



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

PROGRAMA DE POSTGRADO EN FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

MONITOREO DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) CON ATRAYENTES QUÍMICOS EN HUERTOS DE AGUACATE EN MICHOACÁN

MARTHA OLIVIA LÁZARO DZUL

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

DOCTORA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2019

**CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y
DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION**

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, la que suscribe, "**MARTHA OLIVIA LÁZARO DZUL**", Alumna de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor, "**DR. ARMANDO EQUIHUA MARTÍNEZ**", por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis "**MONITOREO DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) CON ATRAYENTES QUÍMICOS EN HUERTOS DE AGUACATE EN MICHOACÁN**", y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registradas a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y la que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Texcoco. Edo. De México, enero de 2019.

MARTHA OLIVIA LÁZARO DZUL

Vo. Bo. Del Dr. ARMANDO EQUIHUA MARTÍNEZ

La presente tesis titulada: **Monitoreo de Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) con atrayentes químicos en huertos de aguacate en Michoacán**, realizada por la alumna: **Martha Olivia Lázaro Dzul** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

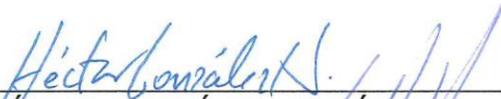
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO (A)



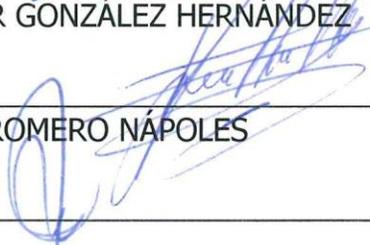
Dr. ARMANDO EQUIHUA MARTÍNEZ

ASESOR (A)



Dr. HÉCTOR GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

ASESOR (A)

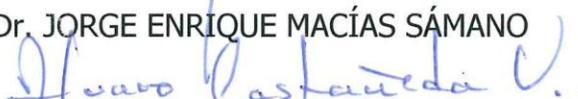


Dr. JESÚS ROMERO NÁPOLES

ASESOR (A)

Dr. JORGE ENRIQUE MACÍAS SÁMANO

ASESOR (A)



Dr. ALVARO CASTAÑEDA VILDÓZOLA

ASESOR (A)



Dr. DIONICIO ALVARADO ROSALES

Montecillo, Texcoco, Estado de México, enero de 2019.

MONITOREO DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) CON ATRAYENTES QUÍMICOS EN HUERTOS DE AGUACATE EN MICHOACÁN

Martha Olivia Lázaro Dzul, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2019

RESUMEN

En México, el aguacate (*Persea americana* Mill.), es un cultivo de importancia económica debido principalmente a las divisas que se generan por las exportaciones, además de su alto valor nutricional. El objetivo del presente trabajo fue probar diferentes atrayentes químicos en trampas para estimar la riqueza de Scolytinae locales y adicionalmente coadyuvar en la detección inicial de especies exóticas para el cultivo de aguacate en el país. El estudio se realizó en huertos de aguacate Hass de los municipios Nuevo San Juan Parangaricutiro (SJ), Uruapan (UR) y Ziracuaretiro (ZR), Michoacán, donde se realizaron 24 muestreos mensuales de julio 2016 a junio 2018. Los atrayentes evaluados fueron: alfa-copaeno, querciverol + etanol y etanol al 96%. Se colectaron en total 15,772 especímenes, pertenecientes a 72 especies, agrupadas en 33 géneros de Scolytinae. Los huertos con la mayor diversidad de especies de Scolytinae fueron UR y ZR, con 44 especies cada uno, mientras que, en SJ se registraron 31 especies. La especie *Corthylus praeustus* (Schedl) constituye un nuevo registro para México; además, 27 especies de Scolytinae son nuevos registros para el estado de Michoacán. La abundancia poblacional de Scolytinae fue mayor durante el primer año en SJ y UR, en contraste con ZR, en donde la mayor abundancia poblacional se obtuvo en el segundo año de estudio. Para los tres sitios, los picos máximos poblacionales coincidieron con los periodos de mayor precipitación pluvial y altos porcentajes de humedad relativa. El mayor número de capturas se obtuvo con el uso de querciverol + etanol (46.68%), seguido de etanol (43.81%) y finalmente alfa-copaeno (8.82%).

Palabras clave: Scolytinae, atrayentes, aguacate, diversidad

MONITORING OF SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) WITH CHEMICAL ATTRACTANTS IN AVOCADO ORCHARDS IN MICHOACÁN

Martha Olivia Lázaro Dzul, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2019

ABSTRACT

In Mexico, the avocado (*Persea americana* Mill.), is a crop of economic importance due mainly to exportations, in addition to its nutritional value. The objective of the present work was to the use of different chemical attractants in a trapping system, in order to estimate the richness of local Scolytinae and additionally contribute in the initial detection of exotic species for avocado orchards in Mexico. The study was conducted in commercial avocado orchards in the municipalities of Nuevo San Juan Parangaricutiro (SJ), Uruapan (UR) and Ziracuaretiro (ZR), Michoacán, where 24 monthly samplings were conducted from July 2016 to June 2018. The attractants evaluated were: alpha-copaene, querciverol + ethanol and ethanol 96%. A total of 15,772 specimens were recorded, belonging to 72 species, grouped in 33 genera of Scolytinae. The sites with the highest diversity of Scolytinae species were UR and ZR with 44 species each, while in SJ 31 species were recorded. It was found that the species *Corthylus praeustus* (Schedl) constitutes a new record for Mexico, and 27 species as new records of Scolytinae for the state of Michoacán. The population abundance of Scolytinae was greater during the first year in SJ and UR, in contrast to ZR, where the highest population abundance was obtained in the second year. For the three avocado orchards, the maximum population peaks coincided with the periods of higher rainfall and high percentages of relative humidity. The greatest number of captures was obtained with the use of querciverol + ethanol (46.68%), followed by ethanol (43.81%), and finally alpha-copaene (8.82%).

Key words: Scolytinae, attractants, avocado, diversity

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la vida por permitirme concluir esta hermosa etapa.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado para la realización de los estudios de doctorado, sin el cual no hubiera sido posible lograr este objetivo.

Al Colegio de Postgraduados por brindarme la oportunidad de realizar los estudios y facilitar las instalaciones para desarrollar el trabajo de laboratorio.

Al Dr. Armando Equihua Martínez por ser mi consejero, por la confianza que depositó en mí, sus enseñanzas, y todo el apoyo en las salidas de campo que fue fundamental para desarrollar la investigación.

Al Dr. Héctor González Hernández por sus valiosos comentarios en los manuscritos que ayudaron a mejorarlos, y por estar siempre en la mejor disponibilidad de apoyarme a lo largo de mi estancia en el postgrado de Fitosanidad.

Al Dr. Jesús Romero Nápoles por su tiempo y disponibilidad para asesorarme no solo en el ámbito profesional sino también en el personal.

Al Dr. Jorge E. Macías Sámano por sus valiosos comentarios y sugerencias a lo largo del desarrollo de la investigación.

Al Dr. Álvaro Castañeda Vildózola por todo su apoyo en la revisión de los manuscritos y disponibilidad de tiempo.

Al Dr. Dionicio Alvarado Rosales por su apoyo en la revisión de los manuscritos y facilitarnos el acceso a su laboratorio.

Al Dr. Thomas Atkinson, por sus enseñanzas y su valioso apoyo en la identificación taxonómica de los insectos y revisión de manuscritos.

Al Dr. Javier Suarez Espinoza por su apoyo en los análisis estadísticos.

A la Dra. Georgina Vargas Simón quien creyo en mi desde un inicio y me motivó a seguir estudiando, gracias por sus consejos y su valiosa amistad a lo largo de estos años.

A los ingenieros Cuauhtémoc Aceves Pacheco, Alejandro Anguiano Anguiano, al señor Israel Solís Velázquez, y al estudiante Tziri Aceves Martínez, por su amabilidad, por brindarnos todas las facilidades para acceder a los huertos y estar siempre en la mejor disposición de colaborar durante el desarrollo de la investigación, muchas gracias.

A Haidel Vargas Madríz por su valiosa ayuda en la elaboración de las trampas para la investigación.

A Mauricio Pérez Silva por su paciencia, tiempo y apoyo en la identificación taxonómica de los insectos.

A mis amigos Jesús Acuña, Yuridia Duran, Paúl García, Marco Salazar, Cipriana Morales, Emigidio Morales, Claudia Delgadillo, Estéfany Sandoval, por su amistad y hacer más grata mi estancia en el Colegio de Postgraduados.

Finalmente gracias a todas las personas que de alguna u otra manera me brindaron sus enseñanzas y apoyo durante mi paso por el Colegio de Postgraduados, mis más sinceras gracias.

DEDICATORIAS

A mis amados padres Carlos Lázaro Reyes y Maria del Rosario Dzul Tamay, por su amor y apoyo aun en la distancia.

A mis queridas hermanas Carla del Rosario, Nayely y a mi hermano Angel Geovani, por todo su cariño, por estar siempre dispuestos a escucharme y apoyarme y sobre todo por creer en mí.

A mis adorados sobrinos, quienes son mi motivación, Isis Noemi, Emilio y Emir, les dedico este trabajo con todo mi amor.

A Haidel Vargas Madríz por ser mi mejor amigo y compañero, por motivarme siempre a seguir preparándome e inculcarme el amor por la entomología, por tu invaluable cariño y demostrarme tu apoyo incondicional en todo momento durante esta importante etapa de mi vida.

CONTENIDO

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIAS.....	viii
LISTA DE CUADROS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
LITERATURA CITADA.....	3
CAPITULO I. DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN TRES SITIOS DE LA REGIÓN AGUACATERA CENTRAL DE MICHOACÁN, MÉXICO.....	8
1.1 RESUMEN.....	8
1.2 ABSTRACT.....	9
1.3 INTRODUCCIÓN.....	10
1.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
1.4.1 Ubicación y descripción del área de estudio.....	12
1.4.2 Sistema de trampeo.....	13
1.4.3 Identificación del material biológico.....	13
1.4.4 Evaluación de la diversidad.....	13
1.5 RESULTADOS.....	14
1.5.1 Escolitinos encontrados en el área de estudio.....	14
1.5.2 Análisis de la diversidad.....	18
1.6 DISCUSIÓN.....	19
1.6.1 Riqueza de especies de escolitinos en los tres agroecosistemas- aguacate.....	19
1.6.2 Diversidad de Scolytinae.....	21
1.7 CONCLUSIONES.....	22
1.8 LITERATURA CITADA.....	22
CAPITULO II. RESPUESTA DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) A DIFERENTES ATRAYENTES QUÍMICOS EN HUERTOS DE AGUACATE DE LA REGIÓN CENTRAL DE MICHOACÁN.....	28

2.1 RESUMEN	28
2.2 ABSTRACT	29
2.3. INTRODUCCIÓN	30
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS	32
2.4.1 Sitios de muestreo.	32
2.4.2 Sistema de trampeo.	32
2.4.3 Identificación del material biológico.	33
2.4.4 Análisis estadístico.	33
2.5 RESULTADOS.....	34
2.6 DISCUSIÓN.....	41
2.7 CONCLUSIONES.....	46
2.8 LITERATURA CITADA	47
CAPITULO III. FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN HUERTOS DE AGUACATE EN MICHOACÁN	54
3.1 RESUMEN	54
3.2 ABSTRACT	55
3.3 INTRODUCCIÓN	56
3.4 MATERIALES Y MÉTODOS	57
3.4.1 Sitios de muestreo.	57
3.4.2 Sistema de trampeo.	57
3.4.3 Identificación del material biológico.	58
3.4.4 Análisis de datos.	58
3.5 RESULTADOS.....	58
3.5.1 Correlación entre las variables climáticas y la abundancia de Scolytinae. 	66
3.6 DISCUSIÓN.....	69
3.7 CONCLUSIONES.....	72
3.8 LITERATURA CITADA	72

LISTA DE CUADROS

	Página
1.1. Riqueza y abundancia de Scolytinae colectados en trampas en huertos de aguacate en los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro (SJ), Uruapan (UR) y Ziracuaretiro (ZR), Michoacán, México.....	15
1.2. Efecto del bloque (altitud) en el número total de insectos colectados en tres huertos de aguacate en Michoacán, México.....	18
1.3. Comparación del número total de insectos colectados en tres huertos de aguacate localizados a diferente altitud en Michoacán, México.....	18
1.4. Índices de diversidad de Scolytinae colectados en los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro (SJ), Uruapan (UR) y Ziracuaretiro (ZR), Michoacán, México.....	19
1.5. Comparación de los índices de la diversidad de Scolytinae correspondientes a los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro (SJ), Uruapan (UR) y Ziracuaretiro (ZR), Michoacán, México.....	19
2.1. Número total de especies de Scolytinae colectados de julio 2016 – junio 2018 en trampas con diferentes atrayentes químicos en los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Uruapan y Ziracuaretiro, Michoacán, México.....	35
2.2. Captura promedio mensual de Scolytinae de julio 2016 a junio 2018, en trampas con diferentes atrayentes químicos en los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Uruapan y Ziracuaretiro, Michoacán, México.....	39
2.3. Captura promedio mensual de Scolytinae de julio 2016 a junio 2018, en trampas con diferentes atrayentes químicos en Nuevo San Juan	

Parangaricutiro, México.....	Michoacán,	
		39
2.4. Captura promedio mensual de Scolytinae de julio 2016 a junio 2018, en trampas con diferentes atrayentes químicos en Ziracuaretiro, Michoacán, México.....		40
2.5. Captura promedio mensual de Scolytinae de julio 2016 a junio 2018, en trampas con diferentes atrayentes químicos en Uruapan, Michoacán, México.....		40
2.6. Captura promedio mensual de la especie <i>A. schwarzi</i> durante julio 2016 – junio 2018 en trampas con atrayentes químicos en los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Uruapan y Ziracuaretiro, Michoacán, México.....		41
2.7. Captura promedio mensual de la especie <i>C. detrimentosus</i> durante julio 2016 – junio 2018 en trampas con atrayentes químicos en los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Uruapan y Ziracuaretiro, Michoacán, México.....		41
3.1. Abundancia de Scolytinae en huetos de aguacate cv. Hass de los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro (SJ), Uruapan (UR) y Ziracuaretiro (ZR), Michoacán durante 2016-2018.....		58
3.2. Correlación entre la precipitación pluvial acumulada, humedad relativa promedio, temperatura mínima (T _{mínima}) y abundancia mensual de Scolytinae, en los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro (SJ), Uruapan (UR) y Ziracuaretiro (ZR), Michoacán.....		69
3.3. Correlación entre la precipitación pluvial acumulada, humedad relativa promedio y abundancia mensual de especies ambrosiales, en los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro (SJ), Uruapan (UR) y Ziracuaretiro (ZR), Michoacán.....		69

LISTA DE FIGURAS

	Página
3.1. Fluctuación poblacional de Scolytinae en huerto de aguacate Hass “El Durazno 2”, municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.....	63
3.2. Fluctuación poblacional de las especies <i>Microcorthylus invalidus</i> , <i>Araptus schwarzi</i> y <i>Corthylus detrimmentosus</i> , en huerto de aguacate Hass “El Durazno 2”, municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.....	63
3.3. Fluctuación poblacional de Scolytinae en huerto de aguacate Hass “La Piedra China”, municipio de Uruapan, Michoacán.....	64
3.4. Fluctuación poblacional de las especies <i>Araptus schwarzi</i> y <i>Microcorthylus invalidus</i> , en huerto de aguacate Hass “La Piedra China”, municipio de Uruapan, Michoacán.....	65
3.5. Fluctuación poblacional de Scolytinae en huerto de aguacate Hass “La Ziranda”, municipio de Ziracuaretiro, Michoacán.....	66
3.6. Fluctuación poblacional de las especies <i>Premnobius cavipennis</i> , <i>Hypothenemus crudiae</i> y <i>Corthylus flagellifer</i> , en huerto de aguacate Hass “La Ziranda”, municipio de Ziracuaretiro, Michoacán.....	66
3.7. Precipitación pluvial acumulada mensual (mm) y humedad relativa promedio (%) durante 2016-2018 en Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.....	67
3.8. Precipitación pluvial acumulada mensual (mm) y humedad relativa promedio (%) durante 2016-2018 en Uruapan, Michoacán.....	68

3.9. Precipitación pluvial acumulada mensual (mm) y humedad relativa promedio (%) durante 2016-2018 en Ziracuaretiro, Michoacán..... 68

INTRODUCCIÓN GENERAL

En México, la familia Lauraceae se compone de un total de 132 especies, con 10 géneros *Aiouea*, *Beilschmiedia*, *Cassytha*, *Cinnamomum*, *Licaria*, *Litsea*, *Mocinnodaphne*, *Nectandra*, *Ocotea* y *Persea* (Loera, 2014). Dentro de este último género, una de las especies de mayor importancia económica en México, es el aguacate (*Persea americana* Mill.), debido principalmente a las divisas que se generan por las exportaciones, además de su alto valor nutritivo. Con una producción de 1,549,000 toneladas, México es líder en superficie sembrada y exportación de aguacate a nivel mundial. El estado de Michoacán es el mayor productor nacional de aguacate, al aportar 79% del total de la producción anual. Le siguen en orden de importancia los estados de México y Jalisco, con 5.9% y 5.5%, respectivamente (SIAP, 2018).

En el aguacate, se reportan varias especies de escarabajos de la subfamilia Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae). Dentro de los Scolytinae, y de acuerdo a sus hábitos de alimentación, el grupo más numeroso es el de los fleófagos o descortezadores. Estas especies se alimentan del floema de sus plantas hospedantes. El segundo grupo en orden de importancia, son los ambrosiales o xilomicetófagos, los cuales introducen y cultivan hongos ectosimbióticos que transportan en estructuras morfológicas especializadas. Tanto los adultos como las larvas de las especies ambrosiales se alimentan del hongo (ambrosia) que crecen en las paredes de sus túneles. Además de éstos dos grandes grupos, también hay especies que se especializan en la médula de ramas (mielófagos), madera (xilófagos), plantas herbáceas (herbífagos) y de semillas (espermatófagos) (Wood, 1982; Atkinson, 2017).

Asimismo, dentro de los Scolytinae existen especies que restringen su actividad reproductiva a una planta hospedante o a un número reducido de ellas, otras son altamente polífagas con preferencias para invadir árboles muertos, recién cortados o moribundos y algunos pueden colonizar árboles vivos, principalmente cuando son introducidas en nuevos hábitats (Wood, 1982; Rudinsky, 1962; Atkinson y Equihua, 1986).

En años recientes, la importancia de las especies de Scolytinae ha crecido por el impacto económico y ecológico que algunas especies del grupo ambrosiales, han tenido sobre varias especies arbóreas urbanas y sobre los cultivos de aguacate y otras Lauraceae, nativas en el sur de Estados Unidos, donde destacan el complejo ambrosial-hongo *Xyleborus glabratus*- *Raffaelea lauricola*. El hongo es causante de la marchitez del laurel, una enfermedad altamente letal en especies de la familia Lauraceae, incluyendo *P. americana* (Fraedrich et al., 2008; Harrington et al., 2008; Hanula et al., 2013). Además destacan las especies del complejo *Euwallacea* nr. *forficatus* y sus hongos asociados de los géneros *Fusarium*, *Graphium*, y *Acremonium*, los cuales también han ocasionado mortalidad en árboles de diversas familias botánicas, incluyendo especies de la familia Lauraceae como, el aguacate (Eskalen et al., 2012; Freeman et al., 2013; Carrillo et al., 2016; Lynch et al., 2016).

El hecho de que ciertas especies sean capaces de ocasionar la muerte de hospedantes silvestres y cultivables que parecen saludables, y que con frecuencia son taxonómicamente diferentes a la especie hospedante original, genera la necesidad de estudiar los procesos involucrados en la percepción química, la aceptación y colonización de nuevos hospedantes para generar información y proponer herramientas para su manejo (Macías, 2014). En este sentido, el monitoreo de especies de Scolytinae permite inferir su abundancia poblacional y además puede ser un procedimiento primordial para su manejo; además de permitir la detección inicial de especies exóticas que pudieran ser de riesgo para un cultivo específico.

Se ha documentado que el etanol es el atrayente estándar para el monitoreo de especies de Scolytinae, incluyendo especies del género *Xyleborus* (Montgomery y Wargo, 1983; Kelsey y Joseph, 1997; Miller y Rabaglia, 2009; Ranger et al., 2010; Rangel et al., 2012; Pérez et al., 2016). Sin embargo, se ha observado que el etanol no funciona como atrayente para *X. glabratus* (Hanula et al., 2008; Hanula et al., 2011). Carrillo et al. (2015) reportaron un efecto sinérgico al utilizar etanol en combinación con la feromona querciverol para la captura de la especie *E. nr. forficatus*. Mientras que, Dodge et al. (2017), documentaron una mayor respuesta en la captura del complejo *E. nr. forficatus*, al utilizar querciverol de manera individual en comparación con el uso de querciverol más

etanol. Otro atrayente que ha mostrado resultados satisfactorios para la captura de Scolytinae, es el compuesto kairomonal, alfa-copaeno, un sesquiterpeno presente en árboles de la familia Lauraceae (Niogret, 2011; Kendra et al., 2016). Kendra et al. (2011) mencionaron que las emisiones de alfa-copaeno, alfa-humuleno y beta-cariofileno se relacionan positivamente con la captura de *X. glabratus* en condiciones de campo. En estudios recientes, se ha señalado un efecto sinérgico en la atracción de *E. nr. fornicatus*, al utilizar alfa-copaeno en combinación con querciverol (Kendra et al., 2017).

Cabe señalar que, en México, el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal, estableció un sistema de monitoreo para especies de Scolytinae consideradas de importancia cuarentenaria, utilizando los compuestos atrayentes alfa-copaeno y querciverol, con lo cual se detectó en Tijuana, Baja California, a *E. nr. fornicatus* en el año 2015 (Equihua et al., 2016; García et al., 2016).

Considerando que la mayor diversidad de Scolytinae, principalmente de especies ambrosiales y descortezadores residen en los trópicos y sub-trópicos (Atkinson, 2014) y con el propósito de contribuir al conocimiento acerca de la diversidad de estas especies y sus interacciones mediadas por la señalización química en Lauraceae, particularmente en el agroecosistema aguacate, se realizó el presente trabajo con la finalidad de estudiar el efecto de diferentes atrayentes químicos en un sistema de trampeo para determinar la fauna nativa de Scolytinae asociados al agroecosistema aguacate. Lo anterior permitirá estimar la riqueza de Scolytinae locales y adicionalmente coadyuvar con este sistema de trampeo en la detección inicial de especies exóticas para el cultivo de aguacate en el país, permitiendo su manejo oportuno y evitando pérdidas en la industria del aguacate en México.

LITERATURA CITADA

Atkinson, T. H. 2014. Diversidad, Biogeografía y Ecología de Escarabajos Ambrosiales Mexicanos (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae, Scolytinae), pp. 49 In: Memorias del Simposio Internacional Sobre Manejo y Control de Plagas Cuarentenarias en el Aguacatero, 3-7 noviembre, Xalapa, Veracruz, México.

- Atkinson, T. H. 2017. Curculionidae: Scolytinae: Escarabajos Descortezadores y Escarabajos Ambrosiales, pp. 306–313 In: D. Cibrián (ed.) Fundamentos de Entomología Forestal. CONACYT, México.
- Atkinson, H. T. y A. Equihua. 1986. Biology of bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae and Platypodidae) of a tropical rain forest in southeastern Mexico with an annotated checklist of species. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 79:414-423.
- Carrillo, D., T. Narvaez, A. A. Cossé, R. Stouthamer, and M. Cooperband. 2015. Attraction of *Euwallacea* nr. *forficatus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) to lures containing Quercivorol. *Fla. Entomol.* 98: 780-782.
- Carrillo, D., L. F. Cruz, P. E. Kendra, T. I. Narvaez, W. S. Montgomery, A. Monterroso, C. De Grave, and M. F. Cooperband. 2016. Distribution, pest status and fungal associates of *Euwallacea* nr. *forficatus* in Florida avocado groves. *Insects* 7(4): 55.
- Dodge, C., J. Coolidge, M. Cooperband, A. Cossé, D. Carrillo, and R. Stouthamer. 2017. Quercivorol as a lure for the polyphagous and Kuroshio shot hole borers, *Euwallacea* spp. nr. *forficatus* (Coleoptera: Scolytinae), vectors of fusarium dieback. *PeerJ* 5: e3656.
- Equihua, A., E. G. Estrada, J. Trujillo, C. García, J. A. López, A. Quezada, I. Ruíz, R. González, J. M. Montiel, J. Álvarez, B. Laureano, y A. Plascencia. 2016. Nueva asociación entre *Euwallacea* sp. (Coleoptera: Curculionidae: Scolytidae) y *Casuarina cunninghamiana* Miq. (Casuarinaceae) en Tijuana, Baja California Norte, México. *Folia Entomol. Mex. (nueva serie)* 2: 20–21.
- 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. *forficatus*) causing *Fusarium* dieback on avocado in California. *Plant Dis.* 96: 1070.
- Fraedrich S. W., T. C. Harrington, R. J. Rabaglia, M. D. Ulyshen, A. E. Mayfield III, J. L. Hanula, J. M. Eickwort, and D. R. Miller. 2008. A fungal symbiont of the redbay ambrosia beetle causes a lethal wilt in redbay and other Lauraceae in southeastern USA. *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: 1595–1606.
- García, C. J., F. J. Trujillo, J. A. López, R. González, D. Carrillo, L. F. Cruz, I. Ruíz, A. Quezada, and N. Acevedo. 2016. First report of *Euwallacea* nr. *forficatus* (Coleoptera: Curculionidae) in Mexico. *Fla. Entomol.* 99: 555-556.
- Hanula, L. J., T. B. 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.
- Harrington T. C., S. W. Fraedrich, and D. N. Aghayeva. 2008. *Raffaelea lauricola*, a new ambrosia beetle symbiont and pathogen on the Lauraceae. *Mycotaxon* 104: 399–404.
- Kendra, E. P., W. S. Montgomery, J. Niogret, S. J. Sanchez, E. J. Peña, D. N. Epsky, and R.R. Heath. 2011. Attraction of Redbay Ambrosia Beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) to Avocado, Lychee, and Essential Oil Lures. *J. Chem. Ecol.* 37:932-942.
- Kendra, E. P., W. S. Montgomery, M. A. Deyrup, and D. Wakarchuk. 2016. Improved lure for redbay ambrosia beetle developed by enrichment of α -copaene content. *J. Pest Sci.* 89: 427-438.
- Kendra, E. P., D. Owens, W. S. Montgomery, T. I. Narvaez, G. R. Bauchan, E. Q. Schnell, N. Tabanca, and Daniel Carrillo. 2017. α -Copaene is an attractant, synergistic with quercivorol, for improved detection of *Euwallacea* nr. *forficatus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *PLoS ONE* 12(6): e0179416.
- Kelsey, R. G. and G. Joseph. 1997. Ambrosia beetle host selection among logs of Douglas fir, Western hemlock, and Western red cedar with different ethanol and α -pinene concentrations. *J. Chem. Ecol.* 23: 1035-1051.

- Loera, F. 2014. La Familia Lauraceae en México, pp.53 In: Memorias del Simposio Internacional Sobre Manejo y Control de Plagas Cuarentenarias en el aguacatero. 3-7 noviembre, Xalapa, Veracruz, México.
- Lynch, S.C., M. Twizeyimana, J. S. Mayorquin, D. H. Wang, F. Na, M. Kayim, M. T. Kasson, P. Q. Thu, C. Bateman, P. R. Jones, J. Hulcr, R. Stouthamer, and A. Eskalen. 2016. Identification, pathogenicity and abundance of *Paracremonium pembeum* sp. nov. and *Graphium euwallaceae* sp. nov.—two newly discovered mycangial associates of the polyphagous shot hole borer (*Euwallacea* sp.) in California. *Mycologia* 108: 313–329.
- Macías, J.E. 2014. Ecología química de los escarabajos ambrosiales: Conocimiento y perspectivas para el manejo de especies exóticas, pp. 22 In: Memorias del Simposio Internacional Sobre Manejo y Control de Plagas Cuarentenarias en el aguacatero. 3-7 noviembre, Xalapa, Veracruz, México.
- Miller D. R. and R. J. Rabaglia. 2009. Ethanol and (-)- α -pinene: Attractant kairomones for bark and ambrosia beetles in the southeastern U.S. *J. Chem. Ecol.* 35: 435–448.
- Montgomery, M. E. y P. M. Wargo. 1983. Ethanol and other host-derived volatiles as attractants to beetles that bore into hardwoods. *J. Chem. Ecol.* 9:181–90.
- Niogret, J., P. E. Kendra, N. D. Epsky, and R. R. Heath. 2011. Comparative analysis of terpenoid emissions from Florida host trees of the redbay ambrosia beetle, *Xyleborus glabratus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Fla. Entomol.* 94: 1010-1017.
- Pérez, M., M. A. Hernández, A. De la Cruz, y S. S. Soto. 2016. Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) de dos áreas de conservación en Tabasco, México. *Rev. Biol. Trop.* 64: 319-326.
- 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. *Agric. For. Entomol.* 12: 177–185.

Rudinsky, L. A. 1962. Ecology of Scolytidae. *Annu. Rev. Entomol.* 7:327-348.

SIAP (Sistema de Información Agrícola y pesquera). 2018. Boletín mensual de avance de la producción de aguacate. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/documentos/boletin-mensual-de-avances-de-la-produccion-de-aguacate-103935>. Consultado: 15 noviembre 2018.

Wood, S. L. 1982. The Bark and Ambrosia Beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. *Great Basin Nat. Mem.* No. 6.

CAPITULO I. DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN TRES SITIOS DE LA REGIÓN AGUACATERA CENTRAL DE MICHOACÁN, MÉXICO

1.1 RESUMEN

Se estimó la riqueza de Scolytinae en huertos de aguacate cv. Hass localizados a diferente altitud en tres municipios ubicados en la región central de la franja aguacatera del estado de Michoacán. El estudio se realizó de julio de 2016 a junio de 2017. Los insectos fueron capturados utilizando los compuestos alfa-copaeno y etanol, individualmente y la combinación querciverol + etanol, los cuales fueron colocados en trampas tipo botella. Se colectaron 9,444 especímenes de 62 especies, agrupadas en 29 géneros de escolítinos. Se encontró que la especie *Corthylus praeustus* (Schedl) constituye un nuevo registro para México, y 24 especies como nuevos registros para el estado de Michoacán. La mayor abundancia y menor diversidad de Scolytinae se obtuvo en Nuevo San Juan Parangaricutiro (27 especies) seguido de Uruapan (32 especies), y la menor abundancia, pero mayor diversidad se registró en Ziracuaretiro (40 especies). Las especies de Scolytinae más abundantes fueron *Microcorthylus invalidus* (Wood), *Araptus schwarzi* (Blackman), *Corthylus detrimmentosus* (Schedl) e *Hypothenemus crudiae* (Panzer) que en conjunto representaron el 72.47% de los especímenes recolectados. Los hábitos alimenticios que presentaron las especies recolectadas fueron xilomicetófago (41.66%), fleófago (31.66%), mielófago (11.66%), xilófago (11.66%) y espermatófago (3.33%).

Palabras clave: aguacate, escarabajos ambrosiales, trampas con atrayentes

1.2 ABSTRACT

The richness of Scolytinae was quantified in avocado (cv. Hass) orchards located at different altitudes in three municipalities in the central part of the avocado-producing belt of the Mexican state of Michoacán. The study was carried out from July 2016 to June 2017. The insects were captured using α -copaene and ethanol compounds, both individually and using a combination of querciverol + ethanol, which were placed in the bottle traps. A total of 9444 specimens of 62 species, groups in 29 genera of scolytids were collected. The species *Corthylus praeustus* (Schedl) constitutes a new record for Mexico, and 24 species were new records for the state of Michoacán. The highest abundance and lowest diversity of Scolytinae was found in Nuevo San Juan Parangaricutiro (27 species), followed by Uruapan (32 species), and the lowest abundance but highest diversity was found in Ziracuaretiro (40 species). The most abundant Scolytinae species were *Microcorthylus invalidus* (Wood), *Araptus schwarzi* (Blackman), *Corthylus detrimentosus* (Schedl) and *Hypothenemus crudiae* (Panzer) which together accounted for 72.47% of the specimens collected. The feeding habits of the species collected were xylomycetophagous (41.66%), phloephagus (31.66%), myelophagous (11.66%), xylophagous (11.66%) and spermatophagous (3.33%).

Key words: avocado, ambrosia beetles, traps with attractants

1.3 INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se han descrito 5,990 especies de Scolytinae (Wood y Brighth 1992a, b; Hulcr et al., 2015). Para México, se conocen 874 especies (Equihua y Burgos, 2002; Atkinson, 2017). La diversidad regional del país sobre reportes de Scolytinae es aún desconocida para la mayoría de los estados. Sin embargo, las entidades federativas mejor conocidas con reportes de Scolytinae son Veracruz, Oaxaca, Morelos, Jalisco, Chiapas y Puebla; de los estados medianamente conocidos se encuentran: Michoacán, Estado de México, Durango, Hidalgo y Nuevo León (Atkinson y Equihua, 1985a; Atkinson y Equihua, 1985b; Equihua y Burgos, 2002; Burgos y Equihua, 2007).

Los Scolytinae se desarrollan en una amplia variedad de árboles, arbustos, hierbas y lianas; según sus hábitos alimenticios existen especies fleófagas, xilófagas, xilomicetófagas, herbípagas, mielófagas y espermatófagas (Wood, 1982; Equihua y Burgos, 2002; Six, 2012). Muchos de estos escarabajos, son generalistas que atacan árboles recién cortados, moribundos o muertos y participan de manera importante en los procesos de reciclaje de nutrientes, al contribuir en la descomposición de madera (Rudinsky, 1962; Wood, 1982; Burgos y Equihua, 2007). Sin embargo, algunas especies de Scolytinae pueden convertirse en plagas, tanto de áreas agrícolas como forestales, particularmente cuando son introducidas o llegan a invadir nuevos sitios (Vega y Hoffstetter, 2015; Hulcr y Stelinski, 2017).

La importancia de este grupo de Scolytinae ha crecido por el impacto económico y ecológico que algunas especies, del grupo ambrosiales, han tenido sobre varias especies arbóreas urbanas y sobre los cultivos de aguacate (*Persea americana* Mill.) y otras lauráceas, nativas en el sur de Estados Unidos. Fraedrich et al. (2008) y Harrington et al. (2008) mencionan que el escarabajo ambrosial *Xyleborus glabratus* (Eichhoff) afecta al laurel rojo (*Persea borbonia* [L.] Spreng.), y es el vector del hongo fitopatógeno, *Raffaelea lauricola*, el cual ocasiona la marchitez del laurel, enfermedad altamente letal en especies de esta familia. Otras lauráceas afectadas por *X. glabratus* son, *P. palustris* [Raf.] Sarg. y *P. americana* Mill. (Hanula et al., 2013). Recientemente se ha documentado que los ambrosiales nativos que comúnmente se encuentran en los huertos, han aumentado considerablemente su potencial como vectores potenciales de microorganismos

patógenos exóticos (Carrillo et al., 2014). Por su parte Eskalen et al. (2012) señalan que el ambrosial *Euwallacea nr. fornicatus* (Eichhoff) transmite otros hongos fitopatogénicos como *Fusarium* spp., a árboles de aguacate, causando mortalidad de ramas y algunos árboles. Este último ambrosial exótico ya ha sido detectado en Tijuana, Baja California (García et al., 2016).

La necesidad de estudios dirigidos al conocimiento de las especies mexicanas de Scolytinae son relevantes y prioritarios, no únicamente por la mera diversidad biológica y su papel potencial como indicadores de la salud de los bosques (Gardner, 2010), sino también debido a la importancia e impacto ecológico y económico que representan las especies exóticas que ingresan al país, mismas que ya se monitorean con trampas cebadas con atrayentes, que a la par también capturan varias especies de Scolytinae nativos (SENASICA, 2018). En este sentido, recientemente se ha ampliado el conocimiento acerca de la diversidad de este grupo de insectos en México, entre ellos destacan los estudios sobre Scolytinae asociados al agroecosistema cacao, selvas y manglares en Tabasco (Pérez et al., 2009, 2015; Gerónimo et al., 2015); asimismo, se ha monitoreado los complejos de ambrosiales en algunos estados del país, por parte de la Dirección General de Sanidad Vegetal, SENASICA (Acevedo et al., 2015) e insectos del género *Xyleborus* asociados al aguacate (*P. americana*) en Colima (Castrejón et al., 2017).

Con base en lo anterior, se planeó realizar el presente trabajo, con el objetivo de estimar la riqueza de Scolytinae locales en huertos de aguacate localizados a diferente altitud en la región central de la franja aguacatera del estado de Michoacán.

1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1 Ubicación y descripción del área de estudio. El estudio se realizó de julio de 2016 a junio de 2017, en tres huertos de aguacate cv. Hass, localizados en la zona central del estado de Michoacán.

El huerto “El Durazno 2” se ubica en el municipio Nuevo San Juan Parangaricutiro (2,245 msnm, 19.2230 °N, 102.1416 °W), con una superficie de 25 ha y árboles de aproximadamente 35 años de edad. Este tiene clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano (INEGI 2009a). La vegetación asociada a este huerto de aguacate se conforma por bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de pino-oyamel y bosque mesófilo de montaña, en donde se mezclan árboles con alturas de 20 a 30 m (Medina et al. 2000, Bello et al. 2015). La vegetación de esta zona ha sufrido cambios desde el punto de vista florístico, siendo en general heterogénea, debido al aprovechamiento forestal del bosque (Martínez 1997, Medina et al. 2000). La comunidad vegetal en general presenta una distribución aproximada de 77% de pino, 12% de encino, 6% de oyamel y 5% de latifoliadas (Dirección Técnica Forestal de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán 1988). Asimismo, se encuentran algunos frutales como durazno (*Prunus persica* L.) y zarzamora silvestre (*Rubus ulmifolius*).

El huerto “La Piedra China” se localiza en el municipio de Uruapan (1,564 msnm, 19.21.19.2 °N, 102.0334 °W), con 3 ha y árboles de aproximadamente 30 años de edad. El clima predominante en este sitio es semicálido subhúmedo, con lluvias en verano, de humedad alta (INEGI 2009b). La vegetación aledaña se compone principalmente de bosque de pino-encino y bosque mesófilo de montaña (Villaseñor 2005). Además de frutales como cítricos (*Citrus* spp.), ciruela silvestre (*Spondias purpurea* L.) y níspero (*Eriobotrya japonica*).

El huerto “La Ziranda” se localiza en el municipio de Ziracuaretiro (1,304 msnm, 19.2400 °N, 101.5456 °W), con 3.5 ha y árboles de aproximadamente 10 años de edad. El clima predominante es cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (INEGI 2009c). Las especies asociadas al cultivo son características de bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio y matorral subtropical (Villaseñor 2005). Se

destacan también diversos frutales tales como nance (*Byrsonima crassifolia* L.), ciruelo (*Spondias purpurea*), mamey (*Pouteria sapota*), cítricos (*Citrus* spp.), mango (*Mangifera indica* L), papaya (*Carica papaya*) y guayaba (*Psidium guajava*).

En los tres sitios el uso de suelo incluye agricultura de subsistencia (maíz, chile, frijol), ganadería extensiva, huertos de aguacate y aprovechamiento de madera y resina en los bosques de pino (Fregoso et al. 2001, INEGI 2009 a, b, c).

1.4.2 Sistema de trampeo. Los atrayentes usados en las trampas para la captura de los insectos, incluyeron compuestos como el alfa-copaeno, etanol, y la combinación querciverol + etanol, cuya atracción ha sido comprobada tanto para ambrosiales nativos como exóticos (Macías, 2014; Kendra et al., 2014, 2016; Acevedo et al., 2015; Castrejón et al., 2017). Los compuestos se colocaron en trampas similares a las propuestas por Barrera et al. (2006); éstas se elaboraron a base de botellas de PET con capacidad de 2 L, con una abertura lateral de 11 x 10 cm y suspendidas al árbol con una cuerda; como líquido conservador se utilizó propilenglicol. En cada sitio de estudio se establecieron 12 trampas, que se colocaron a una altura de 1.5 m y distancia aproximada entre trampas de 50 m. El arreglo de trampas fue lineal, considerando las dimensiones de los huertos. La revisión de las trampas se realizó mensualmente de julio 2016 a junio de 2017 y los especímenes capturados se conservaron en alcohol al 70% para su posterior separación, conteo, montaje y determinación en el laboratorio.

1.4.3 Identificación del material biológico. La determinación taxonómica de los insectos se realizó mediante el uso de las claves propuestas por Wood (1982) y Rabaglia et al. (2006), además de comparaciones con material depositado en la colección de Insectos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México (CEAM). El material se encuentra depositado en la colección de insectos del CEAM.

1.4.4 Evaluación de la diversidad. Para comparar la diversidad de insectos de los tres sitios se utilizaron los índices de diversidad de Shannon-Wiener, que mide la estructura de la comunidad; el de la diversidad de Margalef, el cual está basado en la riqueza específica; y el índice de Pielou, el cual toma en cuenta la equidad de la comunidad (Magurran 1989, Moreno 2001), mediante el software Past (Hammer et al., 2001). Para evaluar el efecto de la altitud en la captura de insectos totales, se utilizó un diseño

experimental en bloques al azar generalizado, para lo cual los datos se analizaron mediante análisis de regresión Poisson con efectos aleatorios, donde el efecto fijo fue la altitud (altitud 1: 2,245 m; altitud 2: 1,564 m; altitud 3: 1,304 m) y el efecto aleatorio correspondió a las fechas de colecta (SAS, 2013).

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Escolitinos encontrados en el área de estudio. Se colectaron 9,444 especímenes de 62 especies, agrupadas en 29 géneros de escolítinos. Al cotejar esta información con los registros publicados por Wood (1982), Atkinson y Equihua (1985a, b), Bright y Skidmore (1997, 2002), Equihua y Burgos (2002), Pérez et al. (2015) y Atkinson (2018), se encontró que la especie *Corthylus praeustus* Schedl constituye un nuevo registro para México. Por otro lado, también se detectaron 24 especies como nuevos registros para el estado de Michoacán (Cuadro 1.1). Con estos nuevos reportes actualmente Michoacán cuenta con un total de 255 especies de Scolytinae. Del total de especies de Scolytinae colectado, el 35.48% ha sido reportado previamente como asociado al cultivo de aguacate, mientras que, el resto de las especies se reportan asociadas a bosques de pino-encino, selva baja, arbustos, semillas y áreas agrícolas.

Los géneros con mayor riqueza de especies fueron *Corthylus* (7) e *Hypothenemus* (6). Las especies *Microcorthylus invalidus* (29.51 %), *Araptus schwarzi* (26.09 %); *Corthylus detrimentosus* (11.68 %) e *Hypothenemus crudiae* (5.10 %), fueron las que en su conjunto presentaron la mayor abundancia (72.38 %) de los especímenes recolectados (Cuadro 1.1).

El huerto de Nuevo San Juan Parangaricutiro presentó la mayor abundancia de Scolytinae, con 5,180 especímenes, encontrándose diferencias significativas respecto a los otros dos sitios en relación al número total de individuos capturados (Cuadro 1.2 y 1.3), aunque con una menor diversidad de especies, con solo 27. Las especies más abundantes para esta zona fueron *M. invalidus*, *A. schwarzi* y *C. detrimentosus* con 2,448, 1,389 y 1,091 especímenes respectivamente, que en conjunto representaron el 52.18 % del total colectado.

En el huerto de Uruapan, se documentaron 32 especies de Scolytinae, con una abundancia de 2,181 especímenes; no se encontraron diferencias significativas en abundancia respecto a la localidad de Ziracuaretiro (Cuadro 1.3). Las especies dominantes en este huerto de Uruapan fueron *A. schwarzi*, *M. invalidus* e *Hypothenemus seriatus* con 1,021, 339 y 277 individuos, respectivamente, que en conjunto representaron el 17.33% del total de Scolytinae colectado.

En Ziracuaretiro se encontró la mayor diversidad de los huertos, con 40 especies, pero la menor abundancia con 2,083 ejemplares. Las especies más abundantes para este huerto fueron *Hypothenemus crudiae*, *Premnobius cavipennis* y *Corthylus flagellifer* con 427, 391 y 285 especímenes, respectivamente, lo que representó el 11.68% del total colectado.

Referente a los hábitos alimenticios para las especies detectadas, destacaron los hábitos xilomicetófago (41.66%), fleófago (31.66%), mielófago (11.66%), xilófago (11.66%) y espermatófago (3.33%) (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1. Riqueza y abundancia de Scolytinae colectados en trampas en huertos de aguacate en los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro (SJ), Uruapan (UR) y Ziracuaretiro (ZR), Michoacán, México.

Especies of Scolytinae	Número de especímenes				
	SJ	UR	ZR	HA	Total
<i>Ambrosiodmus rusticus</i> (Wood) ²	2	0	0	xm	2
<i>Araptus dentifrons</i> (Wood) ²	1	0	0	f	1
<i>Araptus schwarzi</i> (Blackman) ¹	1389	1021	54	es	2464
<i>Araptus</i> sp. nov.	68	2	0	f	70
<i>Cnesinus electinus</i> (Wood) ^{1,2}	0	10	4	m	14
<i>Cnesinus setulosus</i> (Blandford)	0	3	1	m	4
<i>Corthylocurus aguacatensis</i> (Schedl) ¹	86	56	136	xm	278
<i>Corthylus detrimentosus</i> (Schedl)	1091	10	2	xm	1103
<i>Corthylus flagellifer</i> (Blandford) ¹	6	163	285	xm	454
<i>Corthylus luridus</i> (Blandford) ²	1	0	0	xm	1

Especies of Scolytinae	Número de especímenes				
	SJ	UR	ZR	HA	Total
<i>Corthylus papulans</i> (Eichhoff) ¹	1	0	178	xm	179
<i>Corthylus petilus</i> (Wood)	1	0	0	xm	1
<i>Corthylus praeustus</i> (Schedl) ²	0	31	53	xm	84
<i>Corthylus</i> sp.	3	0	0	xm	3
<i>Cryptocarenum lepidus</i> (Wood) ²	0	0	2	m	2
<i>Cryptocarenum</i> sp.	0	2	0	m	2
<i>Dendrocranulus cucurbitae</i> (LeConte)	0	1	1	m	2
<i>Dendrocranulus declivis</i> (Schedl) ²	0	1	0	m	1
<i>Dendrocranulus</i> sp.	0	0	1	m	1
<i>Dendroterus mexicanus</i> (Blandford)	0	0	1	f	1
<i>Glochinoscerus gemellus</i> (Blandford) ^{1,2}	5	0	0	xm	5
<i>Gnathotrichus dentatus</i> (Wood)	1	0	0	xm	1
<i>Hylocurus dissidens</i> (Wood) ¹	0	15	23	x	38
<i>Hylocurus dilutus</i> (Wood)	0	1	2	x	3
<i>Hylocurus nodulus</i> (Wood) ²	0	0	1	x	1
<i>Hypothenemus areccae</i> (Hornung) ²	0	0	7	es	7
<i>Hypothenemus crudiae</i> (Panzer) ¹	0	55	427	f	482
<i>Hypothenemus eruditus</i> (Westwood) ¹	0	20	110	f	130
<i>Hypothenemus obscurus</i> (F.) ²	0	12	0	f	12
<i>Hypothenemus rotundicollis</i> (Eichhoff) ¹	0	1	143	m	144
<i>Hypothenemus seriatus</i> (Eichhoff) ¹	0	277	21	m	298
<i>Micracis detentus</i> (Wood) ²	0	60	32	x	92
<i>Micracis torus</i> (Wood) ²	0	21	1	x	22
<i>Micracis unicornis</i> (Wood) ¹	6	0	0	x	6
<i>Micracisella nitidula</i> (Wood) ¹	7	1	0	m	8
<i>Microcorthylus demissus</i> (Wood) ²	2	0	0	xm	2
<i>Microcorthylus invalidus</i> (Wood) ²	2448	339	0	xm	2787
<i>Monarthrum conversum</i> (Wood) ¹	2	7	1	xm	10
<i>Monarthrum desum</i> (Wood)	0	0	2	xm	2

Especies of Scolytinae	Número de especímenes				
	SJ	UR	ZR	HA	Total
<i>Monarthrum exornatum</i> (Schedl) ²	35	35	1	xm	71
<i>Monarthrum tuberculatum</i> (Wood)	7	0	1	xm	8
<i>Phloeocleptus atkinsoni</i> (Wood) ¹	3	0	0	f	3
<i>Phloeocleptus plagiatus</i> (Wood) ¹	2	13	1	f	16
<i>Phloeotribus opimus</i> (Wood) ²	0	0	1	f	1
<i>Pityoborus secundus</i> (Blackman)	1	0	0	f	1
<i>Pityophthorus attenuatus</i> (Blackman)	0	0	3	f	3
<i>Pityophthorus concinnus</i> (Wood) ²	0	0	2	f	2
<i>Pityophthorus obtusipennis</i> (Blandford)	0	1	0	f	1
<i>Pityophthorus sapineus</i> (Bright) ²	5	0	0	f	5
<i>Pycnarthrum hispidum</i> (Ferrari) ¹	0	0	3	f	3
<i>Premnobius cavipennis</i> (Eichhoff) ¹	1	12	391	xm	404
<i>Scolytodes clusiacolens</i> (Wood)	0	1	0	f	1
<i>Scolytogenes rusticus</i> (Wood)	5	0	1	f	6
<i>Scolytogenes truncis</i> (Wood) ²	0	0	1	f	1
<i>Stegomerus mexicanus</i> (Wood)	0	0	1	f	1
<i>Stegomerus pygmaeus</i> (Wood) ²	0	2	0	f	2
<i>Tricolus</i> sp.	1	0	0	xm	1
<i>Xyleborinus gracilis</i> (Eichhoff) ²	0	0	1	xm	1
<i>Xyleborus affinis</i> (Eichhoff) ¹	0	2	3	xm	5
<i>Xyleborus ferrugineus</i> (F.) ¹	0	5	0	xm	5
<i>Xyleborus palatus</i> (Wood) ²	0	0	1	xm	1
<i>Xyleborus volvulus</i> (F.) ¹	0	1	4	xm	5
<i>Xylosandrus curtulus</i> (Eichhoff) ²	0	0	180	xm	180
Número de especímenes	5,180	2,181	2,083		9,444
Número de especies	27	32	40		62

¹Especies reportadas previamente como asociadas al aguacate. ²Nuevos registros para Michoacán. HA= hábito alimenticio siguiendo la terminología de Wood (1982): f = fleófago; m = mielófago; xm = xilomicetófago; x = xilófago; es = espermátóforo.

Cuadro 1.2. Efecto del bloque (altitud) en el número total de insectos colectados en tres huertos de aguacate en Michoacán, México.

Prueba Tipo III para efectos fijos				
Efecto	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F (0.05)
Bloq	2	418	922.65	<.0001*

*Diferencia significativa con un $\alpha = 0.05$.

Cuadro 1.3. Comparación del número total de insectos colectados en tres huertos de aguacate localizados a diferente altitud en Michoacán, México.

Contraste	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F(0.05)
Altitud 1 vs. 2	1	418	1233.51	<.0001*
Altitud 1 vs. 3	1	418	1149.00	<.0001*
Altitud 2 vs. 3	1	418	2.25	0.1342

*Diferencia significativa con un $\alpha = 0.05$. Altitud 1: 2,245 m; Altitud 2: 1,564 m; Altitud 3: 1,304 m)

1.5.2 Análisis de la diversidad. La mayor diversidad (H') de los Scolytinae capturados en los sitios de estudio se obtuvo en Ziracuaretiro (H' :2.362; Dmg: 5.104), este índice es significativamente diferente al de los otros dos sitios. El segundo mayor índice de diversidad corresponde a Uruapan (H' : 1.86; Dmg: 4.03) y el mínimo fue en Nuevo San Juan Parangaricutiro (H' :1.28; Dmg: 3.04), en estas dos localidades, existieron diferencias significativas al compararlas entre sí (Cuadro 1.4 y 1.5). Un comportamiento similar se observó en el índice de equidad (J), el máximo valor lo obtuvo Ziracuaretiro (J: 0.64) y el menor Nuevo San Juan Parangaricutiro (J: 0.38) (Cuadro 1.5).

Cuadro 1.4. Índices de diversidad de Scolytinae colectados en los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro (SJ), Uruapan (UR) y Ziracuaretiro (ZR), Michoacán, México.

Municipio	Total de especímenes	Total de especies	Diversidad (H')	Equidad (J)	Diversidad (Dmg)
SJ	5180	27	1.282	0.3888	3.04
UR	2181	32	1.867	0.5388	4.032
ZR	2084	40	2.362	0.6403	5.104

Cuadro 1.5. Comparación de los índices de la diversidad de Scolytinae correspondientes a los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro (SJ), Uruapan (UR) y Ziracuaretiro (ZR), Michoacán, México.

Localidades	Valores de t 0.05 tabulados	Valores de t calculados	Grados de libertad
SJ-ZR	1.96	17.194*	5991.93
SJ-UR	1.96	22.316*	5543.29
ZR-UR	1.96	65.243*	3919.22

*Diferencia significativa

1.6 DISCUSIÓN

1.6.1 Riqueza de especies de escolitinos en los tres agroecosistemas-aguacate. La mayor riqueza de especies se encontró en los géneros *Corthylus* (7) e *Hypothenemus* (6), ésta se atribuye a la amplia distribución, alta tasa reproductiva y disponibilidad de plantas hospedantes que sustentan a las especies de ambos géneros (Wood 1982); como ejemplo, se puede indicar que de *Corthylus detrimentosus*, que fue una de las especies más abundantes, se registraron cuatro plantas hospederas (*Spondias purpurea*, *Alnus* sp., *Dodonea* sp. y *Arbutus* sp.) de cuatro familias distintas (Atkinson y Equihua, 1985a, b; Equihua y Burgos, 2002; Atkinson, 2018). Para el caso de *Microcorthylus invalidus*, otra de las especies abundantes, su planta hospedera es *Ardisia densiflora* (Myrsinaceae) misma que se registró en altas densidades en el área de estudio. En otros estudios realizados en México, aunque en diferentes

agroecosistemas también se reportó una amplia riqueza de especies para éstos géneros (Pérez et al., 2009, 2015).

En relación a las especies dominantes, los resultados encontrados para *A. schwarzi*, coinciden con lo reportado por Acevedo et al. (2015), quienes mencionaron que ésta es una de las especies colectada con mayor frecuencia y abundancia en el sistema de monitoreo para detección de escarabajos ambrosiales exóticos asociados al cultivo de aguacate; esto se debe precisamente a que ésta es de hábitos espermatófagos (principalmente de frutos caídos de aguacate) y seguramente se encuentra participando de manera dinámica en el reciclaje de nutrientes, al establecerse en las semillas abandonadas (Atkinson y Equihua, 1985c; Equihua et al., 2016), por lo que actualmente no se considera una especie de interés económico.

En el caso de la especie *Hypothenemus crudiae*, su mayor distribución y abundancia se ha reportado en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo (Bright y Skidmore, 1997, 2002), lo cual concuerda con lo registrado en este estudio, ya que la mayor abundancia de esta especie se presentó en el municipio de Ziracuaretiro, donde además se documentaron cinco plantas hospederas pertenecientes a tres familias distintas Betulaceae, Bombacaceae, Burseraceae, Caricaceae, Convolvulaceae, Fagaceae, Moraceae, Myrtaceae y Sapotaceae (Atkinson y Equihua, 1985a, b; Equihua y Burgos, 2002; Atkinson, 2018).

Al respecto, Wood y Bright (1992a, b) indicaron que la distribución geográfica de los escolítinos en México es sumamente amplia, prácticamente desde el nivel del mar, hasta los 4,000 m de altitud y un 65% de los géneros de escolítinos presentes en México son de afinidad neotropical.

Se observó que en los huertos de Nuevo San Juan Parangaricutiro y Uruapan se presentaron especies dominantes en común, lo cual en parte puede estar determinado por las condiciones de clima y vegetación similares, ya que en ambos sitios la vegetación asociada se compone principalmente de bosque de pino-encino y bosque mesófilo de montaña (Medina et al., 2000; Villaseñor, 2005; Bello et al., 2015). Aunado a esto, la edad de los árboles en los huertos de aguacate es más o menos similar (aproximadamente de 30-35 años), con lo cual comparten más características. En

contraste con Ziracuaretiro, cuyo clima y vegetación asociada predominante es de bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio y matorral subtropical, además de que en este sitio, los árboles de aguacate son de menor edad (cerca de 10 años), aunque existe mayor diversidad vegetal (Villaseñor, 2005). Cabe resaltar que en Michoacán, las comunidades vegetales de bosque tropical caducifolio y bosque tropical subcaducifolio en conjunto, albergan alrededor de 907 especies de árboles; mientras que, el bosque mesófilo de montaña y bosque de encinos en conjunto, alojan 627 especies arbóreas (Cue et al., 2006), lo anterior contribuye a explicar la mayor diversidad de Scolytinae encontrada en Ziracuaretiro (un total de 40 especies, pertenecientes a 21 géneros) dada la mayor diversificación vegetal existente alrededor del cultivo de aguacate. Además, Ziracuaretiro, presentó la mayor diversidad de plantas hospedantes potenciales de las especies de Scolytinae dentro del agroecosistema.

Rudinsky (1962), Wood (1982) y Pérez et al. (2009) mencionaron que la diversificación vegetal, disponibilidad de alimento (hospedantes en condiciones ideales para el desarrollo de sus hongos asociados), competidores, temperatura y humedad, pueden influir en la distribución y abundancia de los Scolytinae en un sitio determinado.

1.6.2 Diversidad de Scolytinae. Finalmente, los resultados sobre diversidad en este estudio, coinciden con lo reportado en México por Pérez et al. (2009, 2015), quienes reportaron valores similares de diversidad de Scolytinae para el agroecosistema cacao (H: 2.45; Dmg: 4.83; J: 0.67) y selvas de Tabasco (H: 2.57; J: 0.69). Cabe señalar que tanto el agroecosistema cacao como algunos relictos de selva, comparten algunas especies vegetales con Ziracuaretiro. Otro aspecto que vale la pena mencionar es sobre el índice de diversidad de Shannon-Wiener, ya que al combinar riqueza con uniformidad (Moreno, 2001), éste indicó que el huerto de Ziracuaretiro presentó una mayor uniformidad en la distribución de las especies de Scolytinae que la componen.

1.7 CONCLUSIONES

En la zona central de la franja aguacatera de Michoacán, se colectaron 62 especies de escolítinos pertenecientes a 29 géneros, 24 especies constituyen nuevos registros para el Estado de Michoacán. Del total de especies el 35.48% ha sido reportado previamente como asociado a aguacate.

La mayor abundancia y menor diversidad de Scolytinae se obtuvo en Nuevo San Juan Parangaricutiro, localizado a una altitud de 2,245 msnm y la menor abundancia, pero mayor diversidad se tuvo en Ziracuaretiro, localizado a 1,304 msnm.

Las especies de Scolytinae más abundantes fueron *Microcorthylus invalidus*, *Araptus schwarzi* (Nuevo San Juan Parangaricutiro y Uruapan), *Corthylus detrimmentosus* (Nuevo San Juan) e *Hypothenemus crudiae* (Ziracuaretiro) que en conjunto representaron el 72.47% de los especímenes recolectados.

Los hábitos alimenticios de las especies recolectadas fueron xilomicetófago (41.66%), fleófago (31.66%), mielófago (11.66%), xilófago (11.66%) y espermatófago (3.33%).

De acuerdo con los índices de Shannon-Wiener (H') y Margalef (Dmg) la mayor diversidad en especies de Scolytinae se obtuvo en el municipio de Ziracuaretiro y la menor diversidad en Nuevo San Juan Parangaricutiro.

1.8 LITERATURA CITADA

- Acevedo, R. N., H. E. Vega, y C.J. García. 2015. Insects associated to monitoring The Redbay Ambrosia Beetle (*Xyleborus glabratus* Eichhnoff) and The Polyphagous Borer (*Euwallacea* sp.) during 2013 and 2014. *Entomología Mexicana* 2: 352-357.
- Atkinson, H. T., and A. Equihua. 1985a. Notes on biology and distribution of Mexican and Central American Scolytidae (Coleoptera). I. Hylesininae, Scolytinae except Cryphalini and Corthylini. *Coleop. Bull.* 39: 227-238.
- Atkinson, H. T. and A. Equihua. 1985b. Notes on biology and distribution of Mexican and Central American Scolytidae (Coleoptera). II. Scolytininae: Cryphalini and Corthylini. *Coleop. Bull.* 39: 355-363.

- Atkinson, H. T. y A. Equihua. 1985c. Lista comentada de los coleopteros Scolytidae y Platypodidae del Valle de México. *Folia Entomol. Mex.* 65:63-108.
- Atkinson, T.H. 2018. Bark and Ambrosia Beetles. Disponible en: <http://www.barkbeetles.info/about.php>. Consultado 13-04-2018.
- Barrera, F. J., J. Herrera, A. Villacorta, H. García, y L. Cruz. 2006. Trampas de Metanol-Etanol para Detección, Monitoreo y Control de la Broca del Café *Hypothenemus hampei*, pp. 71-83. In: J.F. Barrera y P. Montoya (eds.), Simposio sobre Trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Manzanillo, Colima, México.
- Bello, M., S. H. Muñoz, M. B. Chávez, y R. S. Garciglia. 2015. Plantas útiles de la comunidad indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. *Polibotánica* 39:175-215.
- Burgos, A., y A. Equihua. 2007. Platypodidae y Scolytidae (Coleoptera) de Jalisco, México. *Dugesiana* 14: 59-82.
- Bright, D. E., and R. E. Skidmore. 1997. A catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), Supplement 1 (1990-1994). National Research Council Press, Ottawa, Ontario, Canada.
- Bright, D. E., and R. E. Skidmore. 2002. A Catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), Supplement 2 (1995-1999). National Research Council Press, Ottawa, Ontario, Canada.
- Carrillo, D., A. Duncan, R. Ploetz, and J. E. Peña. 2014. Ambrosia beetles associated with laurel wilt-affected avocados pp. 15. In: Memorias del Simposio Internacional Sobre Manejo y Control de Plagas Cuarentenarias en el aguacatero, 3-7 noviembre, Xalapa, Veracruz, México.
- Castrejón, J. E., R. Montesinos-Matías, N. Acevedo-Reyes, P. Tamez-Guerra, M. Á. Ayala-Zermeño, A. M. Berlanga-Padilla, and H. C. Arredondo-Bernal. 2017. Species

- of *Xyleborus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytidae) recorded in avocado trees in Colima, Mexico. *Acta Zool. Mex* (n.s.) 33:146-150.
- Cué, B. E. M., J. L. Villaseñor, L. Arredondo, G. Cornejo, y G. Ibarra. 2006. La flora arbórea de Michoacán, México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 78: 47-81.
- Dirección Técnica Forestal de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán (D.T.F.S.J.N.P). 1988. Estudio de Manejo Integral de Recursos Forestales. Nuevo San Juan Parangaricutiro. Uruapan, Mich., México. 86 pp.
- Equihua, M. A., y A. Burgos. 2002. Scolytidae pp. 539-557 In: J. Llorente Bousquets y J.J. Morrone (eds.), Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento, vol. III, México.
- Equihua, A., E.G. Estrada, M.P. Chaires, y J. A. Acuña. 2016. Behavior *Araptus schwarzi*, Blackman (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in avocado seeds (Hass) in different states of maturity. *Folia Entomológica Mexicana* (nueva serie) 2: 33–38.
- 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. *forficatus*) causing *Fusarium* dieback on avocado in California. *Plant Dis.* 96: 1070.
- Estrada, N., M. Pérez, y A. M. Hernández. 2012. Fluctuación poblacional de *Corthylus* spp. (Coleoptera: Curculionidae) en Tabasco, México. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 13:16-24.
- Fraedrich, S. W., T. C. Harrington, R. J. Rabaglia, M. D. Ulyshen, A. E. Mayfield III, J. L. Hanula, J. M. Eickwort, and D. R. 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.
- Fregoso, A., A. Velázquez, G. Bocco y G. Cortéz. 2001. The landscape approach in forest management by the indigenous community of Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, Mexico. *Investigaciones Geográficas (Mx)* 46:58-77.

- García, C. J., F. J. Trujillo, J. A. López, R. González, D. Carrillo, L. F. Cruz, I. Ruíz, A. Quezada y N. Acevedo. 2016. First report of *Euwallacea* nr *forficatus* (Coleoptera: Curculionidae) in Mexico. Fla. Entomol. 99: 555-556.
- Gardner, T. 2010. Monitoring forest biodiversity improving conservation through ecologically responsible management. Earthscan, London, Washington DC.
- Gerónimo, J., M. Pérez, A. De la Cruz, y M. Torres. 2015. Platypodinae and Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) associated with mangroves in Tabasco, Mexico. Rev. Colomb. Entomol. 41: 257-261.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper, and P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4.
- Hanula, L. J., T. B. 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.
- Harrington, C. T., W. S. Fraedrich, and N. D. Aghayeva. 2008. *Raffaelea lauricola*, a new ambrosia beetle symbiont and pathogen on the Lauraceae. Mycotaxon 104:399-404.
- Hulcr, J., and L. L. Stelinski. 2017. The Ambrosia Symbiosis: From Evolutionary Ecology to Practical Management. Annu. Rev. Entomol. 31:285-303.
- Hulcr, J., T. H. Atkinson, A. I. Cognato, B. H. Jordal and D. D. McKenn. 2015. Morphology, Taxonomy, and Phylogenetics of Bark Beetles, pp. 42-84 In: Vega, E. F. and Hofstetter, W. R. (eds.), Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species. Elsevier Inc., USA.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2009a. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Nuevo Parangaricutiro, Michoacán de Ocampo. Clave geoestadística 16058
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2009b. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Uruapan, Michoacán de Ocampo, México. Clave geoestadística 16102.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2009c. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Ziracuaretiro, Michoacán de Ocampo. Clave geoestadística 16111.
- Kendra, E.P.; W.S. Montgomery; M.A. Deyrup and D. Wakarchuk. 2016. Improved lure for redbay ambrosia beetle developed by enrichment of α -copaene content. *J. Pest Sci.* 89:427-438.
- Loera, F. 2014. La Familia Lauraceae en México, pp. 53 In: Memorias del Simposio Internacional Sobre Manejo y Control de Plagas Cuarentenarias en el aguacatero, 3-7 noviembre, Xalapa, Veracruz, México.
- Macías, J. E. 2014. Ecología química de los escarabajos ambrosiales: Conocimiento y perspectivas para el manejo de especies exóticas, pp. 22 In: Memorias del Simposio Internacional Sobre Manejo y Control de Plagas Cuarentenarias en el aguacatero, 3-7 noviembre, Xalapa, Veracruz, México.
- Magurran, E. A. 1989. Diversidad ecológica y su medición. Barcelona: Vedral.
- Medina, C., F. F. Guevara, M. A. Martínez, S. Silva, M. A. Chávez-Carbajal, e I. García. 2000. Estudio Florístico en el área de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. *Acta Bot. Mex.* 52: 5-41.
- Martínez, R., M. 1997. Contribución al conocimiento de las plantas vasculares en los bosques de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México". Tesis profesional. Facultad de Biología-UMSNH. Morelia, Michoacán, México.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M & T-SEA, Zaragoza.
- Pérez, M., A. Equihua, J. Romero, S. Sánchez, E. García, y H. Bravo. 2009. Scolitids (Coleoptera: Scolytidae) associated to the cocoa agroecosystem in Tabasco, Mexico. *Neotrop. Entomol.* 38: 602-609.
- Pérez, M., P. Zavaleta, y A. De la Cruz. 2015. Approach to understanding the diversity of Scolytinae and Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) associated with rain forests in Tabasco, México. *Entomotropica* 30: 201-211.

- Pérez, S. M., A. Equihua, E. Estrada, A. L. Muñoz, J. M. Valdez, J. Sánchez, y T. H. Atkinson. 2015. Synopsis of Mexican species of the genus *Xyleborus* Eichhoff, 1864 (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Acta Zool. Mex* (n. s.) 31: 239-250.
- Rabaglia, R. J., S. A. Dole, and I. A. Cognato. 2006. Review of American Xyleborina (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) Occurring North of Mexico, with an Illustrated Key. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 99:1034-1056.
- Romero N. J., R. S. Anaya, A. Equihua, y H. Mejía. 1997. Lista de Scolytidae y Platypodidae de México (Insecta: Coleoptera). *Acta Zool. Mex* (n.s) 70: 35-53.
- Rudinsky, J. A. 1962. Ecology of Scolytidae. *Annu. Rev. Entomol.* 7: 327-348.
- SAS. 2013. SAS for Windows Ver. 9.4 SAS Institute. Cary, N. J., USA.
- SIAP (Sistema de Información Agrícola y pesquera). 2017. Anuarios Estadísticos de la Producción Agrícola en México. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>. Consultado: 10 abril 2018.
- Six, D. L. 2012. Ecological and evolutionary determinants of bark beetle-fungus symbioses. *Insects* 3: 339-366.
- Vega, F., and R. Hofstetter. 2015. *Bark Beetles, Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. Academic Press. USA.
- Villaseñor, L. 2005. *La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
- Wood, S. L. 1982. *The Bark and Ambrosia Beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae)*, a taxonomic monograph. *Great Basin Nat. Mem.* No. 6.
- Wood, S. L., y D. E. Bright. 1992a. A catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), part 2: taxonomic index, vol. A. *Great Basin Naturalist Memoirs* 13
- Wood, S. L., y D. E. Bright. 1992b. A catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), part 2: taxonomic index, vol. B. *Great Basin Naturalist Memoirs* 13.

CAPITULO II. RESPUESTA DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) A DIFERENTES ATRAYENTES QUÍMICOS EN HUERTOS DE AGUACATE DE LA REGIÓN CENTRAL DE MICHOACÁN

2.1 RESUMEN

La introducción de diversas especies de Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) como resultado del aumento en el comercio mundial ha generado la necesidad de implementar esquemas de monitoreo utilizando atrayentes. El presente estudio se realizó con el objetivo de conocer la respuesta de Scolytinae asociados al agroecosistema aguacate a una selección de semioquímicos, para la utilización de los mismos en el monitoreo de este grupo de insectos. El estudio se realizó en los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Uruapan y Ziracuaretiro, Michoacán. Se evaluaron 4 tratamientos: T1: Testigo (sin atrayente), T2: alfa-copaeno, T3: querciverol + etanol y T4: etanol al 96%, los atrayentes se colocaron en trampas tipo botella, utilizándose propilenglicol como líquido conservador. Se realizaron 24 muestreos mensuales durante el periodo comprendido entre julio 2016 a junio 2018. Se registró un total de 15,772 especímenes, pertenecientes a 72 especies, agrupadas en 33 géneros de Scolytinae. Las especies más abundantes fueron *Microcorthylus invalidus* (Wood) (23.44%), *Araptus schwarzi* (Blackman) (22.88%) y *Corthylus detrimmentosus* (Schedl) (10.84%), las cuales representaron el 57.16% de la colecta total. Los resultados indicaron diferencias significativas ($p < 0.0001$) del efecto de los tratamientos estudiados con respecto al número de individuos capturados. El tratamiento T3 presentó un número significativamente mayor de individuos capturados, representando el 46.68% del número total de individuos capturados (NTIC); seguido de los tratamientos T4 con 43.80% del NTIC y T2 alfa-copaeno con el 8.82% del NTIC. En el tratamiento T1 las capturas, representaron sólo el 0.67 % del NTIC. Teniendo en cuenta que el etanol fue el segundo mejor atrayente y considerando el comportamiento biológico general que presentan los escarabajos ambrosiales y descortezadores, se sugiere que el cebo idóneo para el sistema de trampeo para la detección de escarabajos ambrosiales y descortezadores exóticos en México sea el etanol, teniendo en cuenta también su bajo costo, en comparación con otros compuestos atrayentes comerciales.

Palabras clave: ambrosiales, alfa-copaeno, querciverol.

2.2 ABSTRACT

The introduction of various species of Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) as a result of the increase in world trade has generated the need to implement survey schemes using attractants. The present study was carried out with the objective of knowing the response of Scolytinae associated with the avocado agroecosystem to a selection of semiochemicals, for their use in survey this group of insects. The study was conducted in the municipalities of Nuevo San Juan Parangaricutiro, Uruapan and Ziracuaretiro, Michoacán, 24 monthly samplings were conducted during the period from July 2016 to June 2018. Four treatments were evaluated: T1: Control (without attractant), T2: alpha-copaene, T3: querciverol + ethanol and T4: 96% ethanol, the attractants were placed in bottle-type traps, using propylene glycol as a preservative liquid. A total of 15,772 specimens were recorded, belonging to 72 species, grouped in 33 genera of Scolytinae. The most abundant species were *Microcorthylus invalidus* (Wood) (23.44%), *Araptus schwarzi* (Blackman) (22.88%) and *Corthylus detrimmentosus* (Schedl) (10.84%), which represented 57.16% of the total collection. The results indicated significant differences ($p < 0.0001$) in the effect of the treatments studied with respect to the number of individuals captured. The T3 treatment presented a significantly greater number of individuals captured, representing 46.68% of the total number of individuals captured (NICT); followed by T4 treatments with 43.80% of NICT and T2 alpha-copaene with 8.82% of NICT. In the T1 treatment, the catches represented only 0.67% of the NICT. Taking in consideration that ethanol was the second best attractant and considering the general biological behavior of ambrosial beetles and bark beetles, it is suggested that the bait suitable for the trap system for the detection of ambrosial beetles and exotic bark beetles in Mexico is ethanol, also considering its low cost, compared to other commercial attractant compounds.

Key words: ambrosial, alpha-copaene, querciverol.

2.3. INTRODUCCIÓN

Los escarabajos de la subfamilia Scolytinae, conocidos comúnmente como escarabajos descortezadores y ambrosiales, conforman un grupo diverso de insectos barrenadores de plantas leñosas como árboles, arbustos y bejucos (Atkinson, 2017). La mayoría de los Scolytinae son especies generalistas que se desarrollan en árboles moribundos o muertos y, en consecuencia, contribuyen a la descomposición natural de la madera (Wood, 1982; Burgos y Equihua, 2007). Sin embargo, algunas especies de estos insectos pueden convertirse en plagas tanto de áreas agrícolas como forestales, particularmente cuando son introducidas en sitios de donde no son originarias (Hulcr y Dunn, 2011; Kendra et al., 2013).

En años recientes, las distintas actividades antropogénicas, han contribuido con la dispersión global de este grupo de insectos, alcanzando el estatus de especies exóticas en muchos países (Hacck, 2001; Brockerhoff et al., 2006). Desde la perspectiva agrícola, dos casos de Scolytinae y sus hongos simbioses constituyen una amenaza latente hacia especies vegetales de alto valor comercial, éstos incluyen el complejo ambrosial-hongo *Xyleborus glabratus-Raffaelea lauricola* y las especies del complejo *Euwallacea* nr. *forficatus* y sus hongos asociados de los géneros *Fusarium*, *Graphium*, y *Acremonium* los cuales han ocasionado mortalidad en árboles de diversas familias botánicas, incluyendo especies de la familia Lauraceae como, el aguacate (*Persea americana* Mill.) (Fraedrich et al., 2008; Harrington et al., 2008; Eskalen et al., 2012, Freeman et al. 2013, Carrillo et al., 2016, Lynch et al., 2016). Debido a esta problemática, se han implementado esquemas de monitoreo para Scolytinae, por lo que es importante recalcar que el monitoreo de la población de escarabajos descortezadores y ambrosiales, además de permitirnos inferir su abundancia poblacional, constituye la base primordial para su manejo, ya que permite la detección inicial de especies exóticas y que pudieran representar un riesgo para un cultivo específico.

Una de las estrategias utilizada para el monitoreo de especies de Scolytinae es el uso de trampas de intercepción cebadas con diferentes compuestos atrayentes (Hacc, 2006; Liu y Dai, 2006).

Estudios previos desarrollados Kelsey y Joseph (1997), Miller y Rabaglia (2009), Ranger et al. (2010), Rangel et al. (2012), y Pérez et al. (2016) sugieren que el etanol es el atrayente estándar para el monitoreo de especies de Scolytinae, entre ellos miembros del género *Xyleborus*. Sin embargo, se ha reportado que el etanol no funciona como atrayente para todas las especies de ese género, como es el caso de *X. glabratus* (Hanula et al., 2008; Hanula et al., 2011). Carrillo et al. (2015) reportaron un efecto sinérgico al utilizar etanol en combinación con la feromona querciverol para la captura de *E. nr. fornicatus*. Mientras que Dodge et al. (2017), documentaron una mayor respuesta en la captura del complejo *E. nr. fornicatus*, al utilizar querciverol de manera individual en comparación con el uso de querciverol más etanol. Otro compuesto que ha mostrado resultados satisfactorios para la captura de Scolytinae, es la kairomona alfa-copaeno, un sesquiterpeno presente en árboles de la familia Lauraceae (Niogret, 2011; Kendra et al., 2016). Asimismo, en estudios recientes se señala un efecto sinérgico en la atracción de *Euwallacea nr. fornicatus* al utilizar alfa-copaeno, en combinación con querciverol (Kendra et al., 2017). En México, el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal, estableció un sistema de monitoreo para especies de Scolytinae consideradas de importancia cuarentenaria, utilizando los compuestos atrayentes alfa-copaeno y querciverol, y mediante el cual se detectó, en Tijuana, Baja California, a la especie *E. nr. fornicatus* (Equihua et al., 2016; García et al., 2016).

Considerando que la mayor diversidad de escarabajos ambrosiales y descortezadores residen en los trópicos y sub-trópicos (Atkinson, 2014) y con el propósito de contribuir al conocimiento acerca de la diversidad de estas especies y sus interacciones mediadas por la señalización química, se propuso el presente estudio con el objetivo de evaluar el efecto atrayente de diferentes sustancias químicas en la fauna nativa de Scolytinae asociados al agroecosistema aguacate en tres municipios de la zona aguacatera central de Michoacán.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1 Sitios de muestreo. El estudio se realizó de julio de 2016 a junio de 2018, en tres huertos de aguacate cv. Hass, localizados en la zona central del estado de Michoacán, éstos fueron: huerto “El Durazno 2” ubicado en el municipio Nuevo San Juan Parangaricutiro (2,245 msnm, 19°22'30" N 102°14'16" W), con una superficie de 25 ha y árboles de aproximadamente 35 años de edad; la vegetación asociada a este huerto de aguacate se conforma por bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de pino-oyamel y bosque mesófilo de montaña, en donde se mezclan árboles con alturas de 20 a 30 m (Medina et al., 2000; Bello et al., 2015). El huerto “La Piedra China” localizado en el municipio de Uruapan (1,564 msnm, 19°21'19.2" N 102°03'34.9" W), con 3 ha y árboles de aproximadamente 30 años de edad; la vegetación aledaña se compone principalmente de bosque de pino-encino y bosque mesófilo de montaña (Villaseñor, 2005). Además de frutales como cítricos (*Citrus* spp.), ciruela silvestre (*Spondias purpurea* L.) y níspero (*Eriobotrya japonica*). El huerto “La Ziranda” ubicado en el municipio de Ziracuaretiro (1,304 msnm, 19°24'00.4" N 101°54'56.6" W), con 3.5 ha y árboles de aproximadamente 10 años de edad; las especies asociadas al cultivo son características de bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio y matorral subtropical (Villaseñor, 2005). Se destacan también diversos frutales tales como nance (*Byrsonima crassifolia* L.), ciruela silvestre (*Spondias purpurea*), mamey (*Pouteria sapota*), cítricos (*Citrus* spp.), mango (*Mangifera indica* L.), papaya (*Carica papaya*) y guayaba (*Psidium guajava*). Los sitios se eligieron en función del gradiente altitudinal.

2.4.2 Sistema de trampeo. Para la captura de los Scolytinae, se probaron 4 tratamientos: T1: Testigo (sin atrayente), T2: alfa-copaeno, T3: querciverol + etanol y T4: etanol al 96%. Los dispositivos liberadores de alfa-copaeno y querciverol (Synergy Semiochemicals Inc., Burnaby, British Columbia, Canada) tuvieron una tasa de liberación de 1 mg^{-día} y 15 µg^{-día} para alfa-copaeno y querciverol, respectivamente. El dispositivo liberador para etanol al 96%, consistió de tubos de polipropileno con capacidad de 45 ml VelaQuin®, a los cuales se les hicieron dos orificios de 0.7 mm de diámetro cada uno, los orificios se ubicaron en la parte superior del tubo; en cada tubo se colocaron 40 ml de etanol y dio como resultado una tasa de liberación de 64 mg d⁻¹, la cual se determinó

por diferencia de peso en condiciones de laboratorio a una temperatura mínima de 26°C y máxima de 36°C. Los atrayentes se colocaron al interior de trampas similares a las propuestas por Barrera et al. (2006). Éstas se elaboraron a base de botellas de PET con capacidad de 2 L, con una abertura lateral de 11 x 10 cm y suspendidas al árbol con una cuerda; en cada trampa como líquido conservador para los insectos, se utilizaron de 100-150 ml de propilenglicol. A cada trampa se le asignó aleatoriamente uno de los 4 tratamientos, cada uno con 3 repeticiones, dando un total de 12 trampas en cada sitio de estudio, utilizándose en total 36 trampas. Las trampas se colocaron a una altura de 1.5 m y distancia aproximada entre ellas de 50 m. El arreglo de trampas fue lineal, considerando las dimensiones de los huertos. El cambio de los atrayentes comerciales, así como la reposición de etanol se realizó cada dos meses. La reposición del líquido conservador se realizó una vez por mes. La revisión de las trampas se realizó mensualmente de julio 2016 a junio de 2018 y los especímenes colectados se conservaron en alcohol al 70% para su posterior separación, conteo, montaje y determinación específica en el laboratorio.

2.4.3 Identificación del material biológico. La determinación taxonómica de los insectos se realizó con las claves taxonómicas propuestas por (Wood 1982; Rabaglia et al. 2006), además de comparaciones con material depositado en la Colección de Insectos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México (CEAM). El material se encuentra depositado en CEAM.

2.4.4 Análisis estadístico. Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar generalizado donde cada sitio de estudio se consideró un bloque y el factor de estudio fue el tipo de atrayente. Los datos se analizaron mediante análisis de regresión Poisson mixto, donde los factores fijos fueron el tipo de atrayente y el sitio, y el factor aleatorio, además del error experimental, fue el tiempo (fechas de colecta). Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico SAS (SAS, 2013).

2.5 RESULTADOS

Se registró un total de 15,772 especímenes, pertenecientes a 72 especies, agrupadas en 33 géneros de Scolytinae. Las especies más abundantes fueron *Microcorthylus invalidus* (Wood) (23.44%), *Araptus schwarzi* (Blackman) (22.88%) y *Corthylus detrimmentosus* (Schedl) (10.84%), las cuales representaron el 57.16% de la colecta total, mientras que, de las especies *Amphicranus cordatus* (Bright), *Corthylus luridus* (Blandford), *Dendrocranulus declivis* (Schedl), *Hylastes fulgidus* (Blackman), *Pityoborus secundus* (Blackman), *Pityophthorus obtusipennis* (Blandford), *Pityophthorus scabridus* (Schedl.), *Pityophthorus cuspidatus* (Blackman), *Pityophthorus schwarzi* (Blackman), *Scolytogenes jalapae* (Letzner), *Scolytogenes trucis* (Wood), *Tricolus nodifer* (Blandford) *Xyleborus morulus* (Blandford) y *Xyleborus palatus* (Wood), únicamente se colectó un individuo durante el estudio (Cuadro 2.1).

Los resultados (Cuadro 2.2) indican diferencias significativas ($p < 0.0001$) de los efectos de los tratamientos estudiados con respecto al número de individuos capturados. El tratamiento T3 querciverol + etanol presentó un número significativamente mayor de individuos capturados, representando el 46.68% del número total de individuos capturados (NTIC); seguido de los tratamientos T4 etanol con 43.80% del NTIC y T2 alfa-copaeno con el 8.82% del NTIC. En el tratamiento T1 sin atrayente las capturas, representaron sólo el 0.67 % del NTIC.

El análisis de los compuestos atrayentes para el sitio Nuevo San Juan Parangaricutiro indicó una respuesta significativa ($\alpha = 0.05$) del efecto de los tratamientos en la captura de Scolytinae. De esta forma se observó que el T4 etanol tiene un efecto significativamente mayor en la captura de Scolytinae respecto al resto de tratamientos (Cuadro 2.3). Mientras que en el huerto ubicado en Ziracuaretiro se encontró que el T3 querciverol + etanol presentó un efecto significativamente mayor ($\alpha = 0.05$) en la captura de Scolytinae, respecto al resto de los tratamientos. Cabe hacer notar que en este sitio, no existieron diferencias significativas ($p 0.3781$) del efecto de los tratamientos T2 alfa-copaeno y T1 testigo, en el número de capturas de Scolytinae (Cuadro 2.4). Finalmente, para el huerto localizado en Uruapan, se encontró que no hubo diferencias significativas entre el T3 querciverol + etanol y T4 etanol, y que además, éstos presentaron un número

de capturas significativamente mayor ($\alpha = 0.05$) al resto de los tratamientos (Cuadro 2.5).

El efecto de los tratamientos en la atracción de las diferentes especies resultó significativo. Se encontró que el tratamiento T2 alfa-copaeno presentó un efecto significativamente mayor ($\alpha = 0.05$) en la captura de individuos de la especie *A. schwarzi*, respecto a los tratamientos T3 querciverol + etanol, T4 etanol y T1 testigo (Cuadro 2.6). Por otra parte, solo el tratamiento T3 querciverol + etanol mostró un efecto significativamente mayor ($\alpha = 0.05$) en la captura de la especie *C. detrimentosus*, en comparación con los demás tratamientos; mientras que entre el tratamiento T2 alfa-copaeno y T1 testigo no se observaron diferencias significativas en la captura de *C. detrimentosus* (Cuadro 2.7).

Cuadro 2.1. Número total de especies de Scolytinae colectados de julio 2016 – junio 2018 en trampas con diferentes atrayentes químicos en los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Uruapan y Ziracuaretiro, Michoacán, México.

Especies de Scolytinae	No. de especímenes				Total
	Testigo	Alfa copaeno	Querciverol + etanol	Etanol	
<i>Ambrosiodmus rusticus</i> (Wood)	0	3	0	0	3
<i>Amphicranus cordatus</i> (Bright)*	0	0	1	0	1
<i>Araptus dentifrons</i> (Wood)*	0	0	3	0	3
<i>Araptus schwarzi</i> (Blackman)	17	1,326	1,044	1,222	3,609
<i>Araptus</i> sp. nov.	5	0	68	3	76
<i>Chramesus pumilus</i> (Chapuis)	0	0	1	1	2
<i>Cnesinus electinus</i> (Wood)	0	0	10	15	25
<i>Cnesinus setulosus</i> (Blandford)	0	0	7	1	8
<i>Coptoborus pseudotenuis</i> (Schedl)	0	0	0	2	2
<i>Corthylocurus aguacatensis</i> (Schedl)	0	0	428	39	467

Especies de Scolytinae	No. de especímenes				
	Testigo	Alfa copaeno	Querciverol + etanol	Etanol	Total
<i>Corthylus detrimmentosus</i> (Schedl)	1	3	1,294	413	1,711
<i>Corthylus flagellifer</i> (Blandford)	0	9	978	152	1,139
<i>Corthylus fuscus</i> (Blandford)	0	0	0	2	2
<i>Corthylus luridus</i> (Blandford)*	0	0	1	0	1
<i>Corthylus papulans</i> (Eichhoff)	0	0	135	135	270
<i>Corthylus petilus</i> (Wood)	0	0	7	5	12
<i>Corthylus praeustus</i> (Schedl)	0	0	147	6	153
<i>Cryptocarenum lepidus</i> (Wood)*	0	0	3	0	3
<i>Dendrocranulus cucurbitae</i> (LeConte)	1	5	1	0	7
<i>Dendrocranulus declivis</i> (Schedl)	1	0	0	0	1
<i>Dendroterus mexicanus</i> (Blandford)	0	0	1	1	2
<i>Glochinocerus gemellus</i> (Blandford)	0	0	3	2	5
<i>Gnathotrichus dentatus</i> (Wood)	0	0	1	1	2
<i>Gnathotrichus perniciosus</i> (Wood)	0	0	1	1	2
<i>Gnathotrichus sulcatus</i> (LeConte)	0	1	1	0	2
<i>Hylastes fulgidus</i> (Blackman)*	0	0	1	0	1
<i>Hylocurus dilutus</i> (Wood)	0	1	3	2	6
<i>Hylocurus dissidens</i> (Wood)	0	1	80	1	82
<i>Hylocurus nodulus</i> (Wood)*	0	0	3	0	3
<i>Hypothenemus areccae</i> (Hornung)	3	1	4	2	10

Especies de Scolytinae	No. de especímenes				
	Testigo	Alfa copaeno	Querciverol + etanol	Etanol	Total
<i>Hypothenemus crudiae</i> (Panzer)	14	6	153	832	1,005
<i>Hypothenemus eruditus</i> (Westwood)	44	15	164	112	335
<i>Hypothenemus obscurus</i> (F.)	0	0	1	12	13
<i>Hypothenemus rotundicollis</i> (Eichhoff)	1	2	313	49	365
<i>Hypothenemus seriatus</i> (Eichhoff)	13	3	120	240	376
<i>Micracis detentus</i> (Wood)	0	0	189	47	236
<i>Micracis torus</i> (Wood)	0	0	52	8	60
<i>Micracis unicornis</i> (Wood)	0	0	18	1	19
<i>Micracisella nitidula</i> (Wood)	0	0	3	26	29
<i>Microcorthylus demissus</i> (Wood)	0	0	0	5	5
<i>Microcorthylus invalidus</i> (Wood)	3	0	1,238	2,457	3,698
<i>Monarthrum conversum</i> (Wood)	0	0	3	11	14
<i>Monarthrum desum</i> (Wood)*	0	0	4	0	4
<i>Monarthrum exornatum</i> (Schedl)	0	3	44	113	160
<i>Monarthrum tuberculatum</i> (Wood)	0	0	2	10	12
<i>Phloeocleptus atkinsoni</i> (Wood)	0	1	2	2	5
<i>Phloeocleptus plagiatus</i> (Wood)	2	0	13	12	27
<i>Phloeotribus opimus</i> (Wood)*	0	0	18	0	18
<i>Pityoborus secundus</i> (Blackman)	0	1	0	0	1
<i>Pityophthorus attenuatus</i> (Blackman)	1	0	4	1	6
<i>Pityophthorus concinnus</i> (Wood)	1	0	9	0	10

Especies de Scolytinae	No. de especímenes				
	Testigo	Alfa copaeno	Querciverol + etanol	Etanol	Total
<i>Pityophthorus cuspidatus</i> (Blackman)	0	0	0	1	1
<i>Pityophthorus obtusipennis</i> (Blandford)*	0	0	1	0	1
<i>Pityophthorus sapineus</i> (Bright)	0	0	2	4	6
<i>Pityophthorus scabridus</i> (Schedl.)	0	0	0	1	1
<i>Pityophthorus schwarzi</i> (Blackman)	0	0	0	1	1
<i>Premnobius cavipennis</i> (Eichhoff)	0	0	569	745	1,314
<i>Pycnarthrum hispidum</i> (Ferrari)*	0	0	6	0	6
<i>Scolytodes clusiacolens</i> (Wood)	0	3	0	0	3
<i>Scolytogenes jalapae</i> (Letzner)*	0	0	1	0	1
<i>Scolytogenes rusticus</i> (Wood)	0	3	1	3	7
<i>Scolytogenes trucis</i> (Wood)*	0	0	1	0	1
<i>Stegomerus mexicanus</i> (Wood)	0	0	3	2	5
<i>Stegomerus pygmaeus</i> (Wood)*	0	0	2	0	2
<i>Tricolus nodifer</i> (Blandford)	0	0	0	1	1
<i>Xyleborinus gracilis</i> (Eichhoff)	0	4	1	0	5
<i>Xyleborus affinis</i> (Eichhoff)	0	1	3	9	13
<i>Xyleborus ferrugineus</i> (F.)	0	0	5	3	8
<i>Xyleborus morulus</i> (Blandford)*	0	0	1	0	1
<i>Xyleborus palatus</i> (Wood)*	0	0	1	0	1
<i>Xyleborus volvulus</i> (F.)	0	0	4	2	6
<i>Xylosandrus curtulus</i> (Eichhoff)	0	0	187	193	380
Total de individuos	107	1,392	7,364	6,909	15,772

Especies de Scolytinae	No. de especímenes				Total
	Testigo	Alfa copaeno	Querciverol + etanol	Etanol	
No. de especies	14	20	61	49	72

*Especies que respondieron específicamente a la combinación de querciverol + etanol.

Cuadro 2.2. Captura promedio mensual de Scolytinae de julio 2016 a junio 2018, en trampas con diferentes atrayentes químicos en los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Uruapan y Ziracuaretiro, Michoacán, México.

Tratamiento	Captura
T3 (Querciverol + etanol)	818 ^a
T4 (Etanol)	767.66 ^b
T2 (Alfa-copaeno)	154.44 ^c
T1 (Testigo)	11.88 ^d

*Diferencia significativa con un $\alpha = 0.05$.

Cuadro 2.3. Captura promedio mensual de Scolytinae de julio 2016 a junio 2018, en trampas con diferentes atrayentes químicos en Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México.

Tratamiento	Captura
T4 (Etanol)	142.5 ^a
T3 (Querciverol + Etanol)	133.41 ^b
T2 (Alfa-copaeno)	30 ^c
T1 (Testigo)	0.95 ^d

*Diferencia significativa con un $\alpha = 0.05$.

Cuadro 2.4. Captura promedio mensual de Scolytinae de julio 2016 a junio 2018, en trampas con diferentes atrayentes químicos en Ziracuaretiro, Michoacán, México.

Tratamiento	Captura
T3 (Querciverol + Etanol)	112.87 ^a
T4 (Etanol)	87.7 ^b
T1 (Testigo)	2.87 ^c
T2 (Alfa-copaeno)	2.45 ^c

*Diferencia significativa con un $\alpha= 0.05$.

Cuadro 2.5. Captura promedio mensual de Scolytinae de julio 2016 a junio 2018, en trampas con diferentes atrayentes químicos en Uruapan, Michoacán, México.

Tratamiento	Captura
T3 (Querciverol + Etanol)	60.45 ^a
T4 (Etanol)	57.66 ^a
T2 (Alfa-copaeno)	25.45 ^b
T1 (Testigo)	0.62 ^c

*Diferencia significativa con un $\alpha= 0.05$.

Cuando se utilizó querciverol + etanol como atrayente se colectó un total de 61 especies, de éstas 15 especies respondieron únicamente a este tratamiento (Cuadro 2.1). En las trampas con etanol se colectaron 49 especies, de éstas, las especies *Coptoborus pseudotenuis*, *Corthylus fuscus*, *Microcorthylus demissus*, *Pityophthorus cuspidatus*, *P. scabridus*, *P. schwarzi* y *Tricolus nodifer*, respondieron específicamente a este atrayente. En el T2 alfa-copaeno, se colectaron en total 20 especies, donde cabe resaltar la presencia de las especies *A. rusticus*, *P. secundus* y *S. clusiacolens*, mismas que no se encontraron en los demás tratamientos. Finalmente, en el T1 testigo se colectaron 14 especies, de éstas, únicamente la especie *D. declivis* respondió de manera específica a este tratamiento.

Cuadro 2.6. Captura promedio mensual de la especie *A. schwarzi* durante julio 2016 – junio 2018 en trampas con atrayentes químicos en los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Uruapan y Ziracuaretiro, Michoacán, México.

Tratamiento	Captura
T2 (Alfa-copaeno)	147.33 ^a
T4 (Etanol)	135.77 ^b
T3 (Querciverol + etanol)	116 ^c
T1 (Testigo)	1.88 ^d

*Diferencia significativa con un $\alpha= 0.05$.

Cuadro 2.7. Captura promedio mensual de la especie *C. detrimentosus* durante julio 2016 – junio 2018 en trampas con atrayentes químicos en los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Uruapan y Ziracuaretiro, Michoacán, México.

Tratamiento	Captura
T3 (Querciverol + etanol)	143.77 ^a
T4 (Etanol)	45.88 ^b
T2 (Alfa-copaeno)	0.33 ^c
T1 (Testigo)	0.11 ^c

*Diferencia significativa con un $\alpha= 0.05$.

2.6 DISCUSIÓN

Considerando el NTIC y los tres sitios de estudio, las mayores capturas de individuos de Scolytinae se obtuvieron con el atrayente querciverol + etanol. Estos resultados coinciden con lo reportado por Carrillo et al. (2015) quienes mencionaron que el uso combinado de querciverol + etanol, mejora la atracción de algunas especies de Scolytinae, como es el caso de *E. nr. fornicatus*; aunque esta misma especie, ha sido colectada en Tijuana, México utilizando trampas cebadas únicamente con querciverol (García et al. 2016), por otro lado, en este estudio no se detectaron especies del género *Euwallacea*. Otro aspecto que cabe resaltar, es que se encontraron diferencias significativas en la captura de la especie *C. detrimentosus* al utilizar el tratamiento querciverol + etanol. Al respecto, Atkinson et al. (1986) y Atkinson (2018) mencionaron

que *C. detrimentosus* ha sido colectada previamente utilizando etanol, por lo cual los resultados encontrados en el presente estudio sugieren un efecto sinérgico con el querciverol, lo cual aumentó la captura de esta especie en campo; además se observó que las especies *Amphicranus cordatus*, *Araptus dentifrons*, *Corthylus luridus*, *Cryptocarenum lepidus*, *Hylastes fulgidus*, *Hylocurus nodulus*, *Monarthrum desum*, *Pityophthorus obtusipennis*, *Pycnarthrum hispidum*, *Scolytogenes rusticus*, *S. truciis*, *S. jalapae*, *Stegomerus pygmaeus*, *Xyleborus morulus*, y *Xyleborus palatus*, respondieron de manera específica al uso de querciverol + etanol aunque en números muy bajos. En otros estudios en México, se ha reportado la respuesta selectiva de las especies *C. lepidus* y *X. morulus*, al etanol (Pérez et al., 2016), como se observó en el presente estudio con el número de especímenes colectados para ambas especies *C. lepidus* (3) y *X. morulus* (1) con el querciverol + etanol, por lo que los resultados sugieren que el querciverol en combinación con etanol, hace más eficiente la detección de dichas especies a bajos niveles de sus poblaciones.

Estudios previos, han reportado una buena atracción usando únicamente etanol, el cual es considerado como el atrayente estándar para el monitoreo de muchas especies de escarabajos descortezadores y ambrosiales (Miller y Rabaglia, 2009; Rangel et al., 2012), nuestros resultados indicaron que este tratamiento fue el segundo mejor, únicamente después de la combinación de querciverol + etanol. Asimismo, a pesar de no encontrarse diferencias estadísticas en la captura de las especies ambrosiales *Microcorthylus invalidus*, *Premnobius cavipennis* y *Xylosandrus curtulus*, fue evidente el mayor número de especímenes colectados al utilizar solo el etanol, en comparación con los demás tratamientos (Cuadro 2.1). Debido a que el etanol se encuentra asociado con material hospedante débil o moribundo, explica el porqué es ampliamente atractivo para numerosas especies de escarabajos ambrosiales (Ranger et al., 2010; Reding et al., 2011; Kelsey et al., 2013; Pérez et al., 2016). Sin embargo, en el presente estudio se observó que la especie ambrosial *Ambrosiodmus rusticus*, no respondió a este atrayente, mientras que, las especies *Xyleborinus gracilis*, *Xyleborus affinis*, *X. ferrugineus*, *X. morulus*, *X. palatus* y *X. volvulus* respondieron de forma muy discreta al etanol. Esta baja respuesta de atracción observada, posiblemente esté asociada a la tasa de liberación de etanol utilizada en las trampas (64 mg d⁻¹), cuya eficacia en campo, pudo verse alterada

por la competencia de fuentes de olor natural de etanol producidas alrededor de los sitios de estudio, tal como ha sido señalado en otros trabajos (Miller et al., 2015). Cabe mencionar que en la localidad de Ziracuaretiro, se colectaron ejemplares de *X. affinis* en troncos de *Spondias* spp. (aproximadamente 30 especímenes en una sola troza), no obstante, la colecta de esta misma especie fue menor en trampas, lo cual apoya la hipótesis que el etanol emanado de troncos en descomposición alrededor del huerto, posiblemente genere una mayor atracción en algunas especies de ambrosiales. Aunado a lo anterior, la respuesta dependiente de la dosis para etanol, ha sido reportada para algunas especies incluyendo *Ambrosiodmus sayi* y xileborinos, tales como, *Xyleborinus alni* y *Xyleborinus saxesenii* en Ohio, E.U.A. (Ranger et al., 2011) y para *Ambrosiodmus dispar*, *X. saxesenii*, *Xylosandrus germanus* y *Trypodendron lineatum* (Klimetzek et al., 1986). Así también, los resultados encontrados para las especies *X. affinis* y *X. volvulus*, difieren de lo reportado en otros estudios realizados en México por Pérez et al. (2009) y Pérez et al. (2016), quienes utilizaron trampas cebadas con etanol para la captura de Scolytinae y mencionan que estas especies se encontraron entre las más abundantes, no obstante, ellos utilizaron etanol al 70% como atrayente y conservador de los escarabajos. En México, las especies *X. affinis*, *X. ferrugineus* y *X. volvulus* se encuentran ampliamente distribuidas en áreas tropicales y subtropicales (Pérez et al., 2015), teniendo preferencia por áreas con temperaturas entre 24 y 29 °C, humedad mayor al 60% y altitudes más cercanas al nivel del mar (10-20 msnm) (Pérez et al., 2009; Rangel et al., 2012; Pérez et al., 2015), por lo que existe la posibilidad que en el presente estudio este factor de altitud también haya influido en el bajo número de especímenes colectados de éstas especies.

Referente al uso de alfa-copaeno, los resultados encontrados difieren de lo reportado por Hanula et al. (2013), quienes mencionaron que este compuesto mejoró la captura de algunas especies del género *Xyleborus*, principalmente de la especie *X. glabratus*. En el presente estudio, únicamente se colectó la especie (*X. affinis*), aunque la especie *Araptus schwarzi* respondió de manera significativa al uso de este atrayente en dos de los sitios de estudio (Nuevo San Juan Parangaricutiro y Uruapan). Al respecto, Acevedo et al. (2015) y García et al. (2018) mencionaron que *A. schwarzi* es una de las especies colectada con mayor frecuencia y abundancia en el sistema de monitoreo que el

SENASICA ha implementado para detección de escarabajos ambrosiales exóticos que se pueden asociar al cultivo de aguacate y en el cual se utilizan trampas cebadas con los compuestos alfa-copaeno y querciverol, aunque no especifican cuál de los dos compuestos captura el mayor número de especímenes de esta especie. El alto número de especímenes colectados de *A. schwarzi* posiblemente se explica debido a que ésta especie se encuentra ampliamente distribuida y con actividad como degradador y se asocia generalmente a frutos caídos de la mayoría de las variedades de aguacate en Michoacán (Equihua et al., 2016).

Por otra parte, es importante señalar que el alfa-copaeno es un sesquiterpeno presente en árboles de la familia Lauraceae y se considera el atrayente principal del escarabajo ambrosial *X. glabratus*, ya que se ha demostrado que los ataques del insecto se correlacionan con los sitios de mayor emisión de alfa-copaeno que se liberan del tronco principal y ramas primarias en los árboles de Lauraceae (Niogret, 2011; Kendra et al., 2012; Kendra et al., 2016). En esta familia de plantas, las células oleíferas o secretoras de aceite son el sitio principal para la biosíntesis, secreción y almacenamiento de aceites esenciales, que contienen metabolitos secundarios volátiles (Geng et al., 2012). Se ha reportado que las células oleíferas están comúnmente presentes en hojas, frutos, raíces, y cotiledones de la semilla en *Persea americana* (Platt y Thomson, 1992). Estos últimos autores muestran evidencia de que los terpenoides, en particular, los hidroperóxidos de sesquiterpeno, están presentes en las células oleíferas de frutos de aguacate en proceso de maduración y ya maduros. El hecho de que *A. schwarzi* tenga preferencia por frutos de aguacate maduros y semillas desnudas en el suelo (Equihua et al., 2016) y la evidencia de presencia de sesquiterpenos en frutos maduros y cotiledones de *P. americana* (Platt y Thomson, 1992), explica en parte la mayor respuesta de esta especie a las trampas con el atrayente alfa-copaeno.

Los resultados de la presente investigación proporcionan información relevante con respecto a las especies de Scolytinae existentes en la región de estudio; documentándose la presencia de las especies *Araptus schwarzi*, *Corthylus detrimentosus*, *Corthylus flagellifer*, *Hypothenemus crudiae*, *Microcorthylus invalidus* y *Premnobius cavipennis*, señalándose como las especies con mayor incidencia en la

región. Este conocimiento debe aprovecharse para implementar estrategias de manejo para estos escarabajos en áreas donde puedan comportarse como especies exóticas.

Los resultados obtenidos mostraron que el mayor número de capturas se obtuvo con el uso de querciverol + etanol (46.68%), además, se observó que el segundo mejor atrayente fue el etanol (43.81%), con una captura de 49 especies de Scolytinae de un total de 72. Cabe resaltar que en el municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro con este atrayente se observaron diferencias significativas al compararlo con el uso de alfa-copaeno y la combinación de querciverol + etanol, mientras que, en Uruapan no existieron diferencias en la captura de Scolytinae al utilizar etanol en comparación con querciverol + etanol, únicamente existieron diferencias en el NTIC para el municipio de Ziracuaretiro, donde fue mejor el uso del querciverol + etanol. Por lo anterior y considerando el comportamiento biológico general que presentan los escarabajos ambrosiales y descortezadores, se sugiere que el cebo idóneo para el sistema de trapeo para la detección de escarabajos ambrosiales y descortezadores exóticos en México sea el etanol, teniendo en cuenta también su bajo costo, en comparación con otros compuestos atrayentes comerciales.

2.7 CONCLUSIONES

Se registró un total de 15,772 especímenes, pertenecientes a 72 especies, agrupadas en 33 géneros de Scolytinae. Las especies más abundantes fueron *Microcorthylus invalidus* (Wood) (23.44%), *Araptus schwarzi* (Blackman) (22.88%) y *Corthylus detrimmentosus* (Schedl) (10.84%), las cuales representaron el 57.16% de la colecta total.

De manera general, el mayor número de capturas de Scolytinae se obtuvo con el uso de querciverol + etanol (46.68%), seguido de etanol (43.81%), y finalmente alfa-copaeno (8.82%).

Para el sitio en Nuevo San Juan Parangaricutiro, se observó que el etanol fue el mejor atrayente para la captura de Scolytinae. En Uruapan, se encontró que no hubo diferencias significativas entre el uso de querciverol + etanol y etanol, para la captura de Scolytinae.

En Ziracuaretiro se encontró que el querciverol + etanol fue el mejor atrayente para la captura de Scolytinae.

El efecto de los tratamientos en la atracción de las diferentes especies resultó significativo, el tratamiento alfa-copaeno presentó un efecto mayor en la captura de individuos de la especie *A. schwarzi*; mientras que, el tratamiento querciverol + etanol mostró un efecto mayor en la captura de la especie *C. detrimmentosus*.

En este estudio, el etanol mostró ser un atrayente útil y eficiente para la captura de especies de Scolytinae.

La trampa utilizada demostró su eficiencia para la captura de Scolytinae.

2.8 LITERATURA CITADA

- Acevedo, R. N., H. E. Vega, y C. J. García. 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 (nueva serie) 2: 352-357.
- Atkinson, T. H., C. Saucedo, F. Martínez, y A. Burgos. 1986. Coleópteros Scolytidae y Platypodidae asociados con las comunidades vegetales de clima templado y frío en el estado de Morelos. Acta Zool. Mex. 17: 1-58.
- Atkinson, T. H. 2014. Diversidad, Biogeografía y Ecología de Escarabajos Ambrosiales Mexicanos (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae, Scolytinae), pp. 49 In: Memorias del Simposio Internacional Sobre Manejo y Control de Plagas Cuarentenarias en el Aguacatero, 3-7 noviembre, Xalapa, Veracruz, México.
- Atkinson, T. H. 2017. Curculionidae: Scolytinae: Escarabajos Descortezadores y Escarabajos Ambrosiales, pp. 306–313 In: D. Cibrián (ed.) Fundamentos de Entomología Forestal. CONACYT, México.
- Atkinson, T. H. 2018. Bark and Ambrosia Beetles. Disponible en: <http://www.barkbeetles.info/about.php>. Consultado 12-10-2018.
- Barrera, F. J., J. Herrera, A. Villacorta, H. García, y L. Cruz. 2006. Trampas de Metanol-Etanol para Detección, Monitoreo y Control de la Broca del Café *Hypothenemus hampei*, pp. 71- 83 In: J.F. Barrera y P. Montoya (eds.), Simposio sobre Trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Manzanillo, Colima, México.
- Bello, M., S. H. Muñoz, M. B. Chávez, y R. S. Garciglia. 2015. Plantas útiles de la comunidad indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Polibotánica 39:175-215.
- Burgos, A., y A. Equihua. 2007. Platypodidae y Scolytidae (Coleoptera) de Jalisco, México. Dugesiana 14: 59-82.

- Brockerhoff, E. G., J. Bain, M. Kimberley, and M. Knižek. 2006. Interception frequency of exotic bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytinae) and relationship with establishment in New Zealand and worldwide. *Can. J. For. Res.* 36: 289-298.
- Carrillo, D., T. Narvaez, A. A. Cossé, R. Stouthamer, and M. Cooperband. 2015. Attraction of *Euwallacea* nr. *forficatus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) to lures containing Quercivorol. *Fla. Entomol.* 98: 780-782.
- Carrillo, D., L. F. Cruz, P. E. Kendra, T. I. Narvaez, W. S. Montgomery, A. Monterroso, C. De Grave, and M. F. Cooperband. 2016. Distribution, pest status and fungal associates of *Euwallacea* nr. *forficatus* in Florida avocado groves. *Insects* 7(4): 55.
- Dodge, C., J. Coolidge, M. Cooperband, A. Cossé, D. Carrillo, and R. Stouthamer. 2017. Quercivorol as a lure for the polyphagous and Kuroshio shot hole borers, *Euwallacea* spp. nr. *forficatus* (Coleoptera: Scolytinae), vectors of fusarium dieback. *PeerJ* 5: e3656.
- Equihua, A., E. G. Estrada, J. Trujillo, C. García, J. A. López, A. Quezada, I. Ruíz, R. González, J. M. Montiel, J. Álvarez, B. Laureano, y A. Plascencia. 2016. Nueva asociación entre *Euwallacea* sp. (Coleoptera: Curculionidae: Scolytidae) y *Casuarina cunninghamiana* Miq. (Casuarinaceae) en Tijuana, Baja California Norte, México. *Folia Entomol. Mex. (nueva serie)* 2: 20–21.
- Equihua, A., E. G. Estrada, M. P. Chaires, y J. A. Acuña. 2016. Comportamiento de *Araptus schwarzi* Blackman (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en semillas de aguacate (Hass) en diferentes estados de madurez. *Folia Entomol. Mex. (nueva serie)* 2: 33–38.
- 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. *forficatus*) causing *Fusarium* dieback on avocado in California. *Plant Dis.* 96: 1070.
- Fraedrich S. W., T. C. Harrington, R. J. Rabaglia, M. D. Ulyshen, A. E. Mayfield III, J. L. Hanula, J. M. Eickwort, and D. R. Miller. 2008. A fungal symbiont of the redbay

ambrosia beetle causes a lethal wilt in redbay and other Lauraceae in southeastern USA. *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: 1595–1606.

García, C. J., F. J. Trujillo, J. A. López, R. González, D. Carrillo, L. F. Cruz, I. Ruíz, A. Quezada, and N. Acevedo. 2016. First report of *Euwallacea* nr. *forficatus* (Coleoptera: Curculionidae) in Mexico. *Fla. Entomol.* 99: 555-556.

García, J. F., C. J. García, N. Acevedo, y S. Vergara. 2018. Escarabajos (Curculionidae: Scolytinae) asociados a trampas en huertos de *Persea americana* Miller, 1768 en cuatro municipios de Michoacán. *Entomología Mexicana* 5: 408–414.

Geng S-L, Z-X Cui, B. Shu, S. Zhao, and Yu X-H. 2012. Histochemistry and cell wall specialization of oil cells related to the essential oil accumulation in the bark of *Cinnamomum cassia* Presl. (Lauraceae). *Plant Prod. Sci.* 15: 1–9.

Haack, R. A. 2001. Intercepted Scolytidae (Coleoptera) at U.S. ports of entry: 1985 – 2000. *Integr. Pest Manage. Rev.* 6: 253-282.

Haack, R. A. 2006. Exotic bark- and wood-boring Coleoptera in the United States: recent establishments and interceptions. *Can. J. For. Res.* 36: 269–288.

Hanula J. L., A. E. Mayfield III, S. W. Fraedrich, and R. J. Rabaglia. 2008. Biology and host associations of the redbay ambrosia beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), exotic vector of laurel wilt killing redbay trees in the southeastern United States. *J. Econ. Entomol.* 101: 1276–1286.

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). *J. Econ. Entomol.* 104: 501-508.

- Hanula, L. J., T.B. 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.
- Harrington T. C., S. W. Fraedrich, and D. N. Aghayeva. 2008. *Raffaelea lauricola*, a new ambrosia beetle symbiont and pathogen on the Lauraceae. *Mycotaxon* 104: 399–404.
- Hulcr J. and R. R. Dunn. 2011. The sudden emergence of pathogenicity in insect-fungus symbioses threatens naive forest ecosystems. *Proc. R. Soc. B. Sci.* 278: 2866–2873.
- Kelsey, R. G. and G. Joseph. 1997. Ambrosia beetle host selection among logs of Douglas fir, Western hemlock, and Western red cedar with different ethanol and α - pinene concentrations. *J. Chem. Ecol.* 23: 1035-1051.
- Kelsey, R. G., M. M. Beh, D. C. Shaw, and D. K. Manter. 2013. Ethanol attracts scolytid beetles to *Phytophthora ramorum* cankers on coast live oak. *J. Chem. Ecol.* 39(4): 494-506.
- Kendra, E. P., J. Niogret, W. S. Montgomery, J. S. Sanchez, M. A. Deyrup, G. E. Pruett, R. C. Ploetz, N. D. Epsky, and R. R. Heath. 2012. Temporal analysis of sesquiterpene emissions from manuka and phoebe oil lures and efficacy for attraction of *Xyleborus glabratus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *J. Econ. Entomol.* 105: 659–669.
- Kendra, E. P., W. S. Montgomery, J. Niogret, and N. D. Epsky. 2013. An uncertain future for American Lauraceae: A lethal threat from redbay ambrosia beetle and laurel wilt disease (A review). *Am. J. Plant Sci.* 4: 727–738.
- Kendra, E. P., W. S. Montgomery, M. A. Deyrup, and D. Wakarchuk. 2016. Improved lure for redbay ambrosia beetle developed by enrichment of α -copaene content. *J. Pest Sci.* 89: 427-438.
- Kendra, E. P., D. Owens, W. S. Montgomery, T. I. Narvaez, G. R. Bauchan, E. Q. Schnell, N. Tabanca, and Daniel Carrillo. 2017. α -Copaene is an attractant, synergistic with

- quercivorol, for improved detection of *Euwallacea* nr. *forficatus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). PLoS ONE 12(6): e0179416.
- Klimetzek D., J. Köhler, J. P. Vité, and U. Kohnle 1986. Dosage response to ethanol mediates host selection by “secondary” bark beetles. *Naturwissenschaften* 73: 270–271.
- Liu, Y. and H. Dai. 2006. Application of bark beetle semiochemicals for quarantine of bark beetles in China. *J. Insect Sci.* 6:41.
- Lynch, S. C., M. Twizeyimana, J. S. Mayorquin, D. H. Wang, F. Na, M. Kayim, M. T. Kasson, P. Q. Thu, C. Bateman, P. R. Jones, J. Hulcr, R. Stouthamer, and A. Eskalen. 2016. Identification, pathogenicity and abundance of *Paracremonium pembeum* sp. nov. and *Graphium euwallaceae* sp. nov.—two newly discovered mycangial associates of the polyphagous shot hole borer (*Euwallacea* sp.) in California. *Mycologia* 108: 313–329.
- Medina, C., F. F. Guevara, M. A. Martínez, S. Silva, M. A. Chávez-Carbajal, e I. García. 2000. Estudio Florístico en el área de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. *Acta Bot. Mex.* 52: 5-41.
- Miller D. R. and R. J. Rabaglia. 2009. Ethanol and (-)- α -pinene: Attractant kairomones for bark and ambrosia beetles in the southeastern U.S. *J. Chem. Ecol.* 35: 435–448.
- Miller, R. D., K. J. Dodds, E. R. Hoebeke, T. M. Poland, and E. A. Willhite. 2015. Variation in effects of conophthorin on catches of ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in ethanol-baited traps in the United States. *J. Econ. Entomol.* 108:183-191.
- Niogret, J., P. E. Kendra, N. D. Epsky, and R. R. Heath. 2011. Comparative analysis of terpenoid emissions from Florida host trees of the redbay ambrosia beetle, *Xyleborus glabratus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Fla. Entomol.* 94: 1010-1017.
- Pérez, M., A. Equihua, J. Romero, S. Sánchez, y E. García. 2009. Diversidad, fluctuación poblacional y plantas huésped de escolitinos (Coleoptera: Curculionidae) asociados

- con el agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80: 779-791.
- Pérez, M., M. A. Hernández, A. De la Cruz, y S. S. Soto. 2016. Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) de dos áreas de conservación en Tabasco, México. *Rev. Biol. Trop.* 64: 319-326.
- Pérez, M., A. Equihua, E. G. Estrada, A. L. Muñoz, J. M. Valdez, J. Sánchez, y T. H. Atkinson. 2015. Sinopsis de especies mexicanas del género *Xyleborus* Eichhoff, 1864 (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Acta Zool. Mex.* (n. s.) 31(2): 239-250.
- Platt, K. A. and W. W. Thomson. 1992. Idioblast oil cells of avocado: distribution, isolation, ultrastructure, histochemistry and biochemistry. *Int. J. Plant Sci.* 153: 301–310.
- Rabaglia, R. J., S. A Dole, and I. A. Cognato. 2006. Review of American Xyleborina (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) occurring North of Mexico, with an Illustrated Key. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 99: 1034-1056.
- 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. *Agric. For. Entomol.* 12: 177–185.
- Ranger, C. M., M. E. Reding, K. J. Gandhi, J. B. Oliver, P. B. Schultz, L. Cañas, and D. A. Herms. 2011. Species dependent influence of (-)-alpha-pinene on attraction of ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) to ethanol-baited traps in nursery agroecosystems. *J. Econ. Entomol.* 104(2): 574-9.
- Reding E. M., P.B. Schultz, C. M. Ranger, and J. B. Oliver. 2011. Optimizing ethanol-baited traps for monitoring damaging ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in ornamental nurseries. *J. Econ. Entomol.* 104(6): 2017-2024.
- SAS. 2013. SAS for Windows Ver. 9.4 SAS Institute. Cary, N. J., USA.

Villaseñor, L. 2005. La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.

Wood, S. L. 1982. The Bark and Ambrosia Beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. Great Basin Nat. Mem. No. 6.

CAPITULO III. FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN HUERTOS DE AGUACATE EN MICHOACÁN

3.1 RESUMEN

El conocimiento de la fluctuación poblacional de un grupo de insectos ayuda a entender el comportamiento de las poblaciones a través del tiempo. En este estudio se determinó la fluctuación poblacional de Scolytinae, asociados a huertos de aguacate cv. Hass, ubicados en los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro (SJ), Uruapan (UR), y Ziracuaretiro (ZR), Michoacán, durante un periodo de dos años, de julio de 2016 a junio de 2018. Los insectos se colectaron utilizando trampas tipo botella, cebadas con los compuestos atrayentes alfa-copaeno, etanol y la combinación querciverol + etanol. La fluctuación poblacional de Scolytinae durante ambos años de muestreo en SJ y UR, registró su pico máximo de colecta durante los meses de julio y agosto. En ZR, los mayores picos poblacionales de Scolytinae se registraron durante los meses de julio y octubre para el ciclo 2016-2017, y durante los meses de septiembre y octubre para el ciclo 2017-2018. La abundancia poblacional de Scolytinae fue mayor durante el ciclo 2016-2017, en SJ y UR, mientras que, en ZR, se observó una mayor abundancia poblacional durante el ciclo 2017-2018. Las especies con la mayor abundancia poblacional en SJ fueron *Microcorthylus invalidus* (Wood) (43.28%), *Araptus schwarzi* (Blackman) (28.68%) y *Corthylus detrimmentosus* (Schedl) (23.02%), las cuales contribuyeron al 94.98% de la colecta total en este sitio. En UR, las especies con los mayores porcentajes de captura fueron *A. schwarzi* (41.40%) y *M. invalidus* (14.75%), las cuales en conjunto contribuyeron al 56.15% de la colecta total en este sitio. En ZR, las especies con mayor abundancia poblacional fueron *Premnobius cavipennis* (Eichhoff) (26.04%), *Hypothenemus crudiae* (Panzer) (17.75%), y *Corthylus flagellifer* (Blandford) (16.17%), las cuales contribuyeron con el 59.96% de la colecta total de este sitio. Para los tres sitios, los picos máximos poblacionales coincidieron con los periodos de mayor precipitación pluvial y altos porcentajes de humedad relativa.

Palabras clave: escarabajos ambrosiales, abundancia poblacional, atrayentes

3.2 ABSTRACT

The knowledge of the population's fluctuation of a group of insects helps to understand the behavior of populations over time. In this study, the population fluctuation of Scolytinae, associated with avocado orchards cv. Hass, located in the municipalities of Nuevo San Juan Parangaricutiro (SJ), Uruapan (UR), and Ziracuaretiro (ZR), Michoacán, for a period of two years, from July 2016 to June 2018. Insects were collected using bottle traps, baited with the attractant compounds alpha-copaene, ethanol and the combination querciverol + ethanol. The fluctuation of population of Scolytinae during both years of sampling in SJ and UR, registered its maximum collection peak during the months of July and August. In ZR, the highest population peaks of Scolytinae were recorded during the months of July and October for the 2016-2017 cycle, and during the months of September and October for the 2017-2018 cycle. The population abundance of Scolytinae was greater during the 2016-2017 cycle, in SJ and UR, while in ZR, a greater population abundance was observed during the 2017-2018 cycle. The species with the highest population abundance for SJ were *Microcorthylyus invalidus* (Wood) (43.28%), *Araptus schwarzi* (Blackman) (28.68%) and *Corthylyus detrimmentosus* (Schedl) (23.02%), which contributed to 94.98% of the total collection in this site. In UR, the species with the highest percentages of capture were *A. schwarzi* (41.40%) and *M. invalidus* (14.75%), which together contributed to 56.15% of the total collection in this site. In ZR, the species with the highest population abundance were *Premnobius cavipennis* (Eichhoff) (26.04%), *Hypothenemus crudiae* (Panzer) (17.75%), and *Corthylyus flagellifer* (Blandford) (16.17%), which contributed 59.96% of the total collection of this site. For the three sites, the maximum population peaks coincided with the periods of higher rainfall and high percentages of relative humidity.

Keywords: ambrosial beetles, population abundance, attractants

3.3 INTRODUCCIÓN

La subfamilia Scolytinae incluye grupos de escarabajos conocidos como “descortezadores” y “ambrosiales”. El primer caso hace referencia a las especies que se alimentan del floema de plantas leñosas; por otro lado, al grupo de escarabajos que barrenan directamente en la albura y se alimentan de hongos ectosimbióticos, se les llama ambrosiales (Wood, 1982; Atkinson, 2017). Además de estos dos grandes grupos, también hay especies que se especializan en las médulas de ramas (mielófagas), madera (xilófagas), plantas herbáceas (herbífagas) y de semillas (espermatófagas) (Atkinson, 2013; Atkinson, 2017).

Los Scolytinae se establecen sobre sus hospedantes para alimentarse y reproducirse, asimismo, juegan un papel importante en el equilibrio de las comunidades vegetales, ya que contribuyen en la descomposición de aquellas plantas moribundas y enfermizas, además se incluyen dentro de los grupos principales que participan en el reciclamiento de materia orgánica, particularmente de la madera (Equihua y Burgos, 2002). No obstante, algunas especies pueden convertirse en plagas, tanto de áreas agrícolas, como forestales, particularmente cuando son introducidas en nuevos hábitats (Hulcr y Dunn, 2011; Kendra et al., 2013).

La fluctuación poblacional de insectos es afectada por factores bióticos y abióticos, y el conocimiento de la respuesta de los individuos a estos factores, ofrece una visión amplia del funcionamiento de una comunidad constituida por varias especies, que ocurren juntas en el espacio y en el tiempo (Begon et al., 1996).

La disponibilidad de alimento se considera uno de los factores bióticos más importantes en la fluctuación de los insectos; mientras que, entre los factores abióticos, los componentes del clima como la temperatura, precipitación pluvial y humedad relativa, determinan los límites de la distribución y abundancia de los mismos (Rudinsky, 1962; Wallner, 1987; Morales et al., 2000; Khaliq et al., 2014). Cabe señalar, que al igual que con otros individuos poiquilotérmicos, los procesos vitales y la actividad de los Scolytinae, particularmente de los escarabajos descortezadores y ambrosiales, se encuentran íntimamente ligados a la temperatura (Rudinsky, 1962; Kirkendall et al., 2015).

El conocimiento sobre el comportamiento de las poblaciones de insectos, y en especial, sus fluctuaciones a través del tiempo aunado a factores ambientales, tienen importancia desde el punto de vista ecológico, y sobre todo, si se desean implementar estrategias de manejo (Morales et al., 2000).

Con base a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar la fluctuación poblacional de especies de Scolytinae en huertos de aguacate de tres municipios de la zona central de Michoacán.

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

3.4.1 Sitios de muestreo. El estudio se realizó de julio de 2016 a junio de 2018, en tres huertos de aguacate cv. Hass, localizados en la zona central del estado de Michoacán. Éstos fueron los siguientes: “El Durazno 2” ubicado en el municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro (2,245 msnm, 19°22'30" N 102°14'16" W), con una superficie de 25 ha y árboles de aproximadamente 35 años de edad; “La Piedra China” se localiza en el municipio de Uruapan (1,564 msnm, 19°21'19.2" N 102°03'34.9" W), con 3 ha y árboles de aproximadamente 30 años de edad; “La Ziranda” se localiza en el municipio de Ziracuaretiro (1,304 msnm, 19°24'00.4" N 101°54'56.6" W), con 3.5 ha y árboles de aproximadamente 10 años de edad.

3.4.2 Sistema de trampeo. Los atrayentes usados en las trampas para la captura de los insectos, incluyeron los compuestos alfa-copaeno, etanol y la combinación querciverol + etanol, cuya atracción ha sido comprobada tanto para ambrosiales nativos como exóticos (Macías, 2014; Kendra et al., 2014, 2016; Acevedo et al., 2015; Castrejón et al., 2017), adicionalmente, un testigo (sin atrayente). Los compuestos se colocaron en trampas similares a las propuestas por Barrera et al. (2006), éstas trampas se elaboraron a base de botellas de PET con capacidad de 2 L, con una abertura lateral de 11 x 10 cm y suspendidas a un árbol con una cuerda; como líquido conservador se utilizó propilenglicol. Se tuvieron tres repeticiones para cada compuesto atrayente incluyendo al testigo, sumando un total de 12 trampas por huerto, las cuales se colocaron a una altura de 1.5 m y distancia aproximada entre trampas de 50 m. El arreglo de trampas fue lineal, considerando las dimensiones de los huertos. El cambio de los atrayentes se

realizó cada dos meses. La revisión de las trampas se realizó mensualmente de julio 2016 a junio de 2018 y los especímenes capturados se conservaron en alcohol al 70% para su posterior separación, conteo, montaje y determinación específica en el laboratorio.

3.4.3 Identificación del material biológico. La determinación taxonómica de los insectos se realizó con las claves propuestas por Wood (1982) y Rabaglia et al. (2006), además de realizar comparaciones con material depositado en la Colección de Insectos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México (CEAM). El material colectado y etiquetado se encuentra depositado en la colección previamente mencionada.

3.4.4 Análisis de datos. Se elaboró un listado de datos en Microsoft Excel®, donde se registraron datos de los individuos colectados mensualmente en los sitios de muestreo, asimismo se tomaron datos de las variables climáticas como precipitación pluvial acumulada, humedad relativa y temperaturas medias, mínimas y máximas, de las estaciones meteorológicas más cercanas a los sitios de estudio (APEAM, 2018). Se realizó un análisis de correlación entre la densidad poblacional mensual y las variables climáticas, utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.0 (SAS, 2002).

3.5 RESULTADOS

Se colectó un total de 72 especies de Scolytinae, de los cuales en Nuevo San Juan Parangaricutiro se registraron 31 especies, mientras que, en Uruapan y Ziracuaretiro se registró el mismo número de especies de Scolytinae, 44 para cada sitio (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Abundancia de Scolytinae en huertos de aguacate cv. Hass de los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro (SJ), Uruapan (UR) y Ziracuaretiro (ZR), Michoacán durante 2016-2018.

Especies de Scolytinae	No. de individuos			
	SJ	UR	ZR	Total
<i>Ambrosiodmus rusticus</i> (Wood)	3	0	0	3

Especies de Scolytinae	No. de individuos			
	SJ	UR	ZR	Total
<i>Amphicranus cordatus</i> (Bright)	1	0	0	1
<i>Araptus dentifrons</i> (Wood)	3	0	0	3
<i>Araptus schwarzi</i> (Blackman)	2112	1434	63	3609
<i>Araptus</i> sp. nov.	74	2	0	76
<i>Chramesus pumilus</i> (Chapuis)	1	1	0	2
<i>Cnesinus electinus</i> (Wood)	0	19	6	25
<i>Cnesinus setulosus</i> (Blandford)	0	5	3	8
<i>Coptoborus pseudotenuis</i> (Schedl)	0	2	0	2
<i>Corthylocurus aguacatensis</i> (Schedl)	112	107	248	467
<i>Corthylus detrimmentosus</i> (Schedl)	1695	14	2	1711
<i>Corthylus flagellifer</i> (Blandford)	8	331	800	1139
<i>Corthylus fuscus</i> (Blandford)	1	1	0	2
<i>Corthylus luridus</i> (Blandford)	1	0	0	1
<i>Corthylus papulans</i> (Eichhoff)	1	0	269	270
<i>Corthylus petilus</i> (Wood)	6	5	1	12
<i>Corthylus praeustus</i> (Schedl)	0	45	108	153
<i>Cryptocarenum lepidus</i> (Wood)	0	0	3	3
<i>Dendrocranulus cucurbitae</i> (LeConte)	0	5	2	7
<i>Dendrocranulus declivis</i> (Schedl)	0	1	0	1
<i>Dendroterus mexicanus</i> (Blandford)	0	0	2	2
<i>Glochinoscerus gemellus</i> (Blandford)	5	0	0	5

Especies de Scolytinae	No. de individuos			
	SJ	UR	ZR	Total
<i>Gnathotrichus dentatus</i> (Wood)	1	1	0	2
<i>Gnathotrichus perniciosus</i> (Wood)	0	1	1	2
<i>Gnathotrichus sulcatus</i> (LeConte)	0	2	0	2
<i>Hylastes fulgidus</i> (Blackman)	0	0	1	1
<i>Hylocurus dilutus</i> (Wood)	0	4	2	6
<i>Hylocurus dissidens</i> (Wood)	0	38	44	82
<i>Hylocurus nodulus</i> (Wood)	0	1	2	3
<i>Hypothenemus areccae</i> (Hornung)	0	0	10	10
<i>Hypothenemus crudiae</i> (Panzer)	0	127	878	1005
<i>Hypothenemus eruditus</i> (Westwood)	0	35	300	335
<i>Hypothenemus obscurus</i> (F.)	0	13	0	13
<i>Hypothenemus rotundicollis</i> (Eichhoff)	0	4	361	365
<i>Hypothenemus seriatus</i> (Eichhoff)	0	331	45	376
<i>Micracis detentus</i> (Wood)	0	202	34	236
<i>Micracis torus</i> (Wood)	5	38	17	60
<i>Micracis unicornis</i> (Wood)	19	0	0	19
<i>Micracisella nitidula</i> (Wood)	28	1	0	29
<i>Microcorthylus demissus</i> (Wood)	5	0	0	5
<i>Microcorthylus invalidus</i> (Wood)	3,187	511	0	3,698
<i>Monarthrum conversum</i> (Wood)	2	11	1	14
<i>Monarthrum desum</i> (Wood)	0	0	4	4

Especies de Scolytinae	No. de individuos			
	SJ	UR	ZR	Total
<i>Monarthrum exornatum</i> (Schedl)	59	100	1	160
<i>Monarthrum tuberculatum</i> (Wood)	10	2	0	12
<i>Phloeocleptus atkinsoni</i> (Wood)	5	0	0	5
<i>Phloeocleptus plagiatus</i> (Wood)	3	18	6	27
<i>Phloeotribus opimus</i> (Wood)	0	0	18	18
<i>Pityoborus secundus</i> (Blackman)	1	0	0	1
<i>Pityophthorus attenuatus</i> (Blackman)	1	2	3	6
<i>Pityophthorus concinnus</i> (Wood)	0	0	10	10
<i>Pityophthorus cuspidatus</i> (Blackman)	0	0	1	1
<i>Pityophthorus obtusipennis</i> (Blandford)	0	1	0	1
<i>Pityophthorus sapineus</i> (Bright)	6	0	0	6
<i>Pityophthorus scabridus</i> (Schedl.)	0	0	1	1
<i>Pityophthorus schwarzi</i> (Blackman)	0	0	1	1
<i>Premnobius cavipennis</i> (Eichhoff)	1	25	1,288	1,314
<i>Pycnarthrum hispidum</i> (Ferrari)	0	0	6	6
<i>Scolytodes clusiacolens</i> (Wood)	0	3	0	3
<i>Scolytogenes jalapae</i> (Letzner)	0	1	0	1
<i>Scolytogenes rusticus</i> (Wood)	6	0	1	7
<i>Scolytogenes truncis</i> (Wood)	0	0	1	1
<i>Stegomerus mexicanus</i> (Wood)	0	1	4	5

Especies de Scolytinae	No. de individuos			
	SJ	UR	ZR	Total
<i>Stegomerus pygmaeus</i> (Wood)	0	2	0	2
<i>Tricolus nodifer</i> (Blandford)	1	0	0	1
<i>Xyleborinus gracilis</i> (Eichhoff)	0	0	5	5
<i>Xyleborus affinis</i> (Eichhoff)	0	5	8	13
<i>Xyleborus ferrugineus</i> (F.)	0	8	0	8
<i>Xyleborus morulus</i> (Blandford)	0	1	0	1
<i>Xyleborus palatus</i> (Wood)	0	0	1	1
<i>Xyleborus volvulus</i> (F.)	0	2	4	6
<i>Xylosandrus curtulus</i> (Eichhoff)	0	0	380	380
Total de individuos	7,363	3,463	4,946	15,772
No. de especies	31	44	44	72

La fluctuación poblacional de Scolytinae durante ambos años de muestreo en el huerto en Nuevo San Juan Parangaricutiro, registró la máxima captura en los meses de julio y agosto (Figura 3.1). Durante el periodo 2016-2017 se observó una mayor abundancia poblacional de Scolytinae, con 1,349 y 1,053 individuos contabilizados en julio y agosto, respectivamente, en comparación con el periodo 2017-2018 que tuvo 694 y 351 individuos, para los mismos meses, respectivamente. Las especies con los mayores picos poblacionales durante ambos años de muestreo fueron *Microcorthylus invalidus* con 524 y 132 individuos, *Araptus schwarzi* con 573 y 263 individuos, y *Corthylus detrimentosus* con 611 y 363 individuos respectivamente, las cuales representaron el 94.98% de la colecta total en este sitio (Figura 3.2), el resto de las especies fueron poco abundantes, incluso en algunas de éstas, únicamente se capturó un espécimen como en *Amphicranus cordatus*, *Chramesus pumilus*, *Corthylus fuscus*, *C. luridus*, *C. papulans*, *Gnathotrichus dentatus*, *Pityoborus secundus*, *Pityophthorus attenuatus*, *Premnobius cavipennis* y *Tricolus nodifer* (Cuadro 3.1).

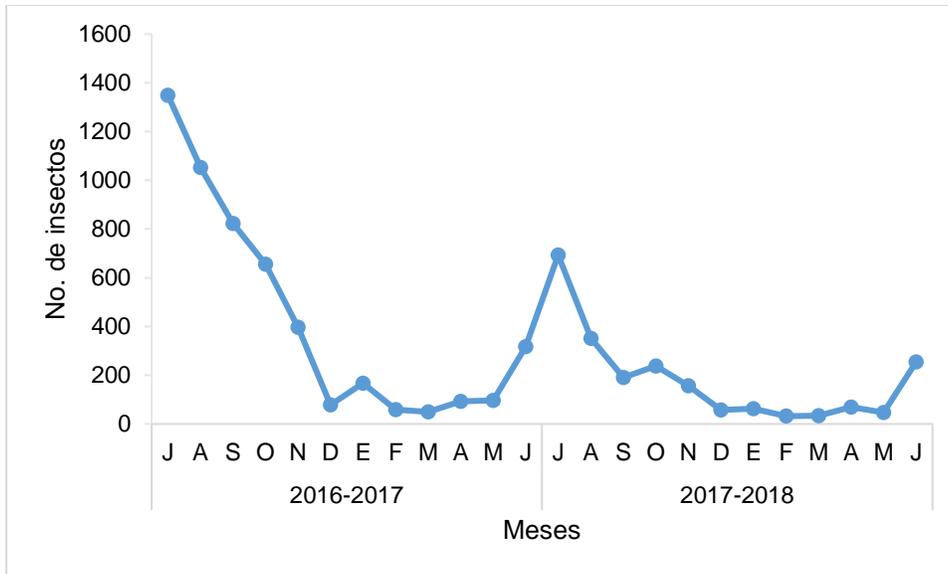


Figura 3.1. Fluctuación poblacional de Scolytinae en huerto de aguacate Hass “El Durazno 2”, municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

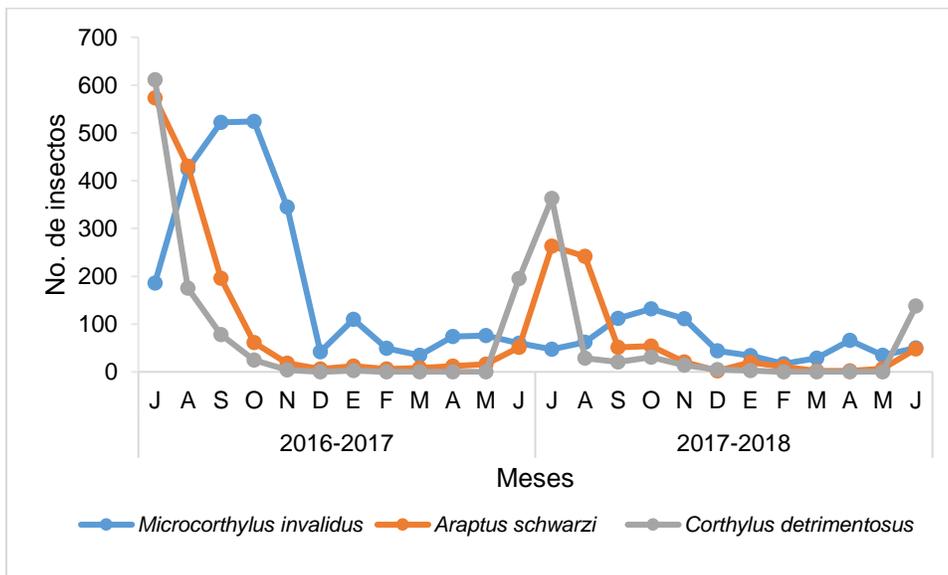


Figura 3.2. Fluctuación poblacional de las especies *Microcorthylus invalidus*, *Araptus schwarzi* y *Corthylus detrimentosus*, en huerto de aguacate Hass “El Durazno 2”, municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

En “La Piedra China”, el mayor número de capturas ocurrió en julio y agosto, en ambos años de muestreo (Figura 3.3), observándose que la población de Scolytinae en general, fue más abundante para el ciclo 2016-2017, con 834 y 264 individuos para julio y agosto,

respectivamente, en comparación con el ciclo 2017-2018, con 432 y 154 individuos, respectivamente. Las especies que presentaron los mayores picos poblacionales durante ambos años de muestreo fueron *A. schwarzi* con 530 y 189 individuos y *M. invalidus* con 103 y 45 individuos, respectivamente, las cuales en conjunto contribuyeron al 56.15% de la colecta total en este sitio (Figura 3.4).

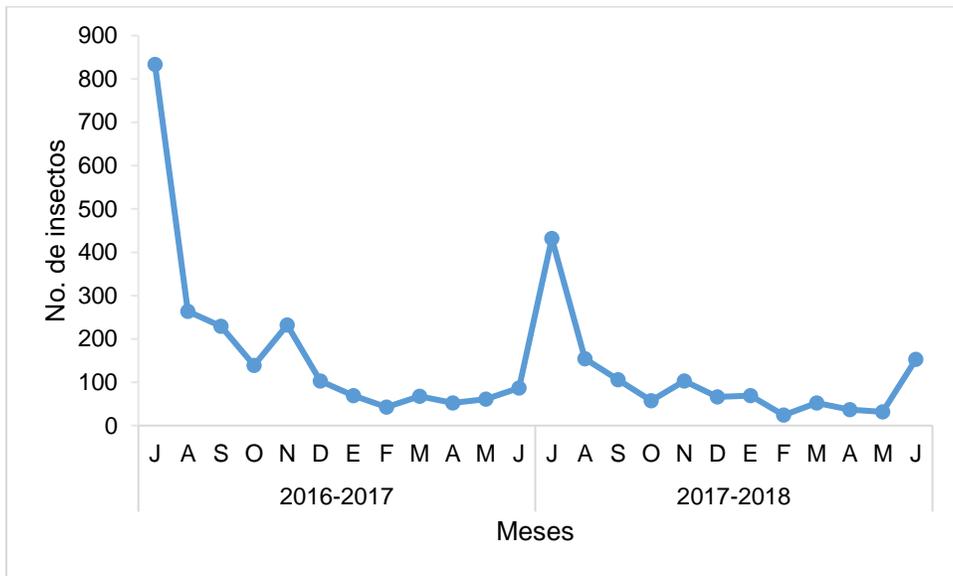


Figura 3.3. Fluctuación poblacional de Scolytinae en huerto de aguacate Hass “La Piedra China”, municipio de Uruapan, Michoacán.

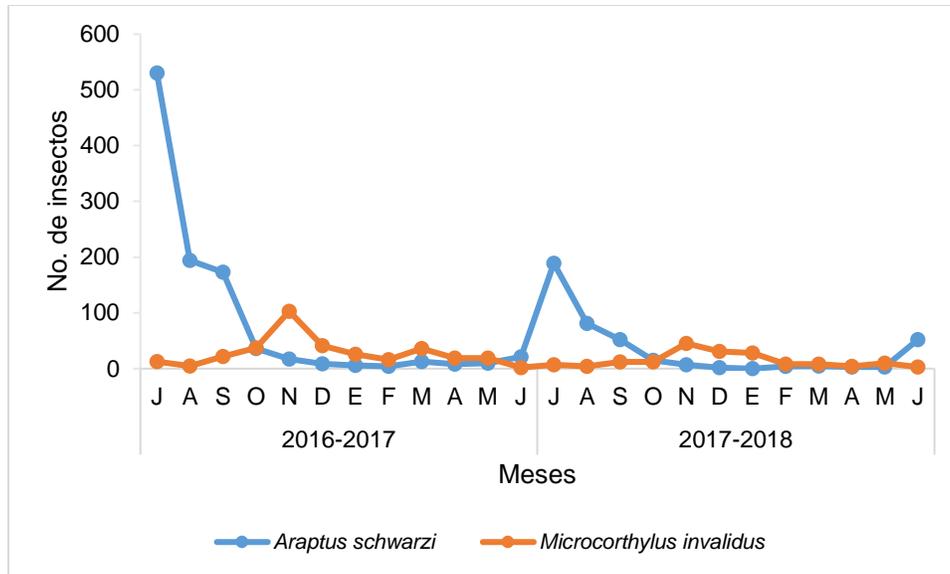


Figura 3.4. Fluctuación poblacional de las especies *Araptus schwarzi* y *Microcorthylus invalidus*, en huerto de aguacate Hass “La Piedra China”, municipio de Uruapan, Michoacán.

En “La Ziranda”, para el ciclo 2016-2017, la mayor abundancia de Scolytinae se registró en julio y octubre, con 412 y 295 individuos, respectivamente, mientras que para el ciclo 2017-2018, el mayor número de capturas ocurrió en septiembre y octubre, con 478 y 390 individuos, respectivamente. En este huerto, la menor abundancia poblacional de Scolytinae se registró durante el ciclo 2016-2017, en comparación con el ciclo 2017-2018 (Figura 3.5). Las especies con los mayores picos poblacional durante ambos años de muestreo fueron *P. cavipennis* con 69 y 147 individuos, *Hypothenemus crudiae* con 229 y 136 individuos, y *C. flagellifer* con 50 y 136 individuos, respectivamente, las cuales contribuyeron con el 59.96% de la colecta total de este sitio (Figura 3.6). En este huerto, únicamente se capturó un espécimen de las especies *Dendrocranulus cucurbitae*, *Gnathotrichus perniciosus*, *Hylastes fulgidus*, *Monarthrum conversum*, *M. exornatum*, *Scolytogenes rusticus*, *S. trucis*, *Pityophthorus cuspidatus*, *P. scabridus*, *P. schwarzi* y *Xyleborus palatus* (Cuadro 3.1).

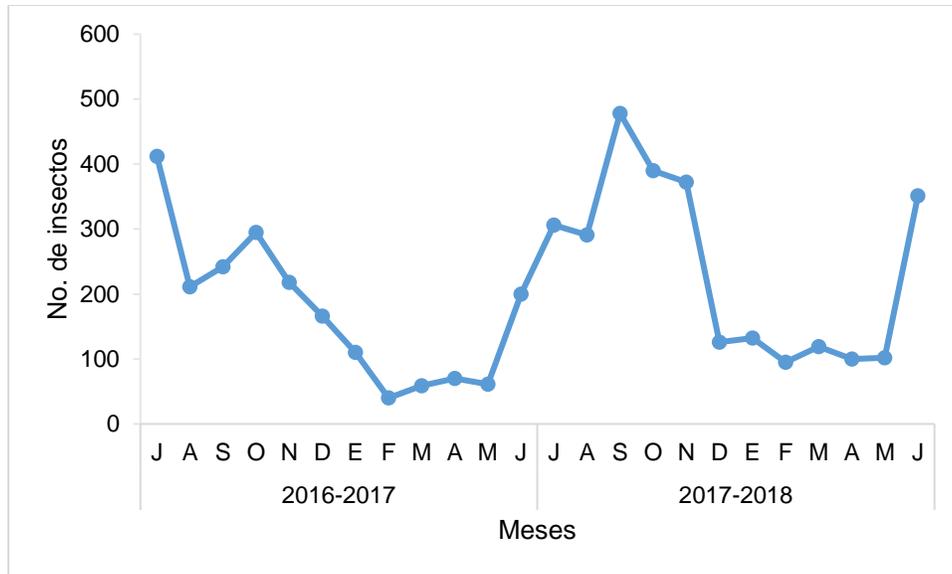


Figura 3.5. Fluctuación poblacional de Scolytinae en huerto de aguacate Hass “La Ziranda”, municipio de Ziracuaretiro, Michoacán.

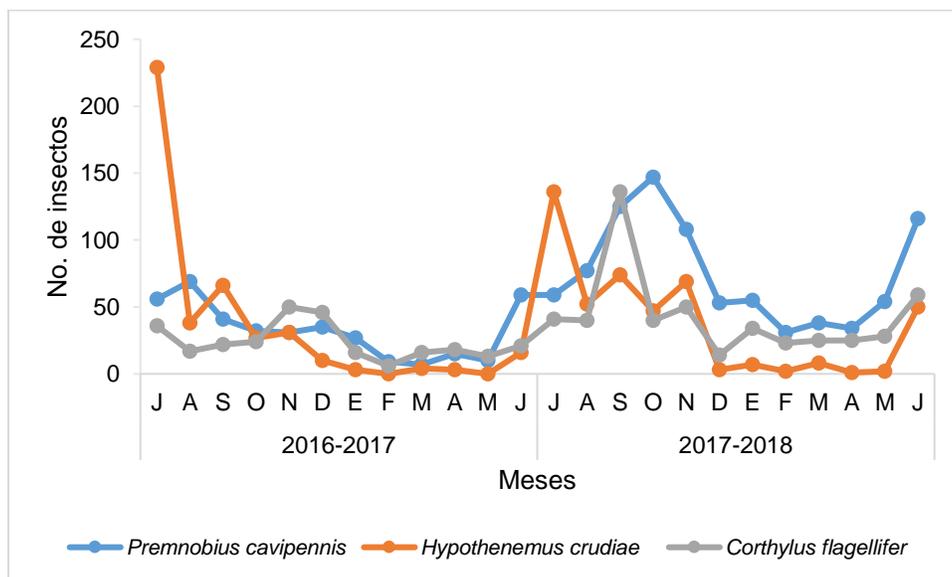


Figura 3.6. Fluctuación poblacional de las especies *Premnobius cavipennis*, *Hypothenemus crudiae* y *Corthylus flagellifer*, en huerto de aguacate Hass “La Ziranda”, municipio de Ziracuaretiro, Michoacán.

3.5.1 Correlación entre las variables climáticas y la abundancia de Scolytinae. Con respecto a la fluctuación de las variables climáticas, se observaron dos periodos bien definidos en la región, un periodo de sequía, con lluvias escasas entre diciembre a abril

y otro con mayor precipitación, de mayo a noviembre, alcanzando la máxima precipitación entre los meses de julio y agosto para los sitios en Nuevo San Juan Parangaricutiro y Uruapan; mientras que, en Ziracuaretiro se observó un pico en la precipitación pluvial hasta el mes de septiembre. La humedad relativa promedio, en los huertos de estudio tuvo valores máximos entre los meses de agosto y septiembre (Figuras 3.7- 3.9). Asimismo, el análisis de correlación mostró una asociación positiva de las variables precipitación pluvial acumulada y la humedad relativa, con la abundancia poblacional de los escolitinos, de tal manera que, el aumento en éstas variables climáticas favoreció la abundancia poblacional de Scolytinae en los tres huertos de estudio (Cuadro 3.2). Finalmente, con respecto a la temperatura, se observó que únicamente la variable temperatura mínima mensual, mostró una asociación positiva en la fluctuación poblacional de Scolytinae, tanto para el huerto en Uruapan como en Ziracuaretiro, mientras que, en Nuevo San Juan Parangaricutiro esta variable tuvo poco efecto en la abundancia poblacional de Scolytinae (Cuadro 3.2).

Referente a las especies ambrosiales dominantes en los tres huertos de estudio, se encontró correlación positiva entre las variables precipitación pluvial acumulada y humedad relativa con la abundancia poblacional de las especies (Cuadro 3.3).

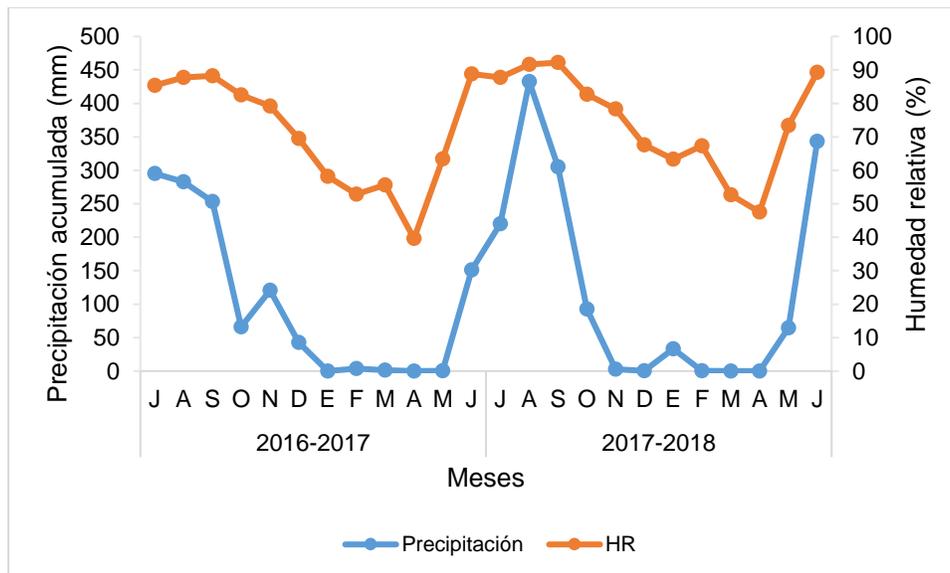


Figura 3.7. Precipitación pluvial acumulada mensual (mm) y humedad relativa promedio (%) durante 2016-2018 en Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

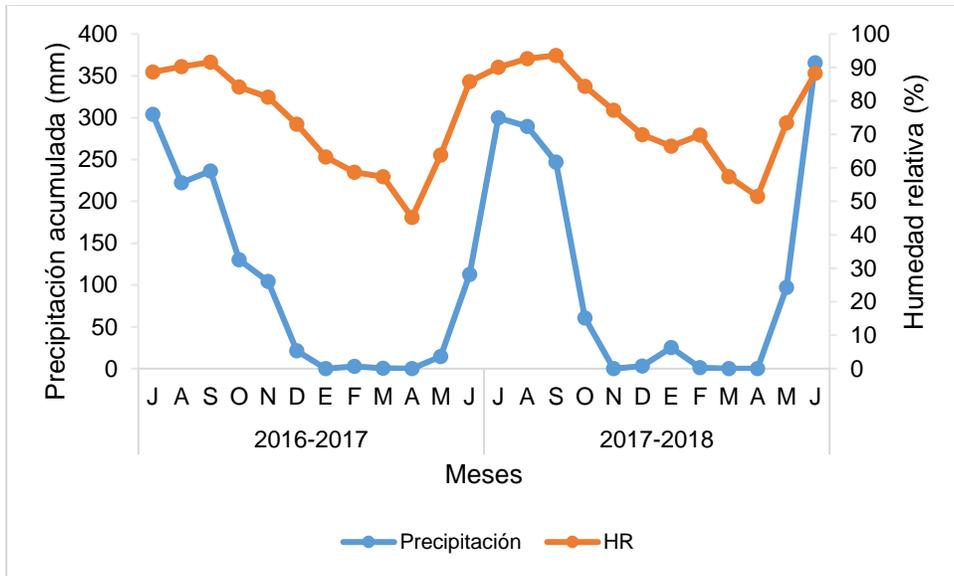


Figura 3.8. Precipitación pluvial acumulada mensual (mm) y humedad relativa promedio (%) durante 2016-2018 en Uruapan, Michoacán.

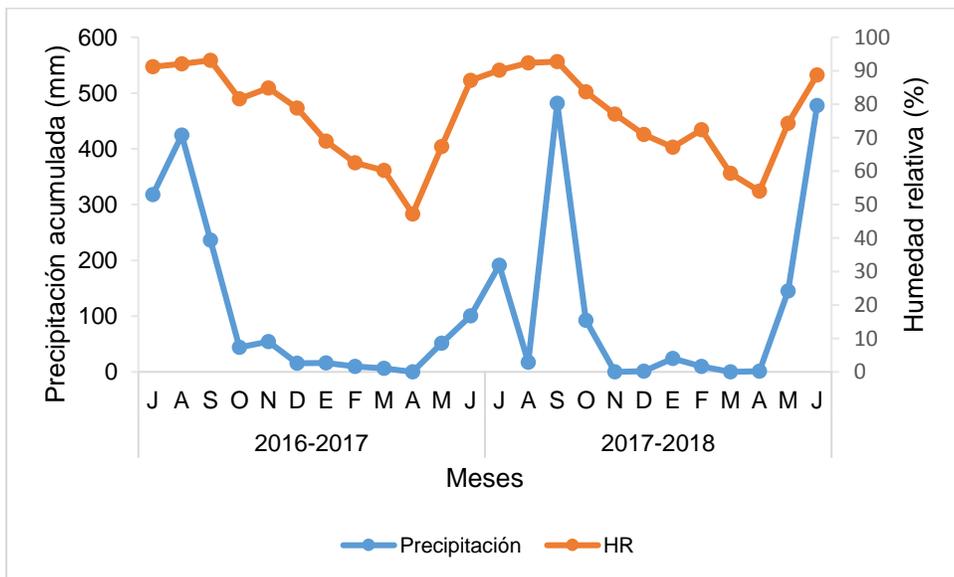


Figura 3.9. Precipitación pluvial acumulada mensual (mm) y humedad relativa promedio (%) durante 2016-2018 en Ziracuaretiro, Michoacán.

Cuadro 3.2. Correlación entre la precipitación pluvial acumulada, humedad relativa promedio, temperatura mínima (T_{mínima}) y abundancia mensual de Scolytinae, en los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro (SJ), Uruapan (UR) y Ziracuaretiro (ZR), Michoacán.

Municipio	Precipitación	Humedad Relativa	T _{mínima}
SJ	0.62333(0.0011)*	0.59168(0.0023)*	0.38693(0.0618)
UR	0.64394(0.0007)*	0.50213(0.0124)*	0.39421(0.0566)*
ZR	0.61599(0.0014)*	0.76913(<.0001)*	0.64204(0.0007)*

*Correlación significativa con un $\alpha = 0.05$

Cuadro 3.3. Correlación entre la precipitación pluvial acumulada, humedad relativa promedio y abundancia mensual de especies ambrosiales, en los municipios de Nuevo San Juan Parangaricutiro (SJ), Uruapan (UR) y Ziracuaretiro (ZR), Michoacán.

Municipio	Especies	Precipitación	Humedad Relativa
SJ	<i>Microcorthylus invalidus</i>	0.28569(0.1760)	0.40710(0.0483)*
	<i>Corthylus detrimmentosus</i>	0.52539(0.0084)*	0.45956(0.0239)*
UR	<i>M. invalidus</i>	0.27470(0.1939)	0.06007(0.7804)
ZR	<i>Premnobius cavipennis</i>	0.53448(0.0071)*	0.57528(0.0033)*
	<i>C. flagellifer</i>	0.55349(0.0050)*	0.46463(0.0222)*

*Correlación significativa con un $\alpha = 0.05$

3.6 DISCUSIÓN

De manera general, la fluctuación poblacional de Scolytinae en ambos años de muestreo, mostró su máximo número de individuos durante los meses de julio y agosto en Nuevo San Juan Parangaricutiro y Uruapan, mientras que, en Ziracuaretiro, los picos máximos de colecta se presentaron durante los meses de julio y octubre para el ciclo 2016-2017, y durante septiembre y octubre para el ciclo 2017-2018. La densidad poblacional de

Scolytinae fue más abundante durante el primer año de muestreo en Nuevo San Juan Parangaricutiro y Uruapan, en tanto que, en Ziracuaretiro, la mayor abundancia poblacional se registró durante el segundo año de muestreo. Para los tres sitios, los picos máximos poblacionales coincidieron con los periodos de mayor precipitación pluvial y altos porcentajes de humedad relativa. La fluctuación poblacional encontrada en los sitios de estudio coincide con lo registrado por Wood (1982), quien señaló que las poblaciones de Scolytinae presentan tendencia a bajar actividad durante la estación seca, (Figuras 3.1, 3.3 y 3.5), que después de un periodo de baja o nula precipitación y baja humedad relativa (diciembre-abril), la actividad de los escolitinos disminuyó; además se observó un aumento en las poblaciones de escolitinos, con un incremento de la precipitación y humedad relativa. La menor abundancia poblacional de Scolytinae que se observó durante la estación seca, probablemente este asociada con la condición de humedad del sustrato de reproducción, dado que, el material hospedante, se seca más rápido durante periodos de poca precipitación, lo cual pudo propiciar condiciones desfavorables para algunos escarabajos (Khan,1989; Madoffe y Bakke, 1995).

Los escolitinos, particularmente los ambrosiales y sus hongos asociados (de los cuales se alimentan), están íntimamente ligados a la disponibilidad de alimento con humedad mayor al 50% y temperatura óptima (mayor a 10°C y menor a 45°C) para su establecimiento (Rudinsky, 1962), condiciones que se presentaron en los sitios de estudio casi a mediados del año (del mes de mayo en adelante), lo que coincidió con el inicio de la temporada de lluvias. De tal modo que se observó una correlación positiva entre la precipitación pluvial y la abundancia poblacional de las especies ambrosiales, *M. invalidus*, *C. detrimmentosus*, *C. flagellifer* y *P. cavipennis*, en ambos años de muestreo (Cuadro 3.3). Pérez et al. (2009), Rangel et al. (2012), Estrada et al. (2012) y Pérez et al. (2016) han reportado resultados similares al observar una mayor abundancia poblacional de escarabajos ambrosiales asociada a condiciones de mayor humedad; aunque éstos difieren de lo reportado por Morales et al. (2000), quienes registraron mayor abundancia poblacional de algunas especies ambrosiales en los periodos más secos. Referente a la temperatura, Rudinsky (1962) y Kirkendall (2015), señalaron que la actividad de los escolitinos depende, en primera instancia, de la disponibilidad de hospedantes susceptibles y, los límites de distribución geográfica y abundancia local,

están determinados por la temperatura mínima necesaria para el desarrollo de los escarabajos, tal como se observó en el presente estudio, ya que la temperatura mínima mensual fue una de las variables climáticas que se asoció de manera positiva con los mayores picos poblacionales de Scolytinae, principalmente en los huertos de Uruapan y Ziracuaretiro (Cuadro 3.2).

Asimismo, se ha documentado que para los escolitinos, la humedad ambiental influye en la temperatura y sobre la tasa de desarrollo larvario. Mientras que, el contenido de humedad de la madera, se considera un factor limitante en el crecimiento de los hongos ambrosiales, lo cual regula, no sólo la colonización sino también el desarrollo y la supervivencia de los escarabajos ambrosiales (Rudinsky, 1962). En el presente estudio, se observó que la humedad relativa promedio se correlacionó positivamente con la abundancia poblacional de los Scolytinae y de manera particular de algunas especies ambrosiales, tales como *M. invalidus*, *C. detrimmentosus*, *C. flagellifer* y *P. cavipennis*, en los tres sitios y, en ambos años de muestreo (Cuadro 3.3). Estos resultados coinciden con lo reportado por Sittichaya et al. (2012) quienes señalaron que la humedad relativa influye en el patrón de vuelo estacional y abundancia de escarabajos ambrosiales en áreas agrícolas.

Por otra parte, los mayores picos poblacionales en ambos años de muestreo, para la especie *A. schwarzi*, tanto en Nuevo San Juan Parangaricutiro, como en Uruapan, coincidieron con los periodos de mayor precipitación pluvial y humedad relativa (Figuras 3.2, 3.4, 3.7 y 3.8). Aunado a lo anterior, la mayor abundancia poblacional de *A. schwarzi* en estos huertos, está muy probablemente asociada a la edad de los árboles en la plantación (más de 30 años), con una copa bien desarrollada, que contribuyó a brindar mayor sombra y retención de humedad en el huerto, lo cual también propició mayor disponibilidad de recursos alimenticios (frutos maduros de *P. americana* en el suelo), recursos que son preferidos por *A. schwarzi* en su establecimiento (Equihua et al., 2016). En contraste con el huerto de Ziracuaretiro, que presenta árboles de aproximadamente 10 años de edad, además de ser un sitio con menor disponibilidad de alimento (pocas semillas de aguacate en el suelo). Al respecto, Rudinsky (1962) y Walner (1987),

mencionan que la disponibilidad de recursos alimenticios y de reproducción, son factores decisivos en el establecimiento y abundancia de escolitinos en un sitio determinado.

3.7 CONCLUSIONES

La fluctuación poblacional de Scolytinae durante ambos años de muestreo en Nuevo San Juan Parangaricutiro y Uruapan, mostró su mayor abundancia en los meses de julio y agosto. En estos mismos sitios la abundancia poblacional de Scolytinae fue mayor durante el ciclo 2016- 2017. En Ziracuaretiro, la mayor captura de Scolytinae se presentó en los meses de julio y octubre para el ciclo 2016-2017, y durante septiembre y octubre para el ciclo 2017-2018. Para este sitio la mayor abundancia poblacional se registró durante el segundo año de muestreo.

Para los tres sitios, las máximas capturas de Scolytinae coincidieron con los periodos de mayor precipitación pluvial y altos porcentajes de humedad relativa.

En Nuevo San Juan Parangaricutiro, las especies con mayores porcentajes de captura fueron *Microcorthylus invalidus* (43.28%), *Araptus schwarzi* (28.68%) y *Corthylus detrimentosus* (23.02%), las cuales contribuyeron al 94.98% de la colecta total en este sitio.

En Uruapan, las especies más capturadas durante el periodo de estudio fueron *A. schwarzi* (41.40%) y *M. invalidus* (14.75%), las cuales en conjunto contribuyeron al 56.15% de la colecta total en este sitio.

En Ziracuaretiro, las especies con mayor abundancia poblacional, fueron *Premnobius cavipennis* (26.04%), *Hypothenemus crudiae* (17.75%) y *Corthylus flagellifer* (16.17%), las cuales contribuyeron con el 59.96% de la colecta total de este sitio.

3.8 LITERATURA CITADA

Acevedo, R. N., H. E. Vega, y C.J. García. 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.

- APEAM (Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de México, A.C.). 2018. Histórico meteorológico. Disponible en: <http://www.apeamclima.org/historica.php>. Consultado: 5 noviembre 2018.
- Atkinson, H. T. 2013. Estado de conocimiento de la taxonomía de los escarabajos descortezadores y ambrosiales de México (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), pp. 13-27 In: XVI Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Comisión Nacional Forestal. México.
- Atkinson, T. H. 2017. Curculionidae: Scolytinae: Escarabajos Descortezadores y Escarabajos Ambrosiales, pp. 306–313 In: D. Cibrián (ed.) Fundamentos de Entomología Forestal. CONACYT, México.
- Barrera, F. J., J. Herrera, A. Villacorta, H. García, y L. Cruz. 2006. Trampas de Metanol-Etanol para Detección, Monitoreo y Control de la Broca del Café *Hypothenemus hampei*, pp. 71- 83 In: J.F. Barrera y P. Montoya (eds.), Simposio sobre Trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Manzanillo, Colima, México.
- Begon, M., J. L. Harper, and C. R. Townsend. 1996. Ecology. Blackwel Science, Oxford. 1068 p.
- Castrejón, J. E., R. Montesinos, N. Acevedo, P. Tamez, M. Á. Ayala, A. M. Berlanga, and H. C. Arredondo. 2017. Especies de *Xyleborus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) asociados a huertos de aguacate en Colima, México. Acta Zool. Mex. (n.s.) 33:146-150.
- Equihua, M. A. y A. Burgos. 2002. Scolytidae, pp. 539-557 In: J. Llorente Bousquets y J.J. Morrone (eds.), Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento, vol. III, México.
- Equihua, A., E. G. Estrada, M. P. Chaires, y J. A. Acuña. 2016. Comportamiento de *Araptus schwarzi* Blackman (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en semillas de

- aguacate (Hass) en diferentes estados de madurez. *Folia Entomol. Mex.* (nueva serie) 2: 33–38.
- Estrada, N., M. Pérez, y M. A. Hernández. 2012. Fluctuación poblacional de *Corthylus* spp. (Coleoptera: Curculionidae) en Tabasco, México. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 13: 16-24.
- Hulcr, J. and R. R. Dunn. 2011. The sudden emergence of pathogenicity in insect-fungus symbioses threatens naïve forest ecosystems. *Proc. R. Soc. B. Sci.* 278: 2866–2873.
- Khan, H. R. 1989. Entomological studies on freshly felled wood borers *Aeolethes holosericea* (Fab.) and its control in Madhya Pradesh. *Indian Journal of Forestry.* 12: 101-105.
- Kendra, E. P., W. S. Montgomery, J. Niogret, and N. D. Epsky. 2013. An uncertain future for American Lauraceae: A lethal threat from redbay ambrosia beetle and laurel wilt disease (A review). *Am. J. Plant. Sci.* 4: 727–738.
- Kendra, E. P., W. S. Montgomery, J. Niogret, Q. E. Schnell, A. M. Deyrup, and D. D. Epsky. 2014. Evaluation of seven essential oils identifies cubeb oil as most effective attractant for detection of *Xyleborus glabratus*. *J. Pest Sci.* 87: 681-689.
- Kendra, E. P., W. S. Montgomery, M. A. Deyrup, and D. Wakarchuk. 2016. Improved lure for redbay ambrosia beetle developed by enrichment of α -copaene content. *J. Pest Sci.* 89:427-438.
- Kirkendall, R. L., P. H. W. Biederman, and B. H. Jordal. 2015. Evolution and Diversity of Bark and Ambrosia Beetles, pp. 85-156 In: Fernando E. Vega and Richard W. Hofstetter (Ed.), *Bark Beetles, Biology and Ecology of Native and Invasive Species.* Academic Press. USA.
- Khaliq, A., M. Javed, M. Sohail, and M. Sagheer. 2014. Environmental effects on insects and their population dynamics. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2 (2): 1-7.

- Macías, J. E. 2014. Ecología química de los escarabajos ambrosiales: Conocimiento y perspectivas para el manejo de especies exóticas, pp. 22 In: Memorias del Simposio Internacional Sobre Manejo y Control de Plagas Cuarentenarias en el aguacatero, 3-7 noviembre, Xalapa, Veracruz, México.
- Madoffe, S. S. and A. Bakke. 1995. Seasonal fluctuations and diversity of bark and wood-boring beetles in lowland forest: Implications for management practices. *South Afr. For. J.* 173: 9–15.
- Morales N. E., J. C. Zanuncio, D. Pratissoli, y A. S. Fabres. 2000. Fluctuación poblacional de Scolytidae (Coleoptera) en zonas reforestadas con *Eucalyptus grandis* (Myrtaceae) en Minas Gerais, Brasil. *Rev. Biol. Trop.* 48(1): 101-107.
- Pérez, M., A. Equihua, J. Romero, S. Sánchez, y E. García. 2009. Diversidad, fluctuación poblacional y plantas huésped de escolitinos (Coleoptera: Curculionidae) asociados con el agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80: 779-791.
- Pérez, M., M. A. Hernández, A. De la Cruz, y S. Sánchez. 2016. Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) de dos áreas de conservación en Tabasco, México. *Rev. Biol. Trop.* 64(1): 335-342.
- Rabaglia, R. J., S. A Dole, and I. A. Cognato. 2006. Review of American Xyleborina (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) occurring North of Mexico, with an Illustrated Key. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 99:1034-1056.
- 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(4): 1577-1588.
- Rudinsky, J. A. 1962. Ecology of Scolytidae. *Annu. Rev. Entomol.* 7: 327-348.
- SAS. 2002. SAS for Windows Ver. 9.0 SAS Institute. Cary, N. J., USA.
- Sittichaya, W., S. Permkam, and A. I. Cognato. 2012. Species composition and flight pattern of Xyleborini ambrosia beetles (Col.: Curculionidae: Scolytinae) From Agricultural Areas in Southern Thailand. *Environ. Entomol.* 41(4): 776-784.

Wallner, E. W. 1987. Factors Affecting 'Insect population dynamics: differences between outbreak and non-outbreak species. *Annu. Rev. Entomol.* 32: 317-340.

Wood, S. L. 1982. The Bark and Ambrosia Beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. *Great Basin Nat. Mem.* No. 6. 1359 p.