



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE FITOSANIDAD**

**ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA**

## **SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ASOCIADOS A TRAMPAS EN HUERTOS DE AGUACATE EN COATEPEC HARINAS, ESTADO DE MÉXICO**

**BRUNO LAUREANO AHUELICÁN**

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

**DOCTOR EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO**

**2022**



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesis titulada **Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) asociados a trampas en huertos de aguacate en Coatepec Harinas, Estado de México**, realizada por el estudiante: **Bruno Laureano Ahuelicán**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS  
FITOSANIDAD  
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

DR. ARMANDO EQUIHUA MARTÍNEZ

ASESOR

DR. JESÚS ROMERO NÁPOLES

ASESOR

DR. HÉCTOR GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

ASESOR

DR. JOSÉ ABEL LOPEZ BUENFIL

ASESOR

DR. CLEMENTE DE JESÚS GARCÍA ÁVILA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, noviembre de 2022

# SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ASOCIADOS A TRAMPAS EN HUERTOS DE AGUACATE EN COATEPEC HARINAS, ESTADO DE MÉXICO.

Bruno Laureano Ahuelicán, D.C.  
Colegio de Postgraduados, 2022

## RESUMEN

Los escolítinos presentan una amplia distribución y su principal función es contribuir al equilibrio de ecosistemas naturales, recientemente algunas especies han tomado relevancia como plagas en agroecosistemas. En el Estado de México no hay estudios de escolítinos asociados al cultivo de aguacate Hass, considerando esta información se desarrolló esta investigación en Coatepec Harinas, con el objetivo de conocer la riqueza, diversidad, dinámica poblacional, determinación de especies con potencial de transmitir hongos fitopatógenos y evaluar la atracción de alfa-copaeno, querciverol, alfa-copaeno+querciverol y etanol en escolítinos nativos. En la evaluación de atrayentes se usó un diseño de bloques completos al azar generalizado. La revisión se realizó mensualmente de agosto 2018 a julio 2020. Se recolectaron 1,714 escolítinos de 22 géneros y 49 especies, de las cuales 27 son registros nuevos para el Estado de México. De acuerdo a los índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ), Margalef ( $DMg$ ) y de Pielou ( $J'$ ), la mayor diversidad se registró en Meyuca de Morelos con  $H'=2.075$ ,  $DMg=5.014$  y  $J'=0.5836$ , respectivamente. Los géneros *Xyleborus*, *Monarthrum*, *Corthylus* y *Gnathotrichus* registraron la mayor riqueza específica, en tanto que la abundancia más alta correspondió a *Corthylus flagellifer*, *Corthylus luridus*, *Corthylus detrimentosus*, *Xyleborus volvulus*, *Araptus schwarzi* y *Phloeocleptus cristatus*. La abundancia y riqueza de escolítinos registraron una alta correlación positiva a la temperatura media y humedad relativa; la fluctuación poblacional de especies con hábitos ambrosiales registraron alta correlación al incremento de humedad relativa y precipitación. La prueba de regresión binomial negativa registró al etanol y la combinación de alfa-copaeno+querciverol con el mejor efecto de atracción en escolítinos de hábitos ambrosiales; las especies *C. flagellifer* y *C. luridus*, respondieron de manera significativa al etanol. Los resultados demuestran que el etanol y alfa-copaeno+querciverol pueden ser utilizados en el monitoreo de especies ambrosiales nativas para determinar de forma oportuna su presencia en huertos de aguacate.

**Palabras clave:** Aguacate, Scolytinae, Escarabajos ambrosiales, Etanol, Diversidad de especies.

# SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ASSOCIATED WITH TRAPS IN AVOCADO ORCHARDS IN COATEPEC HARINAS, STATE OF MEXICO

Bruno Laureano Ahuelicán, D.C.  
Colegio de Postgraduados, 2022

## ABSTRACT

Escolítinos have a wide distribution and their main function is to contribute to the balance of natural ecosystems, recently some species have become relevant as pests in agroecosystems. In the State of Mexico there are no studies of scolítinos associated with Hass avocado cultivation, considering this information, this research was developed in Coatepec Harinas, with the objective of knowing the richness, diversity, population dynamics, determination of species with the potential to transmit phytopathogenic fungi. and to evaluate the attraction of alpha-copaene, querciverol, alpha-copaene+querciverol and ethanol in native scolytins. In the evaluation of attractants, a generalized randomized complete block design was used. The review was carried out monthly from August 2018 to July 2020. Escolítinos 1,714 of 22 genera and 49 species were collected, of which 27 are new records for the State of Mexico. According to the Shannon-Wiener ( $H'$ ), Margalef ( $DMg$ ) and Pielou ( $J'$ ) indices, the greatest diversity was recorded in Meyuca de Morelos with  $H'=2.075$ ,  $DMg=5.014$  and  $J'=0.5836$ , respectively. The genera *Xyleborus*, *Monarthrum*, *Corthylus* and *Gnathotrichus* recorded the highest specific richness, while the highest abundance corresponded to *Corthylus flagellifer*, *Corthylus luridus*, *Corthylus detrimentosus*, *Xyleborus volvulus*, *Araptus schwarzi* and *Phloeocleptus cristatus*. The abundance and richness of bark beetles registered a high positive correlation with mean temperature and relative humidity; the population fluctuation of species with ambrosial habits registered a high correlation with the increase in relative humidity and precipitation. The negative binomial regression test registered ethanol and the combination of alpha-copaene+querciverol with the best attraction effect in bark beetles with ambrosial habits; *C. flagellifer* and *C. luridus* species responded significantly to ethanol. The results show that ethanol and alpha-copaene+querciverol can be used in the monitoring of native ambrosial species to determine their presence in avocado orchards in a timely manner.

**Key words:** Avocado, Scolytinae, Ambrosia Beetles, Ethanol, Diversity of species.

## **AGRADECIMIENTOS**

Muy agradecido con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico-financiero, sin el cual no hubiera sido posible la realización del posgrado.

Al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo; por brindarme la oportunidad y facilidades para realizar mis estudios; al capital docente por compartir conmigo su sabiduría, sus conocimientos, experiencias y por el aprendizaje que me ofrecieron incondicionalmente para mi formación como Doctor en Ciencias; al personal administrativo por el apoyo que me dieron en el tiempo que duraron mis estudios y hasta el último trámite.

Al postgrado de Fitosanidad - Entomología y Acarología, pilar para la formación de capital humano, profesores y personal administrativo que me brindaron herramientas básicas para contribuir a mejorar como persona y como especialista en fitosanidad.

A mi consejero, el Dr. Armando Equihua Martínez, por ser mi mentor y dirigir este trabajo, por compartir su sabiduría, conocimientos y experiencias, por su apoyo incondicional, tolerancia, paciencia y amistad, pero sobre todo por la confianza que me brindó para poder realizar y llevar hasta el final este proyecto de investigación.

A mis asesores, Dr. Jesús Romero Nápoles, Dr. Clemente de Jesús García Avila, Dr. Héctor González Hernández y Dr. José Abel López Buenfil, por sus acertadas aportaciones y observaciones, muy valiosas para lograr la conclusión de este trabajo.

A mis sinodales, Dr. Oscar Morales Galván y Dr. Dionicio Alvarado Rosales, por orientación y apoyo incondicional en esta última etapa de formación académica.

Al Dr. Javier Suárez Espinoza, por su orientación en el diseño experimental, al Dr. Humberto Soto Vaquera y al Dr. Lauro Soto Rojas por su guía en el análisis estadístico.

A los productores Serafín Popoca Guadarrama, Roberto Rubí Delgado y Jorge Espinoza Domínguez por el permiso otorgado para el acceso a los huertos en el desarrollo del presente estudio.

Al Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de México, en particular al Ing. Armando Díaz Saens e Ing. Obed Hernández por su incondicional apoyo en la intervención con los productores para el permiso del establecimiento del ensayo en campo.

A mis compañeros y amigos por la relación de amistad que logramos mantener, por las experiencias compartidas. En particular el Dr. Mauricio Pérez Silva y M. C. Cecilia Guadalupe Ruíz González, por su apoyo en el desarrollo de la presente investigación.

## DEDICATORIA

A mi padre † y a mi madre, Reyes y Elena, por traerme a este mundo, por su amor y apoyo a lo largo de mi existencia.

A mis hermanos y hermana, por todos los momentos maravillosos que hemos compartido cuando llegamos a coincidir físicamente y cuando lo hacemos de manera virtual.

A mi esposa Esther, por estar siempre a mi lado en las buenas y en las malas y por todo el amor y apoyo incondicional que siempre me ha brindado.

## CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| RESUMEN .....  | iii       |
| ABSTRACT .....   | iv        |
| AGRADECIMIENTOS .....  | v         |
| DEDICATORIA .....  | vii       |
| LISTAS DE CUADROS .....  | x         |
| LISTA DE FIGURAS .....   | xi        |
| INTRODUCCIÓN GENERAL .....   | 1         |
| <b>CAPÍTULO I. DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE EN HUERTOS DE AGUACATE EN<br/>EL ESTADO DE MÉXICO.....</b>                                   | <b>4</b>  |
| 1.1 RESUMEN .....  | 4         |
| 1.2 ABSTRACT .....   | 6         |
| 1.3 INTRODUCCIÓN .....   | 7         |
| 1.4 MATERIALES Y MÉTODOS .....   | 10        |
| 1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....   | 12        |
| 1.6 CONCLUSIONES .....   | 18        |
| <b>CAPÍTULO II. FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE SCOLYTINAE EN HUERTOS<br/>DE AGUACATE Y SU CORRELACIÓN CON VARIABLES CLIMÁTICAS .....</b> | <b>19</b> |
| 2.1 RESUMEN .....  | 19        |
| 2.2 ABSTRACT .....   | 21        |
| 2.3 INTRODUCCIÓN .....   | 23        |
| 2.4 MATERIALES Y MÉTODOS .....   | 26        |
| 2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....   | 28        |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.6 CONCLUSIONES .....   | 37        |
| <b>CAPÍTULO 3. ATRAYENTES QUÍMICOS EN UN SISTEMA DE TRAMPEO DE<br/>SCOLYTINAE EN HUERTOS DE AGUACATE .....</b> | <b>39</b> |
| 3.1 RESUMEN .....  | 39        |
| 3.2 ABSTRACT .....   | 41        |
| 3.3 INTRODUCCIÓN .....   | 42        |
| 3.4 MATERIALES Y MÉTODOS .....   | 46        |
| 5.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....   | 48        |
| 3.6 CONCLUSIONES .....   | 58        |
| <b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>  | <b>59</b> |
| <b>LITERATURA CITADA.....</b>  | <b>60</b> |

## LISTAS DE CUADROS

|   |    |
|---|----|
| Cuadro 1. Scolytinae colectados en trampas cebadas con atrayentes químicos en huertos de aguacate Hass en el Estado de México. ....   | 15 |
| Cuadro 2. Índices de diversidad, riqueza y equitatividad de Scolytinae colectados en trampas cebadas con atrayentes químicos en huertos de aguacate Hass en el Estado de México. .... | 17 |
| Cuadro 3. Coeficiente de correlación de Spearman ( $\rho$ ) de fluctuación poblacional de Scolytinae con la temperatura media, humedad relativa y precipitación. ....                 | 36 |
| Cuadro 4. Abundancia de especies de Scolytinae asociados a huertos de aguacate Hass. ....   | 49 |
| Cuadro 5. Resultados de la prueba de Regresión Binomial Negativa en el efecto de atracción de los tratamientos.....   | 57 |

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Ubicación geográfica de huertos de aguacate Hass: “Meyuca de Morelos”, “San Martín el Salto” y “Chiltepec de Hidalgo”, en Coatepec Harinas, Estado de México..... 10
- Figura 2. Fluctuación poblacional de Scolytinae en huertos de aguacate Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. Sct=Total de Scolytinae capturados. MM=Capturas en Meyuca de Morelos, ChH=Capturas en Chiltepec de Hidalgo, SMS=Capturas en San Martín el Salto..... 29
- Figura 3. Fluctuación poblacional de Scolytinae y su correlación con variables climáticas en huertos de aguacate Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. a) Abundancia, b) Riqueza específica. Ascty=Número de individuos capturados, Rqza=Número de especies capturadas. HR=Humedad relativa, TM=Temperatura media..... 31
- Figura 4. Fluctuación poblacional de *Araptus schwarzi* y su correlación con variables climáticas en huertos de aguacate Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. HR=Humedad relativa, TM=Temperatura media. .... 32
- Figura 5. Fluctuación poblacional de escarabajos ambrosiales en huertos de aguacate Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. a) Especies con correlación con variables climáticas, b) Especies sin correlación con variables climáticas. Cflag=*Corthylus flagellifer*, Cdet=*Corthylus detrimmentosus*. HR=Humedad relativa, PP=Precipitación. .... 34

|  |    |
|--|----|
| Figura 6. Fluctuación poblacional de <i>Phloeocleptus cristatus</i> y su correlación con variables climáticas en huertos de aguacate Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. HR=Humedad relativa, TM=Temperatura media. .... | 35 |
| Figura 7. Respuesta de atracción de Scolytinae a trampas cebadas con atrayentes químicos. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05). ....  | 50 |
| Figura 8. Respuesta de atracción de escarabajos ambrosiales a trampas cebadas con atrayentes químicos. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05). ....   | 51 |
| Figura 9. Respuesta de atracción de <i>Corthylus flagellifer</i> a trampas cebadas con atrayentes químicos. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05). ....  | 53 |
| Figura 10. Respuesta de atracción de <i>Corthylus luridus</i> a trampas cebadas con atrayentes químicos. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05). ....   | 54 |
| Figura 11. Respuesta de atracción de <i>Araptus schwarzi</i> a trampas cebadas con atrayentes químicos en huertos de aguacate. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05).....                      | 55 |
| Figura 12. Respuesta de atracción de <i>Phloeocleptus cristatus</i> a trampas cebadas con atrayentes químicos. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05). ....                                     | 55 |

## INTRODUCCIÓN GENERAL

A nivel mundial México ocupa el primer lugar en la producción y exportación de aguacate Hass. A nivel nacional se tienen establecidas 248,457 ha en 28 entidades federativas, con una producción de 2,442,945 ton, con un valor estimado en \$50,538,293 miles de pesos (MN); el mayor porcentaje (90.3%) de la producción se concentra en los estados de Michoacán, Jalisco y Estado de México (SIAP, 2021). En el ciclo 2021 se registró una exportación de 1,268,281 ton con un valor estimado en \$3,049 millones de dólares (USD), siendo los principales destinos los Estados Unidos de Norteamérica, Canadá y Japón, mercados que representan el 90% de las exportaciones de este producto (SIAVI 2021).

El Estado de México, ocupa el tercer lugar en la producción nacional de aguacate Hass con una producción promedio anual de 123,465 ton y valor estimado en \$2,228,832 miles de pesos (SIAP 2021), producción que se ve afectada por diversas plagas de importancia económica y su comercialización por restricciones para la exportación por la falta de reconocimiento como zona libre de barrenadores de hueso, restricciones fitosanitarias que imponen para los países importadores de aguacate como los EE.UU. A estos riesgos fitosanitarios se suma la relevancia de los escarabajos ambrosiales exóticos *Xyleborus glabratus* Eichhoff y *Euwallacea nr fornicatus* Eichhoff, de importancia cuarentenaria (SENASICA 2019a y b).

Los escarabajos de la subfamilia Scolytinae generalmente se caracterizan por afectar plantas enfermas, muertas o recién cortadas, son muy importantes en las interacciones de ecosistemas naturales al favorecer la descomposición de madera; sin

embargo, algunas especies pueden atacar árboles sanos y causar daños importantes (Wood 1982, Equihua et al. 1984, Equihua y Burgos 2002).

Algunas especies de escolítinos mantienen una relación simbiótica con hongos que cultivan en el interior de sus hospedantes para usarlos como fuente de alimento (Pérez et al. 2015) y que de manera común se les conoce como escarabajos cultivadores de hongos (Freeman et al. 2013). Construyen galerías en donde inoculan el hongo, el cual al desarrollarse puede causar una muerte regresiva de la planta (Bateman y Hulcr 2014, Crane y Peña 2020).

Para el monitoreo de estos escolítinos se ha utilizado el etanol como atrayente general o universal (Miller y Rabaglia 2009, Ranger et al. 2010, Pérez de la Cruz et al. 2016). Para algunas especies no resulta muy eficiente por lo que se buscan nuevas alternativas (Hanula et al. 2011); como el alfa-copaeno que es un compuesto químico presente en especies vegetales de la familia Lauraceae (Kendra et al. 2015). El querciverol, resulta también una buena alternativa de evaluación, considerando los resultados de atracción del escarabajo barrenador polífago *Euwallacea kuroshio* (Gomez and Hulcr) en plantaciones de Florida, EE.UU. (Carrillo et al. 2015, Gomez et al. 2018).

Actualmente en México, se tiene un registro de 1,041 especies de Scolytinae y es probable que su número sea mayor (Atkinson 2021). Las investigaciones realizadas en este grupo de insectos se han enfocado principalmente a determinar su impacto como descortezadores de pinos en áreas naturales; por su diversidad, se han centrado los estudios en trópico y sub-trópico (Macías 2014). En México, se han desarrollado investigaciones sobre Scolytinae asociados a agroecosistemas, como la diversidad de

especies en cacao (Pérez-de la Cruz et al. 2009a, b, c) y en aguacate (Lázaro et al. 2020; Ángel et al. 2019), así como, infestaciones de *Xyleborus volvulus* Fabricius en árboles de mango (Castrejón et al. 2018).

Debido a que el Estado de México ocupa el tercer lugar en la producción de aguacate Hass a nivel nacional, la presente investigación se desarrolló en el municipio de Coatepec Harinas, principal zona de producción y exportación de la Entidad, con la finalidad de conocer la riqueza, diversidad de especies, dinámica poblacional, especies predominantes que pueden ser capaces de transmitir hongos fitopatógenos y determinar el potencial de atracción del etanol, alfa-copaeno y querciverol para su uso en sistemas de monitoreo.

# CAPÍTULO I. DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE EN HUERTOS DE AGUACATE EN EL ESTADO DE MÉXICO

## 1.1 RESUMEN

Algunas especies de Scolytinae han tomado importancia en el cultivo de aguacate Hass al ser vectores de hongos fitopatógenos, por otro lado no existen estudios sobre este grupo de coleópteros asociados a este cultivo en el Estado de México; tomando en cuenta esta información, el presente estudio se realizó en tres huertos de aguacate en diferentes altitudes, ubicados en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México, con el objetivo de conocer la diversidad y riqueza de especies de escolítinos que pueden ser vectores de hongos fitopatógenos. Entre los resultados interesantes es la recolecta de 1,714 escolítinos de 22 géneros y 49 especies en trampas Lindgren cebadas con atrayentes a base de etanol, alfa-copaeno, y querciverol. De éstos, 27 especies son nuevos registros para el Estado de México. La prueba de índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ), Margalef ( $D Mg$ ) y de equidad de Pielou ( $J'$ ), registraron la mayor diversidad de especies de escolítinos en Meyuca de Morelos (1,890 msnm) con  $H' = 2.075$ ,  $D Mg = 5.014$ , y  $J' = 0.5836$ , y la mínima en San Martín el Salto (2,470 msnm), con  $H' = 0.4495$ ,  $D Mg = 2.304$ , y  $J' = 0.1660$ . Los géneros *Xyleborus*, *Monarthrum*, *Corthylus* y *Gnathotrichus* registraron la mayor riqueza específica, la abundancia más alta correspondió a *Corthylus flagellifer* Blandford, *Corthylus luridus* Blandford, *Xyleborus volvulus* Fabricius, *Phloeocleptus cristatus* Wood y *Araptus schwarzi* Blackman, individuos que representaron el 85% de captura. Por la riqueza y abundancia que corresponde en mayor proporción a escarabajos ambrosiales, potenciales vectores de

hongos fitopatógenos, se recomienda el monitoreo frecuente y determinación de la dinámica poblacional y su relación con los factores ambientales.

## 1.2 ABSTRACT

Some species of Scolytinae have become important in the cultivation of Hass avocado as they are vectors of phytopathogenic fungi, on the other hand there are no studies on this group of beetles associated with this crop in the State of Mexico; taking this information into account, the present study was carried out in three avocado orchards at different altitudes, located in the municipality of Coatepec Harinas, State of Mexico, with the objective of knowing the diversity and richness of bark beetle species that can be vectors of phytopathogenic fungi considered quarantine. Among the interesting results is the collection of 1,714 bark beetles from 22 genera and 49 species in Lindgren traps baited with attractants based on ethanol, alpha-copaene, and querciverol. Of these, 27 species are new records for the State of Mexico. The Shannon-Wiener ( $H'$ ), Margalef ( $D Mg$ ) and Pielou equity ( $J'$ ) indices test recorded the greatest diversity of bark beetle species in Meyuca de Morelos (1,890 masl) with  $H' = 2.075$ ,  $D Mg = 5.014$ , and  $J' = 0.5836$ , and the minimum in San Martín el Salto (2,470 masl), with  $H' = 0.4495$ ,  $D Mg = 2.304$ , and  $J' = 0.1660$ . The genera *Xyleborus*, *Monarthrum*, *Corthylus* and *Gnathotrichus* recorded the highest species richness, the highest abundance corresponding to *Corthylus flagellifer* Blandford, *Corthylus luridus* Blandford, *Xyleborus volvulus* Fabricius, *Phloeocleptus cristatus* Wood and *Araptus schwarzi* Blackman, individuals that accounted for 85% of the catch. Due to the richness and abundance that corresponds in greater proportion to ambrosial beetles, potential vectors of phytopathogenic fungi, frequent monitoring and determination of population dynamics and its relationship with environmental factors is recommended.

### 1.3 INTRODUCCIÓN

La subfamilia Scolytinae incluye dos grupos importantes de escarabajos, descortezadores y ambrosiales, que se distribuyen ampliamente desde los desiertos, bosques boreales, hasta las selvas altas tropicales (Atkinson 2017). Por sus hábitos alimenticios se clasifican como floeófagos, xilófagos, xilomicetófagos, herbívoros, mielófagos y espermatófagos (Equihua et al. 1984, Romero et al. 1997). En general, no hay muchos registros de que los escolítinos afecten plantas sanas; aunque, Burgos y Equihua (2007) indicaron que se pueden alimentar y reproducir en árboles que han sido debilitados por alguna enfermedad o por factores ambientales, así como en árboles muertos, recién cortados o moribundos (Wood 1982). Por su parte Eskalen (2016), reportó que algunas especies de Scolytinae han afectado árboles sanos; además también se han considerado vectores de hongos fitopatógenos, que han causado la muerte de árboles en cuestión de semanas o meses (Mendel et al. 2012). Recientemente Castrejón et al. (2018) registraron el ataque de *Xylevorus volvulus* Fabricius, a árboles de *Mangifera indica* L. También, autores como Ángel et al. (2019), Castrejón et al. (2017) y Carrillo et al. (2012), registraron el ataque de escolítinos en árboles vivos de aguacate.

La especie exótica no presente en México, *Xyleborus glabratus* Eichhoff, tiene una asociación simbiótica con el hongo fitopatógeno *Raffaelea lauricola* (Harr, Fraedrich and Aghaye), este último responsable de la muerte de especies de plantas nativas de la familia Laureacea, incluyendo *Persea americana* Mill en Florida, USA (Fraedrich et al. 2008) y los impactos de daño se encuentran asociados al escarabajo y a su hongo simbiote *R. lauricola*. Según Carrillo et al. (2014), *R. lauricola* puede ser dispersado por diversas especies nativas de escarabajos ambrosiales. Por otro lado, el escarabajo

ambrosial polífago *Euwallacea kuroshio* (Gomez and Hulcr), el cual, con sus hongos simbioses, ha causado la muerte de ramas y árboles de diversas especies vegetales en California, USA, incluyendo la muerte parcial de ramas de aguacate (Eskalen et al. 2012; Eskalen 2016). *E. kuroshio*, se encontró en Tijuana, Baja California (García et al. 2016), asociado a diversas especies vegetales como sauces (*Salix* sp.), colorines (*Erythrina coralloides*), olmos (*Ulmus minor*), acacias (*Acacia* sp.), álamos (*Populus alba*) y sicomoro (*Platanus hybrida*). El primer registro en México de este ambrosial fue en *Casuarina cunninghamiana* Miq (Equihua et al. 2016a).

Actualmente en México, se tiene un registro de 1,041 especies de Scolytinae y es probable que su número sea mayor (Atkinson 2021). Las investigaciones realizadas en este grupo de insectos, se han enfocado principalmente a determinar su impacto como descortezadores de pinos en áreas naturales. En México, se han desarrollado algunos estudios sobre Scolytinae asociados a agroecosistemas, como la diversidad de especies en cacao (Pérez-de la Cruz et al. 2009a, b) y en aguacate (Lázaro et al. 2020, Ángel et al. 2019), así como, infestaciones de *X. volvulus* en mango (Castrejón et al. 2018).

En México, el cultivo de aguacate Hass es estratégico, para el año 2021 se registraron 248,457 ha, con un valor de producción de más de \$50.5 mil millones de pesos, con lo cual se ha posicionado como el primer productor mundial, con una producción de 2,442,945 ton (SIAP 2021). En el Estado de México, el aguacate destaca dentro de los cultivos principales por la generación de empleos y divisas en la exportación. El municipio de Coatepec Harinas, ocupa el primer lugar estatal con un valor de producción de \$1,063 millones de pesos (SIAP, 2021). Por otro lado, existe muy poca información de Scolytinae asociados al aguacate Hass. Tomando en cuenta esta

información, el objetivo del presente estudio consistió en generar un conocimiento adicional en la diversidad y riqueza de especies nativas asociadas a trampas cebadas con atrayentes químicos en huertos de aguacate Hass en Coatepec Harinas, Estado de México.

## 1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó de agosto de 2018 a julio del 2020 en tres huertos de aguacate Hass en Coatepec Harinas, Estado de México: 1) Meyuca de Morelos (MM) (18.86169°N, -099.78679°W; 1890 msnm), 2) San Martín el Salto (SMS) (18.95715°N, -099.79613°W, 2470 msnm), y 3) Chiltepec de Hidalgo (ChH) (18.91885°N, -099.83829°W; 2429 msnm) (Figura 1).

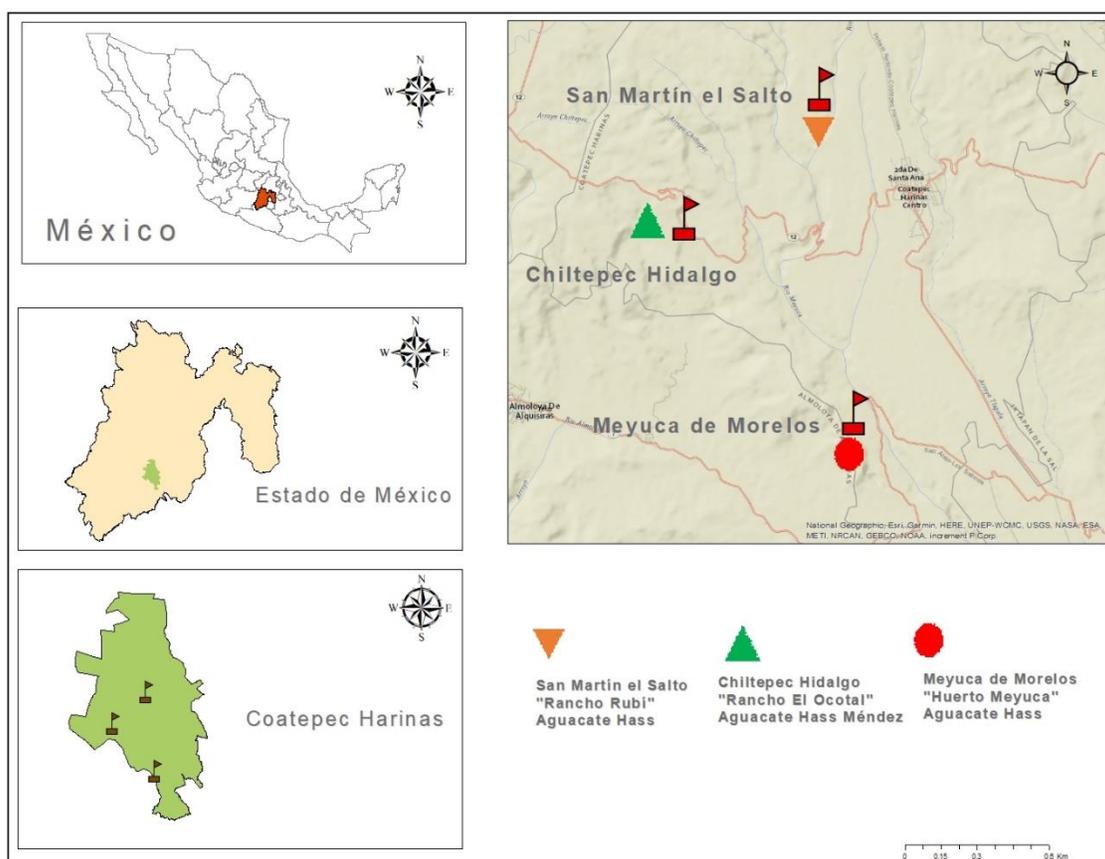


Figura 1. Ubicación geográfica de huertos de aguacate Hass: “Meyuca de Morelos”, “San Martín el Salto” y “Chiltepec de Hidalgo”, en Coatepec Harinas, Estado de México.

En los tres huertos se utilizaron trampas-Lindgren de ocho embudos, cebadas con alfa-copaeno, querciverol y etanol (96%). En el depósito colector de cada trampa se le adicionaron 250 mL de propilenglicol, como solución conservadora de los insectos colectados. Se colocaron 12 trampas por huerto, las cuales se establecieron en el interior

del dosel a 50 cm del suelo al depósito colector. La revisión se realizó mensualmente y los insectos capturados se trasladaron en frascos de plástico de 20 mL con alcohol al 70%.

La determinación taxonómica de los insectos capturados se realizó con las claves dicotómicas de Wood (1982) y se cotejó con especímenes de la colección de Entomología del Colegio de Postgraduados (CEAM), y se complementó con la información de Atkinson (2021) contenida en la página web: Bark and Ambrosia Beetles (<http://www.barkbeetles.info/about.php>). Finalmente, la corroboración de especies fue realizada por A. Equihua-Martínez y T. H. Atkinson. El material se encuentra depositado en la Colección de Entomológica-CEAM.

Para determinar los índices de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), índice de diversidad de Margalef ( $D_{Mg}$ ) (1958), e índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) (1969) se realizó el análisis estadístico con el paquete PAST 4 (Hammer et al. 2001).

## 1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron 1,714 escolítinos distribuidos en 22 géneros y 49 especies (Cuadro 1). De éstos, 22 especies ya han sido reportadas previamente en el Estado de México (Atkinson y Equihua 1985, 1986a; Pérez et al. 2020; Atkinson 2021), y 27 especies constituyen nuevos registros para el Estado. Con estos nuevos registros, suma un total de 161 especies de Scolytinae reportados para el Estado de México, 17.37% de la biodiversidad nacional.

Los géneros *Xyleborus* Eichhoff y *Monarthrum* Kirsch, registraron la mayor riqueza con cinco especies cada uno; seguidas por los géneros *Corthylus* Erichson y *Gnathotrichus* Eichhoff con cuatro especies (Cuadro 1). En México se reportan 50 especies del género *Monarthrum* (Atkinson 2021); las cinco especies colectadas de este género son nuevos registros para el Estado de México, con un total de 11 especies para el Estado. *Monarthrum conversum* Wood, *Monarthrum exornatum* Schedl y *Monarthrum fimbriaticorne* Blandford tienen registros de asociación con árboles de aguacate Hass (Ángel et al. 2019).

Las especies *Araptus schwarzi* Blackman y *Corthylus flagellifer* Blandford, registraron la mayor abundancia con 642 y 385 individuos recolectados respectivamente, que representan el 60% del total. Equihua et al. (2016b) indicaron que esta especie se encuentra asociada a la degradación e incorporación de semillas de aguacate al suelo. *C. flagellifer* se encuentra ampliamente distribuido en México, con un amplio rango de hospederos de las familias Anacardiaceae, Compositae, Lauraceae, Leguminosae, Moraceae, Rocaceae y Sapindaceae (Atkinson 2021).

De las 49 especies obtenidas, 12 han sido reportadas en *P. americana*, 15 con registros previos asociados a trapeo en huertos de aguacate Hass, y una tanto en el hospedante como en trapeo (Cuadro 1). De las especies recolectadas *Xyleborus affinis* Eichh, *Xyleborus ferrugineus* Fabricius, *X. volvulus*, *M. conversum*, *M. fimbriaticorne*, *M. exornatum* y *Corthylus detrimmentosus* Schedl han sido reportadas atacando árboles productivos de aguacate (Carrillo et al. 2012, Castrejón et al. 2017, Ángel et al. 2019). Las especies *X. volvulus*, *X. affinis* y *X. ferrugineus* están reportadas en Florida, EUA como vectores laterales del hongo cuarentenario *R. lauricola* en huertos de aguacate (Carrillo et al. 2014).

Las especies de Scolytinae recolectadas, presentan diferentes hábitos de alimentación, de éstas 22 son del tipo xilomicetofagia (44.9%), seguido de fleofagia con 15 especies (30.61%), xilofagia con seis (12.24%), mielofagia con cinco (10.20%), y espermatofagia con una especie (2.04%). El hábito alimenticio de xilomicetofagia ha sido reportado en aguacate Hass en Michoacán (Lázaro et al. 2020), en bosque mesófilo de montaña en Veracruz (Atkinson e Ibarra 2021) y en selva tropical del sureste de México (Atkinson y Equihua 1986a). En cambio, en ecosistemas naturales en Jalisco, Atkinson y Equihua (1986b), detectaron la fleofagia como hábito de alimentación predominante y al igual que en el presente estudio, encontraron una sola especie con hábitos de espermatofagia.

La máxima diversidad y riqueza se registró en el huerto Meyuca de Morelos (1,890 msnm), de conformidad con los resultados obtenidos del índice de Shannon-Wiener  $H' = 2.075$ , índice de diversidad de Margalef  $D_{Mg} = 5.014$ , e índice de equidad de Pielou  $J' = 0.5836$ . Sitio en el que se registró la mayor riqueza con el 74.42% de las especies

registradas en el área de estudio y una abundancia de Scolytinae de 51.40%. Los huertos ubicados en San Martín el Salto (2,470 msnm) y Chiltepec de Hidalgo (2,429 msnm) registraron valores inferiores en índices de diversidad en comparación con Meyuca de Morelos (Cuadro 2). Diversidad que puede asociarse, como lo mencionó Wood (1982), a la disponibilidad de alimento, considerando que en estos sitios se observó en campo menor diversidad de especies vegetales.

Cuadro 1. Scolytinae colectados en trampas cebadas con atrayentes químicos en huertos de aguacate Hass en el Estado de México.

| Especie  | HA | Número de insectos |     |     |       | %     |
|--|----|--------------------|-----|-----|-------|-------|
|  |    | MM                 | SMS | ChH | Total |       |
| <i>Amphicranus rameus</i> Wood 1967                          | Xm | 0                  | 0   | 2   | 2     | 0.12  |
| <i>Araptus dentifrons</i> Wood 1974 <sup>(T)</sup>           | Fl | 11                 | 0   | 0   | 11    | 0.64  |
| <i>Araptus schwarzi</i> Blackman 1942 <sup>(H, T)</sup>      | Es | 25                 | 404 | 213 | 642   | 37.46 |
| <i>Chramesus annectens</i> Wood 1956 <sup>(N)</sup>          | Fl | 0                  | 1   | 0   | 1     | 0.06  |
| <i>Chramesus pumilus</i> Chapuis 1869 <sup>(N)</sup>         | Fl | 2                  | 0   | 1   | 3     | 0.18  |
| <i>Cnesinus electinus</i> Wood 1967 <sup>(N, T)</sup>        | Mi | 37                 | 0   | 0   | 37    | 2.16  |
| <i>Cnesinus prominulus</i> Wood 1977 <sup>(N)</sup>          | Mi | 0                  | 0   | 1   | 1     | 0.06  |
| <i>Cnesinus setulosus</i> Blandford 1896 <sup>(N, T)</sup>   | Mi | 3                  | 0   | 0   | 3     | 0.18  |
| <i>Corthylus detrimentosus</i> Schedl 1940 <sup>(H)</sup>    | Xm | 26                 | 4   | 9   | 39    | 2.28  |
| <i>Corthylus flagellifer</i> Bladford 1904 <sup>(H)</sup>    | Xm | 265                | 5   | 115 | 385   | 22.46 |
| <i>Corthylus fuscus</i> Blandford 1904                       | Xm | 0                  | 1   | 0   | 1     | 0.06  |
| <i>Corthylus luridus</i> Blandford 1904 <sup>(N, T)</sup>    | Xm | 63                 | 0   | 1   | 64    | 3.73  |
| <i>Dacnophthorus clematis</i> Wood 1971 <sup>(N)</sup>       | Xm | 1                  | 0   | 0   | 1     | 0.06  |
| <i>Dendrocranulus cucurbitae</i> LeConte 1879 <sup>(T)</sup> | Mi | 5                  | 0   | 0   | 5     | 0.29  |
| <i>Dendrocranulus gracilis</i> Wood 1982 <sup>(N)</sup>      | Mi | 1                  | 0   | 0   | 1     | 0.06  |
| <i>Glochinerus gemellus</i> Blandford 1904 <sup>(H)</sup>    | Xm | 0                  | 1   | 0   | 1     | 0.06  |
| <i>Gnathotrichus deleoni</i> Blackman 1942                   | Xm | 1                  | 1   | 0   | 2     | 0.12  |
| <i>Gnathotrichus nitidifrons</i> Hopkins 1905                | Xm | 1                  | 1   | 0   | 2     | 0.12  |
| <i>Gnathotrichus obscurus</i> Wood 1974 <sup>(N)</sup>       | Xm | 1                  | 0   | 0   | 1     | 0.06  |
| <i>Gnathotrichus perniciosus</i> Wood 1967 <sup>(T)</sup>    | Xm | 1                  | 0   | 0   | 1     | 0.06  |
| <i>Gymnochilus reitteri</i> Eichhoff 1878 <sup>(N)</sup>     | Fl | 0                  | 0   | 1   | 1     | 0.06  |
| <i>Hylocurus dilutus</i> Wood 1971 <sup>(N, T)</sup>         | Xi | 11                 | 0   | 1   | 12    | 0.70  |
| <i>Hylocurus effeminatus</i> Wood 1956 <sup>(N)</sup>        | Xi | 1                  | 0   | 2   | 3     | 0.18  |
| <i>Hylocurus microcornis</i> Wood 1969                       | Xi | 11                 | 0   | 0   | 11    | 0.64  |
| <i>Hypothenemus erectus</i> LeConte 1876 <sup>(N)</sup>      | FL | 1                  | 0   | 0   | 1     | 0.06  |
| <i>Hypothenemus seriatus</i> Eichhoff 1872 <sup>(N, H)</sup> | Fl | 1                  | 0   | 0   | 1     | 0.06  |
| <i>Ips cribicollis</i> Eichhoff 1868                         | Fl | 0                  | 0   | 1   | 1     | 0.06  |
| <i>Micrasis amplinis</i> Wood 1971                           | Xi | 0                  | 0   | 1   | 1     | 0.06  |
| <i>Micrasis torus</i> Wood 1971 <sup>(N, T)</sup>            | Xi | 2                  | 0   | 3   | 5     | 0.29  |
| <i>Micrasis unicornis</i> Wood 1969 <sup>(T)</sup>           | Xi | 0                  | 2   | 13  | 15    | 0.88  |

| Especie   | HA | Número de insectos |              |              |              | %     |
|---|----|--------------------|--------------|--------------|--------------|-------|
|   |    | MM                 | SMS          | ChH          | Total        |       |
| <i>Monarthrum conversum</i> Wood 1974 <sup>(N, H)</sup>           | Xm | 5                  | 0            | 0            | 5            | 0.29  |
| <i>Monarthrum exornatum</i> Schedl 1939 <sup>(N, H)</sup>         | Xm | 1                  | 0            | 0            | 1            | 0.06  |
| <i>Monarthrum fimbriaticorne</i> Blandford 1905 <sup>(N, H)</sup> | Xm | 0                  | 1            | 1            | 2            | 0.12  |
| <i>Monarthrum quercicolens</i> Wood 1967 <sup>(N)</sup>           | Xm | 6                  | 1            | 4            | 11           | 0.64  |
| <i>Monarthrum scutellare</i> LeConte 1860 <sup>(N)</sup>          | Xm | 3                  | 0            | 2            | 5            | 0.29  |
| <i>Phloeocleptus cristatus</i> Wood 1981 <sup>(N, H)</sup>        | Fl | 285                | 3            | 2            | 290          | 16.92 |
| <i>Phloeotribus destructor</i> Wood 1969                          | Fl | 2                  | 0            | 7            | 9            | 0.53  |
| <i>Phloeotribus frontalis</i> Olivier 1795                        | Fl | 3                  | 0            | 3            | 6            | 0.35  |
| <i>Pityophthorus obtusipennis</i> Blandford 1904 <sup>(T)</sup>   | Fl | 0                  | 8            | 7            | 15           | 0.88  |
| <i>Pseudopityophthorus declivis</i> Wood 1971 <sup>(N)</sup>      | Fl | 0                  | 0            | 1            | 1            | 0.06  |
| <i>Pseudopityophthorus durangoensis</i> Wood 1987 <sup>(N)</sup>  | Fl | 2                  | 0            | 0            | 2            | 0.12  |
| <i>Pityophthorus attenuatus</i> Blackman 1942 <sup>(N, T)</sup>   | Fl | 1                  | 0            | 0            | 1            | 0.06  |
| <i>Scolytogenes jalapae</i> Letzner 1844 <sup>(N, T)</sup>        | Fl | 17                 | 0            | 0            | 17           | 0.99  |
| <i>Tricolus inornatus</i> Wood 1974 <sup>(N)</sup>                | Xm | 0                  | 2            | 1            | 3            | 0.18  |
| <i>Xyleborus affinis</i> Eichhoff 1868 <sup>(H)</sup>             | Xm | 2                  | 0            | 0            | 2            | 0.12  |
| <i>Xyleborus ferrugineus</i> F. 1801 <sup>(H)</sup>               | Xm | 7                  | 1            | 1            | 9            | 0.53  |
| <i>Xyleborus intrusus</i> Blandford 1898 <sup>(T)</sup>           | Xm | 0                  | 0            | 1            | 1            | 0.06  |
| <i>Xyleborus palatus</i> Wood 1974 <sup>(N, T)</sup>              | Xm | 1                  | 0            | 0            | 1            | 0.06  |
| <i>Xyleborus volvulus</i> F. 1775 <sup>(H)</sup>                  | Xm | 76                 | 0            | 3            | 79           | 4.61  |
| <b>Subtotal</b>   |    | <b>881</b>         | <b>436</b>   | <b>397</b>   | <b>1,714</b> |       |
| <b>Porcentaje (%)</b>   |    | <b>51.40</b>       | <b>25.44</b> | <b>23.16</b> | <b>100</b>   |       |
| <b>Número de especies</b>   |    | <b>35</b>          | <b>15</b>    | <b>26</b>    | <b>49</b>    |       |

<sup>(N)</sup>Nuevo registro para el Estado de México, <sup>(H)</sup>Hospedante aguacate, <sup>(T)</sup>Registro en trampas en aguacate.

HA: Hábito alimenticio, Xm: Xilomicetofagia, Fl: Fleofagia, Xi: Xilofagia, Mi: Mielofagia, Es: Espermatofagia. MM: Meyuca de Morelos, SMS: San Martín el Salto, ChH: Chiltepec de Hidalgo.

Los sitios con mayor altitud coincidieron con la menor abundancia y diversidad específica. El 25% de las especies recolectadas tuvieron como hospedante al cultivo de aguacate Hass, el 45% de las especies recolectadas correspondieron a escarabajos ambrosiales, especies potenciales de ser vectores de hongos fitopatógenos, como lo demostró Carrillo et al. (2014), en las especies *X. volvulus*, *X. affinis* y *X. ferrugineus* al ser vectores del hongo cuarentenario *R. lauricola*.

Cuadro 2. Índices de diversidad, riqueza y equitatividad de Scolytinae colectados en trampas cebadas con atrayentes químicos en huertos de aguacate Hass en el Estado de México.

| Sitio | Insectos totales | No. especies | ID (H') | ID (D <sub>Mg</sub> ) | Equitatividad (J') |
|-------|------------------|--------------|---------|-----------------------|--------------------|
| MM    | 881              | 35           | 2.0750  | 5.014                 | 0.5836             |
| SMS   | 436              | 15           | 0.4495  | 2.304                 | 0.1660             |
| ChH   | 397              | 26           | 1.5090  | 4.178                 | 0.4632             |

## 1.6 CONCLUSIONES

Se registró una riqueza específica de 49 especies distribuidas en 22 géneros; de las cuales, 27 especies constituyen nuevos registros para el Estado de México, con estos nuevos registros suman un total de 161 especies de Scolytinae en la Entidad, lo que representa el 17.37% de la diversidad nacional.

De las especies registradas, 12 especies han sido reportadas asociadas a plantas de aguacate.

Los géneros *Xyleborus* y *Monarthrum*, registraron la mayor riqueza específica con cinco especies cada uno; seguidas por *Corthylus* y *Gnathotrichus* con cuatro especies. En tanto que, la mayor abundancia corresponde a las especies *A. schwarzi* y *C. flagellifer*, que registraron el 60% del total de individuos capturados.

Los índices de diversidad y equitatividad más altos se registraron en Meyuca de Morelos ( $H'=2.075$ ,  $D_{Mg}=5.014$ ,  $J'=0.5836$ ), y la menor diversidad se encontró en San Martín el Salto ( $H'=0.4495$ ,  $D_{Mg}=2.304$ ,  $J'=0.1660$ ).

Se identificaron 22 especies de hábitos ambrosiales, que representaron el 44.9% de la riqueza específica registrada en el área de estudio, dichas especies son potenciales vectoras de hongos fitopatógenos; como se ha demostrado en las especies *Xyleborus affinis*, *Xyleborus ferrugineus*, *Xyleborus volvulus*, *Corthylus flagellifer*, *Corthylus detrimentosus*, *Monarthrum conversum*, *Monarthrum fimbriaticorne* y *Monarthrum exornatum*.

## CAPÍTULO II. FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE SCOLYTINAE EN HUERTOS DE AGUACATE Y SU CORRELACIÓN CON VARIABLES CLIMÁTICAS

### 2.1 RESUMEN

Actualmente no se cuenta con dinámicas poblacionales de escolítinos en el cultivo de aguacate Hass en el Estado de México y no se conoce el efecto de las variables climáticas en éstas; información que podría ser de gran valor en su manejo. Tomando en cuenta esta información se realizó un estudio de agosto de 2018 a julio de 2020 en tres huertos de aguacate Hass ubicados a diferentes altitudes en Coatepec Harinas, Estado de México, con el objetivo de conocer la fluctuación poblacional de Scolytinae. En este monitoreo de escolítinos se utilizaron trampas de intersección tipo Lindgren de ocho embudos, cebadas con atrayentes químicos a base de alfa-copaeno, querciverol, alfa-copaeno+querciverol y etanol. Las especies más abundantes fueron *Araptus schwarzi* Blackman, *Corthylus flagellifer* Blandford y *Xyleborus volvulus* Fabricius, estas especies se recolectaron durante todo el año y presentaron un incremento poblacional en el periodo de lluvias de junio a septiembre; las especies *Corthylus detrimmentosus* Schedl y *Corthylus luridus* Blandford presentaron picos poblacionales en julio y septiembre, respectivamente. La abundancia y riqueza de Scolytinae registró una alta correlación positiva ( $p < 0.001$ ) a la temperatura media (TM) y humedad relativa (HR); relación que se mantuvo en la especie más abundante *A. schwarzi* ( $P < 0.01$ ); sin embargo, en especies con hábitos ambrosiales se registró una correlación alta con la HR y la precipitación (PP) ( $P < 0.001$ ); mientras que, la fluctuación poblacional del descortezador *Phloeocleptus cristatus* Wood se correlacionó de manera positiva con la TM y correlación negativa respecto a la HR y la PP ( $P < 0.001$ ). Estos resultados sugieren que el incremento

poblacional de especies de escarabajos ambrosiales está relacionado con el periodo de lluvias, especies que pudieran ser vectores de hongos fitopatógenos en el cultivo de aguacate, por lo que se sugiere, estudiar esta posible relación, además de fortalecer el monitoreo de estas especies cuando se presenten incrementos de la precipitación y humedad relativa.

## 2.2 ABSTRACT

Currently there are no population dynamics of bark beetles in Hass avocado cultivation in the State of Mexico and the effect of climatic variables on them is not known; information that could be of great value in its handling. Taking this information into account, a study was carried out from August 2018 to July 2020 in three Hass avocado orchards located at different altitudes in Coatepec Harinas, State of Mexico, with the objective of knowing the population fluctuation of Scolytinae. In this monitoring of bark beetles, intersection traps of the Lindgren type with eight funnels were used, baited with chemical attractants based on alpha-copaene, querciverol, alpha-copaene+querciverol and ethanol. The most abundant species were *Araptus schwarzi* Blackman, *Corthylus flagellifer* Blandford and *Xyleborus volvulus* Fabricius, these species were collected throughout the year and showed a population increase in the rainy season from June to September; the species *Corthylus detrimmentosus* Schedl and *Corthylus luridus* Blandford showed population peaks in July and September, respectively. The abundance and richness of Scolytinae registered a high positive correlation ( $p < 0.001$ ) to mean temperature (MT) and relative humidity (RH); relationship that was maintained in the most abundant species *A. schwarzi* ( $P < 0.01$ ); however, in species with ambrosial habits, a high correlation was recorded with RH and precipitation (PP) ( $P < 0.001$ ); while the population fluctuation of the bark beetle *Pheocleptus cristatus* Wood was positively correlated with the MT and negatively correlated with the HR and PP ( $P < 0.001$ ). These results suggest that the population increase of ambrosial beetle species is related to the rainy season, species that could be vectors of phytopathogenic fungi in avocado cultivation, so it is

suggested to study this possible relationship, in addition to strengthening monitoring. of these species when there are increases in precipitation and relative humidity.

## 2.3 INTRODUCCIÓN

La subfamilia Scolytinae está integrada por 6,402 especies a nivel mundial (Atkinson 2022), la cual incluye dos importantes grupos de escarabajos, los descortezadores y los ambrosiales, que se encuentran ampliamente distribuidos desde los desiertos, bosques boreales y hasta las selvas altas tropicales (Atkinson 2017). Por sus hábitos alimenticios se clasifican como fleófagos, xilófagos, xilomicetófagos, herbívoros, mielófagos y espermatófagos (Equihua et al. 1984, Romero et al. 1997, Wood 1982). En general, no hay muchos registros que indiquen que afecten plantas sanas; aunque, Burgos y Equihua (2007) indicaron que se pueden alimentar y reproducir en árboles debilitados por alguna enfermedad o por factores ambientales, así como en árboles muertos, recién cortados o moribundos (Wood 1982).

En los últimos años varias especies de Scolytinae se han reportado afectando a árboles sanos (Crane et al. 2020, Carrillo et al. 2012), algunas se han considerado vectores de hongos fitopatógenos que han causado la muerte de árboles en muy corto tiempo (Mendel et al. 2012, Ploetz et al. 2011). La especie exótica, *Xyleborus glabratus* Eichhoff es vector del hongo *Raffaelea lauricola* (T.C. Harr, Fraedrich and Aghaye), responsable de la muerte de especies de plantas de la familia Laureacea en Florida, EUA, incluyendo *Persea americana* Mill (Fraedrich et al. 2008); *Euwallacea* sp. con sus dos especies crípticas “polyphagous shothole borer” y “kuroshio shothole borer” son capaces de dispersar sus hongos simbioses, que han causado la muerte de diversas especies de plantas en California, EUA, incluyendo la muerte parcial de ramas de aguacate (Eskalen et al. 2012, Eskalen 2022). Al respecto, Carrillo et al. (2014), indicó que los hongos fitopatógenos pueden ser dispersados por diversas especies nativas de

escarabajos ambrosiales, tal y como lo comprobó con su experimento realizado en Florida, EUA, al registrar la transferencia horizontal de *R. lauricola* por las especies *Xyleborus volvulus* Fabricius, *Xyleborus affinis* Eichhoff, *Xyleborus ferrugineus* Fabricius; observaciones que ratificó Ángel et al. (2022) al recuperar el género *Raffaelea* de escarabajos ambrosiales nativos en el estado de Michoacán.

En México se han realizado estudios sobre la asociación de especies de Scolytinae a diversos agroecosistemas, como el cultivo de cacao (Pérez-de la Cruz et al. 2009a, b); en el cultivo de aguacate (Estrada et al. 2021, Jacobo et al. 2021, Lázaro et al. 2020, Ángel et al. 2019), en plantaciones comerciales de higo (Velázquez 2020), así como, registros de infestación de *X. volvulus* en árboles de mango (Castrejón et al. 2018). Sin embargo, no se cuenta con estudios específicos sobre escolítinos ambrosiales en el Estado de México asociados al cultivo de aguacate.

Se han registrado pocos estudios de la influencia de variables climáticas en el comportamiento de densidades poblacionales de escolítinos asociados a huertos de aguacate. Córdoba et al. (2021) en Argentina, reportaron correlación positiva entre la dinámica poblacional de especies de Scolytinae y la humedad relativa, precipitación y temperatura. En México, Estrada et al. (2021) reportaron una alta correlación positiva entre la abundancia y la humedad relativa; en estudio similar en huertos de aguacate en Michoacán se tienen referencias entre la fluctuación poblacional de escolítinos y variables climáticas (Lázaro, 2019); sin embargo, en el Estado de México no se tienen evidencias de esta correlación en las zonas productoras de aguacate.

México, es el principal país productor de aguacate Hass con 248,456 ha establecidas, con un valor de la producción estimado en \$ 50.5 mil millones de pesos (MN) (SIAP 2021). El Estado de México ocupa el tercer lugar en la producción a nivel nacional, siendo el principal municipio productor Coatepec Harinas, con un valor de producción de \$589 millones de pesos (MN) (SIAP 2021). Debido a la importancia de este cultivo en esta región y que algunas especies de escolítinos ambrosiales pudieran comportarse como plagas al poder colonizar plantas que puedan presentar niveles de estrés causados por el manejo agronómico o factores ambientales, se hace necesario conocer la densidad poblacional de las principales especies de escolítinos, considerando que estos escarabajos responden a variables climáticas (Rangel et al. 2012, Wood 1982), determinar la influencia de la humedad relativa, temperatura media y precipitación en la fluctuación poblacional.

## 2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló en tres huertos de aguacate Hass en Coatepec Harinas, Estado de México; el rango de temperatura es de 6-20°C, una precipitación promedio de 1,100-2,000mm anuales y predominan los climas templado subhúmedo, semifrío subhúmedo y semicálido subhúmedo con lluvias en verano (INEGI 2009).

El primer huerto está ubicado en la localidad de Meyuca de Morelos (MM) (18.86169°N, -099.78679°W; 1,890 msnm), el segundo huerto en la localidad de San Martín el Salto (SMS) (18.95715°N, -099.79613°W, 2,470 msnm) y el tercer huerto en Chiltepec de Hidalgo (ChH) (18.91885°N, -099.83829°W; 2,429 msnm).

Para el monitoreo se utilizaron trampas tipo Lindgren de ocho embudos, cebadas con querciverol, alfa-copaeno, alfa-copaeno+querciverol y etanol (96%). Las trampas se distribuyeron dentro de los predios a una distancia de 100 m, considerando como unidad experimental 50x50m y que el recipiente contenedor estuviera a una altura de 1m sobre el nivel del suelo. La revisión se realizó mensualmente, de agosto de 2018 a julio de 2020. Se colocaron 250 mL de propilenglicol en el depósito colector para la conservación de los insectos capturados. El cambio de los atrayentes alfa-copaeno y querciverol se realizó cada dos meses, el etanol y propilenglicol se cambió en cada revisión. Los insectos capturados se colocaron en frascos de plástico de 20 mL con alcohol al 70%, para su traslado al laboratorio de Entomología del Colegio de Postgrados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Los insectos recolectados se revisaron bajo un microscopio estereoscópico “Irescope” para su separación; en tanto que una vez que éstos estaban secos, el montaje

de los especímenes se realizó en alfileres entomológicos. La determinación taxonómica se realizó con ayuda de las claves dicotómicas propuestas por Wood (1982) y se cotejó con especímenes de la colección de Entomología del Colegio de Postgraduados (CEAM), ubicada en el Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México y se complementó con la información de Atkinson (2022), contenida en la página web: Bark and Ambrosia Beetles (<http://www.barkbeetles.info/about.php>). El material se depositó en la Colección de Entomológica-CEAM.

Los datos meteorológicos se obtuvieron de la CONAGUA (2021) de estaciones cercanas al área de estudio. De esta forma, la precipitación (mm) y humedad relativa (%) corresponden a registros de la estación meteorológica Nevado de Toluca (19.11667°N, -099.76666667°W) y los registros de temperatura (temperatura media en °C) a la estación meteorológica Porfirio Díaz (18.928000, -099.728000).

Para determinar la correlación entre número de escolítinos capturados en trampas con los parámetros de humedad relativa, precipitación y temperatura media, se aplicó el coeficiente de correlación de Spearman (*rho*), los datos se analizaron con el software estadístico InfoStat (Di Rienzo et al. 2020).

## 2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Abundancia de especies

En las trampas se registró una captura total de 1,714 escolítinos, distribuidos en 49 especies pertenecientes a 22 géneros. Las especies más abundantes correspondieron a *Araptus schwarzi* Blackman (37.5%), *Corthylus flagellifer* Blandford (22.5%), *Phloeocleptus cristatus* Wood (16.9%), *X. volvulus* Fabricius (4.6%), *Corthylus luridus* Blandford (3.7%), *Corthylus detrimmentosus* Schedl (2.3%) y otras especies (12.5%). En monitoreo realizado por García et al. (2018) en huertos de aguacate Hass en Michoacán, reportan a *A. schwarzi* como la especie más abundante y en estudios similares en huertos de aguacate Hass de clima templado se ha detectado la presencia de *C. flagellifer* (Lázaro et al. 2020, Estrada et al. 2021, Ángel et al. 2019), *X. volvulus* (Lázaro et al. 2020, Estrada et al. 2021, Ángel et al. 2019, Castrejón et al. 2017), *C. luridus* (Lázaro et al. 2020), *C. detrimmentosus* y *P. cristatus* (Lázaro et al. 2020, Atkinson et al. 1986).

De acuerdo a los hábitos alimenticios el número de insectos capturados, estos fueron principalmente espermatófagos y xilomicetófagos con el 37.5% y 36.1%, respectivamente; seguidos de fleófagos con el 21% y en capturas muy discretas los hábitos xilófago y mielófago con el 2.7%, respectivamente. De los hábitos de espermatofagia corresponde a una sola especie *A. schwarzi*.

### Fluctuación poblacional y su correlación con variables climáticas

La fluctuación poblacional de escolítinos en los huertos Meyuca de Morelos (MM), San Martín el Salto (SMS) y Chiltepec de Hidalgo (ChH) se presentó con tendencia muy

similar. La mayor abundancia se registró en el huerto MM (1,890 msnm) con el 51.40% de individuos registrados, estadísticamente diferente a los huertos SMS (2,470 msnm) y ChH (2,429 msnm) ( $\alpha=0.05$ ), abundancia que se reflejó en todo el ciclo de muestreo de agosto 2018 a julio 2020 (Figura 2).

La abundancia en MM se asoció a la disponibilidad de alimento (Wood, 1982), debido a la presencia de especies vegetales hospedantes aledañas al sitio de muestreo (Atkinson y Equihua 1986b), sitio en el cual, se observó una mayor diversidad de especies frutales, plantas herbáceas y vegetación silvestre.

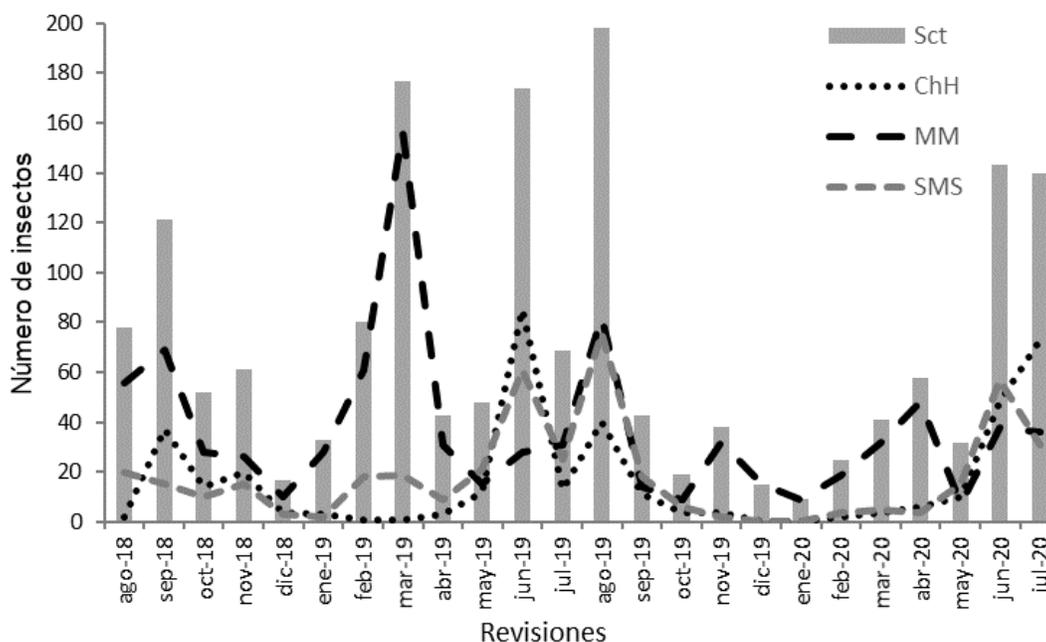


Figura 2. Fluctuación poblacional de Scolytinae en huertos de aguacate Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. Sct=Total de Scolytinae capturados. MM=Capturas en Meyuca de Morelos, ChH=Capturas en Chiltepec de Hidalgo, SMS=Capturas en San Martín el Salto.

De acuerdo al coeficiente de correlación de Spearman ( $\rho$ ), la abundancia de escolítinos se correlaciono de forma positiva con la temperatura y humedad relativa ( $p<0.001$ ); las capturas más altas de escolítinos se registró de junio a septiembre en los dos años de monitoreo, periodo seguido de los meses más cálidos (abril y mayo) y en

los cuales se registró incremento en la humedad relativa (Figura 3a). Correlación consistente con lo reportado por Estrada et al. (2021) en relación con estas variables climáticas en huerto de aguacate Hass en Nayarit, sin embargo, difiere en la estacionalidad, ya que en su estudio reportaron la mayor abundancia de octubre a diciembre.

La densidad poblacional más baja se registró de noviembre a mayo, que corresponde al periodo más seco y con una humedad relativa promedio inferior al 40%; comportamiento poblacional que corresponde a lo reportado por Pérez-De la Cruz et al. (2009b) en cacao en Tabasco.

Se presentaron picos poblacionales en los meses de agosto y septiembre del 2018; marzo, junio y agosto 2019; junio y julio 2020. Picos poblacionales que corresponden al incremento en la humedad relativa a excepción al mes de marzo 2019, incremento poblacional del descortezador *P. cristatus* (Figura 3a).

El número de especies de Scolytinae se correlaciono con la humedad relativa y temperatura media. De agosto a noviembre del 2018 se registraron un número superior a las 40 especies, de diciembre 2018 a mayo del 2020 fue inferior a las 40 especies y de junio a julio del 2020 se registró un número superior a 40 especies, picos que corresponden a periodo de lluvia en el área de estudio (Figura 3b).

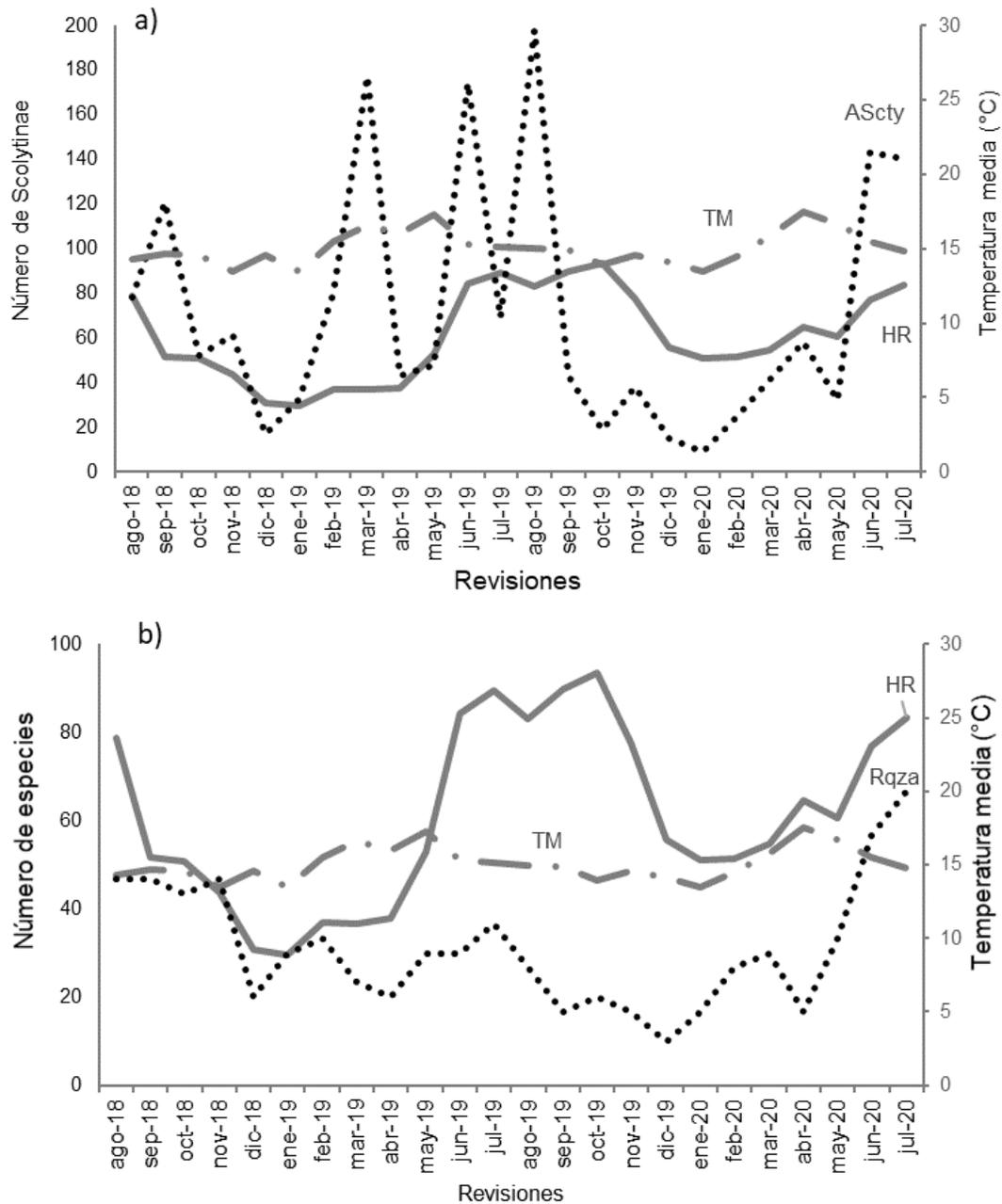


Figura 3. Fluctuación poblacional de Scolytinae y su correlación con variables climáticas en huertos de aguacate Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. a) Abundancia, b) Riqueza específica. Ascty=Número de individuos capturados, Rqza=Número de especies capturadas. HR=Humedad relativa, TM=Temperatura media.

La especie más abundante fue *A. schwarzi* estuvo presente en todo el periodo de monitoreo en los dos años (Figura 4), la cual registró mayor proporción de individuos capturados en SMS (63%) y ChH (33.18%), abundancia que pudo asociarse a la cantidad de fruta y semilla observada en el suelo, que como lo indicaron Equihua et al. (2016b)

que los escolítinos al atacar las semillas en el suelo contribuyen a la incorporación de nutrientes al suelo. El incremento poblacional se registró en los meses de junio a agosto en el 2019, y de junio a julio del 2020, meses con ligero descenso de TM y HR superior al 80%.

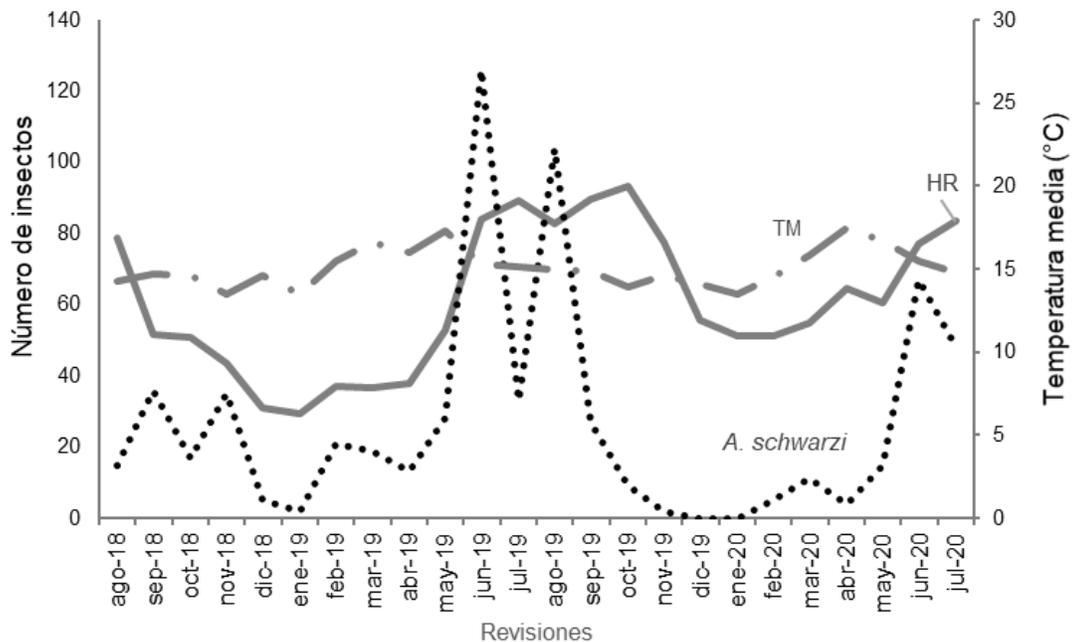


Figura 4. Fluctuación poblacional de *Araptus schwarzi* y su correlación con variables climáticas en huertos de aguacate Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. HR=Humedad relativa, TM=Temperatura media.

De acuerdo al índice de correlación de Spearman, la densidad poblacional de *C. flagellifer* y *C. detrimentosus* registraron una alta correlación positiva a variables climáticas, mientras que la fluctuación poblacional *X. volvulus* y *C. luridus* estadísticamente no se correlacionaron a las variables climáticas estudiadas.

La especie de escarabajos ambrosiales con mayor abundancia fue *C. flagellifer*, se recolectó durante todo el ciclo de monitoreo en los dos años, presentó un incremento poblacional en el periodo de lluvias, de agosto a septiembre en el 2018, de junio a

septiembre en el 2019, y de junio a julio del 2020 (Figura 5a). Periodos que corresponden a incremento en la humedad relativa y precipitación.

Las capturas de especímenes de *C. detrimmentosus* fueron más discretas y solo se registrarón ligeros incrementos en los meses de julio 2019; junio y julio del 2020 (Figura 5a).

Los registros de captura de *C. luridus* fueron de agosto de 2018 a abril de 2019, julio a agosto y diciembre del 2019, febrero y de junio a julio del 2020. La fluctuación poblacional no se correlaciono con las variables climáticas (Figura 5b y Cuadro 3). Se presentaron ligeros incrementos poblacionales en los meses de septiembre - octubre de 2018, enero 2019, agosto 2019 y junio - julio 2020.

En el presente estudio, la fluctuación poblacional registrada difiere de lo reportado por Pérez-De la Cruz et al. (2009b), quienes reportaron el incremento poblacional de especies ambrosiales en febrero-abril y septiembre-noviembre en plantaciones de Cacao en Tabasco.

Los picos máximos poblacionales de *C. flagellifer*, *C. detrimmentosus* y *C. luridus* registrados en esta investigación, contrastan con los resultados de Estrada et al. (2012) para el estado de Tabasco, quienes reportaron el incremento de las poblaciones de especies del género *Corthylus* en los meses de febrero y marzo.

Al igual que *C. flagellifer*, se registro la captura de *X. volvulus* en todo el ciclo de monitoreo (septiembre 2018 a julio 2020); a pesar de que estadísticamente su fluctuación poblacional no se correlaciono a las variables climáticas evaluadas, mostró ligeros

incrementos poblacionales en septiembre 2018, junio - agosto 2019 y noviembre 2019 (Figura 5b).

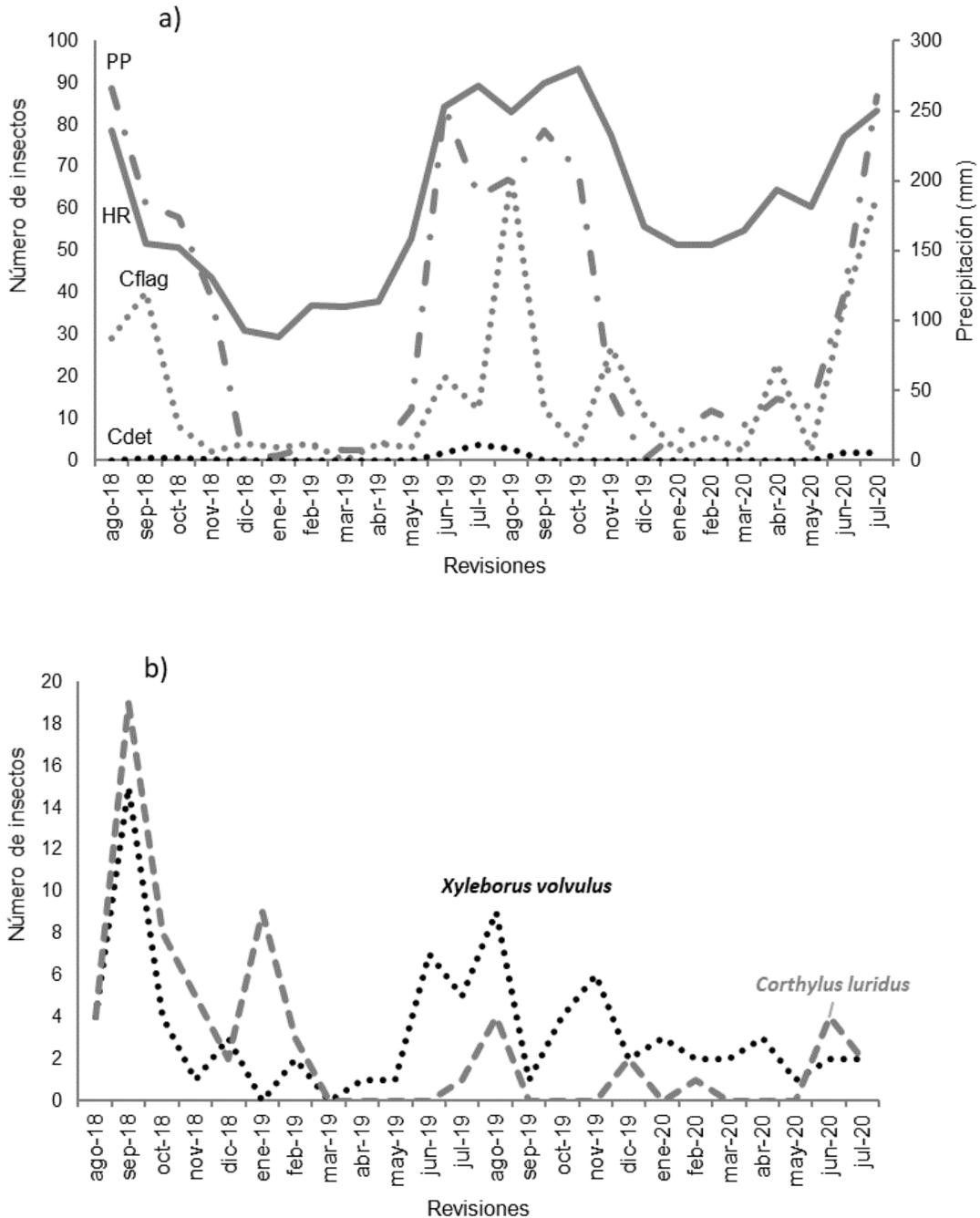


Figura 5. Fluctuación poblacional de escarabajos ambrosiales en huertos de aguacate Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. a) Especies con correlación con variables climáticas, b) Especies sin correlación con variables climáticas. Cflag=*Corthylus flagellifer*, Cdet=*Corthylus detrimmentosus*. HR=Humedad relativa, PP=Precipitación.

El 98% de *P. cristatus* se recolectaron en MM, su población se incrementó en los meses más secos, el mayor número de especímenes se colectó en marzo 2019, con 153 insectos capturados (86% del total en el área de estudio), en contraste con los meses más lluviosos y fríos en donde no se registró su presencia (Figura 6). Pico poblacional posterior a poda realizada en el predio y con abundancia de ramas secas, lo cual pudo asociarse al incremento poblacional considerando los hábitos reportados por Atkinson et al., (1986), quienes reportaron infestaciones de esta especie en ramas de aguacate de 1 a 10 cm de diámetro.

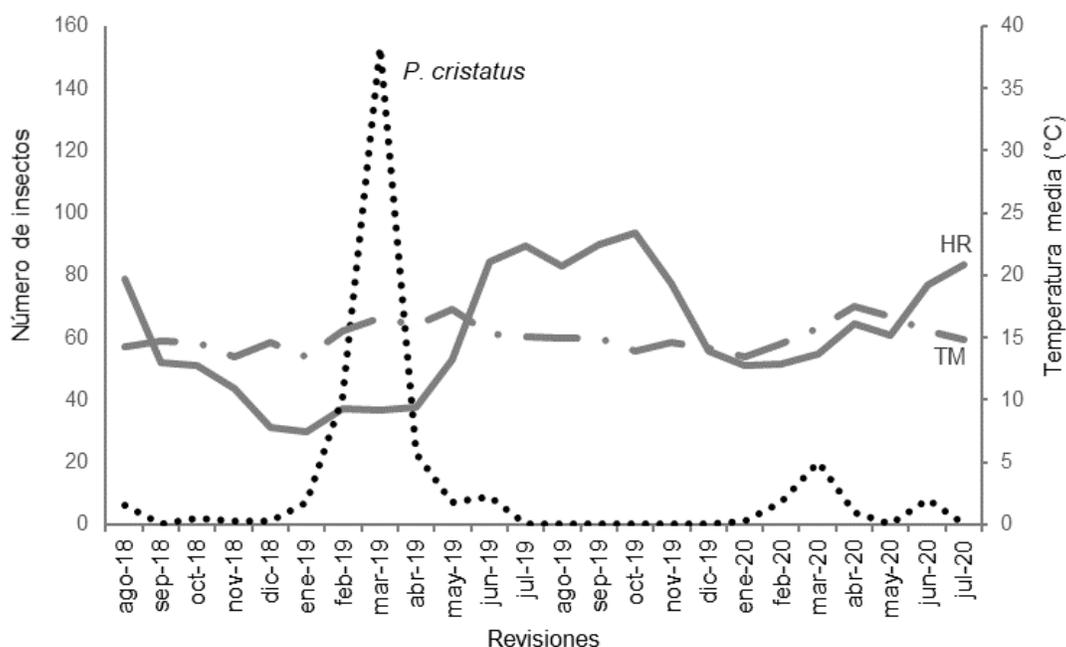


Figura 6. Fluctuación poblacional de *Phloeocleptus cristatus* y su correlación con variables climáticas en huertos de aguacate Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. HR=Humedad relativa, TM=Temperatura media.

Al igual que lo reportado por Estrada et al. (2021), la abundancia y riqueza específica de especies de Scolytinae en el área de estudio, presentaron una alta correlación positiva con la TM y la HR ( $P < 0.001$ ) (Cuadro 3). Patrón de relación que se mantiene en la especie más abundante que fue *A. schwarzi*; sin embargo, en las otras

especies la correlación fue diferente, por ejemplo, en especies con hábitos alimenticios xilomicetófagos se registró una alta correlación con la HR y la PP ( $P < 0.001$ ); mientras que la fluctuación poblacional del descortezador *P. cristatus* se correlacionó de manera positiva con la TM y correlación negativa respecto a la HR y la PP ( $P < 0.001$ ).

Resultados similares fueron reportados por Córdoba et al. (2021) para Argentina, quienes registraron correlación positiva entre especies de Scolytinae y la humedad relativa, precipitación y temperatura. En contraste a estos resultados, Rangel et al. (2012), reportaron que los picos poblacionales de especies de *Xyleborus* en Tabasco se correlacionaron con la temperatura media.

Cuadro 3. Coeficiente de correlación de Spearman ( $\rho$ ) de fluctuación poblacional de Scolytinae con la temperatura media, humedad relativa y precipitación.

| Variable                        | Temperatura<br>media (°C) |        | Humedad<br>Relativa (%) |        | Precipitación<br>(mm) |        |
|---------------------------------|---------------------------|--------|-------------------------|--------|-----------------------|--------|
|                                 | $\rho$                    | $P$    | $\rho$                  | $P$    | $Rho$                 | $P$    |
| Abundancia de                   |                           |        |                         |        |                       |        |
| Scolytinae                      | 0.11**                    | <0.001 | 0.14**                  | <0.001 | 0.28                  | 0      |
| Riqueza de especies             | 0.077*                    | 0.023  | 0.13**                  | <0.001 | 0.2793                | 0      |
| <i>Araptus schwarzi</i>         | 0.09**                    | 0.01   | 0.16**                  | <0.001 | 0.26                  | 0      |
| <i>Corthylus flagellifer</i>    | 0.03                      | 0.37   | 0.17**                  | <0.001 | 0.18**                | <0.001 |
| <i>Phloeocleptus cristatus</i>  | 0.16**                    | <0.001 | -0.12**                 | <0.001 | -0.1**                | 0.01   |
| <i>Xyleborus volvulus</i>       | -0.03                     | 0.45   | 0.04                    | 0.24   | 0.06                  | 0.07   |
| <i>Corthylus luridus</i>        | -0.06                     | 0.08   | -0.04                   | 0.19   | 0.03                  | 0.31   |
| <i>Corthylus detrimmentosus</i> | 0.03                      | 0.33   | 0.13**                  | <0.001 | 0.16**                | <0.001 |

Correlación: \* $\alpha = 0.05$ , \*\* $\alpha = 0.01$ .

## 2.6 CONCLUSIONES

En el monitoreo se recolectó un total de 1,714 individuos, de estos, las especies más abundantes correspondieron a *Araptus schwarzi* (37.5%), *Corthylus flagellifer* (22.5%), *Phloeocleptus cristatus* (16.9%), *Xyleborus volvulus* (4.6%), *Corthylus luridus* (3.7%) y *Corthylus detrimmentosus* (2.3%).

La abundancia y riqueza específica de escolítinos de acuerdo al coeficiente de correlación de Spearman ( $\rho$ ) se correlacionó de forma positiva con la humedad relativa y temperatura media, el pico poblacional se registró de junio a septiembre; la densidad poblacional descendió de noviembre a mayo en ambos años que corresponde a los meses más secos.

La especie más abundante *Araptus schwarzi*, se registró durante todo el año en San Martín el Salto y Chiltepec de Hidalgo, huertos en los que se observó abundancia de semillas y frutos en el suelo, lo cual pudiera asociarse a la abundancia poblacional de este escarabajo que contribuye a la degradación de semillas; incremento poblacional que se registró de junio a agosto en 2019 y 2020, y correspondió a incremento en la temperatura media y humedad relativa.

Las especies más abundantes de escarabajos ambrosiales *Corthylus flagellifer* y *Xyleborus volvulus* se recolectaron durante todo el ciclo de monitoreo; registraron un incremento poblacional en el periodo de lluvias de junio a septiembre en ambos años.

En contraste, *Corthylus detrimmentosus* y *Corthylus luridus* se recolectaron de forma esporádica de septiembre a noviembre en el ciclo 2018 y junio a agosto en el 2019 y 2020.

La fluctuación poblacional de los escarabajos ambrosiales *Corthylus flagellifer* y *Corthylus detrimmentosus* registraron una alta correlación con la humedad relativa y la precipitación. Las especies ambrosiales *Xyleborus volvulus* y *Corthylus luridus*, no registraron diferencia significativa respecto a la correlación con variables climáticas.

La fluctuación poblacional del descortezador *Phloeocleptus cristatus* se correlacionó de manera positiva con la temperatura media y correlación negativa respecto a la humedad relativa y la precipitación.

## CAPÍTULO III. ATRAYENTES QUÍMICOS EN UN SISTEMA DE TRAMPEO DE SCOLYTINAE EN HUERTOS DE AGUACATE

### 3.1 RESUMEN

Los escolítinos se encuentran ampliamente distribuidos en todo el mundo, su principal función es contribuir al equilibrio de los ecosistemas naturales, al participar en la descomposición de materia orgánica vegetal. Sin embargo, en la actualidad algunas especies de hábitos ambrosiales han tomado relevancia como plagas en el cultivo de aguacate al ser estas vectores de hongos fitopatógenos, responsables de causar enfermedades y muerte de plantas. Para conocer la respuesta de atracción de individuos de Scolytinae a diferentes atrayentes químicos, en el presente estudio se evaluaron atrayentes como el alfa-copaeno, querciverol, alfa-copaeno+querciverol y etanol, utilizando trampas de intersección tipo Lindgren de ocho embudos. Entre los resultados importantes se encontró que la prueba de Regresión Binomial Negativa (RBN) registró efecto significativo en la respuesta a las capturas de escolítinos a los diferentes tratamientos ( $P < 0.001$ ); el etanol y la combinación de alfa-copaeno+querciverol mostraron el mejor efecto de atracción de escolítinos, principalmente a especies de hábitos ambrosiales. Las especies más abundantes de escarabajos ambrosiales recolectadas *Corthylus flagellifer* Bladford y *Corthylus luridus* Blandford, respondieron de manera significativa al etanol; *Araptus schwarzi* Blackman registró mejor atracción al alfa-copaeno+quercieverol, alfa-copaeno y etanol ( $\alpha = 0.05$ ) y el mejor tratamiento para la atracción de *Phloeocleptus cristatus* Wood fue el tratamiento a base de alfa-copaeno+querciverol ( $\alpha = 0.01$ ). Por lo tanto, para implementar medidas preventivas contra escarabajos vectores de hongos fitopatógenos, se sugiere el monitoreo frecuente

en huertos de aguacate mediante el uso de trampas cebadas con etanol o la combinación de los atrayentes comerciales alfa-copaeno+querciverol.

### 3.2 ABSTRACT

Beetles of the subfamily Scolytinae are widely distributed throughout the world. Their main function is to contribute to the balance of natural ecosystems by participating in the generation of organic matter. However, currently some species of ambrosia beetles have become important in avocado cultivation as they are possible vectors of phytopathogenic fungi responsible for causing diseases associated with death of plants. In the present study to know the attraction response of Scolytinae individuals to different chemical attractants, treatments based on alpha-copaene, querciverol, alpha-copaene+querciverol and ethanol were evaluated, using intersection traps of the Lindgren type with eight funnels. Among the important results, it was found that the Negative Binomial Regression (NBR) test a significant effect on the response to treatments ( $P < 0.001$ ) was observed; ethanol and the combination of alpha-copaene+querciverol had the best effect in attracting Scolytinae, mainly ambrosia beetles. The most abundant species collected of ambrosia beetles, *Corthylus flagellifer* Bladford and *Corthylus luridus* Blandford, responded significantly to ethanol; *Araptus schwarzi* Blackman was attracted to alpha-copaene+querciverol, alpha-copaene and ethanol ( $\alpha = 0.05$ ) and the best treatment for the attraction of *Phloeocleptus cristatus* Wood was the treatment based on alpha-copaene+querciverol ( $\alpha = 0.01$ ). Therefore, to implement preventive measures against beetle vectors of phytopathogenic fungi, frequent monitoring in avocado orchards is suggested through the use of traps baited with ethanol or the combination of commercial attractants alpha-copaene+querciverol.

### 3.3 INTRODUCCIÓN

En México se tiene un registro de 1,041 especies de Scolytinae y es probable que el número sea mayor (Atkinson 2021). Las investigaciones realizadas en este grupo de insectos, se han enfocado principalmente a determinar su impacto como descortezadores de pinos en áreas naturales y con manejo silvícola. Algunos estudios sobre Scolytinae se han enfocado a conocer su asociación a agroecosistemas como la diversidad de especies en el cultivo de cacao (Pérez-de la Cruz et al. 2009a, b), en cultivo de aguacate (Estrada et al. 2021, Jacobo et al. 2021, Lázaro et al. 2020, Ángel et al. 2019), en plantaciones comerciales de higo (Velázquez 2020); así como, registros de infestación de *Xyleborus volvulus* Fabricius en árboles de mango (Castrejón et al. 2018) y daños de *Xylosandrus morigerus* Blandford en plantaciones de café (Barrera et al. 2002).

En los últimos años los escolítinos han tomado gran importancia en los agroecosistemas, particularmente las especies de hábitos alimenticios ambrosiales, considerando que especies de Scolytinae han afectado árboles sanos (Crane et al. 2020, Carrillo et al. 2012); además de ser vectores de hongos fitopatógenos que han causado la muerte de árboles en cuestión de semanas o meses (Mendel et al. 2012, Ploetz et al. 2011). En el mismo sentido, en México las especies nativas *X. volvulus*, *Xyleborus ferrugineus* Fabricius y *X. morigerus* Blandford, se han reportado causando daños en cultivo de cacao y son consideradas plagas de importancia en zonas tropicales (Pérez-de la Cruz et al. 2009b).

*Xyleborus glabratus* Eichhoff especie exótica no presente en México, tiene una asociación simbiótica con el hongo fitopatógeno *Raffaelea lauricola* (Harr, Fraedrich and Aghaye) (Harrington, Fraedrich y Aghayeva, 2008), esté último responsable de la muerte de especies de la familia Laureacea, incluyendo *Persea americana* Mill en Florida, EAU (Ploetz et al. 2011, Fraedrich et al. 2008, Harrington et al. 2008); según Carrillo et al. (2014), este hongo puede ser dispersado por especies nativas de escarabajos ambrosiales; como lo demuestra la recuperación del género *Raffaelea* en escarabajos nativos en el estado de Michoacán (Ángel et al. 2022). Asimismo, el escarabajo polífago *Euwallacea kuroshio* (Gomez and Hulcr) en asociación con sus hongos simbiotes, ha causado la muerte de ramas y árboles de diversas especies vegetales en California, EE.UU., incluyendo la muerte parcial de ramas de aguacate (Eskalen et al. 2012, Eskalen 2022). *E. kuroshio* ha sido reportada en Tijuana, Baja California, asociado a diversas especies vegetales como sauces, colorines, olmos, acacias, álamos, sicomoro y con el primer registro de asociación con *Casuarina cunninghamiana* Miq (Equihua et al. 2016a, García et al. 2016).

Para el monitoreo de Scolytinae, se recomienda el uso de trampas de intersección cebadas con diferentes tipos de atrayentes. El etanol se ha utilizado como atrayente universal en el monitoreo de escolítinos (Miller y Rabaglia 2009, Ranger et al. 2010, Wood 1982). Al respecto, Equihua (1988, 1992) mencionó que el etanol ha sido muy eficiente en la colecta de especies de Scolytinae, sobre todo en las especies de hábitos ambrosiales. También Falcón et al. (2018), recomendó al etanol para el monitoreo de escarabajos barrenadores y ambrosiales. Entre otros atrayentes que se han utilizado con éxito para el monitoreo de especies de escarabajos ambrosiales en huertos de aguacate

en Nayarit está el alcohol etílico (Estrada et al. 2021). Aunque, acorde a Cavaletto et al. (2021), es importante considerar la concentración de etanol y los hospedantes, ya que influyen en los nichos ecológicos de especies ambrosiales.

Otras alternativas para el monitoreo de Scolytinae, son el uso de aceites a base de phoebe y de manuka (Hanula y Sullivan 2008), ya disponibles de manera comercial. El aceite esencial de las semillas de piper cubeba, se ha utilizado para el monitoreo con potencial de atracción de especies de Scolytinae nativos y como lo mencionó Hanula et al. (2013), para el monitoreo de especies exóticas como *X. glabratus*; aunque; al respecto, Kendra et al. (2016, 2015) indicó que hasta el momento el compuesto alfa-copaeno al 50 % es el mejor atrayente para la atracción de esta especie.

Actualmente, para la detección temprana de la especie exótica *Euwallacea* sp. se utilizan atrayentes a base de querciverol, derivado de los registros de atracción reportados en monitoreo en California y Florida, EE.UU. (Dodge et al. 2017, Carrillo et al. 2015). Las combinaciones de atrayentes pueden tener efecto sinérgico, como lo mencionaron Kendra et al. (2017) y Owens et al. (2019), ya que al combinar los atrayentes alfa-copaeno+querciverol se incrementó el número de captura de la especie *E. kuroshio*, y se incrementó el periodo útil de los atrayentes químicos en campo (Owens et al. 2019).

Ambos atrayentes también han sido utilizados sin combinarse para el monitoreo de escarabajos nativos en huertos de aguacate e higo (Lázaro et al. 2019, Velázquez 2020) y de forma combinada (García et al. 2018).

Por el riesgo fitosanitario que representan las especies exóticas *X. glabratus* (sin reporte de detección en México) y *Euwallacea* sp. (*Euwallacea kurushio* con presencia restringida en Tijuana, Baja California), para la producción de aguacate Hass en México, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) tienen en operación un sistema de monitoreo, en el cual se usan atrayentes a base de alfa-copaeno y querciverol, para la detección oportuna de estas especies (SENASICA 2019c); sin embargo, el sistema de detección temprana se puede fortalecer, mediante la mejora de los atrayentes y así efficientar el monitoreo de especies nativas en áreas comerciales del cultivo de aguacate. Tomando en consideración esta información, el objetivo del presente estudio fue el de evaluar la capacidad de atracción de los atrayentes querciverol, alfa-copaeno, alfa-copaeno+querciverol y etanol en huertos de aguacate Hass en Coatepec Harinas, Estado de México.

### 3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló de agosto de 2018 a julio de 2020, en tres huertos de aguacate variedad Hass en el Municipio de Coatepec Harinas, Estado de México: 1) Meyuca de Morelos (MM) (18.86169°N, -099.78679°W; 1890 msnm), 2) San Martín el Salto (SMS) (18.95715°N, -099.79613°W, 2470 msnm) y 3) Chiltepec de Hidalgo (ChH) (18.91885°N, -099.83829°W; 2429 msnm). Se utilizaron trampas tipo Lindgren de ocho embudos, se cebaron con los tratamientos siguientes: T1=alfa-copaeno, T2=querciverol, T3=alfa-copaeno+querciverol y T4=etanol (96%), este último como testigo. Los dispositivos liberadores de los atrayentes querciverol y alfa-copaeno, tuvieron una tasa de liberación de  $15\mu\text{g d}^{-1}$  y  $1\text{mg d}^{-1}$ , respectivamente; el dispositivo del etanol consistió de tubos de polipropileno con capacidad de 45 mL, acondicionados con 3 orificios de 0.8mm de diámetro en la parte superior, con una tasa de liberación de  $0.49\text{ mL d}^{-1}$ .

Los tratamientos se asignaron de forma aleatoria utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar generalizado (DEBAG), con tres repeticiones, se colocaron 12 trampas por bloque y 36 en total. Las trampas se distribuyeron dentro de los predios a una distancia de 100 m entre estas, considerando como unidad experimental 50x50m y el recipiente colector a una altura de 1m sobre el nivel del suelo. Para la conservación de los insectos capturados en el depósito colector se adicionaron 250 mL de propilenglicol en cada revisión.

La revisión se realizó de forma mensual, el etanol se cambió en cada revisión, el alfa-copaeno y querciverol cada dos meses. Los insectos capturados se colocaron en frascos de plástico con capacidad de 20 mL con alcohol al 70%, para su traslado al

laboratorio de Entomología Forestal del Colegio de Postgrados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México.

La determinación taxonómica se realizó con ayuda de las claves dicotómicas propuestas por Wood (1982) y se cotejó con especímenes identificados de la colección de Entomología del Colegio de Postgraduados (CEAM) y se complementó con la información de Atkinson (2022) contenida en la página web: Bark and Ambrosia Beetles (<http://www.barkbeetles.info/about.php>). La corroboración de especies fue realizada por los Drs. A. Equihua-Martínez y T. H. Atkinson. El material se depositó en la Colección de Entomología CEAM.

Para la estimación de atracción de Scolytinae a los tratamientos utilizados se realizó un análisis estadístico, considerando las características de los datos y que en el estudio la variable respuesta fue el número de insectos recolectados, en donde los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza no se cumplieron, la presencia de varios registros en ceros en las revisiones y la media de los datos que resultó menor que la varianza; por lo que los datos se analizaron con el modelo de regresión binomial negativa (RBN). Para determinar la significancia entre los tratamientos se aplicó el modelo de regresión en pares, utilizando el software R (R Core Team 2022).

## 5.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio realizado en huertos de aguacate se capturaron 1,714 escoltinos, distribuidos en 22 géneros y 49 especies. Con base en el número total de insectos capturados, y de acuerdo a sus hábitos alimenticios, el número de insectos espermatófagos y xilomicetófagos fueron los más abundantes con 37.5% y 36.1%, respectivamente; seguidos de fleofagia con el 21.7%, y en capturas muy discretas los hábitos de xilofagia y mielofagia con el 2.7%. De los hábitos de fleofagia correspondió a una sola especie *Araptus schwarzi* Blackman, en xilomicetofagia los géneros más abundantes correspondieron a *Corthylus* Erichson, *Xyleborus* Eichhoff y *Monarthrum* Kirsch, que en suma representaron el 37% en relación a la captura total de individuos y al 98% de los insectos con hábitos xilomicetófagos capturados. Las especies más abundantes fueron *A. schwarzi*, *Corthylus flagellifer* Bladford, *Phloeocleptus cristatus* Wood, *X. volvulus*, *Corthylus luridus* Blandford y *Corthylus detrimmentosus* Schedl (Cuadro 4).

### **Efectividad de los atrayentes entre sitios de muestreo**

La prueba de RBN demostró que existe efecto de bloqueo con significancia en el número de insectos capturados entre los sitios ( $P < 0.001$ ), la captura más alta se registró en Meyuca de Morelos con el 51.40% de individuos en el área de estudio, con una captura promedio de 3.06 escoltinos por trampa, a diferencia de los otros dos sitios con capturas promedio estadísticamente iguales, Chiltepec Hidalgo con media de 1.37 y San Martín el Salto con 1.51; dicho efecto pudo deberse al manejo agronómico, edad de la plantación, y como lo menciona Wood (1982) a la disponibilidad de alimento,

determinado por la diversidad de hospedantes dentro de las unidades experimentales y sus alrededores.

Cuadro 4. Abundancia de especies de Scolytinae asociados a huertos de aguacate Hass.

| Especie   | Abundancia | %      |
|---|------------|--------|
| <i>Araptus schwarzi</i> Blackman, 1942            | 642        | 37.46  |
| <i>Corthylus flagellifer</i> Bladford, 1904       | 385        | 22.46  |
| <i>Phloeocleptus cristatus</i> Wood, 1981         | 290        | 16.92  |
| <i>Xyleborus volvulus</i> Fabricius, 1775         | 79         | 4.61   |
| <i>Corthylus luridus</i> Blandford, 1904          | 64         | 3.73   |
| <i>Corthylus detrimmentosus</i> Schedl, 1940      | 39         | 2.28   |
| <i>Cnesinus electinus</i> Wood, 1967              | 37         | 2.16   |
| <i>Scolytogenes jalapae</i> Letzner, 1844         | 17         | 0.99   |
| <i>Micracis unicornis</i> Wood, 1969              | 15         | 0.88   |
| <i>Pityophthorus obtusipennis</i> Blandford, 1904 | 15         | 0.88   |
| <i>Hylocurus dilutus</i> Wood, 1971               | 12         | 0.70   |
| <i>Araptus dentifrons</i> Wood, 1974              | 11         | 0.64   |
| <i>Hylocurus microcornis</i> Wood, 1969           | 11         | 0.64   |
| <i>Monarthrum quercicolens</i> Wood, 1967         | 11         | 0.64   |
| <i>Phloeotribus destructor</i> Wood, 1969         | 9          | 0.53   |
| <i>Xyleborus ferrugineus</i> Fabricius, 1801      | 9          | 0.53   |
| Otras especies                                    | 68         | 3.97   |
| Total   | 1,714      | 100.00 |

### Efectividad de los atrayentes en Scolytinae

El número de Scolytinae capturados con el tratamiento a base de alfa-copaeno+querciverol correspondió al 31.3%, con etanol el 30.5%, alfa-copaeno 26.5% y querciverol 11.7%; al aplicar la prueba de RBN se observó que el tipo de tratamiento o atrayente utilizado en el cebado de las trampas registró un efecto significativo en el número de escolítinos capturados en el área de estudio ( $P < 0.001$ ).

Al aplicar la prueba de regresión en pares, los tratamientos a base de alfa-copaeno, alfa-copaeno+querciverol y etanol, presentaron el mejor efecto de atracción

( $\alpha=0.05$ ), aunque entre éstos resultaron estadísticamente similares, con medias de captura 2.10, 2.48 y 2.42, respectivamente (Figura 7). El tratamiento a base de querciverol registró el menor efecto de atracción de escolítinos con media de 0.92; la falta de efectividad de este atrayente ya había sido registrada por Lázaro (2019) en un estudio realizado en huertos de aguacate Hass en Michoacán. Por otro lado, Miller y Rabaglia (2009), Ranger et al. (2010) y Wood (1982), registraron que el mejor atrayente para escolítinos es el etanol, además lo recomiendan, sobre todo, en los sistemas de trampeo. El efecto de atracción registrado en la combinación de los atrayentes comerciales corresponde al efecto sinérgico reportado por Kendra et al. (2017) y Owens et al. (2019).

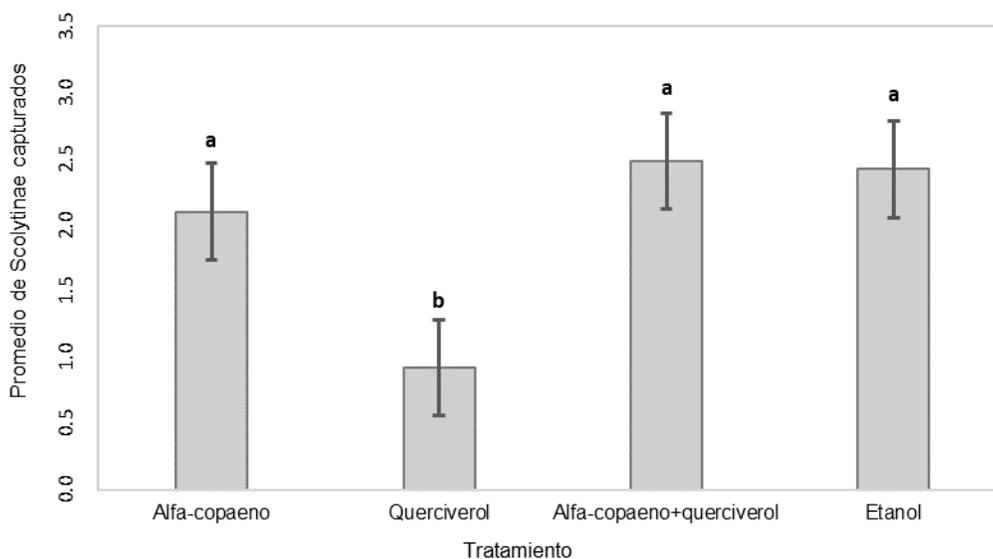


Figura 7. Respuesta de atracción de Scolytinae a trampas cebadas con atrayentes químicos. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ( $P<0.05$ ).

### **Efecto de los atrayentes con respecto a los hábitos alimenticios**

Considerando el hábito alimenticio y el número de insectos capturados, fue significativamente diferente de acuerdo al tipo de atrayente utilizado; como sucedió con

los escolítinos con hábitos xilomicetófagos, espermatófagos y fleófagos ( $P < 0.001$ ), no así para los insectos de hábitos mielófagos ( $P = 0.114$ ) y xilófagos ( $P = 0.122$ ).

Los tratamientos a base de etanol y alfa-copaeno+querciverol registraron las capturas de individuos más altas en los escolítinos con hábitos xilomicetófagos ( $\alpha = 0.05$ ), con medidas de 1.19 y 0.76, respectivamente (Figura 8). Estos resultados de atracción del presente estudio fueron similares a los publicados por Equihua (1988, 1992), Estrada et al. (2021) y Falcón et al. (2018) al utilizar el etanol como atrayente en muestreo de escolítinos.

Los atrayentes alfa-copaeno y querciverol, utilizados de forma individual registraron poca atracción de individuos con medias de captura de 0.51 y 0.39, respectivamente.

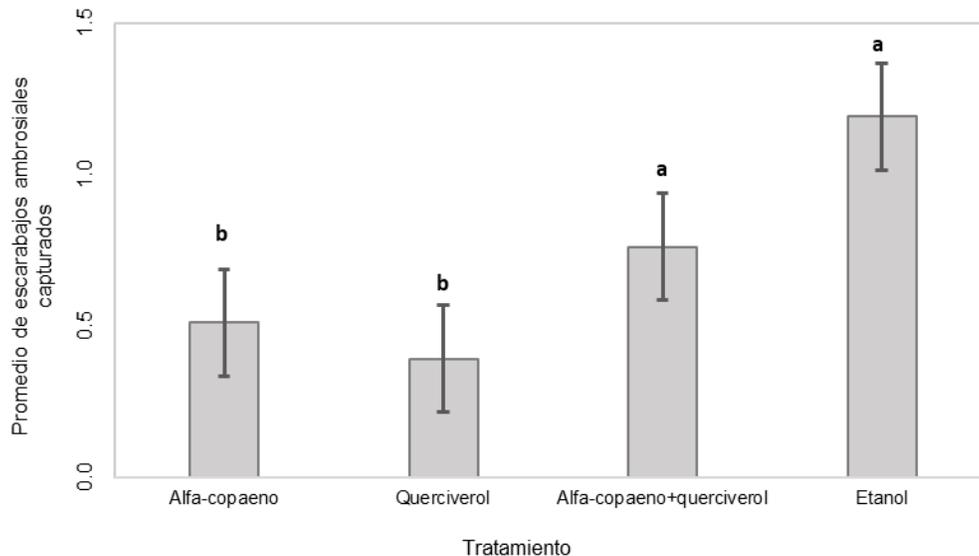


Figura 8. Respuesta de atracción de escarabajos ambrosiales a trampas cebadas con atrayentes químicos. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

## Efecto de los atrayentes en las especies de mayor abundancia

Al aplicar la prueba de RBN en los géneros de mayor abundancia con hábitos xilomicetófagos, el número de individuos del género *Corthylus* registró efecto de atracción significativo en respuesta de atracción al tipo de atrayente ( $P < 0.001$ ); en tanto que no se registró efecto significativo de atracción entre los tratamientos y el testigo en individuos de los géneros *Monarthrum* ( $P=0.2124$ ), *Gnathotrichus* ( $P=0.212$ ) y *Xyleborus* ( $P=0.4088$ ); resultados que se corroboraron al hacer pruebas individuales en las especies *X. ferrugineus* ( $P=0.3113$ ) y *X. volvulus* ( $P=0.1562$ ).

La abundancia en la captura de individuos en las especies *C. flagellifer* ( $P < 0.001$ ) y *C. luridus* ( $P=0.0025$ ), difirieron significativamente en respuesta al tipo de atrayente utilizado en el cebado de las trampas. La prueba de RBN en el número de individuos capturados de *C. flagellifer* ( $\alpha=0.05$ ) demostró que los mejores tratamientos fueron etanol y alfa-copaeno+querciverol, los cuales registraron el mayor número de insectos capturados (Figura 9). Resultados que corresponden a lo reportado por Kendra et al. (2017) y Owens et al. (2019), quienes mencionaron el efecto sinérgico al combinar alfa-copaeno+querciverol para incrementar la captura en algunas especies de Scolytinae como resultó con *E. kuroshio*, registros similares fueron reportados por Carrillo et al. (2015), al combinar etanol+querciverol.

En el presente estudio el alfa-copaeno y querciverol como tratamientos individuales registraron una atracción muy discreta.

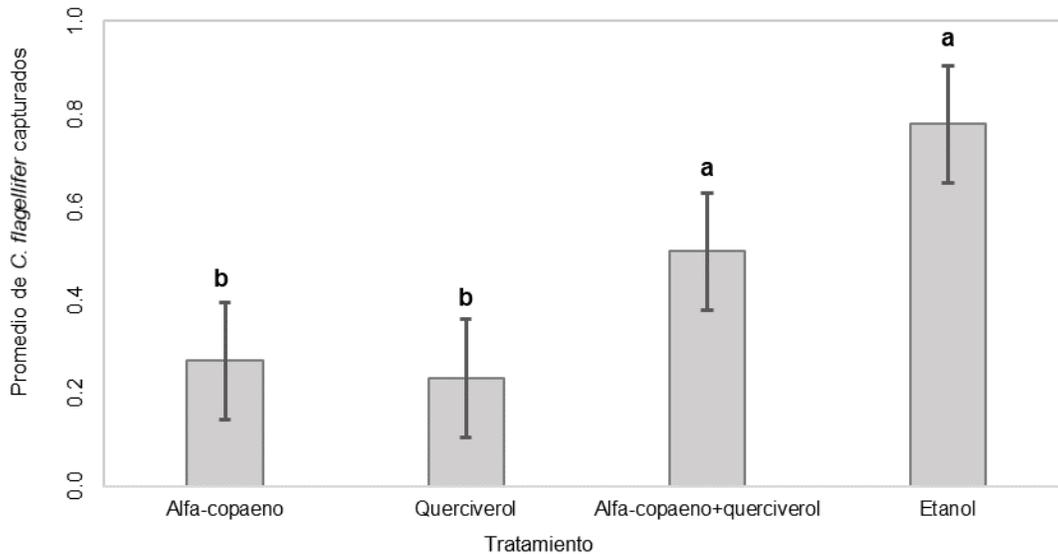


Figura 9. Respuesta de atracción de *Corthylus flagellifer* a trampas cebadas con atrayentes químicos. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

En el mismo sentido, la prueba de RBN demostró que el etanol fue el tratamiento que registró la captura más alta en el número de individuos recolectados de *C. luridus*, los otros tres tratamientos fueron estadísticamente similares al registrar el mismo efecto de atracción con capturas muy discretas (Figura 10). Estos resultados también corresponden a lo reportado por Falcón et al. (2018), quienes recomendaron el uso de etanol para el monitoreo de escarabajos barrenadores y ambrosiales. Los tratamientos no registraron efecto significativo de atracción en *C. detrimmentosus* ( $P=0.2562$ ), especie que ha sido reportada como recolectada en trampas cebadas con etanol (Atkinson 2022).

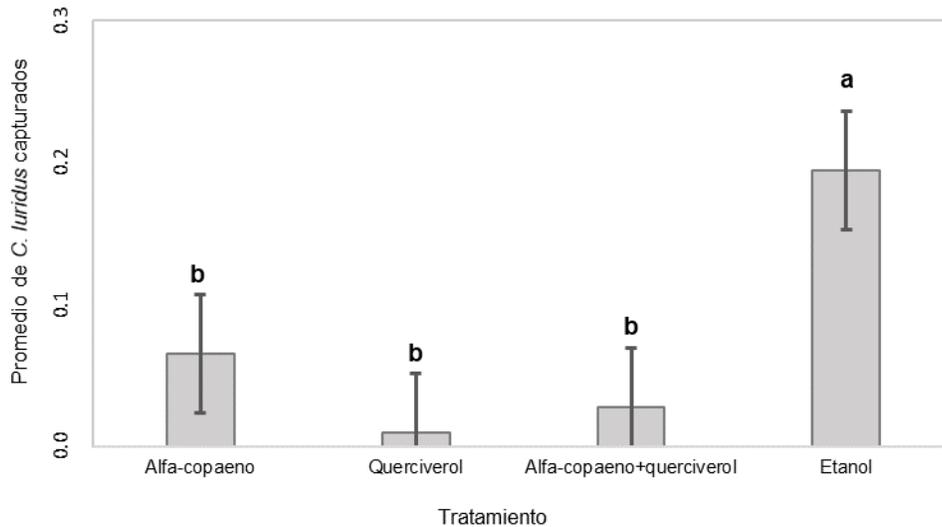


Figura 10. Respuesta de atracción de *Corthylus luridus* a trampas cebadas con atrayentes químicos. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

Al realizar la prueba de RBN para el número de individuos atraídos y recolectados de *A. schwarzi* (hábito espermatófago), el número de individuos capturados difirieron significativamente en respuesta al tipo de atrayente utilizado ( $P < 0.001$ ). Las capturas más altas la registraron los tratamientos a base de querciverol, alfa-copaeno+querciverol y etanol ( $\alpha = 0.05$ ), los cuales no difirieron significativamente entre sí (Figura 11).

Resultados muy similares fueron reportados por García et al. (2018) y Acevedo et al. (2015), al utilizar en combinación alfa-copaeno+querciverol como atrayentes, sus resultados indicaron que *A. schwarzi* fue la especie más atraída. En el presente estudio esta especie registró las capturas más altas en San Martín el Salto (404 individuos) y Chiltepec de Hidalgo (213 individuos capturados), lo que pudiera asociarse a la abundancia de fruta caída en el suelo en estos huertos; además, de que esta especie contribuye a la incorporación de nutrientes al alimentarse y establecerse en semillas caídas al suelo (Equihua et al. 2016b). El alfa-copaeno fue el tratamiento que registró la captura más baja de individuos.

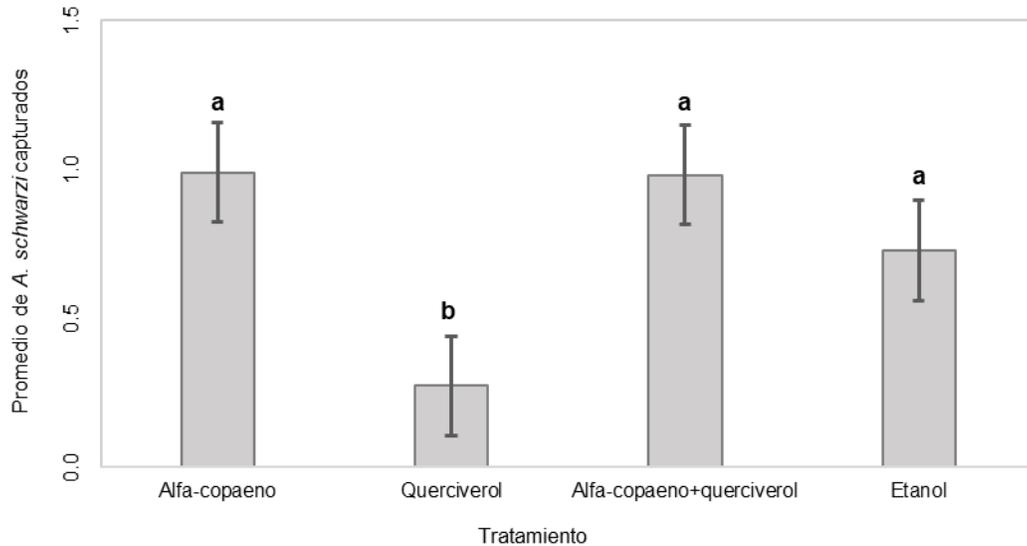


Figura 11. Respuesta de atracción de *Araptus schwarzi* a trampas cebadas con atrayentes químicos en huertos de aguacate. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

Finalmente, en la especie de mayor abundancia con hábitos alimenticios fleófagos *P. cristatus*, la prueba de RBN demostró que el tratamiento con mayor atracción fue a base de querciverol+alfa-copaeno (Figura 12), seguido de alfa-copaeno; mientras que, los tratamientos querciverol y etanol presentaron las menores capturas ( $\alpha = 0.05$ ).

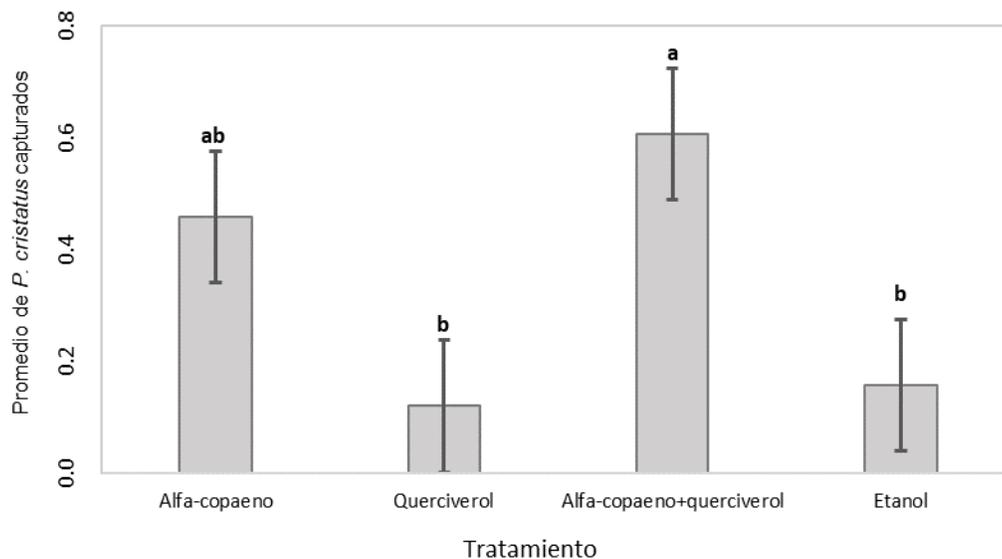


Figura 12. Respuesta de atracción de *Phloeocleptus cristatus* a trampas cebadas con atrayentes químicos. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

Las diferencias significativas de atracción de los tratamientos a base de etanol y alfa-copaeno+querciverol sobre el número de individuos capturados, sugieren su potencial uso para el monitoreo de Scolytinae, principalmente para especies de escarabajos con hábitos ambrosiales, como lo muestra el efecto significativo de atracción en los individuos de escarabajos con estos hábitos, como en *C. flagellifer*, *C. luridus*, *C. detrimmentosus* y *X. volvulus* (Cuadro 5), especies más abundante de dicho grupo en el área de estudio. El etanol resultó con el mejor efecto de atracción que el alfa-copaeno y el querciverol en los géneros *Monarthrum*, *Gnathotrichus* y *Xyleborus*.

Cuadro 5. Resultados de la prueba de Regresión Binomial Negativa en el efecto de atracción de los tratamientos.

| Variable                        | Prueba de RBN |          |          |          |          |          | Diferencia significativa entre tratamientos ( $\alpha=0.05$ ) |    |    |    |
|---------------------------------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|---|----|----|----|
|                                 | T1 vs T2      | T1 vs T3 | T1 vs T4 | T2 vs T3 | T2 vs T4 | T3 vs T4 | T1  | T2 | T3 | T4 |
| Abundancia Scolytinae           | ***           | 0.078    | 0.855    | ***      | ***      | 0.6262   | A   | B  | A  | A  |
| Escarabajos ambrosiales         | 0.919         | ***      | ***      | ***      | ***      | 0.766    | B   | B  | A  | A  |
| Escarabajos mielófagos          | ns            | ns       | ns       | ns       | ns       | ns       | A   | A  | A  | A  |
| Escarabajos xilófagos           | ns            | ns       | ns       | ns       | ns       | ns       | A   | A  | A  | A  |
| <i>Corthylus flagellifer</i>    | 0.4063        | **       | **       | *        | ***      | 0.235    | B   | B  | A  | A  |
| <i>Corthylus luridus</i>        | 0.2215        | ns       | *        | 0.5563   | ***      | *        | B   | B  | B  | A  |
| <i>Xyleborus volvulus</i>       | ns            | ns       | ns       | ns       | ns       | ns       | A   | A  | A  | A  |
| <i>Corthylus detrimmentosus</i> | ns            | ns       | ns       | ns       | ns       | ns       | A   | A  | A  | A  |
| <i>Araptus schwarzi</i>         | ***           | 0.4496   | 0.6442   | ***      | **       | 0.8782   | A   | B  | A  | A  |
| <i>Phloeocleptus cristatus</i>  | ns            | 0.1844   | 0.1248   | ***      | 0.4913   | **       | AB  | B  | A  | B  |

T1=alfa-copaeno, T2=querciverol, T3= alfa-copaeno+querciverol, T4=etanol (96%).

\* $\alpha=0.05$ , \*\* $\alpha=0.01$ , \*\*\* $\alpha=0.001$ , ns=no significativo.

Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes ( $P<0.05$ ).

### 3.6 CONCLUSIONES

Los tratamientos a base de etanol y alfa-copaeno+querciverol registraron las capturas más altas en las especies de escolítinos con hábitos ambrosiales; principalmente en la atracción de individuos de *Corthylus flagellifer*.

El mejor tratamiento en la atracción de individuos de *C. luridus* fue el etanol. Para las especies ambrosiales con menor captura *Xyleborus volvulus* y *Corthylus detrimmentosus* los cuatro tratamientos alfa-copaeno, querciverol, alfa-copaeno+querciverol registraron el mismo efecto de atracción.

Las capturas más altas de *Araptus schwarzi* fueron registradas por los tratamientos a base de querciverol, alfa-copaeno+querciverol y etanol.

El alfa-copaeno y querciverol como tratamientos individuales registraron una atracción muy discreta en escolítinos nativos.

El tratamiento alfa-copaeno+querciverol registro el número más alto de captura en *Phloeocleptus cristatus*.

El potencial de atracción registrado de etanol y alfa-copaeno+querciverol, sugieren su uso para el monitoreo de escarabajos ambrosiales nativos, para determinar su presencia de forma oportuna en huertos de aguacate.

El etanol, resultó ser una alternativa de uso en sistema de montioreo, considerando los resultados de atracción y su bajo costo, en comparación con el alto costo de los atrayentes comerciales.

## CONCLUSIONES GENERALES

En el presente estudio se reportaron 49 especies de escolítinos, de las cuales 27 especies son nuevos registros para el Estado de México. Los géneros *Xyleborus* y *Monarthrum* registraron la mayor riqueza específica y la mayor abundancia correspondió a *Araptus schwarzi* y *Corthylus flagellifer*.

Respecto a los hábitos alimenticios los escarabajos ambrosiales registraron la mayor riqueza con 22 especies (44.9%).

La abundancia y riqueza específica de escolítinos se correlacionó de forma positiva con la humedad relativa y temperatura media. El pico poblacional se registró de junio a septiembre y descendió de octubre a mayo que corresponde a los meses más secos en los dos años de monitoreo.

Las especies *Araptus schwarzi*, *Corthylus flagellifer* y *Xyleborus volvulus*, estuvieron presentes durante todo el año. *A. schwarzi*, se correlacionó de forma positiva con la temperatura media y la humedad relativa; mientras que, los escarabajos ambrosiales *C. flagellifer* y *Corthylus detrimmentosus* registraron una alta correlación con la humedad relativa y la precipitación, con incrementos poblacionales en el periodo de lluvias.

El potencial de atracción registrado de los tratamientos a base de etanol y alfa-copaeno+querciverol, sugieren su uso para el monitoreo de Scolytinae, en huertos de aguacate Hass, principalmente para especies de escarabajos con hábitos ambrosiales.

## LITERATURA CITADA

- Acevedo, R. N., H. E. Vega O., y C. de J. García A. 2015. Insectos asociados al monitoreo del escarabajo ambrosía del laurel (*Xyleborus glabratus* Eichhnoff) y al barrenador polífago (*Euwallacea* sp.) durante 2013 y 2014. *Entomología mexicana* 2: 352-357.
- Ángel R., M., P. P. Parra, S. Ochoa A., S. Fernández P., G. Vázquez M., A. Equihua M., A. F. Barrientos P., R. C. Ploetz, J. L. Konkol, J. R. Saucedo C., and R. Gazis. 2022. First look into the ambrosia beetle-fungus symbiosis present in commercial avocado orchards in Michoacán, Mexico. *Environ. Entomol.* 51: 385-396.
- Ángel R., M., S. Ochoa A., S. Fernández P., G. Vázquez M., A. Equihua M., A. F. Barrientos P., M. Correa A., y J. R. Saucedo C. 2019. Identificación de escarabajos ambrosiales (Coleoptera: Curculionidae) asociados a árboles de aguacate en Michoacán, México. *Folia Entomológica Mexicana* (n.s.) 5: 80-88.
- Atkinson, T. H. 2017. Familia Curculionidae: Subfamilia Scolytinae. In: Cibrián T., D., eds., *Fundamentos de entomología forestal*. CONACYT. P: 328-335.
- Atkinson, T. H. 2021. Bark and Ambrosia Beetles. [www.barkbeetles.info](http://www.barkbeetles.info). [https://www.barkbeetles.info/americas\\_index.php](https://www.barkbeetles.info/americas_index.php). Fecha de consulta octubre 2021.
- Atkinson, T. H. 2022. Bark and Ambrosia Beetles of the Americas. Fecha de consulta mayo 2022.
- Atkinson, T. H., and A. Equihua M. 1986a. Biology of the Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera) in a tropical deciduous forest at Chamela, Jalisco, Mexico. *Fla. Entomol.* 69: 303-310.
- Atkinson, T. H., and A. Equihua M. 1986b. Biology of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera) of a tropical rain forest in southeastern Mexico with an annotated checklist of species. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 79: 414-423.
- Atkinson, T. H., and L. A. Ibarra J. 2021. Corrections and additions to the checklist of bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae, Platypodinae) of mesic montane forest in Xalapa, Veracruz, Mexico. *Coleop. Bull.* 75: 227-239.
- Atkinson, T. H., E Saucedo C., E. Martínez F., y E. Burgos S. 1986. Coleópteros Scolytidae y Platypodidae asociados con las comunidades vegetales de clima templado y frío en el estado de Morelos, México. *Acta Zool. Mex.* (n.s.) 17: 1-58.
- Atkinson, T. H., y A. Equihua M. 1985. Lista comentada de los coleópteros Scolytidae y Platypodidae del Valle de México. *Folia Entomológica Mexicana* 65: 63-108.
- Bateman, C. and J. Hulcr. 2014. A guide to Florida's common bark and ambrosia beetles. UF/IFAS University of Florida. FOR 321:36.

- Barrera J. F., J. Herrera, F. Infante, y G. López. 2002. El Taladrador de las Ramas del café Robusta: La otra Broca del café. El Colegio de la Frontera Sur (Ed.), Tres plagas del café en Chiapas pp: 81-84.
- Burgos, S. A., and A. Equihua M. 2007. Platypodidae y Scolytidae (Coleoptera) de Jalisco, México. *Dugesiana* 14: 59-82.
- Carrillo, D., R. E. Duncan, and J. E. Peña. 2012. Ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) that breed in avocado wood in Florida. *Fla. Entomol.* 95: 573-579.
- Carrillo, D., R. E. Duncan, J. N. Ploetz, A. F. Campbell, R. C. Ploetz, and J. E. Peña. 2014. Lateral transfer of a phytopathogenic symbiont among native and exotic ambrosia beetles. *Plant Pathol.* 63: 54-62.
- Carrillo, D., T. Narvaez, A. A. Cossé, R. Stouthamer, and M. Cooperband. 2015. Attraction of *Euwallacea* nr. *fornicatus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) to lures containing quercivorol. *Fla. Entomol.* 98: 780-782.
- Castrejón, A. J. E., R. Montesinos M., N. Acevedo R, P. Tamez G., M. A. Ayala Z., A. M. Berlanga P., y H. C. Arredondo B. 2017. Especies de *Xyleborus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) asociados a huertos de aguacate en Colima, México. *Acta Zoo. Mex.* 33: 146-150.
- Castrejón, A. J. E., R. Montesinos M., P. Tamez G., L. T. Fuentes G., B. Laureano A., and H. C. Arredondo B. 2018. Infestation of *Xyleborus volvulus* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in *Mangifera indica* L. (Mangifera: Anacardiaceae) in Manzanillo, Colima. *Fla. Entomol.* 101: 676-679.
- Cavaletto, G., M. Faccoli, C. M. Ranger, and D. Rassati. 2021. Ambrosia beetle response to ethanol concentration and host tree species. *J. Appl. Entomol.* 145: 800-809.
- CONAGUA. 2021. Comisión Nacional del Agua. Servicio Meteorológico Nacional. Estaciones meteorológicas.
- Córdoba, S. P., E. A. Mendoza, T. H. Atkinson y M. V. Manzo. 2021. Diversidad y dinámica poblacional de Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) en plantaciones de palto y bosque natural circundante en el NW de Argentina. *Dugesiana* 28: 115-130.
- Crane J. H. and J. Peña. 2020. El Escarabajo Ambrosia (*Xyleborus glabratus*) del Laurel Rojo y el Hongo de la Marchitez del Laurel (*Raffaelea lauricola*): Un Problema Potencialmente Importante para los Aguacates en Florida. University of Florida. Fecha de consulta septiembre 2020. [http://miamidade.ifas.ufl.edu/pdfs/tropical\\_fruit/Escarabajo%20Ambrosia%20del%20Laurel%20Rojo.pdf](http://miamidade.ifas.ufl.edu/pdfs/tropical_fruit/Escarabajo%20Ambrosia%20del%20Laurel%20Rojo.pdf).
- Crane, J. H., D. Carrillo, E. A. Evans, R. Gazis, B. Schsffer, F. Ballen, and J. Wasielewski. 2020. Recomendaciones para el control y mitigación de la marchitez del laurel y

- sus vectores, los escarabajos ambrosia, en arboledas comerciales de aguacate en Florida. Publication #HS1360S. U. F.
- Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C. W. Robledo. 2020. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>.
- Díaz, R. A. G., A. Equihua M., A. Rodríguez R., J. Valdez C., O. L. Segura L., y T. H. Atkinson. 2016. Fluctuación de *Pityophthorus* Eichhoff (Curculionidae: Scolytinae) capturados en trampas cebadas con feromonas en el bosque de la primavera, Jalisco. Acta Zoo. Mex. (n.s) 32: 296-299.
- Dodge, C., J. Coolidge, M. Cooperband, A. Cossé, D. Carrillo, and R. Stouthamer. 2017. Quercivorol as a lure for the polyphagous and kuroshio shothole borer, *Euwallacea* spp. nr. *forficatus* (Coleoptera: Scolytinae), vectors of *Fusarium* dieback. PeerJ 5: 1-19.
- Equihua, M. A. 1988. Coleópteros Socolytidae atraídos a trampas NTP-80 en el área norte de la reserva de la biosfera "Sian Ka'An", Quintana Roo, México. Folia Entomológica Mexicana 74: 179-180.
- Equihua, M. A. 1992. Coleópteros Socolytidae atraídos a trampas NTP-80 en el Soconusco, Chiapas, México. Folia Entomológica Mexicana 84: 55-56.
- Equihua, M. A., E. G. Estrada V., F. J. Trujillo A., C. de J. García A., J. A. López B., A. Quezada S., I. Ruíz G., R. González G., J. M. Montiel C., J. Alvares C., B. Laureano A., and A. Plascencia G. 2016a. New host association between *Euwallaceae* sp. (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) and *Casuarina cunninghamiana* Miq. (Casuarinaceae) in Tijuana, Baja California, México. Folia Entomológica Mexicana (n.s.) 2: 20-21.
- Equihua, M. A., E. G. Estrada V., M. P. Chaires G., y J. A. Acuña S. 2016b. Comportamiento de *Araptus schwarzi* Blackman (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en semillas de aguacate (Hass) en diferentes estados de madurez. Folia Entomológica Mexicana (n.s.) 2: 33-38.
- Equihua, M. A., H. T. Atkinson, and E. Lott. 1984. Scolytidae y Platypodidae (Coleoptera) de la estación de Biología Chamela, Jalisco. Agrociencia 57: 179-193.
- Equihua, M. A., y Burgos S., A. 2002. Scolytidae. pp. 539-557. In: Llorente. B. J. & J. J. Morrone (Eds.). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento Vol. III. CONABIO-IBUNAM. México.
- Eskalen 2016. *Fusarium* Dieback/PSHB y KSHB distribution map. University of California, Riverside.
- Eskalen, A. 2022. Small Beetle, Big Problem. University of California, Riverside. <https://ucanr.edu/sites/pshb/> Accessed April 2022).

- Eskalen, A., A. González, D. H. Wang, M. Twizeyimana, and J. S. Mayorquin. 2012. First report of a *Fusarium* sp. and its vector tea shot hole borer (*Euwallacea* nr. *fornicatus*) causing *Fusarium* dieback on avocado in California. *Plant Dis.* 96: 1070.
- Estrada, P. N., M. Pérez-de la Cruz, y M. A. Hernández M. 2012. Fluctuación poblacional de *Corthylus* spp. (Coleoptera: Curculionidae) en Tabasco, México. *Boletín del museo de entomología de la Universidad del Valle.* 13: 16-24.
- Estrada, V. M. O., A. Burgos S., C. Ríos V., A. Falcón B., K. B. A. Däunert M., M. L. D. Bugarín P., L. Domínguez M., A. Robles B., and N. de Dios A. 2021. Bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae) associated with avocado in Nayarit, Mexico. *Int J Trop Insect Sci.* 42: 1547-1553.
- Falcón, B. A., M. Pérez-De La Cruz, E. E. Mata Z., A. De la Cruz P., S. Sánchez S., y C. M. Burelo R. 2018. Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) de Tabasco, México. *Acta Zoo. Mex. (n.s.)* 34: 1-10.
- Fraedrich, S. W., T. C. Harrington, R. J. Rabaglia, A. E. Mayfield, J. J. Hanula, J. M. Eickwort, and D. M. Miller. 2008. A fungal symbiont of the redbay ambrosia beetle causes a lethal wilt in redbay and other Lauraceae in the Southeastern United States. *Plant Dis.* 92: 215-224.
- Freeman, S., M. Sharon, M. Maymon, Z. Mendel, A. Protasov, T. Aoki, A. Eskalen and K. O'Donnell. 2013. *Fusarium euwallaceae* sp. nov. a symbiotic fungus of *Euwallacea* sp., an invasive ambrosia beetle in Israel and California. *Mycologia.* 105(6):1595-606.
- García, A. C. de J., F. J. Trujillo A, J. A. López B., R. González G., D. Carrillo, L. F. Cruz, I. Ruíz G., A. Quezada S., and N. Acevedo R. 2016. First report of *Euwallacea* nr. *fornicatus* (Coleoptera: Curculionidae) in Mexico. *Fla. Entomol.* 99: 555-556.
- García, G. J. F., C. de J. García A., N. Acevedo R. y S. Vergara P. 2018. Escarabajos (Curculionidae: Scolytinae) asociados a trampas en huertos de *Persea americana* Miller, 1768 en cuatro municipios de Michoacán. *Folia Entomológica Mexicana (n.s.)*. 5: 408-414.
- Gerónimo, T. J. del C., M. Pérez-de la Cruz, A. De la Cruz P. y M. Torres-de la Cruz. 2015. Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) asociado a manglares de Tabasco, México. *Rev. Colomb. Entomol.* 41: 257-261.
- Gomez, D. F., J. Skelton, M. S. Steininger, R. Stouthamer, P. Rugman-Jones, W. Sittichaya, R. J. Rabaglia, and J. Hulcr. 2018. Species within the *Euwallacea fornicatus* (Coleoptera: Curculionidae) complex revealed by morphometric and phylogenetic analyses. *Insect Systematics and Diversity* 2(6): 2, 1-11.
- Hammer, O., D. A. T. Harper, and P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electrónica* 4: 9-41.

- Hanula, J. L., and B. Sullivan. 2008. Manuka oil and phoebe oil are attractive baits for *Xyleborus glabratus* (Coleoptera: Scolytinae), the vector of laurel wilt. *Environ. Entomol.* 37: 1403-1409.
- Hanula, J. L., B. T. Sullivan, and D. Wakarchuk. 2013. Variation in manuka oil lure efficacy for capturing *Xyleborus glabratus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) and cubeb oil as an alternative attractant. *Environ. Entomol.* 42: 333-340.
- Hanula, J. L., M. D. Ulyshen, and S. Horn. 2011. Effect of Trap Type, Trap Position, Time of Year, and Beetle Density on Captures of the Redbay Ambrosia Beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Journal of Economic Entomology* 104 (2): 501-508.
- Harrington, T. C., S. W. Fraedrich, and D. N. Aghayeva. 2008. *Raffaelea lauricola*, a new ambrosia beetle symbiont and pathogen on the Lauracea. *Mycotaxon* 104: 399-404.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Coatepec Harinas, México.
- Jacobo, M. E. R., A. Robles B., O. J. Cambero C., J. M. Coronado B., N. Isiordia A., M. Campos F., and A. P. Robles N. 2021. Especies ambrosiales recolectadas por muestreo directo en aguacate, *Persea americana* Miller, en Nayarit, México. *Southwest Entomol.* 46: 1015-1020.
- Kendra, P. E., D. Owens, W. S. Montgomery, T. I. Narvaez, G. R. Bauchan, E. Q. Schnell, N. Tabanca, and D. Carrillo. 2017.  $\alpha$ -Copaene is an attractant, synergistic with quercivorol, for improved detection of *Euwallacea* nr. *forficatus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *PLoS one.* 12.
- Kendra, P. E., W. S. Montgomery, E. Q. Schnell, M. A. Deyrup, and N. D. Epsky. 2016. Efficacy of  $\alpha$ -Copaene, Cubeb, and Eucalyptol Lures for Detection of Redbay Ambrosia Beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *J. Econ. Entomol.* 109: 2428–2435.
- Kendra, P. E., W. S. Montgomery, M. A. Deyrup, and D. Wakarchuk. 2015. Improved lure for redbay ambrosia beetle developed by enrichment of  $\alpha$ -copaene content. *J. Pest Sci.* 89: 427-438.
- Lázaro, D. M. O. 2019. Monitoreo de Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) con atrayentes químicos en huertos de aguacate en Michoacán. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. P 1-76.
- Lázaro, D. M. O., A. Equihua M., J. Romero N., H. González H., D. Alvarado R., J. E. Macías S., A. Castañeda V., and T. H. Atkinson. 2020. Diversity of Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) at three sites in the central avocado-producing region of Michoacán, Mexico. *Coleop. Bull.* 74: 454-462.

- Macías, J. E. 2014. Ecología química de los escarabajos ambrosiales: Conocimiento y perspectivas para el manejo de especies exóticas. In: Memorias del Simposio Internacional Sobre Manejo y Control de Plagas Cuarentenarias en el aguacatero. Xalapa, Veracruz, México.
- Margalef, D. R. 1958. Information theory in ecology. *General Systems* 3: 36-71.
- Mendel, Z., A. Protasov, M. Sharon, A. Zveibil, S. Ben Y., K. O'Donnell, R. Rabaglia, M. Wysoki, and S. Freeman. 2012. An Asian ambrosia beetle *Euwallacea fornicatus* and its novel symbiotic fungus *Fusarium* sp. pose a serious threat to the Israeli avocado industry. *Phytoparasitica* 40: 235-238.
- Miller, D. R., and R. J. Rabaglia. 2009. Ethanol and (-)-alpha-Pinene: attractant kairomones for bark and ambrosia beetles in the southeastern US. *J. Chem. Ecol.* 35: 435-48.
- Owens, D., P. E. Kendra, N. Tabanca, T. I. Narváez, W. S. Montgomery, E. Q. Schnell, and D. Carrillo. 2019. Quantitative analysis of contents and volatile emissions from  $\alpha$ -copaene and quercivorol lures, and longevity for attraction of *Euwallacea* nr. *fornicatus* in Florida. *J. Pest Sci.* 92: 237-252.
- Pérez, S. M., A. Equihua M., E. Estrada V., A. L. Muñoz V., J. M. Valdez C., J. Sánchez E., y T. H. Atkinson. 2015. Sinopsis de especies mexicanas del Género *Xyleborus* Eichhoff, 1984 (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Acta Zoo. Mex.* (n.s.) 31: 239-250.
- Pérez, S. M., A. Equihua M., J. Romero N., O. L. Segura L., H. A. Thomas, J. A. López B., and E. R. Chamé V. 2020. New distribution and host plant records of Xyleborini (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Mexico. *Coleop. Bull.* 74: 860-868.
- Pérez-de la Cruz, M. M. A. Hernández M., A. De la Cruz P., y S. Sánchez S. 2016. Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) de dos áreas de conservación en Tabasco, México. *Rev. Biol. Trop.* 64(1): 319-326.
- Pérez-de la Cruz, M., A. Equihua M., J. Romero N., J. M. Valdez C., y A. De la Cruz P. 2009a. Claves para la identificación de escolítinos (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) asociados al agroecosistema cacao en el sur de México. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 10: 14-29.
- Pérez-de la Cruz, M., A. Equihua M., J. Romero N., S. Sánchez S., E. García L., y E. García L. 2009b. Diversidad, fluctuación poblacional y plantas hospedantes de escolítinos (Coleoptera: Curculionidae) asociados con el agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 80: 779-791.
- Pérez-de la Cruz, M., A. Equihua M., J. Romero N., S. Sánchez S., E. García L., y H. Bravo M. 2009c. Escolítidos (Coleoptera: Scolytidae) asociados al agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Neotrop. Entomol.* 38: 602-609.

- Pielou, E. C. 1969. An Introduction to Mathematical Ecology. Wiley-Interscience John Wiley and Sons.
- Ploetz, R. C., J. M. Pérez M, J. A. Smith, M. Hughes, T. J. Dreaden, S. A. Inch, and Y. Fu. 2011. Responses of avocado to laurel wilt, caused by *Raffaelea lauricola*. Plant Pathol. 61: 801-808.
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rangel, R., M. Pérez, S. Sánchez, y S. Capello. 2012. Fluctuación poblacional de *Xyleborus ferrugineus* y *X. affinis* (Coleoptera: Curculionidae) en ecosistemas de Tabasco, México. Rev. Biol. Trop. 60: 1577-1588.
- Ranger, C. M., M. E. Reding, A. B. Persad, and D. A. Herms. 2010. Ability of stress related volatiles to attract and induce attacks by *Xylosandrus germanus* and other ambrosia beetles. Agricultural Forestal Entomology 12: 177-185.
- Romero, N. J., S. Anaya R., A. Equihua M., y H. Mejía G. 1997. Lista de Scolytidae y Platypodidae de México (Insecta: Coleoptera). Acta Zoo. Mex. (n.s.) 70: 35-53.
- SENASICA. 2019a. Escarabajo ambrosia del laurel (*Xyleborus glabratus-Raffaelea lauricola*). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal-Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Fecha de la última actualización Ciudad de México. Ficha Técnica No 68. 18 p.
- SENASICA. 2019b. Complejo Escarabajo Barrenador Polífago (*Euwallacea* sp. – *Fusarium euwallaceae*). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal-Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Ciudad de México. Fecha de la última actualización: marzo de 2019. Ficha Técnica No 62. 20 p.
- SENASICA. 2019c. Manual Técnico Operativo. Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. SENASICA-DGSV. P 18. On-line: <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF#divVEF> (fecha de acceso abril 2022).
- SIAP. 2021. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consulta abril 2022. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- SIAVI. 2021. Sistema de Información Arancelaria Vía Internet. Secretaria de Economía. Consulta junio 2022. <http://www.economia-snci.gob.mx/>.
- Velázquez, M. A. 2020. Abundancia y fluctuación poblacional de escolítinos (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) asociados a higo en Ayala, Morelos, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. P 1-44.

Wood, S. L. 1982. The Bark and Ambrosia Beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a Taxonomic Monograph. The Greatbasin Naturalist Memoirs 6: 1-1359.