenifer* y construyen un capullo para pupar fuera de su huésped. El parasitoide tarda en promedio 8 días desde que hace el capullo para pupar hasta la emergencia del adulto. El parasitoide *Hypomicrogaster rugosus* se presentó de forma solitaria y representó el 6.8 % de parasitismo; mientras que, el hiperparasitoide *P. fulvicornis* fue encontrado en el 58.3 % de las pupas de *Dolichogenidea* sp.

Palabras clave: Palomilla barrenadora de la semilla del aguacate, control biológico, *Persea americana*, parasitoides, Braconidae

4.2. ABSTRACT

For three months, from June to September 2018 Hass avocado fruits were collected in commercial orchards in Colima State, with symptoms of damage by *S. catenifer*, to obtain and to identify parasitoids associated with this avocado pest. During this period, visits were made to Hass avocado orchards, where a total of 1,253 variable-sized fruits were collected, with damage from *S. catenifer*. The fruits infested with *S. catenifer* larvae were placed in plastic boxes with ventilation, to wait for the emergency of parasitoids. Besides, *S. catenifer* larvae were individually stored in plastic bottles to determine the percentage of parasitism. Parasitoid adults emerging from samples were placed in 70% ethyl alcohol and latter pinned for further identification. The natural enemies obtained were the parasitoids *Dolichogenidea* sp. (to be described as a new species) and *Hypomicrogaster rugosus* (Hymenoptera: Braconidae), which emerged from *S. catenifer* larvae and the hyperparasitoid *Perilampus fulvicornis* (Hymenoptera: Perilampidae) which emerged from the parasitoid *Dolichogenidea* sp. In the collections of Hass avocados, the predominant parasitoid was *Dolichogenidea* sp., a gregarious species, representing 94.9 % parasitic larvae. It was observed that the larvae of *Dolichogenidea* sp., emerge at the end of the larval development of *S. catenifer* and build a cocoon to pupate outside its host. Parasitoid takes on average 8 days from making the cocoons to until the adult's emergency. The parasitoid *Hypomicrogaster rugosus* was detected parasitizing in a solitarily manner and accounted for 6.8% parasitism; while the hyperparasitoid *P. fulvicornis* was found in 58.3% of *Dolichogenidea* sp., pupae.

Key words: Avocado seed moth, biological control, *Persea americana*, parasitoids, Braconidae.

4.3. INTRODUCCIÓN

Stenoma catenifer (Lepidoptera: Elachistidae) es una plaga que ataca a los frutos de aguacate causando daños en las regiones tropicales y subtropicales de México. Las hembras de esta palomilla ovipositan sobre en ramas y frutos de diferentes tamaños. Las larvas del primer estadio perforan la epidermis del fruto, penetran a través de la pulpa y se dirigen hacia la semilla, donde pasan todo el estado larval. En total, la larva permanece alrededor de 20 días dentro del fruto, para después salir al suelo en donde pupan. La infestación de esta palomilla barrenadora se detecta por la presencia de manchas blancas de apariencia blanco-caliza y por los desechos alimenticios expulsados a través del orificio donde penetró al fruto. Generalmente se presenta una larva por fruto, pero cuando el ataque es severo, se pueden encontrar varias larvas en por fruto. Si el fruto es muy pequeño, la larva destruye completamente la semilla (Acevedo *et al.*, 1972; Boscán de Martínez y Godoy, 1982).

La magnitud de los daños que causa en la semilla y en la pulpa de los frutos, plantea la necesidad de conocer mejor su biología, ecología y respuesta a diversas medidas de manejo. No obstante la gran importancia atribuida a este insecto, debido a los daños que causa a la economía de los productores, los esfuerzos hasta ahora dedicados a su conocimiento han sido insuficientes para la formulación de programas satisfactorios de manejo (Acevedo *et al.*, 1972). Conociendo los enemigos naturales de una plaga, puede planificarse cualquier otra medida de control complementaria que no perjudique al control natural y puede estudiarse la posibilidad de la cría masiva de ciertos enemigos naturales para realizar un control biológico por aumento, lo cual ha dado buenos resultados contra un buen número de especies plaga (Boscán de Martínez y Godoy, 1982).

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue conocer los enemigos naturales asociados a *S.catenifer* en huertos de aguacate Hass en el estado de Colima.

4.4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.4.1. Área de estudio

La colecta de frutos se realizó del 07 de junio al 04 de septiembre de 2018 en las huertas comerciales de aguacate Hass de siete localidades del estado de Colima (Cuadro 4.1). Se planifico un cronograma quincenal de colectas en campo y trabajo de laboratorio, en el cual se hacían observaciones diarias para la recuperación de adultos y parasitoides. Los especímenes fueron conservados en alcohol para su posterior montaje e identificación. (Arrellano, 1998; Boscán de Martínez y Godoy, 1982)

4.4.2. Colecta de frutos

Cada quince días, se seleccionaban árboles al azar en las parcelas seleccionadas, se inspeccionaban los frutos para ver si presentaban daños por *S. catenifer*, los frutos dañados se cortaban y se llevaban al laboratorio para esperar la emergencia de los parasitoides. De los huertos, también se recolecto cualquier fruto que se encontrara en el suelo y presentara daños (Hoddle y Hoddle, 2008a).

Cuadro 0.3. Lugares de colecta de frutos en el estado de Colima.

Municipio	Predio	Ubicación	Altitud (m.s.n.m.)	Superficie (has)	Edad árboles (años)
Comala	La Barragana	19°19'23.73" N 103°43'12.89" O	1340	3.5	10
	El Ocotillo	19°25'05.71" N 103°44'47.68" O	1145	3.6	13
	Piedra Rajada	19°25'04.60" N 103°26'52.71" O	1199	7.1	48
	Las Nubes	19°25'0.41" N 103°42'23.33" O	1337	7.92	49
Villa de Álvarez	Las Calabazas	19°23' 43.65" N 103°40' 23.38" O	1329	0.7	8
Cuauhtémoc	El Añil	19°20' 12.82" N 103°39' 24.90" O	905	1.4	15

4.4.3. Cría de larvas de *Stenoma catenifer* y parasitoides asociados

Los frutos colectados en campo se llevaron al laboratorio del Centro Nacional de Referencia de Control Biológico (SENASICA, SADER), en Tecomán, Colima, se dejaban de 10 a 14 días en las jaulas (30 x 20 x 10 cm) de cría ventiladas. La cría estuvo bajo luz natural y a temperatura de 25°C y humedad relativa 70%. Los frutos fueron inspeccionados diariamente hasta la salida de las semillas de aguacate de larvas de *S. catenifer* del quinto instar que buscaban sitio para pupar. Estas larvas se conservaban individualmente en frascos de plástico de 250 mL de capacidad con tapas ventiladas, a los cuales se les agregaba aserrín para darle un sustrato para pupar. Después de 10-14 días, si no emergían larvas del quinto instar de *S. catenifer*, los frutos se abrían y se examinaba la semilla y la pulpa para buscar larvas de los primeros instares (Hoddle y Hoddle, 2008a, 2008c), estas larvas inmaduras se pasaban a semillas de aguacate sanas usando un taladro para perforar un orificio de 1.5 cm de diámetro (Hoddle y Hoddle, 2008a), donde se introducía una larva. Estos frutos se revisaban diariamente hasta determinar si la larva se desarrollaba, moría por parasitismo o por causas desconocidas. De todo el material de semillas infestadas por larvas de *S. catenifer*, se registraba el número de larvas parasitadas (Hoddle y Hoddle, 2012). De los parasitoides se obtuvieron los siguientes datos: número de pupas unidas por larva de *S. catenifer* y el número de parasitoides emergidos de las pupas.

4.4.4. Identificación de los parasitoides

Los adultos de los parasitoides obtenidos se conservaron en alcohol etílico al 70 %, posteriormente se montaban en “triángulos” de papel opalina y alfileres entomológicos del #1. La identificación de este material a nivel género se realizó con las claves dicotómicas especializadas de Blanchard (1947) y Whitfield (1997), así como con las claves de Valerio y Whitfield (2015), Crawford (1914) y de Smulyan (1936). La

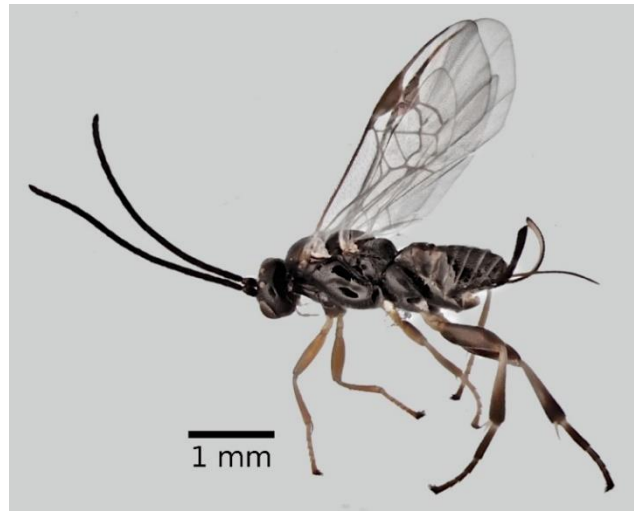
identificación de los especímenes fue realizada a género por la autora de la tesis y corroborados a nivel de especie por los especialistas en la familia Braconidae, Dra. Juana María Coronado Blanco y por el Dr. José L. Fernández Triana. El material identificado quedó depositado en el Museo en Cd. Victoria, Tamaulipas, y en la Colección de Insectos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México.

4.5. RESULTADOS

De todo el material de frutos de aguacate Hass colectados, se obtuvo un total de 750 larvas de *S. catenifer*, de éstas, 299 larvas se convirtieron en adultos, 129 larvas no emergieron por diversas causas y 322 resultaron parasitadas. De las larvas parasitadas de *S. catenifer* colectadas en frutos de aguacate Hass en Colima, emergieron individuos de dos especies de himenópteros parasitoides de la familia Braconidae (Microgastrinae). El parasitoide de larvas dominante, fue *Dolichogenidea* sp., el cual está en proceso de descripción por tratarse de una nueva especie para la ciencia (Figura 4.1 A y B). Este parasitoide es un insecto gregario, que representó el 94.9 % de los parasitoides encontrados. El número promedio de cocones de *Dolichogenidea* sp., por larva de *S. catenifer* fue 10.28 (n= 300), con un rango de 2 a 23 pupas por larva. De los adultos emergidos de *Dolichogenidea* sp., 55% fueron hembras y 45% machos. Otro parasitoide detectado fue *Hypomicrogaster rugosus* (Figura 4.2) (Braconidae:Microgastrinae), especie de parasitoide solitario que emergió de larvas de *S. catenifer* y que fue encontrado en un 6.8% de las larvas parasitadas. Además se detectó a el hiperparasitoide *Perilampus fulvicornis* (Hymenoptera:Perilampidae) (Figura 4.3) que emergió de las pupas de *Dolichogenidea* sp., y la emergencia registrada fue del 58.3% de las pupas de *Dolichogenidea* sp.



A)



B)

Figura 0.6. Parasitoide gregario *Dolichogenidea* sp., A) macho y B) hembra obtenidos de larva de *S. catenifer*.

La muerte de *S. catenifer* por causas desconocidas en los estadios larvarios y pupal fue del 17 y 2%, respectivamente. Adicionalmente se observó que las larvas del parasitoide *Dolichogenidea* sp., emergen al final del desarrollo larval de *S. catenifer* y construyen un capullo para pupar afuera de la larva, el rango de pupas por larva huésped fue de 25 a 2 pupas por larva. De las 3118 pupas examinadas el 52 % emergieron con éxito.

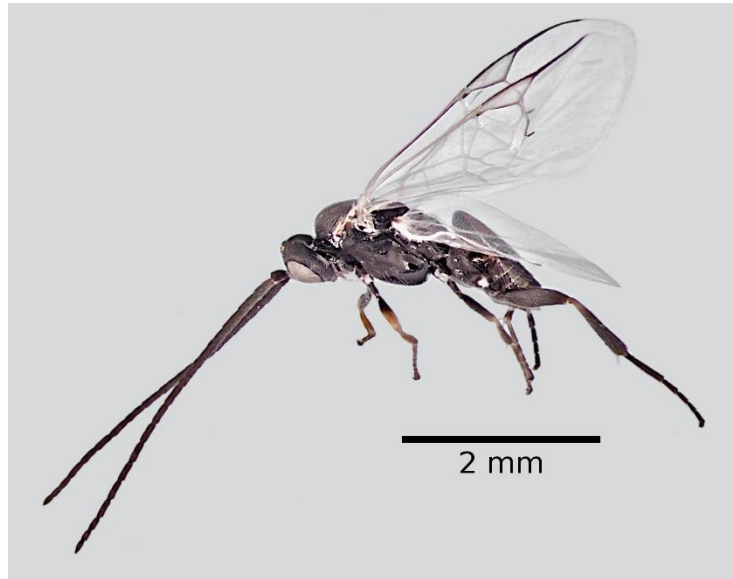


Figura 0.7. Macho del parasitoide solitario *Hypomicrogaster rugosus*.

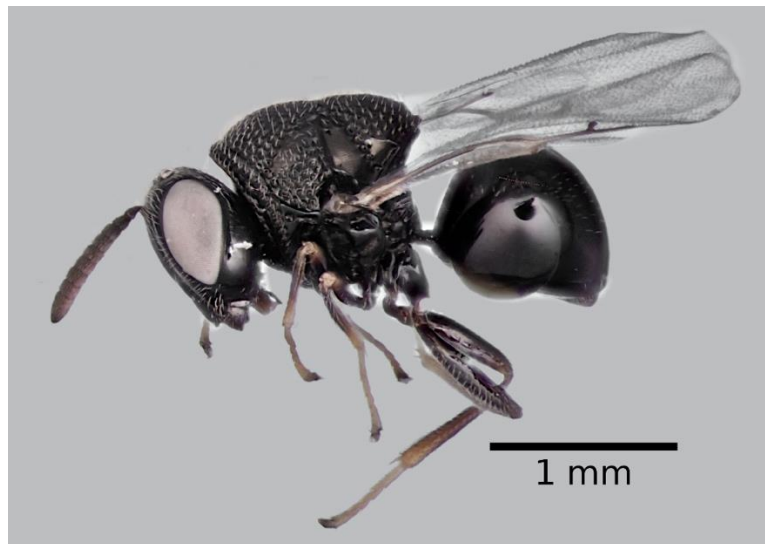


Figura 0.8. Hiperparasitoide adulto *Perilampus fulvicornis* obtenido de pupas de *Dolichogenidea* sp.

4.6. DISCUSIÓN

En este estudio se detectaron dos especies de parasitoides primarios, uno fue *Dolichogenidea* sp., que es una nueva especie en proceso de descripción y que fue el más abundante sobre larvas de *S. catenifer*. El único reporte de este insecto es el que hizo Nava *et al.*, (2005) en Brasil, que también la registró como el género más abundante, con un porcentaje de parasitismo entre el 30 a 40 %. El otro parasitoide fue *Hypomicrogaster rugosus*, el cual se ha reportado el mismo género en Perú y Brasil, como *Hypomicrogaster* sp. (Hoddle *et al.*, 2012 y Nava *et al.*, 2005). Por otro lado, el hiperparasitoide *Perilampus fulvivornis* que se obtuvo a partir de pupas de *Dolichogenidea* sp., se ha reportado en Guatemala, como el género *Perilampus* sp. (Hymenoptera: Perilampidae) obtenido a partir del 0.7 % de las pupas de *Apanteles* sp. (Hoddle y Hoddle, 2008a).

En diferentes países de América se han reportado a varias especies de enemigos naturales de *S. catenifer* entre los que se encuentran el parasitoide *Apanteles* sp. (Hymenoptera: Braconidae: Microgasterinae), el cual se ha reportado en Brasil, Guatemala, Perú, Venezuela. El parasitismo fluctúa entre el 53 y 81 %, además de representar el parasitoide dominante hasta en un 99 %, con proporción sexual de 47 a 64 % de hembras y con una media de cocones por hospedante de 7.51 ± 0.28 (rango de 1 a 26). También se ha observado que el número medio de cocones producidos por *Apanteles* sp., por huésped y los porcentajes de parasitismo no son afectados por el número de larvas que se encuentran en las semillas (Arrellano, 1998; Boscán de Martínez & Godoy, 1982; Hoddle & Hoddle, 2008a, 2008b, 2008c, 2012; Nava *et al.*, 2005)

Otros parasitoides que se reportan atacando a larvas de *S. catenifer* son himenópteros de la familia Braconidae como *Chelonus* sp., *Macrocentrus* sp. y especies de Ichneumonidae como *Pristeromerus* sp., *Xiphosomella* sp., *Brachycyrtus* sp. y *Eudeleboea* sp., y el tachinido (*Chrysodoria* sp.) que emerge de pupas. Otras especies que se han encontrado parasitando a larvas de *S. catenifer* pertenecen a especies de la sub

familia Eucilinae (Arrellano, 1998; Cervantes *et al.*, 1999; Hoddle y Hoddle, 2008a, 2008b, 2008c, 2012; Hohmann *et al.*, 2001; Hohmann *et al.*, 2003; Nava *et al.*, 2005; Nava *et al.*, 2007).

En campo se también se han encontraron como parasitoides de huevos de *S. catenifer* a *Trichogramma pretiosum*, *T. bruni*, *Trichogrammatoidea annulata*. A nivel de laboratorio y semi-campo se ha evaluado a *T. atopovirilia* y *T. annulata*, con resultados alentadores para usarlos en programas de control biológico por aumento (Hohmann *et al.*, 2001; Hohmann *et al.*, 2003; Nava *et al.*, 2007). En Colombia se ha detectado a *Trichogramma* sp., en huevos de *S. catenifer* en fincas ubicadas en el departamento del Valle del Cauca (Manrique *et al.*, 2014).

Finalmente, el presente estudio documenta que en huertos comerciales de aguacate Hass en México hay especies de parasitoides relacionadas con *S. catenifer*, pero que hace falta desarrollar más estudios acerca de estos enemigos naturales que puedan ser considerados en programas de control biológico contra esta plaga.

4.7. CONCLUSIONES

- Los enemigos naturales obtenidos fueron los parasitoides *Dolichogenidea* sp. que se describe como una nueva especie e *Hypomicrogaster rugosus* de la familia Braconidae.
- Se recuperó un hiperparasitoides de las pupas de *Dolichogenidea* sp., el insecto perteneciente a la familia Perilampidae (*Perilampus fulvicornis*).

4.8. LITERATURA CITADA

- Acevedo, E. J., Vázquez, J. T. G., Sosa, C. M. 1972. Estudios sobre el barrenador del hueso y pulpa del aguacate *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Stenomidae). Agrociencia 9: 17–24.
- Andaló, V., de Alvarenga, C. B., Zampiroli, R., de Faria, L. S., Carvalho, F. J., Naves, N. 2019. Control potential of *Heterorhabditis amazonensis* (Rhabditida:

- Heterorhabditidae) in avocado borer, *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae). Revista Ceres, 66: 124–131. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201966020007>
- Arrellano, G. C. 1998. El “barrenador del fruto del palto” *Stenoma catenifer* Walsh y su control natural en Chanchamayo y Satipo. Revista de La Asociación Peruana de Ecología (Lima), 1: 55–58.
- Blanchard, E.E.1947. Descripciones y anotaciones de Microgastrinos Argentinos (Hymenoptera). Arthropoda (Buenos Aires), 1: 6-22.
- Boscán de Martínez, N., Godoy, F. 1982. *Apanteles* sp (Hymenoptera: Braconidae) parasito del taladrador del fruto del aguacate *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Stenomidae) en Venezuela. Agronomía Tropical, 32: 1–6.
- Cervantes, L. P., 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 & van der Werff) in Guyana. Journal of Natural History, 33: 531–542. <https://doi.org/10.1080/002229399300236>
- Crawford, J.C. 1914. The species of Perilampidae of America North of Mexico. Proceedings of the Entomological Society of Washington. 16: 69-76.
- Hoddle, M. S., Hoddle, C. D. 2008a. Aspects of the field ecology of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) infesting hass avocados in Guatemala. Florida Entomologist, 91: 693–694. <https://doi.org/10.1653/0015-4040-91.4.693>
- Hoddle, M. S., Hoddle, C. D. 2008b. Bioecology of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) and associated larval parasitoids reared from hass avocados in Guatemala. Journal of Economic Entomology, 101: 692–698. [https://doi.org/10.1603/0022-0493\(2008\)101\[692:BOSCLE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2008)101[692:BOSCLE]2.0.CO;2)
- Hoddle, M. S., Hoddle, C. D. 2008c. Lepidoptera and associated parasitoids attacking hass and non-hass avocados in Guatemala. Journal of Economic Entomology, 101: 1310–1316. [10.1603/0022-0493\(2008\)101\[1310:laapah\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2008)101[1310:laapah]2.0.co;2)
- Hoddle, M. S., Hoddle, C. D. 2012. Surveys for *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) and Associated Parasitoids Infesting Avocados in Perú. Journal of Economic Entomology, 105: 402–409. <https://doi.org/10.1603/EC11414>
- Hohmann, C. L., Meneguim, A. M., Maceda, A. 2001. Parasitismo de *Stenoma catenifer* (Lep.: Oecophoridae) por tricogramatídeos (Hym.: Trichogrammatidae) na região norte do estado do Paraná, Brasil. Anais Da Sociedade Entomológica Do Brasil, 417–419.
- Hohmann, Celso L., Meneguim, A. M., Andrade, E. A., De Novaes, T. G., Zandoná, C. 2003. The avocado fruit borer, *Stenoma catenifer* (wals.) (Lepidoptera: elachistidae): egg and damage distribution and parasitism. Revista Brasileira de Fruticultura, 25: 432–435. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452003000300018>
- Manrique, B. B. M., Carabalí, A., Kondo, T., Bacca, T. 2014. Biología del pasador del fruto del Aguacate *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) y búsqueda de sus posibles enemigos naturales. Boletín Científico Del Centro de Museos, 18:79–92.
- Nava, D. E., Parra, J. R. P., Costa, V. A., Guerra, T. M., Cônsoli, F. L. 2005. Population dynamics of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) and related larval

- parasitoids in Minas Gerais, Brazil. *Florida Entomologist*, 88: 441–446.
[https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2005\)88\[441:PDOSCL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2005)88[441:PDOSCL]2.0.CO;2)
- Nava, D. E., Takahashi, K. M., Parra, J. R. P. 2007. Linhagens de *Trichogramma* e *Trichogrammatoidea* para controle de *Stenoma catenifer*. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 42: 9–16.
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci%7B_%7Darttext%7B%7Dpid=S0100204X2007000100002%7B%7Dnrm=iso%0Ahttp://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2007000100002&nrm=iso
- Smulyan, M.T. 1936. A revisión of the chalcid flies of the genus *Perilampus* Latreille occurring in America north of Mexico. *Proceedings of the United States National Museum*, 83: 369-411.
- Valerio, A.A. Whitfield, J.B. 2015. Taxonomic review of the genus *Hypomicrogaster* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae: Microgastrinae), with descriptions of 40 new species. *Zootaxa*, 3979: 1-98.
- Whitfield, J.B. 1997. Subfamily Microgastrinae: 333-364. In: Wharton, R. A., P. M. Marsh & M. J. Sharkey (ed.). *Manual of the New World Genera of the family Braconidae (Hymenoptera)*. Special Publication of the International Society of Hymenopterists 1: 1–439.

CONCLUSIONES GENERALES

- La mayor captura de palomillas de *S. catenifer* se obtuvo en el huerto Piedra Rajada, con un total de 1,004 adultos machos; le siguió el huerto Rancho Alto, con 769 machos; después en el huerto Agosto con 276 machos, y en el huerto La Calma con 272 machos. En la huerta Piedra Rajada, en todos los experimentos se detectó un alto porcentaje de infestación en fruta, debido a que el productor no sigue las recomendaciones de la campaña de recoger y eliminar la fruta caída, en la cual se presenta un alto porcentaje de infestación por *S. catenifer*.
- Para monitorear o detectar adecuadamente a la palomilla barrenadora de la semilla del aguacate se sugiere utilizar 1 trampa/ ha.
- Las combinaciones de humedad relativa y temperatura delinearon una zona de confort para la presencia de este insecto y se generó un índice de riesgo relativo para determinar las zonas bioclimáticas de mayor riesgo. Lo anterior significa que temperaturas mayores de 15.8 °C y humedad relativa mayor de 60 %, favorecen las posibilidades de infestación de *S. catenifer*.
- La recaptura del 21 % de las palomillas macho de *S. catenifer* marcadas y liberadas, es un valor aceptable en estudios de marcaje-liberación-recaptura y poder estimar, de forma confiable, el potencial de dispersión de especies de palomillas, en este caso de *S. catenifer*.
- La distancia de desplazamiento de los machos de *S. catenifer* marcados y liberados en las tres parcelas experimentales fue de 85 a 100 m, a las 48 y 120 h después de la liberación.
- Los enemigos naturales obtenidos fueron los parasitoides *Dolichogenidea* sp., la cual está en proceso de descripción como una nueva especie e *Hypomicrogaster*

rugosus (Hymenoptera: Braconidae); adicionalmente, se recuperó al hiperparasitoide *Perilampus fulvicornis* (Hymenoptera: Perilampidae) de las pupas de *Dolichogenidea* sp.