



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) DE LA REGIÓN FRAILESCA DEL ESTADO DE CHIAPAS

CARLOS EDUARDO AGUILAR CASTILLO

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

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2022

La presente tesis titulada: **DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) DE LA REGIÓN FRAILESCA DEL ESTADO DE CHIAPAS**, realizada por el alumno: **CARLOS EDUARDO AGUILAR CASTILLO**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO (A)



DRA. OBDULIA LOURDES SEGURA LEÓN

ASESOR (A)



DR. ARMANDO EQUIHUA MARTINEZ

ASESOR (A)



DRA. EDITH GUADALUPE ESTRADA VENEGAS

Montecillo, Texcoco, Estado de México, enero de 2022

DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) DE LA REGIÓN FRAILESCA DEL ESTADO DE CHIAPAS

Carlos Eduardo Aguilar Castillo, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2022

RESUMEN

Los escarabajos de la subfamilia Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) son insectos con distribución mundial y diferentes roles en la naturaleza; en el mundo se conocen cerca de 6000 especies, de estos, menos del 5% son plagas fitosanitarias y cuarentenarias de importancia económica, porque presentan la capacidad de infestar y matar amplia variedad de plantas. A pesar de su importancia, el conocimiento de su diversidad en Chiapas es poco conocida. Con lo descrito anteriormente, durante agosto 2020 a julio 2021 se realizó la captura de escolitinos con trampas tipo Ecoiapar cebadas con etanol al 95% en vegetación natural y plantaciones de café del municipio de Villaflores, y en plantaciones de café de los municipios de Ángel Albino Corzo y La Concordia de la región Frailesca de Chiapas. En Villaflores se colectaron 3745 individuos pertenecientes a 64 especies y 28 géneros. En Ángel Albino Corzo y La Concordia se colectaron 3229 individuos, pertenecientes a 74 especies y 30 géneros. En general, para Chiapas se tienen 30 nuevos registros, de los cuales, las especies *Amphycranus macellus*, *Corthylus rubricollis* y *Criptocarenum laevigatus* son nuevos registros para México. Por otra parte, la fluctuación poblacional de escolitinos en vegetación natural y plantaciones de café presentaron dos picos poblacionales muy marcados en los diferentes sitios de colecta durante el año de muestreo; en Villaflores ocurrió en los meses de marzo y junio, mientras que en Ángel Albino Corzo y La Concordia ocurrió en los meses de octubre y enero. Por otra parte, se realizó la identificación molecular de nueve especies de escolitinos mediante la amplificación del gen COI. Las secuencias se editaron y se ensamblaron en Sequencher®, posteriormente se alinearon con Clustal W en el programa Mega X, mientras que la inferencia filogenética se realizó en base al teorema de Bayes. Los resultados mostraron que la identificación morfológica y molecular mediante el gen COI permite la clara identificación y separación de los escolitinos de importancia para este estudio en tres tribus, cuatro géneros y nueve especies.

Palabras claves: Scolytinos, riqueza de especies, fluctuación poblacional, identificación molecular.

DIVERSITY OF SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) OF THE FRAILESCA REGION OF THE STATE OF CHIAPAS

Carlos Eduardo Aguilar Castillo, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2022

ABSTRACT

The bark beetles of the subfamily Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) are insects with worldwide distribution and different roles in nature; about 6000 species are known in the world, of these, less than 5% are phytosanitary and quarantine pests of economic importance, because they can infest and kill a wide variety of plants. Despite their importance, knowledge of their diversity in Chiapas is little known. With the above described, during August 2020 to July 2021 the capture of escolitinos was carried out with Ecoiapar type traps baited with 95% ethanol in natural vegetation and coffee plantations in the municipality of Villaflores, and in coffee plantations in the municipalities of Angel Albino Corzo and La Concordia in the Frailesca region of Chiapas. In Villaflores, 3745 individuals belonging to 64 species and 28 genera were collected. In Angel Albino Corzo and La Concordia, 3229 individuals were collected, belonging to 74 species and 30 genera. In general, there are 30 new records for Chiapas, of which the species *Amphycranus macellus*, *Corthylus rubricollis*, and *Criptocarenus laevigatus* are new records for Mexico. On the other hand, the population fluctuations of scolytines in natural vegetation and coffee plantations presented two very marked population peaks in the different collection sites during the sampling year; in Villaflores they occurred in the months of March and June, while in Angel Albino Corzo and La Concordia they occurred in the months of October and January. On the other hand, molecular identification of nine species of scolytines was carried out by amplification of the COI gene. The sequences were edited and assembled in Sequencher® and aligned with Clustal W in the Mega X program, while phylogenetic inference was performed based on Bayes' theorem. The results showed that morphological and molecular identification using the COI gene allows the clear identification and separation of the scolytines of importance for this study into three tribes, four genera and nine species.

Keywords: Scolytines, species richness, population fluctuation, molecular identification.

DEDICATORIA

A mis padres:

Eduardo Aguilar Astudillo y Deima Castillo Toledo

Por apoyarme incondicionalmente, por su comprensión, gran amor, por los consejos que me sirvieron para ser una mejor persona y por ser grandes ejemplos para mí.

Con gran profundo amor y respeto, los amo.

A mis hermanos:

Víctor Manuel, Fabiola e Imelda Pilar

Por ser parte esencial de mi vida y por todo el apoyo que me han brindado de forma incondicional, por jamás abandonarme cuando los necesito, por su cariño, comprensión, consejos y el tiempo compartido.

Con cariño y respeto, los amo.

A mis cuñados:

Jonathan Emanuel y Ana Gladys

Por ser los pilares en su familia, por los buenos consejos, amor y fortaleza que me han brindado para seguir adelante.

Los quiero.

A toda mi familia:

Por el apoyo y la confianza que depositaron en mí, son todos los pilares de mi vida, gracias por estar en los buenos y malos momentos, por darme ánimos cuando más lo necesitaba para salir adelante. Gracias por ser la mejor familia que jamás pude desear.

Los quiero

A ti:

Karla Cruz

Por apoyarme y confiar en mi en todo momento, Te amo.

A mis amigos:

Wilber, Eli y Alejandra

A pesar de no vernos muy seguido, siempre me han apoyado en todo momento y nunca han me han dejado sólo.

Mis amigos, mis hermanos, los respeto y los quiero.

A mí:

Por nunca rendirme y salir adelante a pesar de todas las circunstancias, por cumplir las metas que me he propuesto en esta parte de mi vida, y por demostrar que con dedicación y esfuerzo las metas se cumplen.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por el apoyo económico que se me ha brindado para realizar mis estudios de posgrado.

A nuestra casa de estudios **Colegio de Postgraduados Campus Montecillos**, principalmente al posgrado de **Fitosanidad-Entomología y Acarología**, por brindarme la oportunidad de ser parte de ella; así como también a los docentes y a todo el personal del posgrado que me brindaron su apoyo y conocimiento durante el transcurso de mis estudios e investigación.

A mi consejero **Dra. Obdulia Lourdes Segura León** por aceptarme sin conocerme, por creer en mí y darme la motivación para seguir adelante. Agradezco la confianza, el apoyo incondicional, los buenos consejos, la paciencia y las aportaciones que determinaron el rumbo de esta investigación. La admiro como persona e investigadora. Con cariño y respeto para mí es un ejemplo a seguir.

A mis asesores **Dr. Armando Equihua Martínez** y **Dra. Edith Estrada Venegas** por la asesoría, dedicación, paciencia, motivación y esfuerzo empleado en el desarrollo de esta investigación.

A mis amigos y compañeros del Colegio: **Jorge, Raúl, Adriana, Brenda, Miguel** y todos los que me faltan, les agradezco por brindarme su amistad sincera y por incluirme en sus vidas en mi paso durante el colegio.

CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| RESUMEN | iii |
| ABSTRACT | iv |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTOS | vii |
| LISTA DE FIGURAS | xii |
| LISTA DE CUADROS | xiv |
| INTRODUCCIÓN GENERAL | 1 |
| REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| Región VI Frailesca de Chiapas | 3 |
| Vegetación y uso de suelo | 3 |
| Aspectos generales del cultivo de café | 3 |
| Botánica | 3 |
| Distribución | 4 |
| Importancia del cultivo | 4 |
| Vegetación asociada al cultivo de café | 5 |
| Plagas y enfermedades del cultivo de café | 5 |
| Aspectos generales de la subfamilia Scolytinae | 6 |
| Subfamilia Scolytinae | 6 |
| Caracteres de diagnóstico de los escolitinos | 6 |
| Importancia de la subfamilia Scolytinae | 6 |
| Escolitinos en plantaciones de café | 7 |
| Trampas ECOIAPAR y atrayentes de etanol para escolitinos | 7 |
| Identificación molecular de escolitinos mediante Citocromo Oxidasa I (COI) | 8 |
| OBJETIVOS | 9 |
| Objetivo general | 9 |
| Objetivos específicos | 9 |
| CAPITULO I. DIVERSIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ASOCIADOS A SELVAS Y UNA PLANTACIÓN DE CAFÉ EN VILLAFLORES, CHIAPAS | 10 |
| 1.1. INTRODUCCIÓN | 10 |

| | | |
|---|---|----|
| 1.2. | MATERIALES Y MÉTODO | 12 |
| 1.2.1. | Descripción de las áreas de colecta | 12 |
| 1.2.2. | Establecimiento de trampas..... | 13 |
| 1.2.3. | Colecta de escolitinos e identificación | 14 |
| 1.2.4. | Análisis de los datos | 15 |
| 1.2.4.1. | Riqueza y abundancia de escolitinos | 15 |
| 1.2.4.2. | Curva de acumulación de especies..... | 15 |
| 1.2.4.3. | Fluctuación poblacional de escolitinos | 15 |
| 1.2.4.4. | Análisis de diversidad de escolitinos | 15 |
| 1.3. | RESULTADOS | 17 |
| 1.3.1. | Riqueza y abundancia de escolitinos..... | 17 |
| 1.3.2. | Curva de acumulación de especies..... | 22 |
| 1.3.3. | Fluctuación poblacional de escolitinos | 24 |
| 1.3.4. | Análisis de diversidad de escolitinos | 26 |
| 1.4. | DISCUSIÓN..... | 28 |
| 1.4.1. | Riqueza y abundancia de escolitinos..... | 28 |
| 1.4.2. | Curva de acumulación de especies..... | 30 |
| 1.4.3. | Fluctuación poblacional de escolitinos | 31 |
| 1.4.4. | Índices de diversidad..... | 31 |
| 1.5. | CONCLUSIONES | 33 |
| CAPITULO II. DIVERSIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ASOCIADOS A PLANTACIONES DE CAFÉ EN ANGEL ALBINO CORZO Y LA CONCORDIA, CHIAPAS | | |
| 2.1. | INTRODUCCIÓN | 34 |
| 2.2. | MATERIALES Y MÉTODO | 36 |
| 2.2.1. | Descripción de las áreas de colecta..... | 36 |
| 2.2.2. | Establecimiento de trampas..... | 37 |
| 2.2.3. | Colecta de escolitinos e identificación | 38 |
| 2.2.4. | Análisis de los datos | 38 |
| 2.2.4.1. | Riqueza y abundancia de escolitinos | 38 |
| 2.2.4.2. | Curva de acumulación de especies..... | 40 |

| | | |
|---|---|----|
| 2.2.4.3. | Fluctuación poblacional de escolitinos | 40 |
| 2.2.4.4. | Análisis de diversidad de escolitinos | 40 |
| 2.3. | RESULTADOS | 41 |
| 2.3.1. | Riqueza y abundancia de escolitinos..... | 41 |
| 2.3.2. | Curva de acumulación de especies..... | 47 |
| 2.3.3. | Fluctuación poblacional de escolitinos | 49 |
| 2.3.4. | Índices de diversidad..... | 51 |
| 2.4. | DISCUSIÓN..... | 54 |
| 2.4.1. | Riqueza y abundancia de escolitinos..... | 54 |
| 2.4.2. | Curva de acumulación de especies..... | 56 |
| 2.4.3. | Fluctuación poblacional de escolitinos | 56 |
| 2.4.4. | Índices de diversidad..... | 57 |
| 2.5. | CONCLUSIONES | 59 |
| CAPITULO III. IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE SCOLYTIDOS (COLEOPTERA: | | |
| CURCULIONIDAE) DE LA REGIÓN FRAILESCA, CHIAPAS..... | | 60 |
| 3.1. | INTRODUCCIÓN | 60 |
| 3.2. | MATERIALES Y MÉTODO | 62 |
| 3.2.1. | Colectas de insectos e identificación taxonómica..... | 62 |
| 3.2.2. | Información preliminar de las especies de escolitinos | 62 |
| 3.2.3. | Amplificación de la región Citocromo Oxidasa I (COI)..... | 62 |
| 3.2.3.1. | Extracción y amplificación de ADN..... | 62 |
| 3.2.3.2. | Alineamiento pareado de secuencias | 63 |
| 3.2.4. | Análisis de datos..... | 64 |
| 3.2.4.1. | Inferencia filogenética..... | 64 |
| 3.3. | RESULTADOS | 65 |
| 3.3.1. | Información preliminar de las especies de escolitinos | 65 |
| 3.3.2. | Amplificación de la región Citocromo Oxidasa I (COI)..... | 65 |
| 3.4. | DICUSIÓN..... | 69 |
| 3.5. | CONCLUSIONES | 73 |
| CONCLUSIONES GENERALES..... | | 74 |
| LITERATURA CITADA | | 75 |

ANEXOS 86

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Localidades de muestreo en el municipio de Villaflores, Chiapas..... | 12 |
| Figura 2. Establecimiento de trampas en vegetación natural y cultivo de café rusticano o de montaña durante el periodo de agosto 2020 a julio 2021 en el municipio de Villaflores, Chiapas. A) Plantación de café rusticano o de montaña, B) Trampa tipo Ecoiapar. | 13 |
| Figura 3. Trabajo de laboratorio. A) Separación, conteo y montaje de escolitinos en alfileres entomológicos, B) Identificación de escolitinos con claves taxonómicas. | 14 |
| Figura 4. Especies de escolitinos de mayor abundancia en Villaflores, Chiapas. A) Roblada, B) Guaymas, C) Jesús Ma. Garza y D) Especies más abundantes en las tres localidades..... | 21 |
| Figura 5. Curva de acumulación de especies de los sitios de muestreo durante el periodo de agosto 2020 a julio 2021. A) Roblada, B) Guaymas, C) Jesús Ma. Garza, D) Curva general de las tres localidades de Villaflores, Chiapas. | 23 |
| Figura 6. Fluctuación poblacional de escolitinos capturados con trampas de etanol en Villaflores, Chiapas..... | 24 |
| Figura 7. Fluctuación poblacional de escolitinos de mayor abundancia durante el año de monitoreo en Villaflores, Chiapas. | 25 |
| Figura 8. Fluctuación poblacional de escolitinos por localidad (Roblada, Guaymas y Jesús Ma. Garza) durante el periodo de monitoreo de agosto 2020 a julio 2021 en Villaflores, Chiapas..... | 26 |
| Figura 9. Dendrograma de similitud de Jaccard de escolitinos de las localidades Roblada, Guaymas y Jesús Ma. Garza (J.M.G.) en Villaflores, Chiapas..... | 27 |
| Figura 10. Localidades de muestreo en el municipio de Ángel Albino Corzo y La Concordia, Chiapas..... | 36 |
| Figura 11. Establecimiento de trampas en plantaciones de café durante el periodo de agosto 2020 a julio 2021 en el municipio de Ángel Albino Corzo y La Concordia, Chiapas. A) Cultivo de café, B) Trampas tipo Ecoiapar..... | 37 |
| Figura 12. Trabajo de laboratorio. A) Separación, conteo y montaje de escolitinos en alfileres entomológicos, B) Identificación de escolitinos con claves taxonómicas. | 38 |

| | |
|---|----|
| Figura 13. Especies de mayor abundancia en las plantaciones de café. A) Huachipilín, B) Barrio 9, C) Melitón y D) Especies más abundantes en las tres localidades. | 46 |
| Figura 14. Curva de acumulación de especies en las plantaciones de café de tres sitios de muestreo en el periodo de agosto 2020 a julio 2021. A) Barrio 9, B) Huachipilin, C) Melitón, D) Curva general de las tres localidades con plantaciones de café. | 48 |
| Figura 15. Fluctuación poblacional de escolitinos capturados con trampas de etanol durante el periodo de monitoreo de agosto 2020 a julio 2021 en Villaflores, Chiapas. | 49 |
| Figura 16. Fluctuación poblacional de escolitinos de mayor abundancia durante el año de monitoreo en Ángel Albino Corzo y La Concordia, Chiapas. | 50 |
| Figura 17. Fluctuación poblacional de escolitinos por localidad (Barrio 9, Huachipilin y Melitón) durante el periodo de monitoreo de agosto 2020 a julio 2021 en ángel Albino Corzo y La Concordia, Chiapas. | 51 |
| Figura 18. Dendrograma de similitud de Jaccard de escolitinos en plantaciones de café en las localidades Barrio 9, Huachipilín y Melitón en Ángel Albino Corzo y La Concordia, Chiapas. | 53 |
| Figura 19. Árbol filogenético de especies de la Subfamilia Scolytinae presentes en la región frailesca de Chiapas, con base en la región del código de barras de COI mediante el teorema de Bayes con el modelo de sustitución de nucleótidos GTR+G+I. Los círculos en el árbol filogenético representan soporte de las ramás del 75%. | 67 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Riqueza y abundancia de escolitinos colectados en trampas de etanol en las localidades de Roblada (RO), Guaymas (GU) y Jesús Ma. Garza (JMG) en Villaflores, Chiapas..... | 18 |
| Cuadro 2. Hábitos alimenticios de las especies de escolitinos capturados en tres localidades de Villaflores, Chiapas..... | 20 |
| Cuadro 3. Información de las curvas de acumulación de especies de las localidades de muestreo y en general del municipio de Villaflores, Chiapas..... | 22 |
| Cuadro 4. Índices de diversidad de escolitinos de las localidades Roblada (RO), Guaymas (GU) y Jesús M. Garza (J.M.G.) de Villaflores, Chiapas..... | 27 |
| Cuadro 5. Riqueza y abundancia de escolitinos colectados en trampas de etanol en las localidades de Barrio 9 (BA), Huachipilín (HU) y Melitón (ME) en Ángel Albino Corzo, Chiapas..... | 42 |
| Cuadro 6. Hábitos alimenticios de las especies de escolitinos capturados en tres localidades de Ángel Albino Corzo y La Concordia, Chiapas..... | 45 |
| Cuadro 7. Información de las curvas de acumulación de especies de las localidades de muestreo con plantaciones de café y del municipio de Villaflores, Chiapas..... | 47 |
| Cuadro 8. Índices de diversidad de escolitinos de las localidades Barrio 9 (BA), Huachipilín (HU) y ME (Melitón) de Ángel Albino Corzo y La Concordia, Chiapas..... | 52 |
| Cuadro 9. Especies en los sitios de colecta en el municipio de Villaflores, Chiapas utilizadas para la extracción de ADN..... | 64 |
| Cuadro 10. Información de especies escolitinos en la base de datos de Taxonomy del NCBI..... | 66 |
| Cuadro 11. Secuencias obtenidas de la base de datos del GenBank utilizadas para la reconstrucción filogenética de especie de la subfamilia Scolytinae mediante el gen Citocromo Oxidasa I (COI)..... | 87 |

INTRODUCCIÓN GENERAL

Los escarabajos de la subfamilia Scolytinae son insectos que pertenecen a la familia Curculionidae y al orden Coleoptera (Vázquez *et al.* 2003), por la forma de alimentarse se conocen como escarabajos descortezadores o ambrosiales. En ecosistemas naturales, la importancia de los escolitinos reside en su participación en los procesos de descomposición de la madera y reciclaje de nutrientes (Equihua-Martínez *et al.*, 2011; Gerónimo-Torres *et al.*, 2019). Pero por su capacidad de barrenar todo tipo de tejidos vegetales, muchas especies restringen su actividad reproductiva a una planta hospedera o a un número reducido de ellas, mientras que otras son altamente polífagas (Pérez-De La Cruz *et al.*, 2009; Gerónimo-Torres *et al.*, 2021); por lo consiguiente, varios de sus miembros causan daños considerables en áreas forestales y cultivos agrícolas, ya que diversas especies principalmente de los géneros *Dendroctonus*, *Ips*, *Conophthorus*, *Scolytus*, *Pseudohylesinus*, *Phloeosinus*, *Xyleborus*, *Xylosandrus* e *Hypothenemus* se consideran plagas de importancia económica al presentar la capacidad de infestar, inocular enfermedades fungosas y matar amplia variedad de árboles y arbustos sanos (Wood 1982; Cibrián *et al.*, 1995; Vázquez *et al.*, 2003).

En el mundo, se conocen alrededor de 6000 especies de escolitinos, los cuales se agrupan en 247 géneros. En México se reportan aproximadamente 847 especies que constituyen el 14.5% de la fauna mundial (Equihua y Burgos 2002); esta diversidad de especies es mejor conocida en los estados de Veracruz, Oaxaca, Puebla, Morelos, Chiapas, Campeche, Jalisco, entre otros (Equihua y Burgos, 2002; Burgos-Sólorio y Equihua, 2007; Equihua-Martínez *et al.*, 2011). En el país, los estudios sobre escolitinos se enfocan en conocer la biología, distribución, dinámica poblacional, hábitos alimenticios y diversidad de especies en cultivos agrícolas, plantaciones forestales y ecosistemas naturales (selvas y bosques; Hernández-Muñoz y Obregón-Zúñiga, 2016; Del Val y Sáenz-Romero, 2017; Gerónimo-Torres *et al.*, 2019). Por ejemplo, en el estado de Tabasco se han realizado cuantiosos estudios para conocer la diversidad de especies en plantaciones de Cacao, Selvas y Manglares (Pérez-De La Cruz *et al.*, 2009; Rangel *et al.*, 2012; Gerónimo-Torres *et al.*, 2019; Gerónimo-Torres *et al.*, 2021); mientras que en Michoacán se han dirigido en conocer la diversidad y en determinar fluctuación poblacional de especies que se consideran plaga para el cultivo de aguacate (Lázaro-Dzul *et al.*, 2017; García-Guevara *et al.*, 2018; Ángel-Restrepo *et al.*, 2019). Sin embargo, el estado de Chiapas a pesar de ser uno de los estados con mayor diversidad

de especies con 170 registros de escolitinos (Romero *et al.*, 1996; Equihua y Burgos, 2002; Equihua-Martínez *et al.*, 2011), las investigaciones se enfocan en determinar las especies que atacan bosques de coníferas y ciertos cultivos agrícolas (Barrera y Parra, 2002; Barrera *et al.*, 2006; Domínguez-Sánchez *et al.*, 2008; Niño-Domínguez *et al.*, 2016; Aguilar-Castillo *et al.*, 2020). No obstante, a pesar de estos estudios, el conocimiento de la diversidad de especies ha sido poco explorada en Chiapas; principalmente porque las colectas por parte de los investigadores se concentran en zonas cercanas a las carreteras, por lo tanto, es de esperarse que el número de especies incremente conforme se realicen estudios de diversidad en los diferentes ecosistemas y agroecosistemas del estado (Equihua-Martínez *et al.*, 2011). Por lo consiguiente, tomando en cuenta la información descrita anteriormente, el objetivo de esta investigación fue determinar la diversidad espacio-temporal de especies de la subfamilia Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) en vegetación natural y plantaciones de café de la región Frailesca del estado de Chiapas.

REVISIÓN DE LITERATURA

Región VI Frailesca de Chiapas

La región VI Frailesca se localiza geográficamente dentro de las provincias fisiográficas Sierra Madre de Chiapas y Depresión Central con alturas de entre 279 y 2 755 msnm; colinda al norte con las regiones I Metropolitana y IV De Los Llanos, al este con la región XI Sierra Mariscal, al sur con la región IX Istmo Costa y al oeste con la región II Valles Zoque. Se conforma por siete municipios (Ángel Albino Corzo, El Parral, La Concordia, Capitán Luis Ángel Vidal, Montecristo de Guerrero, Villa Corzo y Villaflores) que abarcan alrededor de 8000 km², lo que representan el 11% de la superficie total del estado. En la mayor parte de la región predomina el clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y subcálido húmedo con lluvias en verano; estos climas generan importante actividad ganadera y agrícola en la región, en especial por su alta producción de maíz y café (Molinari, 2012; COPLADER, 2014).

Vegetación y uso de suelo

La cobertura vegetal en la región Frailesca está compuesta por diversos tipos de vegetación; en la zona sierra de la región (que abarca más de la mitad de la misma) se encuentran bosques de coníferas (bosques de pino, encino-pino y pino-encino) y bosque mesófilo de montaña en estado natural (primario) como secundario (que corresponde a áreas con alteración inducido por el hombre) donde se intercalan plantaciones de café; además, se encuentran reductos de selvas tropicales, chaparral de niebla y selvas caducifolias. En una pequeña porción de la región, se encuentran selva alta perennifolia en estado secundario; también se presenta selva baja caducifolia en áreas de suelos pobres con menor humedad y áreas con pastizal cultivado. En los valles con laderas y lomeríos que se localizan en el centro y noreste de la región, se realiza agricultura de temporal y riego, pastizal cultivado e inducido (COPLADER, 2014).

Aspectos generales del cultivo de café

Botánica

El café es un arbusto que mide de 4 a 6 metros de altura, pero en condiciones silvestres sobrepasa los 6 metros. La corteza es de color gris claro, presenta hojas persistentes y opuestas de color verde oscuro brillante que miden aproximadamente 12 cm de largo, las flores son pequeñas, blancas y

aromáticas. El fruto es carnoso y se desarrolla durante los seis a siete meses siguientes a la floración; es una baya que madura de verde a un color rojo brillante e intenso o púrpura, raramente amarillo, el fruto presenta dos semillas o granos cubiertos por una pulpa mucilaginosa. Una planta de café tarda tres años para estar en plena producción y más de 20 años de vida productiva (Arcila, 2007; Marín, 2012).

Distribución

El café es una planta con amplia distribución a nivel mundial, se cultiva entre los trópicos de cáncer y capricornio en zonas tropicales y subtropicales de muchos países del continente americano (Centro y Suramérica), africano y asiático (Leyva, 2010). En México, el cultivo de café se distribuye en 480 municipios en 14 estados productores, concentrados en cuatro zonas principales: las vertientes del Golfo de México y del Océano Pacífico, la zona Centro-Norte y la zona del Soconusco en Chiapas (SAGARPA, 2017; CEDRSSA, 2018).

Importancia del cultivo

El café es el segundo producto comercial más vendido y exportado en el mundo, después del petróleo, desde su introducción a México y en otros países, su cultivo y comercialización se convirtieron en actividades agrícolas de importancia económica, social, cultural y ambiental (Moguel y Toledo, 1996). En el mundo, más de 20 millones de personas se ven beneficiadas del cultivo de café, principalmente por el derrame económico que genera y por su participación en el cultivo, procesamiento y comercialización del grano (Barrera y Parra, 2000). En México, el café es el primer cultivo generador de divisas al representar 30% del valor de las exportaciones agropecuarias, se cultiva en más de 761,000 ha ubicadas en las zonas centro y sur del país, abarcando principalmente 14 entidades federativas; los principales estados productores son Chiapas con 38%, Veracruz con 25.2%, Oaxaca y Puebla con 28% respectivamente. Estos estados aportan alrededor del 88% de la producción nacional; sin embargo, 40% del trabajo del cultivo y producción de café se realiza por familias campesinas mestizas e indígenas que poseen pequeñas superficies de terreno (Martínez, 2007). En general, el cultivo de café genera grandes beneficios ambientales al evitar el deterioro ecológico provocado por la acción del hombre, promoviendo la captación de carbono, la preservación de suelos y cuencas, y la conservación de la flora y fauna (Macip-Ríos y Casas-Andreu, 2008; Ruelas-Monjardín *et al.*, 2014).

Vegetación asociada al cultivo de café

Las plantaciones de café se establecen bajo árboles de sombra, en zonas boscosas y húmedas o semi-húmedas en altitudes de 300 a 2,000 msnm, con gran diversidad de climas, suelos y vegetación que está conformada por hierbas, arbustos y árboles que favorecen la formación de lugares con excelentes condiciones de luz, humedad y temperatura para este cultivo (Moreno, 2007; Leyva, 2010; Medina-Meléndez *et al.*, 2016). En diversos países productores de café, las plantaciones se establecen en diversos tipos de vegetación, de los cuales, 40% se desarrolla en áreas con selvas altas y medianas, 23% en bosques de pino y encino, 21% en selvas bajas caducifolias y 15% en bosques mesófilos de montaña. De acuerdo con el tipo de vegetación, los caficultores acompañan el cafeto con numerosas especies de plantas, generalmente de especies introducidas o de leguminosas (en especial del género *Inga*), por la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo; además, muchos cafetales se asocian con otras plantas de utilidad comercial o de subsistencia, como cacao, naranja, plátano, mamey, chicozapote, achiote, zapote negro, bambú, guayaba, entre otros. Esta variedad de árboles ha permitido agrupar las plantaciones de acuerdo con el origen, tipo y uso de los árboles de sombra o de su ausencia; por lo consiguiente en México es posible distinguir cinco grandes sistemas de producción, cada uno asociado con diferentes especies de árboles. Estos sistemas de producción son: rustico o de montaña, policultivo tradicional, policultivo comercial, monocultivo bajo sombra y monocultivo bajo sol (Moguel y Toledo, 1996).

Plagas y enfermedades del cultivo de café

En el café existen diversas plagas y enfermedades que afectan los diferentes órganos de la planta durante su ciclo de desarrollo, desde la germinación hasta la producción (Sotomayor-Duicela, 1995). La distribución e importancia de las plagas y enfermedades varía por regiones cafetaleras dependiendo de sus condiciones agroclimáticas, los sistemas de cultivo y el manejo de los cafetales (ICAFE, 2011). En México se reportan al menos 29 especies de insectos plaga y un poco más de media docena de fitopatógenos causantes de enfermedades de importancia económica, de los cuales, sobresalen la broca del grano (*H. hampei*), minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*), escamás del follaje (*Planococcus citri*), barrenadores del tallo (*Plagiohammus* spp.), roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), mal de hilachas (*Corticium koleroga*), ojo de gallo (*Mycena citricolor*), manchas de hierro (*Cercospora coffeicola*), Antracnosis (*Colletotrichum coffeanum*),

Damping off (*Rizoctonia solani*) y nematodos (*Meloidogyne incognita*) (Barrera, 2008; Barrera *et al.*, 2014).

Aspectos generales de la subfamilia Scolytinae

Subfamilia Scolytinae

Los escolitinos destacan por sus hábitos alimenticios como barrenadores, descortezadores y ambrosiales (Raffa *et al.*, 2015; Del-val y Sáenz-Romero, 2017). Estos insectos habitan en todas las regiones del planeta, desde zonas árticas hasta subantárticas, pero la mayor diversidad de especies se localiza en las zonas tropicales y subtropicales del planeta (Morrone, 2014). En el mundo, se conocen 247 géneros y cerca de 6000 especies (Vergara-Pineda *et al.*, 2015; Setiawan *et al.*, 2018). De éstas, en México hay registradas alrededor de 847 especies en 18 tribus y 91 géneros (Equihua y Burgos 2002; Morrone, 2014; Gerónimo-Torres *et al.*, 2015).

Caracteres de diagnóstico de los escolitinos

Los escolitinos son coleópteros de pequeño tamaño, que se caracterizan por presentar cuerpo cilíndrico, robusto y con tegumento muy esclerotizado (Wood, 1982), en comparación con otros curculiónidos, se distinguen por no presentar rostro desarrollado. Según la especie, los escolitinos varían de tamaño de entre 1 y 9 mm. En general, presentan la cabeza visible, ojos arriñonados, las antenas son geniculadas con escapo variable y funículo de uno a siete segmentos. El mazo antenal, puede ser desde forma oval a fuertemente aplanado u oblicuamente truncada, el cual está formado por varios segmentos fusionados con o sin suturas visibles (Jordal, 2013). Por sus hábitos de alimentación, los escolitinos presentan mandíbulas cortas y anchas. Las patas son de tamaño regular, con fémures engrosados y cortos, tibias comprimidas y dentadas, formula tarsal 5-5-5. Por otra parte, dependiendo de la especie, los élitros presentan margen basal recto o curvado presentando un fino relieve o crenulación; terminando con un marcado declive con tubérculos o dentículos; el abdomen presenta cinco esternitos visibles; en hembras el octavo terguito se encuentra oculto, pero en machos está expuesto (Wood, 2007).

Importancia de la subfamilia Scolytinae

Los escolitinos son importantes componentes de los ecosistemas, contribuyen de manera significativa en su estabilidad, al estar relacionados con procesos de descomposición de la madera

y la regulación de poblaciones vegetales (Burgos-Sólorio y Equihua, 2007; Pérez-De la Cruz *et al.*, 2016). En México, de las 846 especies de escolitinos conocidos, sólo 5% son considerados plagas de importancia económica. Las especies de los géneros *Dendroctonus*, *Scolytus*, *Ips*, *Xyleborus*, *Phloeosinus* y *Euwallacea* tienen la capacidad infestar y matar árboles forestales de los géneros *Pinus*, *Picea*, *Larix*, *Abies*, *Pseudotsuga*, *Cupressus*, *Fisarium*, *Persea*, además de árboles frutales como naranja, olivo, durazno, níspero, café; además de algunas ornamentales de importancia económica (Sánchez y Torres, 2006; Pérez-De la Cruz *et al.*, 2015; Pérez-De la Cruz *et al.*, 2016).

Escolitinos en plantaciones de café

Los estudios sobre insectos asociados al cultivo de café se relacionan a plagas que dañan la producción del fruto. El escolitino más estudiado es la broca del grano de café (*Hypothenemus hampei*), es un insecto de importancia agrícola que provoca pérdidas económicas en la producción de los caficultores de México y el mundo. Otras especies de escolitinos de importancia agrícola en las plantaciones de café son los escolitinos *Xilosandrus compactus* y *X. morigerus*, los cuales se caracterizan por infestar ramás y brotes de la planta (Barrera, 2002).

Trampas ECOIAPAR y atrayentes de etanol para escolitinos

Los insectos tienen la habilidad de reconocer un hospedero potencial mediante señales químicas o físicas. La trampa tipo ECOIAPAR o trampa de una ventana, explota las señales físicas y la vuelve eficaz para el monitoreo de escolitinos porque teóricamente aparenta ser un hospedero potencial por la forma y estructura (Barrera *et al.*, 2008). Por otra parte, la inclusión del etanol como atrayente mejora la capacidad de captura, por esta razón, en México y en otros países de Centroamérica, Sudamérica y el Caribe, este tipo de trampa es ampliamente usada para el monitoreo y control de la broca del café *H. hampei* en zonas cafetaleras (Barrera *et al.*, 2007). Además, se emplea con frecuencia para conocer la diversidad de especies de escolitinos en un área, su fluctuación poblacional y comparar su actividad en diferentes años o entre regiones geográficas; dicha información es relacionada con la fenología de sus hospederos y, en algunos casos, para la toma de decisiones y aplicar las tácticas de combate para el control de estos insectos (Eulógio *et al.*, 2000; Macías y Niño-Domínguez, 2016).

Identificación molecular de escolitinos mediante Citocromo Oxidasa I (COI)

La identificación taxonómica de insectos tradicionalmente se realiza mediante la determinación morfología externa e interna con claves dicotómicas de identificación y genitalia de machos. Sin embargo, en la actualidad con el avance científico y tecnológico, la determinación de especies además de realizarse con taxonomía se realiza con técnicas moleculares mediante la secuenciación de ADN, con el que investigadores como Hebert y colaboradores (2003) proponen un sistema de identificación molecular conocida como código de barras genético, que permite la identificación rápida y precisa por medio de regiones cortas de genes estandarizados del ejemplar de interés. En insectos, se utiliza con frecuencia el gen citocromo oxidasa I (COI); el cual permite la separación dentro y entre especies, ya que, al ser un gen conservado en la mayoría de los organismos, es una región codificante con alta capacidad de cambio (Luo, 2011; Torres, 2012). En general, el COI se ha ido utilizado con exitoso en la identificación de especies de un gran número de taxas, sin embargo, muchas especies del mundo no están representadas en las diferentes bases de datos como la National Center for Biotechnology Information (NCBI), European Molecular Biology Laboratory (EMBL), entre otras; esto provoca que sea una limitante y por lo consiguiente, se requiere de mayor trabajo de investigación en esta área. En escolitinos, los estudios con el gen citocromo oxidasa I se enfocan en determinar las especies que se consideran plagas de importancia económica en cultivos agrícolas y ecosistemas forestales. No obstante, el COI se ha utilizado para la identificación de especies del género *Xyleborus* (Sosa-Castillo *et al.*, 2017) y para la separación entre morfotipos en diversas especies de los géneros *Dendroctonus*, *Conophthorus* y *Pityophthorus* en diversos estados de México y otras partes del mundo (Armendáriz-Toledano *et al.*, 2014; Rugman *et al.*, 2015).

OBJETIVOS

Objetivo general

Conocer la diversidad espacio-temporal de especies de escolitinos (Coleoptera: Curculionidae) en vegetación natural y plantaciones de café de la región Frailesca del estado de Chiapas.

Objetivos específicos

- Determinar la diversidad espacio-temporal de las especies de escolitinos en selvas y en una plantación de café rusticano en el municipio de Villaflores, Chiapas.
- Determinar la diversidad espacio-temporal de las especies de escolitinos en plantaciones de café en el municipio de Ángel Albino Corzo y La Concordia, Chiapas.
- Identificar molecularmente las especies de escolitinos de mayor abundancia en vegetación natural y plantaciones de café de la región frailesca de Chiapas.

**CAPITULO I. DIVERSIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE SCOLYTINAE
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ASOCIADOS A SELVAS Y UNA PLANTACIÓN
DE CAFÉ EN VILLAFLORES, CHIAPAS**

1.1. INTRODUCCIÓN

En el estado de Chiapas, se localiza el municipio de Villaflores, el cual destaca por su producción agrícola y ganadera; sin embargo, desde el punto de vista ambiental se caracteriza por su riqueza de recursos naturales y gran diversidad de flora y fauna (Aguilar *et al.*, 2012). En Villaflores los estudios de diversidad de insectos son contados y se caracterizan por estar orientados a cultivos de importancia agrícola como la canavalia y el piñón (Morales-Morales *et al.*, 2011; Montejo-Nango *et al.*, 2017), y en escarabajos melolóntidos y de la superfamilia Curculionoidea (Pacheco *et al.*, 2008; Morales-Morales *et al.*, 2016). No obstante, en el municipio de Villaflores no se han realizado estudios de diversidad de escolitinos a pesar de la importancia económica que presentan para diversos cultivos agrícolas y forestales de México.

En general, los coleópteros de la subfamilia Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) presentan distribución mundial y diferentes roles en la naturaleza. Por sus hábitos alimenticios se clasifican como espermatófagos, mielófagos, descortezadores, barrenadores y ambrosiales, y por sus interacciones se consideran componentes importantes de los ecosistemas al contribuir con la estabilidad y el balance de nutrientes de las comunidades vegetales (García-Guevara *et al.*, 2018).

En el mundo se conocen cerca de 6000 especies de escolitinos distribuidos en 247 géneros (Kirkendall *et al.*, 2015; Setiawan *et al.*, 2018). En México, están registradas alrededor de 870 especies en 91 géneros (Morrone, 2014; Pérez-De la Cruz *et al.*, 2016). De estos, menos del 5% se consideran plagas fitosanitarias y cuarentenarias de importancia económica, ya que infestan árboles, arbustos y hierbas de importancia forestal, frutícola y ornamental (García-Guevara *et al.*, 2018; Atkinson, 2019). Sin embargo, los problemas fitosanitarios con relación a estos insectos pueden ser por especies nativas o introducidas, los cuales pueden establecerse en plantas afectadas por factores bióticos y abióticos. En la actualidad, aunque existen diferentes métodos de monitoreo de especies con atrayentes a base de alcoholes y feromonas; el monitoreo se realiza sobre todo con trampas de intercepción utilizando etanol como atrayente, el cual permite conocer y determinar la diversidad de especies en una zona determinada (Eulogio *et al.*, 2000; Lázaro-Dzul *et al.*, 2017).

En muchas partes de México, los trabajos de diversidad y monitoreo se han dirigido, sobre todo, a bosques de pino y a cultivos de importancia económica, tales como cacao, aguacate y teca (Pérez-De La Cruz *et al.*, 2009; Lázaro-Dzul *et al.*, 2017; García-Guevara *et al.*, 2018), mientras que en zonas tropicales y subtropicales se orientan a vegetación natural y a manglares (Pérez-De la Cruz *et al.*, 2015; Hernández-Muñoz y Obregón-Zúñiga, 2016; Gerónimo-Torres *et al.*, 2019).

Los escolitinos representan gran amenaza para diversos cultivos agrícolas asociados con árboles forestales; por lo consiguiente, el conocimiento de la diversidad mediante el registro de especies y zonas de localización son herramientas importantes para la prevención de afectaciones mediante la detección oportuna de especies de importancia económica (Solano *et al.*, 2019). Algunos ejemplos de ecosistemas complejos donde la interacción de plantas y especies de escolitinos necesita mejor exploración son selvas y algunos cultivos asociados con estos ecosistemas, tales como los cafetales; en este último a pesar de su gran importancia, los trabajos con relación a diversidad de escolitinos son completamente escasos, con la excepción de que algunos estudios se enfocan principalmente a especies de importancia económica que dañan el fruto, las ramas y brotes de la planta de café (Barrera *et al.*, 2006; Leiva-Espinosa *et al.*, 2019; Aguilar-Astudillo *et al.*, 2019).

La importancia del conocimiento de la diversidad de especies de la subfamilia Scolytinae es de gran relevancia, principalmente por el impacto económico y ecológico que representan muchas de sus especies al ser consideradas plagas agrícolas en México, mismas que se monitorean con trampas cebadas con etanol como atrayente (SENASICA, 2018). Por lo consiguiente, en base a lo planteado anteriormente el objetivo de esta investigación fue conocer la diversidad espacio-temporal de especies de escolitinos en selvas y una plantación de café en el municipio de Villaflores, Chiapas.

1.2. MATERIALES Y MÉTODO

1.2.1. Descripción de las áreas de colecta

La colecta de insectos se realizó en tres localidades del municipio de Villaflores, Chiapas. Las localidades de Jesús María Garza ($16^{\circ} 41' 91''$ N y $93^{\circ} 26' 24''$ O) y Roblada ($16^{\circ} 39' 01''$ N y $93^{\circ} 24' 67''$ O) se componen por vegetación de selva baja caducifolia, mientras que la localidad Guaymas ($16^{\circ} 46' 92''$ N y $93^{\circ} 24' 43''$ O) se compone por vegetación de selva media subcaducifolia con plantaciones de café rustico o de montaña (Figura 1). En general, el municipio presenta temperatura media anual que oscila entre los 14 a 27 °C, con precipitación promedio que va de 1,000 a 3,500 mm; los climas predominantes son semi-calido y cálido subhúmedo con lluvias en verano (13.05 y 60.30%); los tipos de vegetación dominante son bosques y selvas (bajas y medias) con 32.21 y 15.77% respectivamente (INEGI, 1995; 2001).

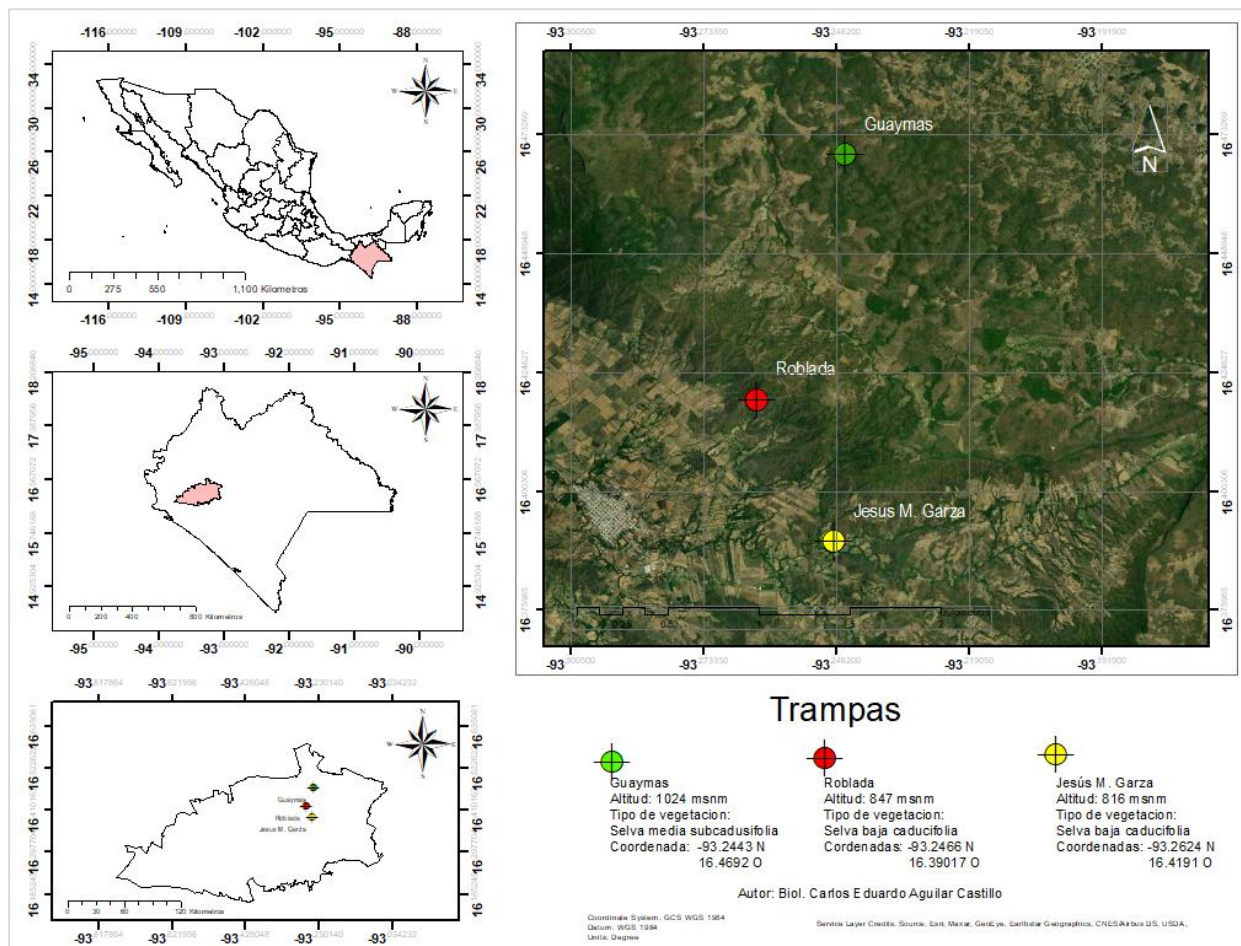


Figura 1. Localidades de muestreo en el municipio de Villaflores, Chiapas.

1.2.2. Establecimiento de trampas

En cada sitio de muestreo, se colocaron diez trampas artesanales tipo Ecoiapar descrita por Barrera *et al.* (2004) y modificada por Moreno *et al.* (2005). Cada trampa se etiquetó con nombre de localidad, número de trampa y fecha. La separación entre trampa fue de 50 m, cada una se suspendió a 1.5 m del suelo en ramas de árboles y se sujetaron de la parte superior e inferior para evitar su caída por el viento. El arreglo de las trampas fue lineal, considerando las dimensiones de las parcelas (figura 2A).

Una vez establecidas las trampas, en la parte media se colocó un cebo, que consistió en viales eppendorf de 40 ml con alcohol etílico puro de caña al 96 %, el cual se liberaba mediante un orificio de un milímetro de diámetro en la parte superior del frasco. El vaso colector fue provisto de 200 ml de etilenglicol (anticongelante) diluido en agua al 50 % para conservar los ejemplares capturados hasta su recolección (figura 2B).



Figura 2. Establecimiento de trampas en vegetación natural y cultivo de café rusticano o de montaña durante el periodo de agosto 2020 a julio 2021 en el municipio de Villaflores, Chiapas. A) Plantación de café rusticano o de montaña, B) Trampa tipo Ecoiapar.

1.2.3. Colecta de escolitinos e identificación

La colecta de muestras se realizó de manera mensual, durante el periodo de muestreo que comprendió de agosto de 2020 a julio de 2021. Los insectos capturados se colocaron en bolsas Ziploc® con sus respectivos datos en las etiquetas y alcohol al 70% para su conservación. Estos se llevaron al laboratorio de servicios generales del posgrado de Fitosanidad-Entomología y Acarología del Colegio de Posgraduados; para su separación, conteo y montaje en alfileres entomológicos (Figura 3A). La determinación taxonómica de especies se realizó mediante el uso de claves taxonómicas de Wood (1982), Atkinson (2010) y Pérez-Silva *et al.* (2015); además de comparaciones con ejemplares depositados en la colección de insectos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. La corroboración de especies se realizó por el Dr. Armando Equihua Martínez del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo (Figura 3B).

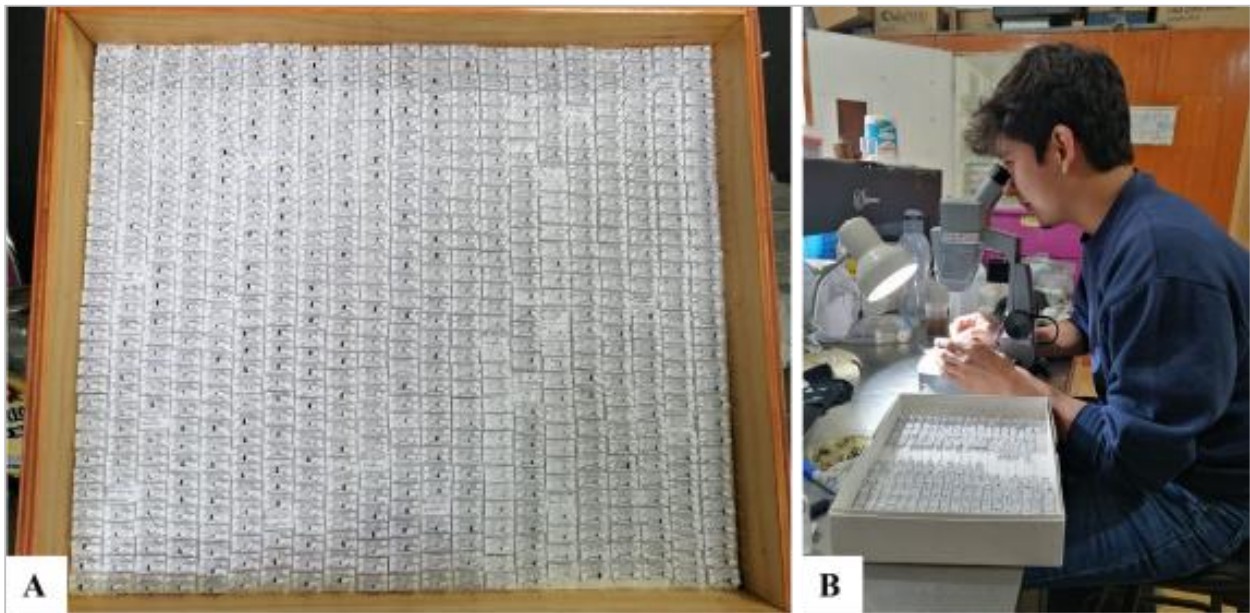


Figura 3. Trabajo de laboratorio. A) Separación, conteo y montaje de escolitinos en alfileres entomológicos, B) Identificación de escolitinos con claves taxonómicas.

1.2.4. Análisis de los datos

1.2.4.1. Riqueza y abundancia de escolitinos

Mediante la separación e identificación taxonómica de especies, se determinó la riqueza y abundancia de escolitinos, para ello la información se almacenó en una hoja de cálculo en Microsoft Excel en donde se anexaron todas las especies identificadas de cada una de las localidades. Con dicha información se obtuvo el total de especies capturadas, el porcentaje de captura y el hábito alimenticio por especie.

1.2.4.2. Curva de acumulación de especies

Se realizó la curva de acumulación de especies para mostrar gráficamente el aumento del número de especies en las localidades de colecta, teniendo en cuenta el esfuerzo de muestreo. Para elaborar la curva de acumulación de especies, los datos se analizaron con el programa Stimates (Colwell, 2016), de los resultados obtenidos se extrajo el número de individuos (riqueza observada), el estimador basado en la cobertura de abundancia y el número de individuos para llegar a la asíntota (riqueza esperada). Las curvas de acumulación de especies se graficaron con el programa GraphPad Prism versión 9.2.0.

1.2.4.3. Fluctuación poblacional de escolitinos

Para conocer la fluctuación poblacional de las especies de mayor abundancia poblacional, se elaboró un listado en el programa Microsoft Excel donde se contabilizaron los individuos capturados por localidad y fecha de colecta. Con los datos se realizaron gráficas de fluctuación poblacional por estación y meses de muestreo.

1.2.4.4. Análisis de diversidad de escolitinos

Para determinar la diversidad de escolitinos se aplicaron los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H'), el cual mide la estructura de la comunidad mediante la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra; el índice de Margalef (D_{MG}), que se basa en la riqueza específica de especies; el índice de Simpson (S_i), que indica la probabilidad de encontrar dos individuos de especies diferentes en dos extracciones sucesivas al azar sin reposición y el índice de equidad de Pielou (J'), que mide la proporción de la diversidad observada con

relación a la máxima diversidad esperada (Magurran, 1988; Moreno, 2001). Finalmente, para conocer las proporciones o diferencias de especies entre los sitios de estudio se empleó el índice de Jaccard (I_j), el cual expresa el grado en que varios sitios son semejantes por las especies presentes en ellas (Magurran, 1988). Los análisis se realizaron mediante el uso del programa estadístico PAST3 versión 3.20.

1.3. RESULTADOS

1.3.1. Riqueza y abundancia de escolitinos

Se colectaron 3745 individuos de escolitinos pertenecientes a 64 especies y 28 géneros. Los géneros de mayor riqueza fueron *Corthylus*, *Xyleborus*, *Hypothenemus* y *Cryptocarenum* con 10, 7, 7 y 6 especies, respectivamente. Con base a la búsqueda de información en artículos y bases de datos (Equihua y Burgos, 2002; Pérez *et al.*, 2015; Atkinson, 2021) se determinó que las especies *Corthylus rubricollis* y *Cryptocarenum laevigatus* constituyen nuevos registros para México; mientras que para Chiapas se presentan 23 nuevos registros, que representan un incremento del 13.52% con base a las 170 especies registradas anteriormente para el estado. Por otra parte, las especies de mayor abundancia fueron *Xyleborus spinulosus* (14.29%), *Taurodemus sharpi* (11.75%), *Premnobius cavipennis* (10.81%) y *Corthylus rubricollis* (10.17%), los cuales representan el 42.02 % en comparación con las otras especies de escolitinos capturados (Cuadro 1, Figura 4D).

De las tres localidades de muestreo, en Roblada se presentó la mayor diversidad y abundancia de escolitinos con 53 especies y 1559 individuos. Las especies de mayor abundancia fueron *X. spinulosus* (27.45%), *C. papulans* (11.48%), *P. cavipennis* (11.1%), *C. rubricollis* (10.52%), *C. detrimentosus* (5.97%), *A. brevipennis* (4.3%) e *H. seriatus* (3.08%), en conjunto estas especies representan el 73.9 % del total de escolitinos capturados (Figura 4A). En la localidad Guaymas, se capturaron 1 304 individuos pertenecientes a 49 especies. Las especies de mayor abundancia en esta localidad fueron *T. sharpi* (18.63%), *C. rubricollis* (13.11%), *P. cavipennis* (7.29%), *C. detrimentosus* (7.06%), *C. fuscus* (6.83%) y *A. brevipennes* (5.83%), los cuales representan el 58.75% del total de escolitinos colectados (Figura 4B). Por último, en Jesús Ma. Garza se encontró la menor diversidad y abundancia de escolitinos con 42 especies y 882 individuos. Las especies de mayor abundancia fueron *T. sharpi* (20.29 %), *C. papulans* (16.33%), *P. cavipennis* (15.53%), *A. brevipennis* (8.5%), *C. fuscus* (7.71%), *X. spinulosus* (7.03%) y *C. rubricollis* (5.22%), los cuales representan el 80.61% del total de escolitinos colectados (Figura 4C).

Cuadro 1. Riqueza y abundancia de escolitinos colectados en trampas de etanol en las localidades de Roblada (RO), Guaymas (GU) y Jesús Ma. Garza (JMG) en Villaflores, Chiapas.

| Especies de Scolytinae | RO | GU | JMG | HA | Total | % |
|---|-----------|-----------|------------|-----------|--------------|----------|
| <i>Ambrosiodmus hagedorni</i> (Iglesias) | 4 | 1 | 0 | xl | 5 | 0.13 |
| <i>Ambrosiodmus obliquus</i> (LeConte) ² | 0 | 1 | 1 | xl | 2 | 0.05 |
| <i>Amphycranus brevipennis</i> (Blandford) | 67 | 76 | 75 | xm | 218 | 5.82 |
| <i>Bothrosternus foveatus</i> (Blackman) | 0 | 1 | 0 | xm | 1 | 0.03 |
| <i>Coccotrypes aciculatus</i> (Schedl) | 0 | 0 | 1 | xm | 1 | 0.03 |
| <i>Coptoborus pseudotenuis</i> (Schedl) ² | 0 | 1 | 0 | xm | 1 | 0.03 |
| <i>Corthylocorus aguacatensis</i> (Schedl) ² | 0 | 4 | 1 | xl | 5 | 0.13 |
| <i>Corthylus collaris</i> (Blandford) | 26 | 25 | 9 | xm | 60 | 1.60 |
| <i>Corthylus detrimmentosus</i> (Schedl) ² | 93 | 92 | 28 | xm | 213 | 5.69 |
| <i>Corthylus flagellifer</i> (Blandford) | 21 | 11 | 2 | xm | 34 | 0.91 |
| <i>Corthylus fuscus</i> (Blandford) ² | 27 | 89 | 68 | xm | 184 | 4.91 |
| <i>Corthylus luridus</i> (Blandford) ² | 9 | 6 | 0 | xm | 15 | 0.40 |
| <i>Corthylus nudus</i> (Schedl) | 0 | 16 | 1 | xm | 17 | 0.45 |
| <i>Corthylus panamensis</i> (Blandford) | 1 | 3 | 3 | xm | 7 | 0.19 |
| <i>Corthylus papulans</i> (Eichhoff) | 179 | 34 | 144 | xm | 357 | 9.53 |
| <i>Corthylus rubricollis</i> (Blandford) ¹ | 164 | 171 | 46 | xm | 381 | 10.17 |
| <i>Corthylus villus</i> (Bright) | 4 | 4 | 2 | xm | 10 | 0.27 |
| <i>Cryptocarenum heveae</i> (Hagedorn) ² | 23 | 8 | 9 | ml | 40 | 1.07 |
| <i>Cryptocarenum diadematus</i> (Eggers) | 33 | 4 | 3 | ml | 40 | 1.07 |
| <i>Cryptocarenum spatulatus</i> (Wood) ² | 1 | 0 | 0 | ml | 1 | 0.03 |
| <i>Cryptocarenum laevigatus</i> (Blandford) ¹ | 0 | 2 | 0 | ml | 2 | 0.05 |
| <i>Cryptocarenum lepidus</i> (Wood) ² | 9 | 46 | 14 | ml | 69 | 1.84 |
| <i>Cryptocarenum seriatus</i> (Eggers) ² | 1 | 0 | 0 | ml | 1 | 0.03 |
| <i>Dryocoetoides capusinus</i> (Eichhoff) | 0 | 0 | 1 | xm | 1 | 0.03 |
| <i>Dryocoetoides tuberculatus</i> (Pérez & Atkinson) ² | 1 | 1 | 0 | xm | 2 | 0.05 |
| <i>Dryocoetes autographus</i> (Ratzeburg) ² | 1 | 0 | 0 | fl | 1 | 0.03 |

| Especies de Scolytinae | RO | GU | JMG | HA | Total | % |
|---|-----------|-----------|------------|-----------|--------------|----------|
| <i>Euwallacea posticus</i> (Eichhoff) | 1 | 2 | 3 | xm | 6 | 0.16 |
| <i>Hylocorus nodulus</i> (Wood) ² | 4 | 2 | 0 | xl | 6 | 0.16 |
| <i>Hylocorus ruber</i> (Wood) ² | 1 | 0 | 0 | xl | 1 | 0.03 |
| <i>Hypothenemus eruditus</i> (Westwood) | 18 | 42 | 8 | fl | 68 | 1.82 |
| <i>Hypothenemus hampei</i> (Ferrari) | 34 | 40 | 4 | es | 78 | 2.08 |
| <i>Hypothenemus seriatus</i> (Eichhoff) | 48 | 46 | 11 | ml | 105 | 2.80 |
| <i>Hypothenemus setosus</i> (Eichhoff) | 8 | 2 | 2 | fl-ml | 12 | 0.32 |
| <i>Hypothenemus interstitialis</i> (Hopkins) | 14 | 0 | 0 | fl-ml | 14 | 0.37 |
| <i>Hypothenemus pubescens</i> (Hopkins) ² | 2 | 0 | 0 | fl-ml | 2 | 0.05 |
| <i>Hypopythenemus crudiae</i> (Panzer) | 14 | 7 | 3 | fl | 24 | 0.64 |
| <i>Loganius squamifer</i> (Wood) | 1 | 0 | 0 | fl | 1 | 0.03 |
| <i>Micracis festiva</i> (Wood) | 1 | 1 | 0 | xl | 2 | 0.05 |
| <i>Micracis torus</i> (Wood) ² | 5 | 3 | 3 | xl | 11 | 0.29 |
| <i>Micracis unicornis</i> (Wood) | 2 | 0 | 0 | xl | 2 | 0.05 |
| <i>Micracisella hondurensis</i> (Wood) | 4 | 3 | 2 | fl | 9 | 0.24 |
| <i>Monarthrum ferrari</i> (Blandford) ² | 1 | 0 | 0 | xm | 1 | 0.03 |
| <i>Monarthrum robustum</i> (Schedl) | 1 | 2 | 0 | xm | 3 | 0.08 |
| <i>Monarthrum exornatum</i> (Schedl) | 6 | 10 | 0 | xm | 16 | 0.43 |
| <i>Microcorthylus minimus</i> (Schedl) ² | 11 | 25 | 2 | xm | 38 | 1.01 |
| <i>Premnobis cavipennis</i> (Eichhoff) | 173 | 95 | 137 | xm | 405 | 10.81 |
| <i>Pityophthorus attenuatus</i> (Blackman) ² | 3 | 0 | 1 | fl | 4 | 0.11 |
| <i>Pityophthorus sp.</i> | 0 | 0 | 2 | fl | 2 | 0.05 |
| <i>Pycnarthrum hispidum</i> (Ferrari) ² | 0 | 1 | 0 | fl | 1 | 0.03 |
| <i>Scolytodes ingavorus</i> (Wood) | 0 | 1 | 0 | fl | 1 | 0.03 |
| <i>Taurodemus sharpi</i> (Blandford) | 18 | 243 | 179 | xm | 440 | 11.75 |
| <i>Thysanoes mexicanus</i> (Wood) ² | 6 | 5 | 0 | xl | 11 | 0.29 |
| <i>Thysanoes lobdelli</i> (Blackman) ² | 1 | 0 | 0 | xl | 1 | 0.03 |
| <i>Tricolus difodinus</i> (Bright) | 10 | 6 | 4 | xm | 20 | 0.53 |
| <i>Tricolus nodifer</i> (Blandford) | 17 | 28 | 2 | xm | 47 | 1.26 |
| <i>Xileborinus gracilis</i> (Eichhoff) | 8 | 5 | 2 | xm | 15 | 0.40 |

| Especies de Scolytinae | RO | GU | JMG | HA | Total | % |
|---|-------------|-------------|------------|-----------|--------------|------------|
| <i>Xyleborus affinis</i> (Eichhoff) | 14 | 31 | 6 | xm | 51 | 1.36 |
| <i>Xyleborus bispinatus</i> (Eichhoff) ² | 15 | 21 | 5 | xm | 41 | 1.09 |
| <i>Xyleborus ferrugineus</i> (Fabricius) | 5 | 8 | 6 | xm | 19 | 0.51 |
| <i>Xyleborus horridus</i> (Eichhoff) | 1 | 0 | 1 | xm | 2 | 0.05 |
| <i>Xyleborus spinulosus</i> (Blandford) | 428 | 45 | 62 | xm | 535 | 14.29 |
| <i>Xyleborus volvulus</i> (Fabricius) | 15 | 21 | 8 | xm | 44 | 1.17 |
| <i>Xylosandrus curtulus</i> (Eichhoff) | 4 | 12 | 18 | xm | 34 | 0.91 |
| <i>Xylosandrus morigerus</i> (Blandford) | 1 | 1 | 3 | xm | 5 | 0.13 |
| Insectos colectados | 1559 | 1304 | 882 | | 3745 | 100 |
| Número de especies | 53 | 49 | 41 | | 64 | |

Nuevos registros para México¹. Nuevos registros para Chiapas². HA: hábito alimenticio determinado por Wood (1982): fl: fleófago, ml: mielófago, xm: xilomicetófago, xl: xilófago, es: espermatófago.

Con base a la búsqueda de información de cada una de las especies identificadas, se determinaron cinco hábitos alimenticios (xilomicetófago, fleófago, mielófago, xilófago y espermatófago). El hábito con mayor incidencia fue xilomicetofago con 53.85%, mientras que el hábito espermatófago fue el de menor incidencia con 1.54%. Cabe señalar que las especies *H. setosus*, *H. seriatus* e *H. pubescens* presentan los hábitos alimenticios fleófago y mielófago (Cuadro 2).

Cuadro 2. Hábitos alimenticios de las especies de escolitinos capturados en tres localidades de Villaflores, Chiapas.

| Habito alimenticio | Especies de escolitinos | % |
|---------------------------|--------------------------------|------------|
| Xilomicetófago | 34 | 53.12 |
| Xilófago | 10 | 15.62 |
| Fleófago | 9 | 14.06 |
| Mielófago | 7 | 10.94 |
| Fleófago-mielófago | 3 | 4.6 |
| Espermatófago | 1 | 1.56 |
| Total | 64 | 100 |

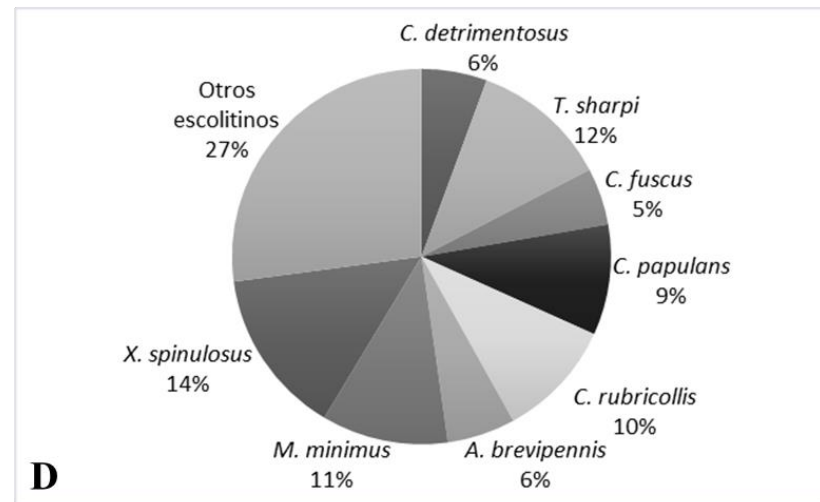
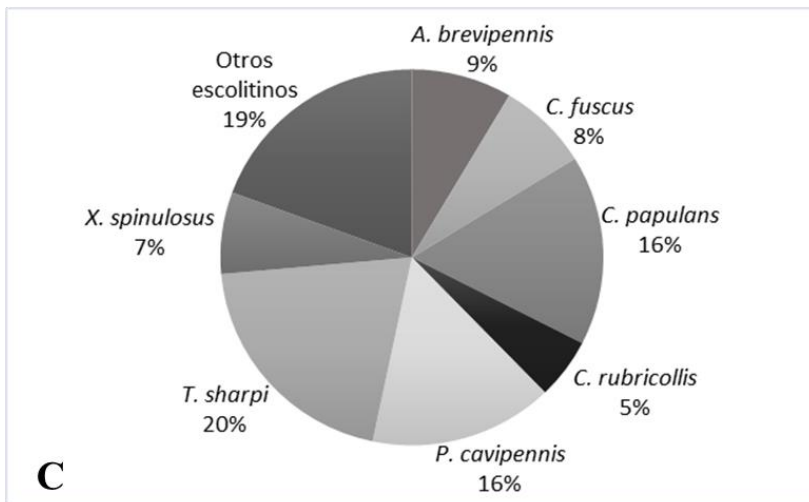
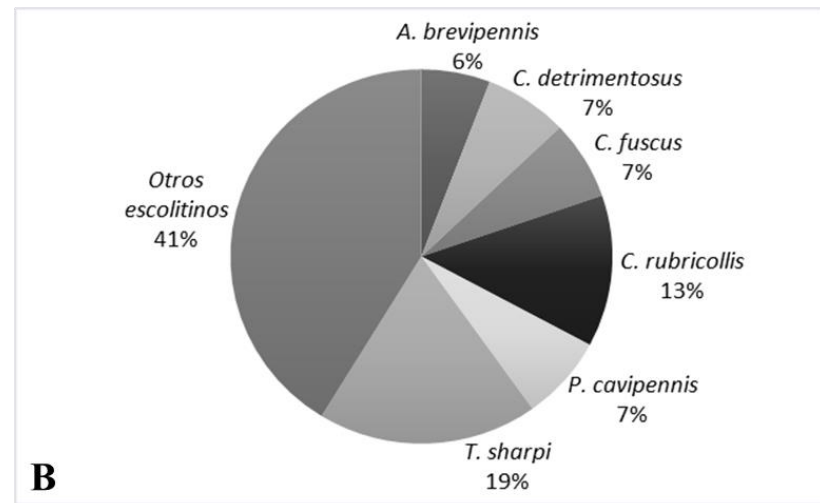
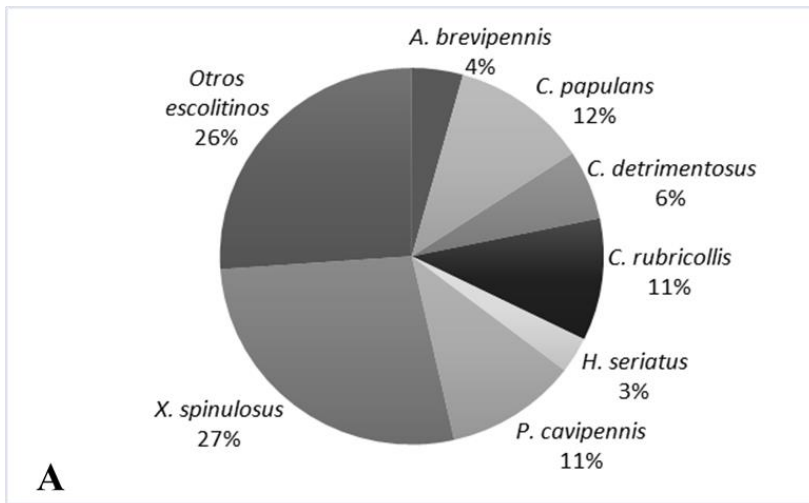


Figura 4. Especies de escolitinos de mayor abundancia en Villaflores, Chiapas. A) Roblada, B) Guaymas, C) Jesús Ma. Garza y D) Especies más abundantes en las tres localidades.

1.3.2. Curva de acumulación de especies

La curva de acumulación de especies sigue una tendencia de crecimiento en cada una de las localidades de estudio (Roblada, Guaymas y Jesús Ma. Garza), pero en ninguna de ellas se alcanzó la asíntota, lo que indica que, con el esfuerzo de muestreo aplicado no se obtuvo la riqueza total de especies de escolitinos en cada localidad (Figura 5A-C). En Roblada, la riqueza de escolitinos fue de 53 especies que equivalen a 67% de esfuerzo de muestreo, se necesitan registrar 26 especies más para alcanzar la asíntota con 79 especies (Cuadro 3, Figura 5A). Las localidades Guaymas y Jesús Ma. Garza, estuvieron más cerca de alcanzar la asíntota de 54 y 43 especies respectivamente, el esfuerzo de muestreo para cada una fue de 91 y 95 % (Cuadro 3, Figura 5B-C). En cambio, tomando en cuenta las tres localidades con vegetación natural (Roblada y Jesús Ma. Garza) y plantación de café (Guaymas), la curva de acumulación alcanzó las 64 especies que equivalen al 88% de esfuerzo de muestreo, para alcanzar la asíntota se necesita registrar nueve especies más (Cuadro 3, Figura 5D).

Con relación al esfuerzo de muestreo para registrar el 95% de especies, en las localidades Guaymas y Jesús Ma. Garza se necesita aumentar 15 días más el tiempo de muestro; en Roblada se debería aumentar a cinco meses más. Mientras que, de manera general en las tres localidades se debería aumentar un mes más el tiempo de muestreo para alcanzar el 95% de especies (Cuadro 3).

Cuadro 3. Información de las curvas de acumulación de especies de las localidades de muestreo y en general del municipio de Villaflores, Chiapas.

| Localidad | R² | Ro | Re (asíntota) | EM (%) | EM_{95%} |
|------------------|----------------------|-----------|----------------------|---------------|-------------------------|
| Roblada | 0.9066 | 53 | 79 | 67 | 17 |
| Guaymas | 0.9015 | 49 | 54 | 91 | 12.5 |
| Jesús Ma. Garza | 0.9126 | 41 | 43 | 95 | 12 |
| General | 0.8975 | 64 | 73 | 88 | 13 |

Ro: riqueza observada, Re (asíntota): riqueza esperada, EM: Esfuerzo de muestreo (%), EM_{95%}: Esfuerzo de muestreo en meses para registrar el 95% de especies de escolitinos.

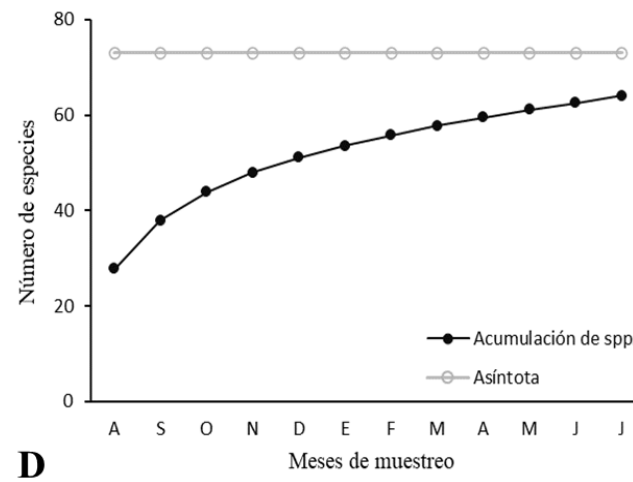
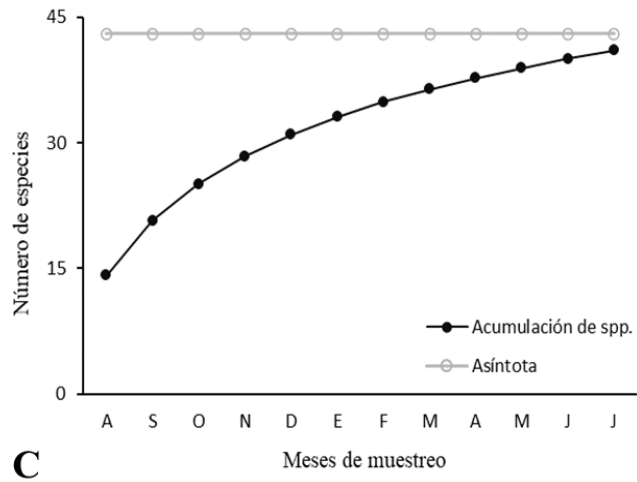
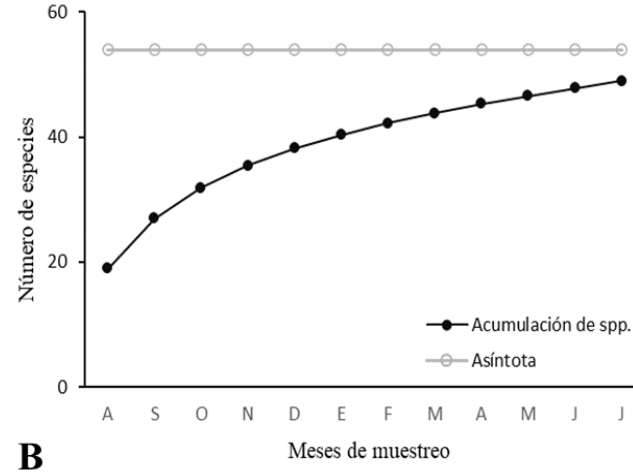
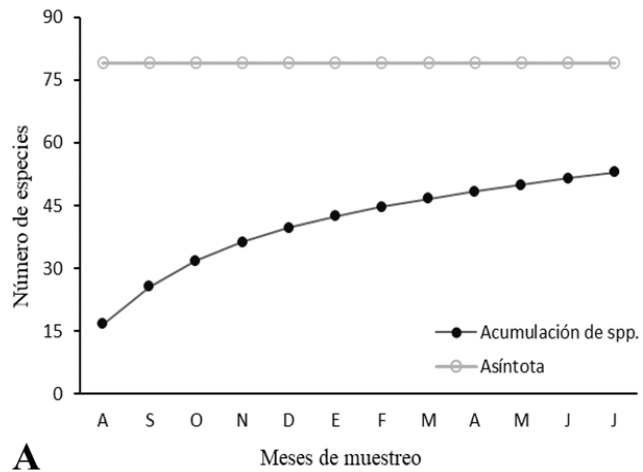


Figura 5. Curva de acumulación de especies de los sitios de muestreo durante el periodo de agosto 2020 a julio 2021. A) Roblada, B) Guaymas, C) Jesús Ma. Garza, D) Curva general de las tres localidades de Villaflores, Chiapas.

1.3.3. Fluctuación poblacional de escolitinos

La abundancia poblacional de escolitinos en los sitios de estudio con vegetación natural y plantaciones de café aumento considerablemente durante los meses de colecta, presentando dos picos poblacionales marcados a través del año de estudio; el primero en la estación de invierno en el mes de marzo con 782 individuos, el segundo en la estación de primavera en el mes de junio con 637 individuos. En cambio, en la estación de verano durante el mes de septiembre se presentó la menor abundancia de insectos con 62 individuos capturados (Figura 6).

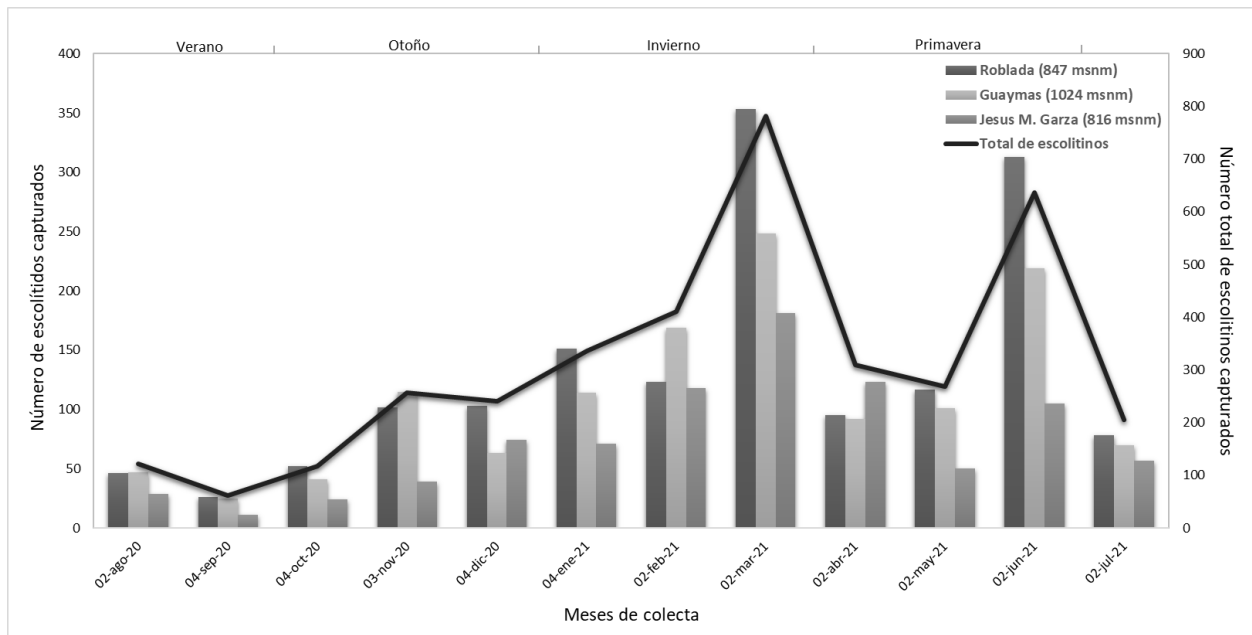


Figura 6. Fluctuación poblacional de escolitinos capturados con trampas de etanol en Villaflores, Chiapas.

Por otra parte, las especies de mayor abundancia en las tres localidades de muestreo fueron *X. spinulosus*, *T. sharpi*, *P. cavipennis*, *C. rubricollis* y *C. papulans* con 535, 440, 405, 381 y 357 individuos respectivamente. Las poblaciones de estos insectos fluctuaron considerablemente durante el año de monitoreo; los escolitinos *X. spinulosus*, *T. sharpi* y *P. cavipennis* alcanzaron su mayor abundancia poblacional en el mes de marzo con 215, 207 y 218 individuos respectivamente, para descender drásticamente sus poblaciones en el transcurso del año. En cambio, las poblaciones de las especies *C. rubricollis* y *C. papulans* fluctuaron de manera uniforme, presentando su mayor abundancia poblacional en los meses de junio y enero con 84 y 49 individuos respectivamente (Figura 7).

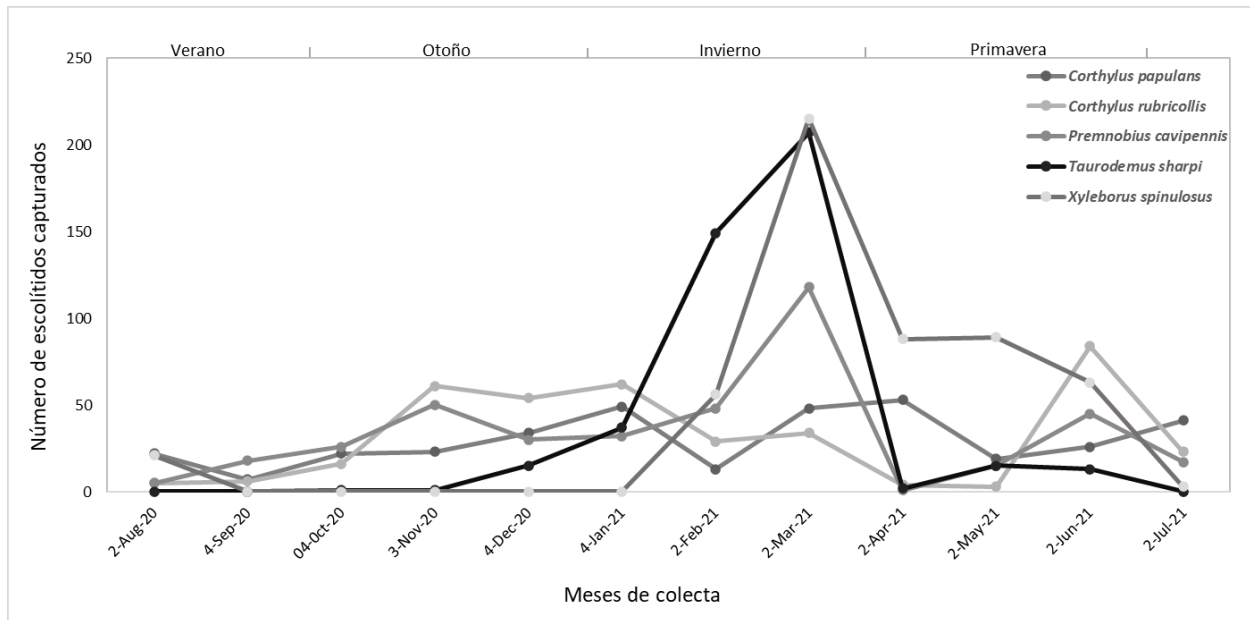


Figura 7. Fluctuación poblacional de escolitinos de mayor abundancia durante el año de monitoreo en Villaflores, Chiapas.

Por localidad, las poblaciones de escolitinos aumentaron considerablemente en los meses de colecta; presentando para cada localidad dos picos poblacionales de mayor abundancia durante las estaciones de invierno y primavera, es decir, en el transcurso de la temporada seca e inicios de la temporada de lluvia. En Roblada, los meses de mayor abundancia de insectos fueron marzo y junio con 353 y 313 individuos respectivamente (Figuras 8). En esta localidad, las especies de mayor abundancia poblacional fueron *X. spinulosus*, *C. papulans*, *P. cavipennis* y *C. rubricollis* con 428, 179, 173 y 164 individuos respectivamente. En cambio, las especies con un sólo individuo colectado fueron *C. panamensis*, *C. spatulatus*, *C. seriatus*, *D. autographus*, *D. tuberculatus*, *E. posticus*, *H. ruber*, *L. squamifer*, *M. festiva*, *M. Ferrari*, *M. robustum*, *T. lobdelli*, *X. horridus* y *X. morigerus* (Cuadro 1). En Guaymas, las mayores capturas de insectos ocurrieron en los meses de marzo y junio con 248 y 219 individuos capturados respectivamente (Figuras 8). Las especies de mayor abundancia poblacional fueron *T. sharpi*, *C. rubricollis*, *P. cavipennis* y *C. detrimentosus* con 283, 171, 95 y 92 individuos respectivamente; mientras que, las especies con un sólo individuo fueron *A. hagedorni*, *A. obliquos*, *B. foveatus*, *D. tuberculatus*, *M. festiva*, *P. hispidum*, *S. ingavorus* y *X. morigerus* (Cuadro 1). Por último, en Jesús Ma. Garza las mayores abundancias de escolitinos se registraron en los meses de febrero, marzo y abril con 118, 181 y 123 individuos (Figuras 8). Los escolitinos de mayor abundancia poblacional fueron *T. sharpi*, *C. papulans* y *P.*

cavipennis con 179, 144 y 137 individuos respectivamente. En cambio, las especies con un sólo individuo capturado fueron *A. obliquos*, *C. aciculatus*, *C. aguacatensis*, *C. nudus*, *D. capucinus*, *P. attenuatus* y *X. horridus* (Cuadro 1).

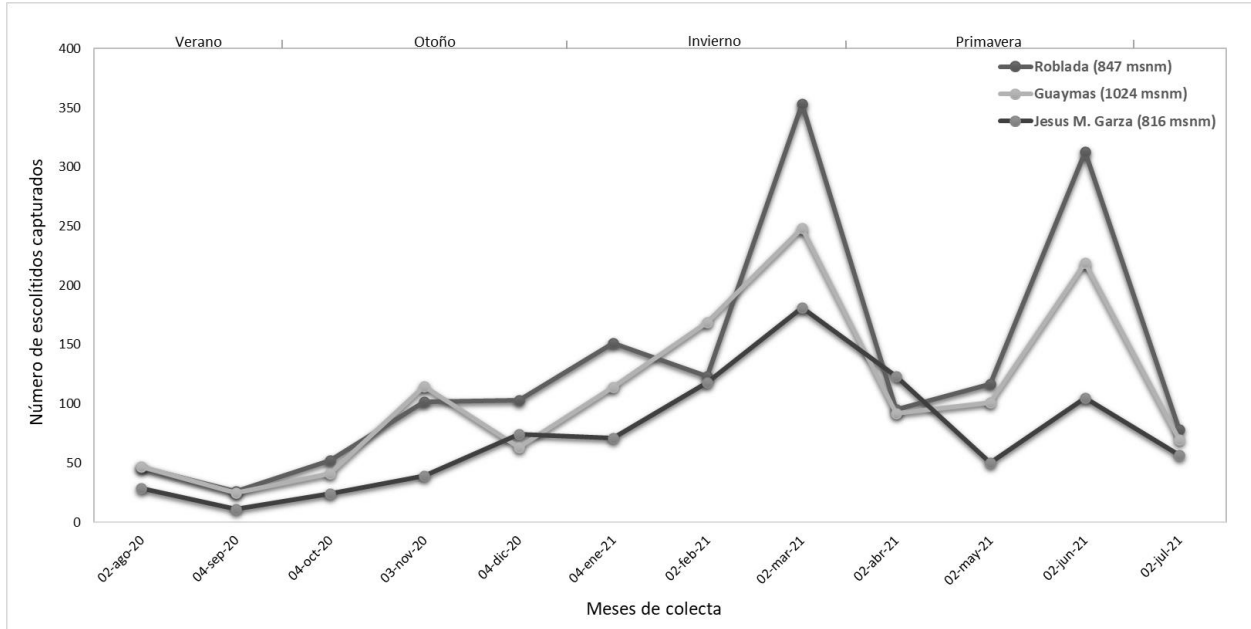


Figura 8. Fluctuación poblacional de escolitinos por localidad (Roblada, Guaymas y Jesús Ma. Garza) durante el periodo de monitoreo de agosto 2020 a julio 2021 en Villaflores, Chiapas.

1.3.4. Análisis de diversidad de escolitinos

Al aplicar los índices de diversidad en los sitios de muestreo con vegetación natural (Roblada y Jesús Ma. Garza) y en la plantación de Café (Guaymas), se obtuvo que con el índice de Shannon-Wiener (H') la máxima diversidad de escolitinos se encontró en Guaymas (H' : 2.979) y la mínima en Jesús M. Garza (H' : 2.571); en cambio, con el índice de Margalef (D_{MG}) se determinó que la máxima riqueza específica de especies se presenta en Roblada (D_{MG} : 7.073) y la mínima en Jesús M. Garza (D_{MG} : 5.898; Cuadro 2). El índice de Simpson arrojó que la mayor diversidad de especies se encuentra en Guaymas (I_s : 0.9205), en comparación con Barrio 9 (I_s : 0.8787) y Jesús Ma. Garza (I_s : 0.8847), cuyos resultados no varían significativamente. Por otra parte, el índice de Pielou (J') a pesar de presentar resultados similares en las tres localidades de estudio, arrojó que en la plantación de café de la localidad Guaymas existe mayor equidad en la abundancia de sus especies (J' : 0.754), en comparación con las especies que se encontraron en vegetación natural de las localidades de Roblada y Jesús Ma. Garza (J' : 0.685 y J' : 6924 respectivamente).

Cuadro 4. Índices de diversidad de escolitinos de las localidades Roblada (RO), Guaymas (GU) y Jesús M. Garza (J.M.G.) de Villaflores, Chiapas.

| Localidad | Número de individuos | Número de especies | Diversidad | | | Equidad |
|-----------|----------------------|--------------------|------------|----------|--------|---------|
| | | | H' | D_{MG} | I_s | J' |
| RO | 1559 | 53 | 2.72 | 7.073 | 0.8787 | 0.685 |
| GU | 1304 | 49 | 2.979 | 6.692 | 0.9205 | 0.7654 |
| J.M.G. | 882 | 41 | 2.571 | 5.898 | 0.8847 | 0.6924 |

H' : índice de Shannon-Wiener; D_{MG} : índice de Margalef; I_s : índice de Simpson J' : índice de equidad de Pielou.

El análisis del índice de similitud de Jaccard (I_j) determinó que las localidades Guaymas-Roblada presentan mayor número de especies en común (I_j : 0.672), en comparación con las localidades Guaymas-Jesús M. Garza (I_j : 0.666) y Roblada-Jesús M. Garza (I_j : 0.593). Por lo consiguiente, el dendrograma de similitud, clasifico a los sitios de estudio en dos grupos diferentes, el primero conformado por Jesús Ma. Garza y el segundo por Roblada y Guaymas (Figura 9).

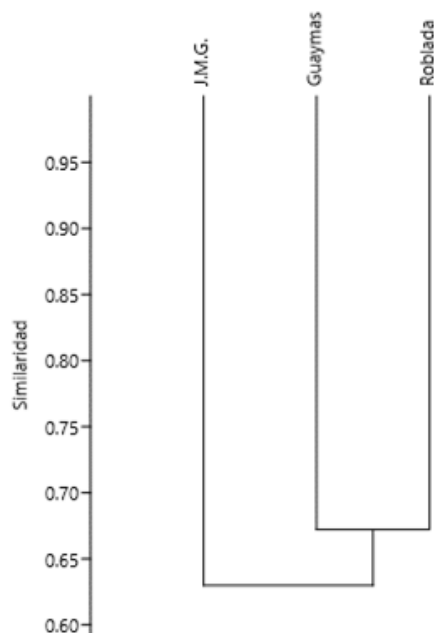


Figura 9. Dendrograma de similitud de Jaccard de escolitinos de las localidades Roblada, Guaymas y Jesús Ma. Garza (J.M.G.) en Villaflores, Chiapas.

1.4. DISCUSIÓN

1.4.1. Riqueza y abundancia de escolitinos

En vegetación natural y en la plantación de café del municipio de Villaflores, Chiapas, se encontró una riqueza alta de especies, de los cuales, con base a la búsqueda de información en los estudios realizados por Equihua y Burgos (2002), Pérez *et al.* (2015) y Atkinson (2021), se determinó que, del total de especies e individuos colectados, 24 especies son nuevos registros para Chiapas, los cuales representan un incremento significativo del 13.52% para el estado; por otra parte, las especies *Corthylus rubricollis* y *Cryptocarenum laevigatum* constituyen nuevos registros para el país, los cuales únicamente habían sido reportados para Suramérica (Costa Rica y Panamá) por Wood (1982; 2007), por lo consiguiente, el área de distribución de estas especies se extendió significativamente hasta el centro del continente americano con los resultados de esta investigación. Por otra parte, la riqueza de especies obtenidos en este estudio concuerda con investigaciones realizadas en selvas, manglares y otros cultivos agrícolas como el cacao, en donde se registraron alta riqueza de especies de escolitinos (Pérez-De la Cruz *et al.*, 2009, 2016; Falcón-Brindis *et al.*, 2018; Gerónimo-Torres *et al.*, 2019)

Los géneros *Corthylus*, *Xyleborus*, *hypothenemus* y *Criptocarenum*, fueron los que presentaron mayor riqueza de especies en las tres localidades de estudio; esto se atribuye principalmente porque las especies de estos géneros son de amplia distribución en regiones tropicales y subtropicales, son abundantes con alta tasa reproductiva y con gran disponibilidad de plantas hospedantes (Wood, 1982; Pérez-De la Cruz *et al.*, 2016). De los cuatro géneros, *Corthylus* fue el de mayor riqueza de especies, el cual concuerda con lo reportado por Atkinson e Ibarra (2021), al reportar 16 especies de *Corthylus* en bosque mesófilo de montaña en Xalapa, Veracruz. Por otra parte, *Xyleborus* e *Hypothenemus* son géneros que se caracterizan por presentar elevado número de especies en estudios de diversidad, como lo reportado en investigaciones realizadas en ecosistemas de selvas, pastizal inundable y manglares, y en cultivos agrícolas como el cacao (Estrada y Atkinson, 1988; Pérez-De la Cruz *et al.*, 2009; Falcón-Brindis *et al.*, 2018). En el caso del género *Cryptocarenum*, al comparar la riqueza obtenida con otros estudios de diversidad de escolitinos el número de especies varían significativamente, debido a que en cultivos de cacao y vegetación natural de Tabasco se reportan cuatro especies (Pérez-De la Cruz *et al.*, 2009; Falcón-Brindis *et al.*, 2018), mientras que en cultivos de aguacate del estado de Michoacán se reportan únicamente dos (Lázaro-

Dzul *et al.*, 2020). Con la excepción de que en la mayoría de estas investigaciones tienen en común la presencia de las especies *C. heveae*, *C. lepidus* y *C. seriatus*, los cuales por su amplia variedad de huéspedes y distribución en México son especies comúnmente capturadas en los sistemas de monitoreo (Wood, 1982, 2007; Vázquez *et al.*, 2003).

Con relación a las especies de mayor abundancia en las tres localidades, se determinó que el escolitino *X. spinulosus* a pesar de ser la especie con mayor número de individuos en esta investigación, en otras investigaciones en diversos estados de México y otros países del mundo, es una especie comúnmente registrada pero con abundancias poblacionales relativamente bajas (Equihua-Martínez *et al.*, 1992; Martínez *et al.*, 2019; Gerónimo-Torres *et al.*, 2019), con excepción de los resultados obtenidos por Pérez-De la Cruz y colaboradores (2009), quienes encontraron que esta especie a pesar de no ser la de mayor abundancia, sus capturas superan los 600 individuos en el cultivo de cacao en Tabasco. Por otra parte, *T. sharpi* es una especie que presenta amplia distribución desde el sur de México hasta Panamá (Atkinson, 2021), pero son pocos los estudios que reportan la presencia de esta especie en selvas tropicales del sur de México (Chiapas, Oaxaca, Veracruz y Tabasco), en los cuales se han colectado pocos ejemplares de esta especie en comparación a los individuos colectados en esta investigación (Atkinson, 2018; Gerónimo-Torres *et al.*, 2019).

El escolitino *P. cavipennis* es una especie con amplia distribución geográfica en el mundo, en el continente americano se encuentra distribuida desde el sur de Estados Unidos hasta Brasil, con gran variedad de huéspedes (Wood, 2007; Rodríguez-Flores y Barrios, 2020), el cual le ha permitido colonizar diversos tipos de ecosistemas, como selvas tropicales, pastizal inundable, manglares y matorral xerófilo (Quezada-García, 2014; Falcon-Brindis *et al.* 2018; Gerónimo-Torres *et al.*, 2015, 2021) y cultivos como el cacao, aguacate, teca y balsa (Ángel-Restrepo *et al.*, 2019; Lázaro-Dzul *et al.*, 2020; Belezaca *et al.*, 2020; Averos *et al.* 2021); en la mayoría de estas investigaciones las poblaciones de *P. cavipennis* no son relativamente abundantes como la encontrada en este estudio, con excepción a los resultados obtenidos por Falcon-Brindis *et al.*, (2018), Belezaca *et al.*, (2020), Averos *et al.* (2021), donde *P. cavipennis* fue la especie más abundante. Por otra parte, la población del escolitino *C. rubricollis* fue abundante en las localidades con vegetación de selva baja caducifolia en comparación con la localidad con plantaciones de café; en México no se tiene información alguna de esta especie en estudios de

diversidad, por lo que se considera nuevo registro para el país. En otras partes del mundo, *C. rubricollis* es una especie que se ha registrado en países de centro y Suramérica como Costa Rica, Panamá y Colombia, en los cuales se ha recabado poca información sobre su abundancia poblacional (Wood, 1961, 1982; Wood *et al.*, 1992).

Con relación a las especies dominantes, las localidades con vegetación natural de selva baja caducifolia (Roblada y Jesús Ma. Garza), tienen más especies en común en comparación con la plantación de café rusticano de la localidad Guaymas, esta diferencia en la composición de especies dominantes se pudo deber principalmente a la altitud que se encuentran las localidades de estudio, la similitud en el tipo de clima y de la cobertura vegetal, ya que en ambas localidades la vegetación asociada es de selva baja subcaducifolia (Rocha-Loredo *et al.*, 2010). En cambio, en la localidad Guaymas la altitud es de 1024 msnm y la vegetación asociada es de selva media subcaducifolia con relicto de plantaciones de café rusticano, por el cual, la composición de especies dominantes no fue completamente similar. Rudinsky (1962) y Wood (1982), describieron que la composición de especies en un sitio determinado puede estar influenciado por la diversidad vegetal, disponibilidad de alimento, altitud y por factores ambientales como humedad y temperatura, los cuales son elementos que influyen en la distribución y abundancia de especies en un sitio determinado.

1.4.2. Curva de acumulación de especies

La curva de acumulación de especies permitió determinar el esfuerzo de muestreo empleado en las localidades con vegetación natural y en el cultivo de café rusticano, el cual se considera un factor importante en el análisis de muestras en estudios de diversidad de escolitinos (Gerónimo-Torres *et al.*, 2015). En general, la curva de acumulación de especies de cada localidad no alcanzo la asíntota, lo que indica que el esfuerzo de muestreo empleado durante el periodo de estudio no fue suficiente y por lo consiguiente, se requiere aumentar los meses de muestreo e implementar otros métodos de captura en cada una de estas localidades para alcanzar el total de especies escolitinos, tales como trampas de luz, plantas trampas y recolecta directa, los cuales pueden resultar ser eficientes para capturar el mayor número de especies posibles (Pérez-De la Cruz *et al.*, 2016).

1.4.3. Fluctuación poblacional de escolitinos

Con relación a la fluctuación poblacional, se determinó que la población de escolitinos ha aumentado considerablemente durante los meses de colecta. En general, las mayores abundancias poblacionales se registraron en los meses de marzo y junio en las estaciones de invierno y primavera respectivamente, los cuales abarcan la temporada seca e inicios de la temporada de lluvias. En cambio, la fluctuación poblacional de escolitinos por localidad tienen un comportamiento similar, con la diferencia de que Roblada y Guaymas las mayores abundancias de escolitinos se presentaron en los meses de marzo y junio; mientras que en Jesús Ma. Garza se presentaron en marzo y abril; estos resultados son similares a los reportados por Pérez-De La Cruz *et al.* (2009) para escolitinos asociados a agroecosistemas de cacao y a los reportados en ecosistemas naturales de selvas tropicales y manglares por Pérez-De la Cruz *et al.* (2016) y Gerónimo-Torres *et al.* (2021), quienes encontraron que las mayores abundancias de escolitinos se registraron en el transcurso de los primeros meses del año (de enero a abril) y en el mes de junio. Iturre y Darchuck (1996), mencionaron que la presencia y variación estacional de escolitinos en un lugar determinado puede estar influenciado por diversos factores bióticos (disponibilidad de alimento, depredación, entre otros) y abióticos, tales como temperatura, humedad, precipitación y altitud; mientras que Marques (1988), sugiere que los picos de mayor abundancia poblacional se deben a los ciclos biológicos de los organismos que por los factores climáticos de la región. Sin embargo, los resultados obtenidos en esta investigación no concuerdan con investigaciones realizadas por Wood (1982) y Pérez-De la Cruz *et al.* (2009), los cuales describen que en temporada de seca las poblaciones de escolitinos son menores, en comparación con las épocas de lluvias donde las poblaciones de estos insectos tienden a incrementar por el descenso de la temperatura y el aumento de precipitación y humedad en el ambiente.

1.4.4. Índices de diversidad

Los índices de diversidad y similitud empleados en cada una de las localidades, permitió determinar las diferencias en la diversidad y abundancia de especies, registrando que la mayor riqueza de especies empleando cada uno de los índices de diversidad, se encuentran en las localidades de Roblada y Guaymas, los cuales presentan pequeñas diferencias significativas en los resultados obtenidos, mientras que Jesús Ma. Garza fue el sitio menos diverso; esta diferencia pudo estar dado por los elementos que componen cada ambiente, en el que factores bióticos, como

temperatura, humedad, precipitación y altitud, y factores abióticos como disponibilidad de alimento, depredación y competencia son quienes determinan la riqueza y abundancia de estos insectos en diversos ecosistemas y agroecosistemas (Wood, 1982; Pérez-De la Cruz *et al.*, 2009). El índice de equidad determino que en el cultivo de café rusticano las especies son igual de abundantes, en comparación de las localidades con vegetación natural, Falcon-Brindis y colaboradores (2018) mencionan que modificar los ecosistemas para uso agrícola, contribuyen a la pérdida de la diversidad de insectos, pero favorece el establecimiento e incremento de las poblaciones de especies generalistas y de importancia agrícola, como *H. hampei*, *H. interstitialis*, *X. affinis*, *X. volvulus* y *X. morigerus*. Por otra parte, el índice de similitud determino que las localidades de mayor riqueza de especie Guaymas y Roblada presentan mayor número de especies en común; por lo consiguiente, a pesar de que en las localidades Roblada y Guaymas comparten la misma altitud y tipo de vegetación de selva baja subcaducifolia no comparten las mismas especies en común.

1.5. CONCLUSIONES

En el municipio de Villa Flores se colectaron 64 especies de escolitinos pertenecientes a 28 géneros, de los cuales, 23 especies son nuevos registros para Chiapas y dos para México (*Corthylus rubricollis* y *Cryptocarenus laevigatus*).

Los géneros de mayor riqueza de especies fueron *Corthylus*, *Xyleborus*, *Hypothenemus* y *Cryptocarenus*. En cambio, las especies de mayor abundancia fueron *X. spinulosus*, *T. sharpi*, *P. cavipennis* y *C. rubricollis*, los cuales representan el 42.02% del total de escolitinos capturados.

De las tres localidades de estudio, Roblada fue la localidad de mayor riqueza y abundancia de especies, en comparación con Guaymas y Jesús Ma. Garza.

Jesús Ma. Garza fue la localidad que más se acercó a la asíntota en la curva de acumulación de especies, en comparación con las localidades Roblada y Guaymas, pero se necesita aumentar el tiempo de muestreo para capturar todas las especies de escolitinos.

La población de escolitinos presentó su mayor abundancia poblacional en los meses de marzo y junio, y durante las estaciones de invierno y primavera. En cambio, las poblaciones de las especies de mayor abundancia fluctuaron de manera diferente durante el año de estudio. Las mayores abundancias poblacionales de *T. sharpi*, *X. spinulosus* y *P. cavipennis* se presentaron durante el mes de marzo; por el contrario, las poblaciones de las especies *C. papulans* y *C. rubricollis* fluctuaron de manera uniforme durante el año de estudio.

**CAPITULO II. DIVERSIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE SCOLYTINAE
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ASOCIADOS A PLANTACIONES DE CAFÉ EN
ANGEL ALBINO CORZO Y LA CONCORDIA, CHIAPAS**

2.1. INTRODUCCIÓN

La producción de café representa para muchos países del mundo un cultivo agrícola de valor económico, social, cultural y ambiental (Moguel y Toledo, 1996; Vargas y Sotomayor, 2004; Quintero y Rosales, 2014), principalmente por ser uno de los productos que más se comercializa en el mundo y por proveer economía, sustento y medio de vida a más de 25 millones de familias caficultoras (Echeverri *et al.*, 2005).

De todos los países productores de café en el mundo, México ocupa el quinto lugar como productor y exportador de café; su cultivo se realiza en las regiones del centro, este y sur del país, principalmente en los estados de Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Guerrero e Hidalgo, en donde muchas familias mexicanas se benefician de las actividades que se generan durante el proceso de la cadena productiva del café (cultivo, cosecha, industrialización y comercialización) (Escamilla *et al.*, 2005; Medina-Meléndez *et al.*, 2016).

Además de la importancia económica y social, el café tiene relevancia ecológica y ambiental, principalmente porque más del 90% de la superficie de café se siembra bajo sombra de árboles forestales y frutales, los cuales contribuyen a conservar la biodiversidad y como proveedores de servicios ambientales (Cruz-Lara, 2004; Escamilla *et al.*, 2005; Contreras y Osorio, 2015). Sin embargo, a pesar de la importancia del café en diversos estados productores del país, pero principalmente Chiapas, los trabajos con relación a insectos asociados a este cultivo son limitados; mientras que los estudios sobre diversidad de escolitinos son completamente escasos en comparación con otros cultivos agrícolas como lo son el cacao, aguacate y teca (Pérez-De La Cruz *et al.*, 2009; Lázaro-Dzul *et al.*, 2017; García-Guevara *et al.*, 2018). En los cafetales, los estudios sobre escolitinos se enfoca en especies que se consideran plagas de importancia económica y cuarentenaria, tales como *Hypothenemus hampei*, *Xilesandrus compactus* Eichhoff y *Xilesandrus morigerus* Blandford, los cuales atacan los diversos estados de desarrollo de la planta y el fruto (Barrera *et al.*, 2006; Leiva-Espinosa *et al.*, 2019; Aguilar-Astudillo *et al.*, 2019).

En general, conocer la diversidad de especies de escolitinos es de gran importancia, principalmente porque son un grupo de escarabajos que habitan en diversos agroecosistemas; los cuales pueden llegar a representar una amenaza para los diversos cultivos agrícolas asociados con árboles forestales; para estos organismos la detección oportuna, el conocimiento de su relación con las plantas, el registro formal de especies y zonas donde están presentes son herramientas importantes para prevenir riesgos en los sistemas de producción (Solano *et al.*, 2019). Por lo consiguiente, los cafetales son un ejemplo de ecosistemas complejos donde la interacción de plantas y especies de escolitinos necesita mejor exploración, debido a que, al ser un cultivo de gran importancia económica, social y ambiental, se considera necesario determinar la diversidad de especies de escolitinos que interactúan en él.

Por lo consiguiente, tomando en cuenta que la mayor diversidad de escolitinos se localiza en zonas tropicales y subtropicales del mundo (Atkinson, 2014), donde la vegetación relacionada con los cultivos de café es relativamente diversa, se realizó el presente trabajo de investigación con el objetivo de evaluar la diversidad espacio-temporal de escolitinos (Coleoptera: Curculionidae) en plantaciones de café en el municipio de Ángel Albino Corzo, Chiapas.

2.2. MATERIALES Y MÉTODO

2.2.1. Descripción de las áreas de colecta

La colecta de insectos se realizó en plantaciones de café de las localidades de Barrio 9 (15° 77' 66" N y 92° 82' 06" O), Huachipilín (15°78'82" N; -92°83'37" O) y Melitón (15°78'84" N; -92°84'05" O) del municipio de Ángel Albino Corzo y La Concordia Chiapas (Figura 10). Ambos municipios presentan temperatura media que oscila entre los 14 a 26 °C, con precipitación promedio de 1 200 a 4 000 mm; los climas predominantes son semicálido y cálido húmedo con lluvias en verano (51.83 y 35.27%); los tipos de vegetación natural dominante son bosques y pastizales con 68.32 y 5.69% respectivamente (INEGI, 2013).

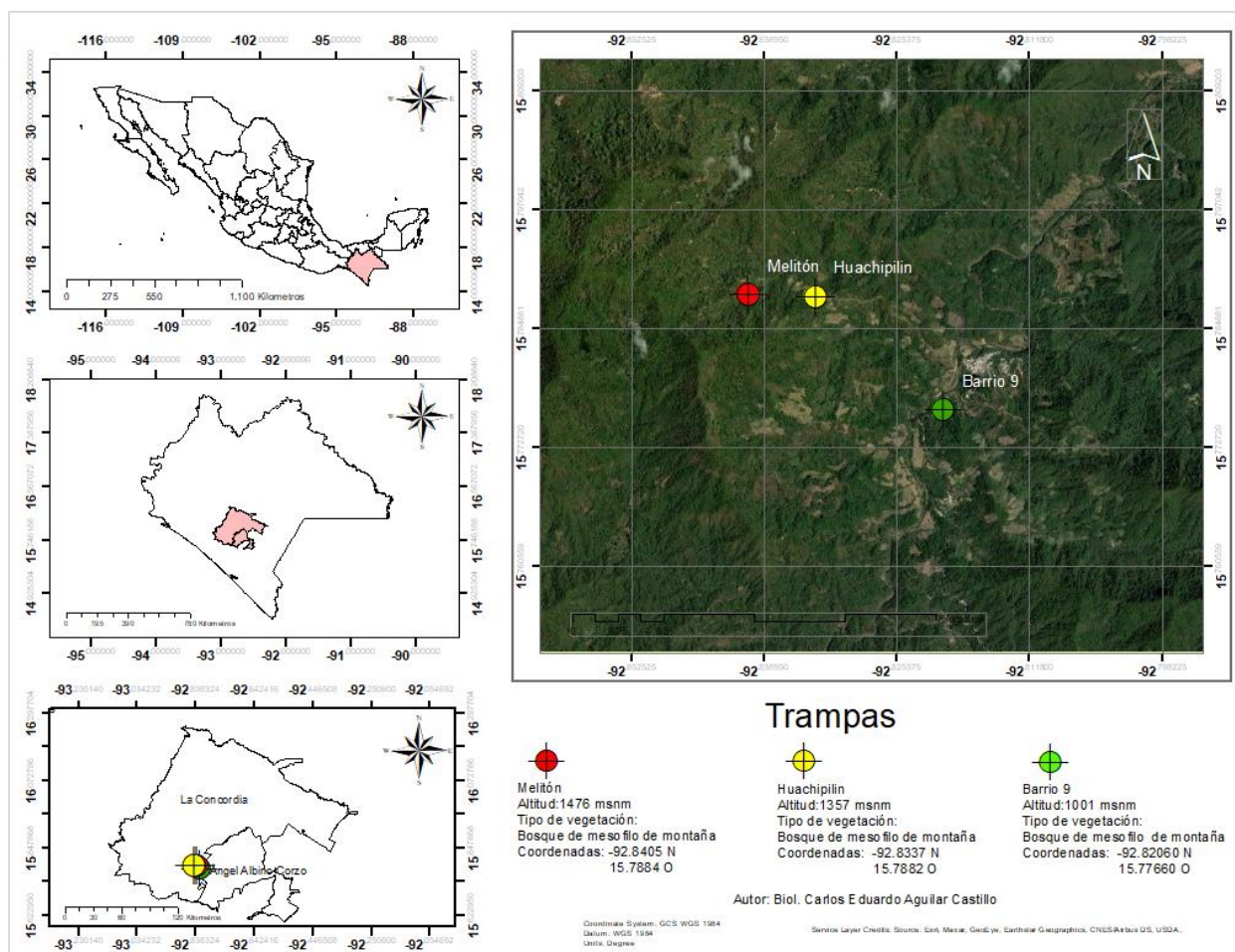


Figura 10. Localidades de muestreo en el municipio de Ángel Albino Corzo y La Concordia, Chiapas.

2.2.2. Establecimiento de trampas

En cada sitio de muestreo, se colocaron diez trampas artesanales tipo Ecoiapar descrita por Barrera *et al.* (2004) y modificada por Moreno *et al.* (2005). Cada trampa se etiquetó con nombre de la localidad, número de trampa y fecha. La separación entre trampa fue de 50 m, cada una se suspendió a 1.5 m del suelo en ramás de árboles y se sujetaron de la parte superior e inferior para evitar su caída por el viento. El arreglo de las trampas fue lineal, considerando las dimensiones de las parcelas (Figura 11A).

Una vez establecidas las trampas, en la parte media se colocó un cebo, que consistió en viales Eppendorf de 40 ml con alcohol etílico puro de caña al 96%, el cual se liberaba mediante un orificio de un milímetro de diámetro colocado en la parte superior del frasco. El vaso colector fue provisto de 200 ml de etilenglicol (anticongelante) diluido en agua al 50% para conservar los ejemplares capturados hasta su recolección (Figura 11B).



Figura 11. Establecimiento de trampas en plantaciones de café durante el periodo de agosto 2020 a julio 2021 en el municipio de Ángel Albino Corzo y La Concordia, Chiapas. A) Cultivo de café, B) Trampas tipo Ecoiapar.

2.2.3. Colecta de escolitinos e identificación

La colecta de muestras se realizó de manera mensual, durante el periodo de muestreo que comprendió de agosto de 2020 a julio de 2021. Los insectos capturados se colocaron en bolsas Ziploc® con sus respectivos datos en las etiquetas y alcohol al 70% para su conservación. Estos se llevaron al laboratorio de servicios generales del posgrado de Fitosanidad-Entomología y Acarología del Colegio de Posgraduados; para su separación, conteo y montaje en alfileres entomológicos (Figura 12A). La determinación taxonómica de las especies se realizó mediante el uso de claves taxonómicas de Wood (1982), Atkinson (2010) y Pérez-Silva *et al.* (2015); además de comparaciones con ejemplares depositados en la Colección de Insectos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. La corroboración de especies se realizó por el Dr. Armando Equihua Martínez del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo (Figura 12B).

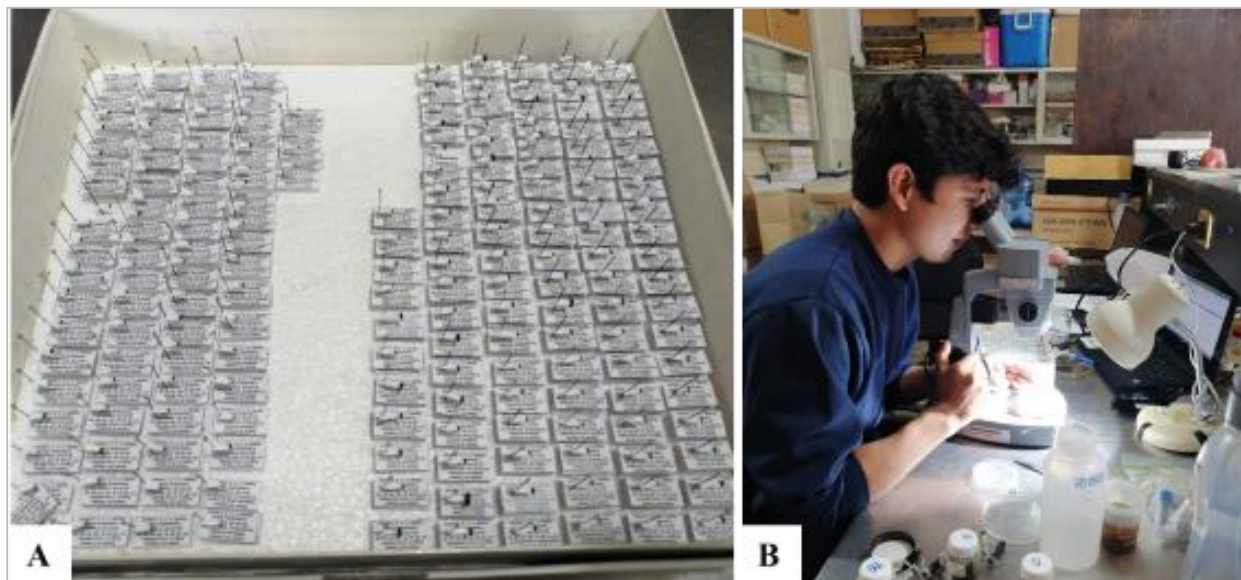


Figura 12. Trabajo de laboratorio. A) Separación, conteo y montaje de escolitinos en alfileres entomológicos, B) Identificación de escolitinos con claves taxonómicas.

2.2.4. Análisis de los datos

2.2.4.1. Riqueza y abundancia de escolitinos

Mediante la separación e identificación taxonómica de especies, se determinó la riqueza y abundancia de escolitinos, la información se almacenó en una hoja de cálculo en Microsoft Excel

en donde se anexaron todas las especies identificadas de cada una de las localidades. Con dicha información se obtuvo el total de especies capturadas, el porcentaje de captura y el hábito alimenticio por especie.

2.2.4.2. Curva de acumulación de especies

Con la separación e identificación taxonómica de los escolitinos se determinó la eficiencia de muestreo, para ello se realizó la curva de acumulación de especies para mostrar gráficamente el aumento del número de especies en las localidades de colecta, teniendo en cuenta el esfuerzo de muestreo. Para elaborar la curva de acumulación de especies, los datos se analizaron con el programa Stimates (Colwell, 2016), de los resultados obtenidos se extrajo el número de individuos (riqueza observada), el estimador basado en la cobertura de abundancia y el número de individuos para llegar a la asíntota (riqueza esperada). Las curvas de acumulación de especies se graficaron con el programa GraphPad Prism versión 9.2.0.

2.2.4.3. Fluctuación poblacional de escolitinos

Para conocer la fluctuación poblacional de las especies de mayor abundancia, se elaboró un listado en el programa Microsoft Excel de todas las especies capturadas durante el año de muestreo en cada uno de los sitios de estudio. Con los datos se realizaron gráficas de fluctuación poblacional condensado por estación y meses de muestreo.

2.2.4.4. Análisis de diversidad de escolitinos

Para comparar la diversidad de escolitinos de los tres sitios de estudio se aplicaron los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H'), el cual mide la estructura de la comunidad mediante la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra; el índice de Margalef (D_{MG}), que se basa en la riqueza específica de especies; el índice de Simpson (S_i), que indica la probabilidad de encontrar dos individuos de especies diferentes en dos extracciones sucesivas al azar sin reposición, y el índice de equidad de Pielou (J'), que mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada (Magurran, 1988; Moreno, 2001). Finalmente, para conocer las proporciones o diferencias de especies entre los sitios de estudio se empleó el índice de Jaccard (I_j), el cual expresa el grado en que varios sitios son semejantes por las especies presentes en ellas (Magurran, 1988). Los análisis se realizaron mediante el uso del programa estadístico PAST3 versión 3.20.

2.3. RESULTADOS

2.3.1. Riqueza y abundancia de escolitinos

Se colectaron 3229 individuos de escolitinos pertenecientes a 74 especies y 30 géneros. Los géneros con mayor riqueza fueron *Corthylus*, *Xyleborus* e *Hypothenemus* con 13, 9 y 7 especies respectivamente. Con la búsqueda de información en artículos y bases de datos (Equihua y Burgos, 2002; Pérez-Silva *et al.*, 2015; Atkinson, 2021) se determinó que las especies *Amphycranus macellus*, *Corthylus rubricollis* y *Cryptocarenus laevigatus* son nuevos registros para México; mientras que para Chiapas se presentan 25 nuevos registros, los cuales representan un incremento del 14.11% con base a las 170 especies anteriormente registradas para el estado. Las especies *Premnobius cavipennis* (14.68%), *Corthylus flagellifer* (14.03%), *Hypothenemus seriatus* (8.3%) e *Hypotenemus hampei* (7.28%), presentaron mayor abundancia de individuos (44.29%) en comparación con las otras especies de escolitinos capturados (Cuadro 5, Figura 13D).

De las tres localidades con plantaciones de café, Huachipilín presentó la mayor diversidad y abundancia de escolitinos con 60 especies y 1 156 individuos; las especies más abundantes fueron *C. flagellifer* (15.48%), *C. villus* (8.82%), *H. seriatus* (7.79%), *P. cavipennis* (7.61%), *H. erectus* (5.62%), *H. hampei* (5.28%) e *H. eruditus* (4.67%), que en conjunto representan el 55.28% del total colectado (Figura 13A). En la localidad Barrio 9, se registró la menor riqueza de escolitinos con 46 especies y 1 073 individuos. Las especies de mayor abundancia en esta localidad fueron *P. cavipennis* (22.18%), *H. hampei* (12.95%), *C. flagellifer* (10.44%), *H. seriatus* (8.20%), *M. minimus* (6.15%), *A. brevipennis* (4.94%) y *X. spinulosus* (4.75%) *P. cavipennis* (22.18%), *H. hampei* (12.95%), *C. flagellifer* (10.44%), *H. seriatus* (8.20%), *M. minimus* (6.15%), *A. brevipennis* (4.94%) y *X. spinulosus* (4.75%); estas especies en conjunto representan el 69.62 % del total colectado (Figura 13B). Por último, en Melitón se registró la menor abundancia de insectos con 1000 individuos pertenecientes a 57 especies; las especies más abundantes fueron *P. cavipennis* (14.80%), *C. flagellifer* (13%), *H. seriatus* (9%), *T. sharpi* (4.70%), *A. brevipennis* (4.30%) y *C. villus* (3.70%), los cuales representan el 53.20% del total de escolitinos colectados (Figura 13C).

Cuadro 5. Riqueza y abundancia de escolitinos colectados en trampas de etanol en las localidades de Barrio 9 (BA), Huachipilín (HU) y Melitón (ME) en Ángel Albino Corzo, Chiapas.

| Especie de Scolytinae | BA | HU | ME | HA | Total | % |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|
| <i>Ambrosiodmus hagedorni</i> (Iglesias) | 0 | 2 | 3 | xm | 5 | 0.15 |
| <i>Ambrosiodmus obliquus</i> (LeConte) ² | 2 | 2 | 11 | xm | 15 | 0.46 |
| <i>Ambrosiodmus rusticus</i> (Wood) | 0 | 1 | 0 | xm | 1 | 0.03 |
| <i>Amphycranus brevipennis</i> (Blandford) | 53 | 36 | 43 | xm | 132 | 4.09 |
| <i>Amphycranus macellus</i> (Wood) ¹ | 0 | 0 | 4 | xm | 4 | 0.12 |
| <i>Bothrosternus foveatus</i> (Blackman) | 3 | 2 | 28 | xm | 33 | 1.02 |
| <i>Cnesinus electinus</i> (Wood) ² | 1 | 2 | 2 | ml | 5 | 0.15 |
| <i>Cnesinus elegans</i> (Blandford) | 0 | 1 | 2 | ml | 3 | 0.09 |
| <i>Cnesinus setulosus</i> (Blandford) | 1 | 1 | 0 | ml | 2 | 0.06 |
| <i>Coptoborus pseudotenuis</i> (Schedl) ² | 3 | 3 | 2 | xm | 8 | 0.25 |
| <i>Coptoborus vespatorius</i> (Schedl) ² | 0 | 1 | 0 | xm | 1 | 0.03 |
| <i>Corthylocorus aguacatensis</i> (Schedl) ² | 1 | 7 | 7 | xm | 15 | 0.46 |
| <i>Corthylocorus debilis</i> (Wood) ² | 0 | 0 | 1 | xm | 1 | 0.03 |
| <i>Corthylus collaris</i> (Blandford) | 3 | 7 | 10 | xm | 20 | 0.62 |
| <i>Corthylus comatus</i> (Blandford) | 0 | 2 | 0 | xm | 2 | 0.06 |
| <i>Corthylus detrimmentosus</i> (Schedl) ² | 3 | 14 | 7 | xm | 24 | 0.74 |
| <i>Corthylus flagellifer</i> (Blandford) | 112 | 179 | 130 | xm | 421 | 13.04 |
| <i>Corthylus fuscus</i> (Blandford) ² | 6 | 13 | 11 | xm | 30 | 0.93 |
| <i>Corthylus ibarraii</i> (Atkinson) | 0 | 1 | 0 | xm | 1 | 0.03 |
| <i>Corthylus luridus</i> (Blandford) ² | 4 | 15 | 2 | xm | 21 | 0.65 |
| <i>Corthylus panamensis</i> (Blandford) | 27 | 23 | 26 | xm | 76 | 2.35 |
| <i>Corthylus papulans</i> (Eichhoff) | 24 | 32 | 34 | xm | 90 | 2.79 |
| <i>Corthylus rubricollis</i> (Blandford) ¹ | 10 | 39 | 37 | xm | 86 | 2.66 |
| <i>Corthylus spinulosus</i> (Atkinson) | 1 | 0 | 0 | xm | 1 | 0.03 |
| <i>Corthylus villus</i> (Bright) | 6 | 102 | 37 | xm | 145 | 4.49 |
| <i>Corthyylus nudus</i> (Schedl) | 0 | 8 | 4 | xm | 12 | 0.37 |
| <i>Coccotrypes cyperi</i> (Beeson) | 0 | 0 | 1 | fl | 1 | 0.03 |

| Especie de Scolytinae | BA | HU | ME | HA | Total | % |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|
| <i>Coccotrypes aciculatus</i> (Schedl) | 0 | 0 | 2 | fl | 2 | 0.06 |
| <i>Chramesus</i> sp. | 0 | 1 | 0 | fl | 1 | 0.03 |
| <i>Criptomacrus heveae</i> (Hagedorn) ² | 10 | 26 | 28 | ml | 64 | 1.98 |
| <i>Cryptocarenum diadematus</i> (Eggers) | 26 | 14 | 17 | ml | 57 | 1.77 |
| <i>Cryptocarenum laevigatum</i> (Blandford) ¹ | 0 | 2 | 0 | ml | 2 | 0.06 |
| <i>Cryptocarenum lepidus</i> (Wood) ² | 26 | 41 | 21 | ml | 88 | 2.73 |
| <i>Cryptocarenum seriatus</i> (Eggers) ² | 0 | 0 | 10 | ml | 10 | 0.31 |
| <i>Dryocoetoides capusinus</i> (Eichhoff) | 1 | 5 | 7 | xm | 13 | 0.40 |
| <i>Dryocoetoides tuberculatus</i> (Pérez & Atkinson) ² | 1 | 0 | 0 | xm | 1 | 0.03 |
| <i>Euwallacea posticus</i> (Eichhoff) | 3 | 4 | 2 | xm | 9 | 0.28 |
| <i>Gimnochilus reitteri</i> (Eichhoff) ² | 0 | 1 | 0 | xm | 1 | 0.03 |
| <i>Micracisella hondurensis</i> (Wood) | 0 | 1 | 0 | fl | 1 | 0.03 |
| <i>Hylocurus nodulus</i> (Wood) ² | 1 | 0 | 0 | xl | 1 | 0.03 |
| <i>Hylocurus ruber</i> (Wood) ² | 0 | 0 | 1 | xl | 1 | 0.03 |
| <i>Hypothenemus hampei</i> (Ferrari) | 139 | 61 | 35 | es | 235 | 7.28 |
| <i>Hypothenemus pubescens</i> (Hopkins) ² | 3 | 4 | 1 | fl-ml | 8 | 0.25 |
| <i>Hypothenemus interstitialis</i> (Hopkins) | 15 | 14 | 5 | fl-ml | 34 | 1.05 |
| <i>Hypothenemus erectus</i> (LeConte) | 41 | 65 | 23 | fl.ml | 129 | 4.00 |
| <i>Hypothenemus eruditus</i> (Westwood) | 28 | 54 | 29 | fl | 111 | 3.44 |
| <i>Hypothenemus setosus</i> (Eichhoff) | 2 | 0 | 3 | fl-ml | 5 | 0.15 |
| <i>Hypothenemus seriatus</i> (Eichhoff) | 88 | 90 | 90 | ml | 268 | 8.30 |
| <i>Micracis torus</i> (Wood) ² | 0 | 0 | 1 | xl | 1 | 0.03 |
| <i>Micracis festiva</i> (Wood) | 0 | 1 | 0 | xl | 1 | 0.03 |
| <i>Micracis unicornis</i> (Wood) ² | 0 | 2 | 0 | xl | 2 | 0.06 |
| <i>Microcorthylus vesus</i> (Wood) ² | 1 | 0 | 3 | xm | 4 | 0.12 |
| <i>Microcorthylus minimus</i> (Schedl) ² | 66 | 39 | 17 | xm | 122 | 3.78 |
| <i>Monarthrum exornatum</i> (Schedl) | 0 | 1 | 3 | xm | 4 | 0.12 |
| <i>Monarthrum robustum</i> (Schedl) | 8 | 1 | 5 | xm | 14 | 0.43 |
| <i>Premnobis cavipennis</i> (Eichhoff) | 238 | 88 | 148 | xm | 474 | 14.68 |

| Especie de Scolytinae | BA | HU | ME | HA | Total | % |
|---|-------------|-------------|-------------|-----------|--------------|------------|
| <i>Pycnarthrum pallidum</i> (Chapuis) | 0 | 1 | 0 | fl | 1 | 0.03 |
| <i>Pityophthorus attenuatus</i> (Blackman) ² | 0 | 1 | 1 | fl | 2 | 0.06 |
| <i>Sampsonius</i> sp. | 0 | 1 | 0 | xm | 1 | 0.03 |
| <i>Taurodemus sharpi</i> (Blandford) | 39 | 44 | 47 | xm | 130 | 4.03 |
| <i>Theoborus theobromae</i> (Hopkins) ² | 0 | 5 | 6 | xm | 11 | 0.34 |
| <i>Thysanoes mexicanus</i> (Wood) ² | 1 | 1 | 0 | xl | 2 | 0.06 |
| <i>Tricolus difodinus</i> (Bright) | 2 | 5 | 6 | xm | 13 | 0.40 |
| <i>Tricolus nodifer</i> (Blandford) | 3 | 4 | 4 | xm | 11 | 0.34 |
| <i>Xileborinus gracilis</i> (Eichhoff) | 4 | 13 | 9 | xm | 26 | 0.81 |
| <i>Xyleborus affinis</i> (Eichhoff) | 6 | 20 | 10 | xm | 36 | 1.11 |
| <i>Xyleborus ferrugineus</i> (Fabricius) | 2 | 17 | 7 | xm | 26 | 0.81 |
| <i>Xyleborus horridus</i> (Eichhoff) | 1 | 0 | 1 | xm | 2 | 0.06 |
| <i>Xyleborus macer</i> (Blandford) | 0 | 0 | 4 | xm | 4 | 0.12 |
| <i>Xyleborus spinulosus</i> (Blandford) | 51 | 5 | 20 | xm | 76 | 2.35 |
| <i>Xyleborus squamulatus</i> (Eichhoff) | 0 | 3 | 1 | xm | 4 | 0.12 |
| <i>Xyleborus bispinatus</i> (Eichhoff) ² | 4 | 9 | 6 | xm | 19 | 0.59 |
| <i>Xyleborus volvulus</i> (Fabricius) | 3 | 14 | 16 | xm | 33 | 1.02 |
| <i>Xylosandrus curtulus</i> (Eichhoff) | 0 | 5 | 9 | xm | 14 | 0.43 |
| Insectos colectados | 1073 | 1156 | 1000 | | 3229 | 100 |
| Número de especies | 46 | 60 | 57 | | 74 | |

Nuevos registros para México¹. Nuevos registros para Chiapas². HA: hábito alimenticio determinado por Wood (1982); fl: fleófago; ml: mielófago; xm : xilomicetófago; xl: xilófago; es: espermatófago.

Por otra parte, con base en la búsqueda de información de cada una de las especies identificadas, se detectaron cinco hábitos alimenticios (xilomicetófago, fleófago, mielófago, xilófago y espermatófago). El hábito más representativo fue xilomicetófago con 63.51%; mientras que el menor fue espermatófago con 1.35%. Cabe señalar que las especies *H. pubescens*, *H. interstitialis*, *H. erectus* e *H. setosus* presentan los hábitos alimenticios fleófago y mielófago (Cuadro 6).

Cuadro 6. Hábitos alimenticios de las especies de escolitinos capturados en tres localidades de Ángel Albino Corzo y La Concordia, Chiapas.

| Habito alimenticio | Especies de escolitinos | % |
|---------------------------|--------------------------------|------------|
| Xilomicetófago | 47 | 63.51 |
| Mielófago | 9 | 12.16 |
| Fleófago | 7 | 9.46 |
| Xilófago | 6 | 8.11 |
| Fleófago-mielófago | 4 | 5.40 |
| Espermatófago | 1 | 1.35 |
| Total | 74 | 100 |

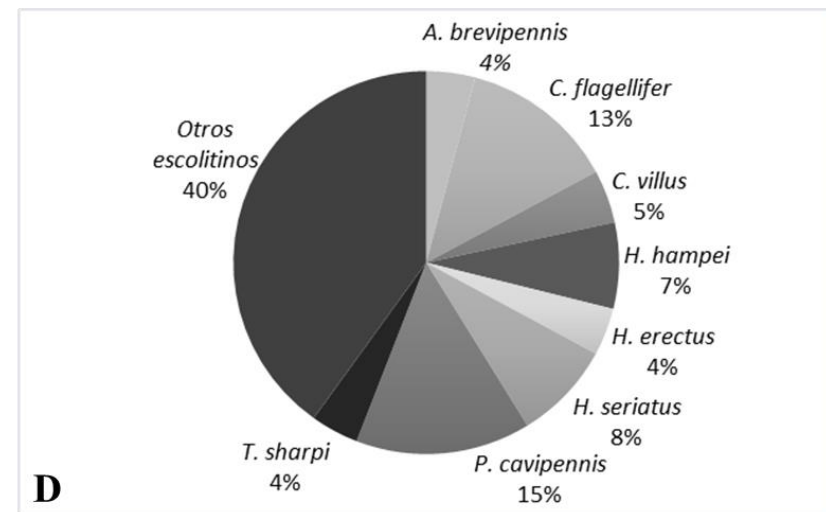
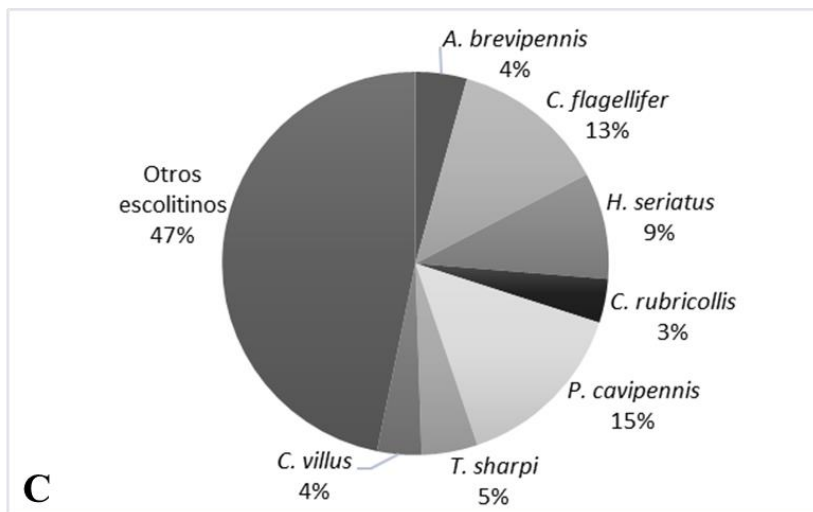
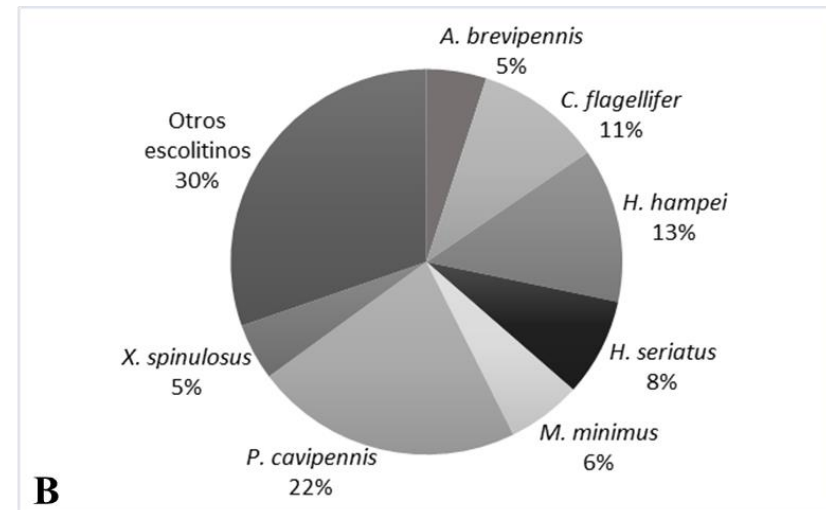
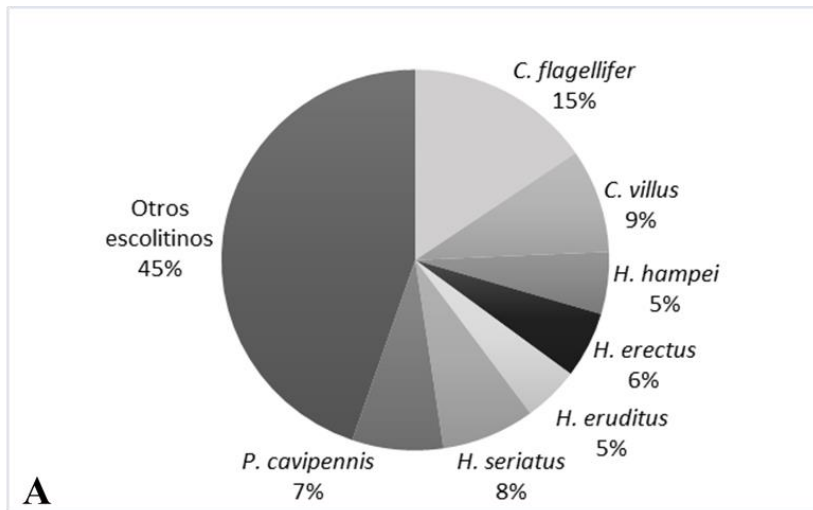


Figura 13. Especies de mayor abundancia en las plantaciones de café. A) Huachipilín, B) Barrio 9, C) Melitón y D) Especies más abundantes en las tres localidades.

2.3.2. Curva de acumulación de especies

En las tres localidades con plantaciones de café, a pesar de que la curva de acumulación de especies sigue una tendencia de crecimiento en ninguna se logró establecer la asíntota, lo cual indica que con el esfuerzo de muestreo aplicado no se obtuvo la riqueza total de especies de escolitinos (Figura 14A-C).

De las tres localidades, Melitón fue la que más se acercó a la asíntota con 57 de las 61 especies esperadas, que en esfuerzo de muestreo equivale al 93% (Cuadro 7, Figura 14C). En Barrio 9, la curva de acumulación alcanzó las 46 especies con esfuerzo de muestreo del 83%, para alcanzar la asíntota se deben registrar diez especies más (Cuadro 7, Figura 14A). La curva de Huachipilin alcanzo las 60 especies de escolitinos con esfuerzo de muestreo del 82%, para alcanzar la asíntota se necesitan registrar 13 especies de escolitinos (Cuadro 7, Figura 8B). En cambio, tomando en cuenta las plantaciones de café de las tres localidades, la curva de acumulación alcanzo las 74 especies con esfuerzo de muestreo del 85 %, pero para alcanzar la asíntota se necesita de 13 especies más (Cuadro 7, Figura 14D).

El esfuerzo de muestreo para alcanzar el 95% de las especies fue diferente para cada localidad, es decir, para Barrio 9 se necesita de aumentar un mes y tres semanas el tiempo de muestreo, para Huachipilin se necesita aumentar dos meses; mientras que, para Melitón se necesita aumentar una semana el tiempo de muestreo. En cambio, de manera general, se debería aumentar un mes y aproximadamente dos semanas el tiempo de muestreo para alcanzar el 95% de especies de escolitinos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Información de las curvas de acumulación de especies de las localidades de muestreo con plantaciones de café y del municipio de Villaflores, Chiapas.

| Localidad | R² | Ro | Re (asíntota) | EM (%) | EM_{95%} |
|------------------|----------------------|-----------|----------------------|---------------|-------------------------|
| Barrio 9 | 0.9288 | 46 | 56 | 83 | 13.73 |
| Huachipilin | 0.9034 | 60 | 73 | 82 | 14 |
| Melitón | 0.8895 | 57 | 61 | 93 | 12.25 |
| General | 0.9005 | 74 | 87 | 85 | 13.41 |

Ro: riqueza observada, Re (asíntota): riqueza esperada, EM: Esfuerzo de muestreo (%), EM_{95%}: Esfuerzo de muestreo en meses para registrar el 95% de especies de escolitinos.

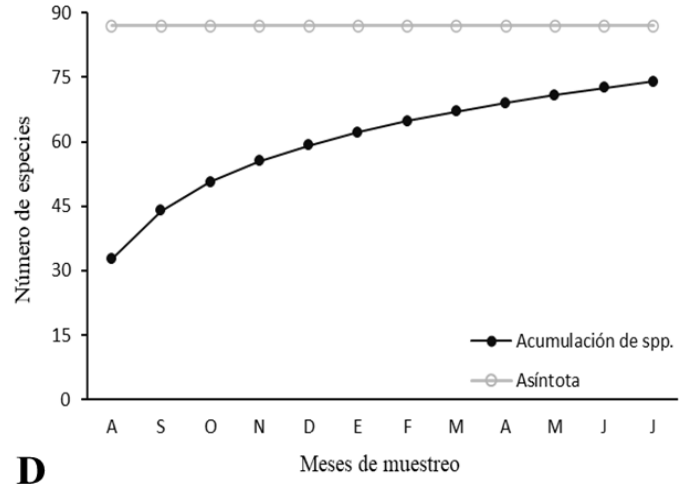
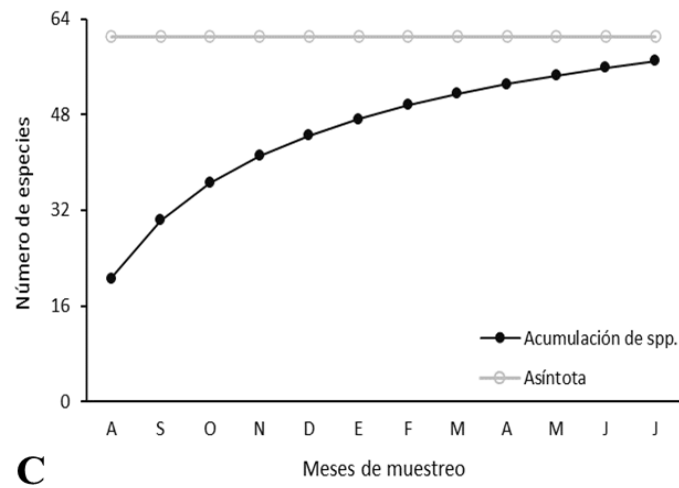
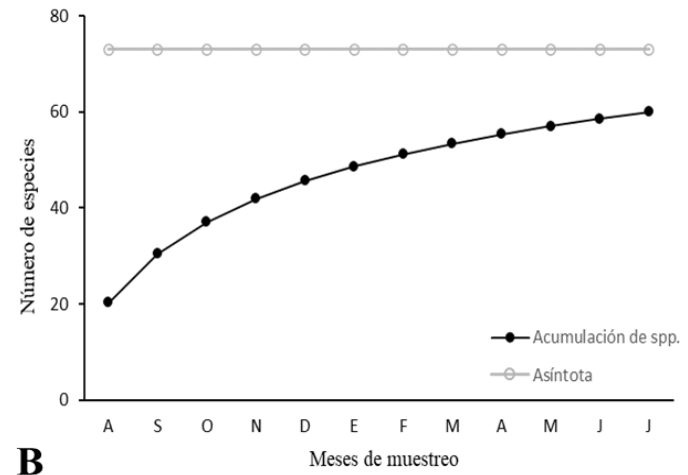
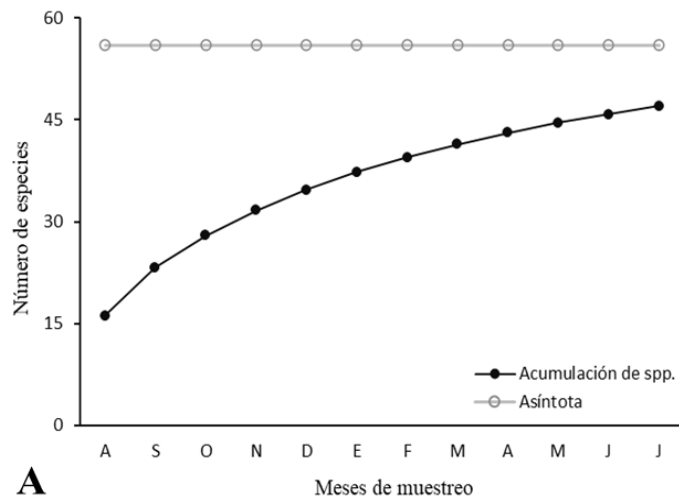


Figura 14. Curva de acumulación de especies en las plantaciones de café de tres sitios de muestreo en el periodo de agosto 2020 a julio 2021. A) Barrio 9, B) Huachipilin, C) Melitón, D) Curva general de las tres localidades con plantaciones de café.

2.3.3. Fluctuación poblacional de escolitinos

En las plantaciones de café de las tres localidades, la población de especies de escolitinos fluctuó considerablemente durante el año de monitoreo, con dos picos poblacionales muy marcados; el primero en la estación de otoño en el mes de octubre con 389 individuos, el segundo en la estación de invierno en el mes de enero con 561 individuos. En cambio, durante la estación de primavera en el mes de mayo se presentó la menor abundancia de insectos con 87 individuos capturados (Figura 15).

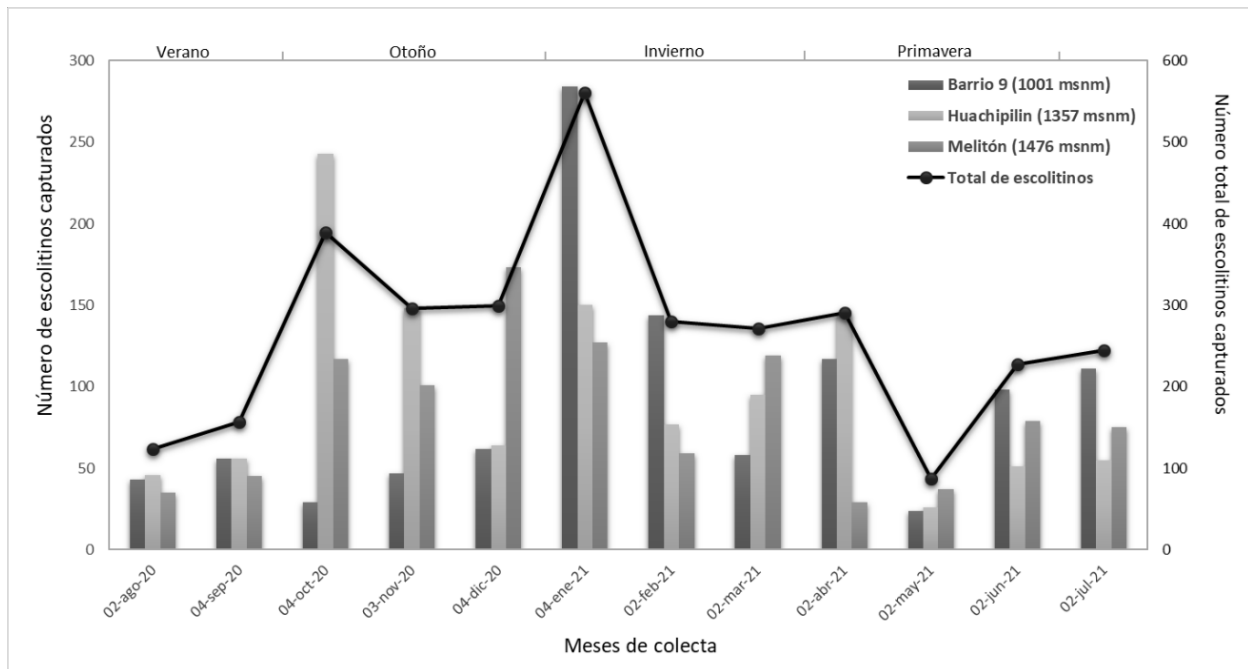


Figura 15. Fluctuación poblacional de escolitinos capturados con trampas de etanol durante el periodo de monitoreo de agosto 2020 a julio 2021 en Villaflores, Chiapas.

Por otra parte, las especies de mayor abundancia en las plantaciones de café fueron *P. cavipennis*, *C. flagellifer*, *H. seriatus* e *H. hampei* con 474, 421, 268 y 235 individuos respectivamente. Las poblaciones de cada una de estas especies presentaron momentos particulares de mayor y menor abundancia poblacional durante el año de estudio; pero las mayores capturas se presentaron en la temporada fría, el cual abarca las estaciones de otoño e invierno (Figura 16). Los escolitinos *P. cavipennis* e *H. hampei* alcanzaron su pico de mayor abundancia en el mes de enero con 113 y 73 individuos respectivamente, para posteriormente descender drásticamente sus poblaciones durante el transcurso del año (Figura 16). Por otra parte, las poblaciones de las especies *C. flagellifer* e *H.*

seriatus fluctuaron considerablemente durante el año de estudio. El escolitino *C. flagellifer*, presentó durante los meses noviembre y marzo sus picos de mayor abundancia con 66 y 64 individuos colectados respectivamente. Mientras que, para el escolitino *H. seriatus* los meses de mayor abundancia poblacional fueron octubre y junio con 44 y 54 individuos respectivamente (Figura 16).

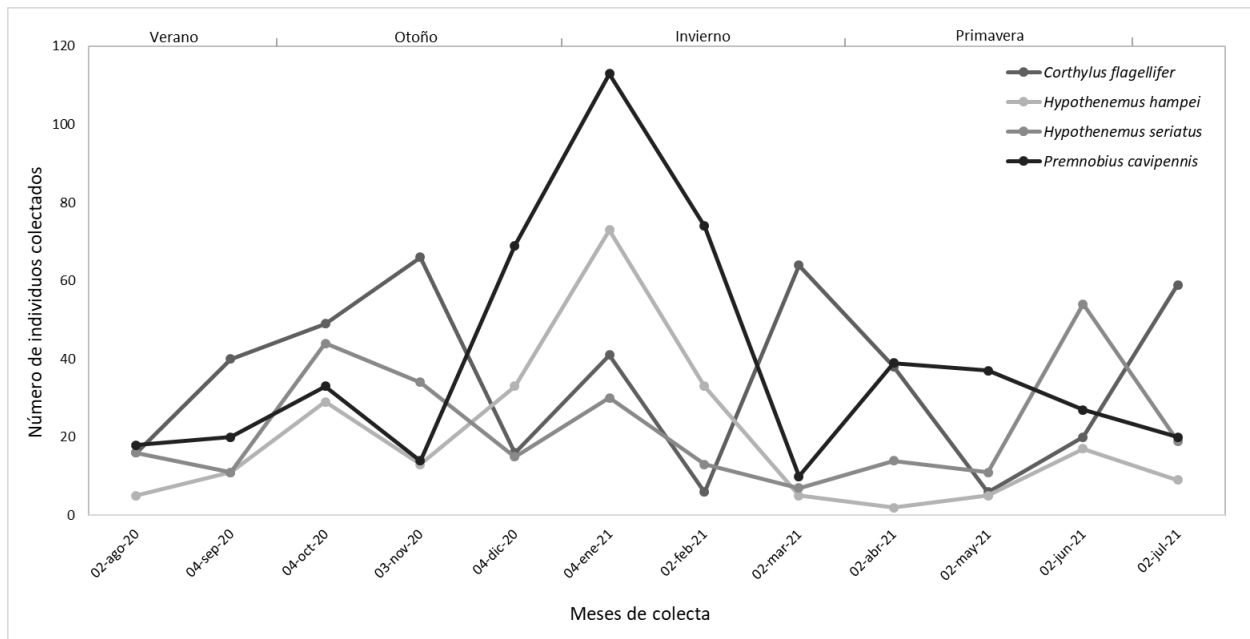


Figura 16. Fluctuación poblacional de escolitinos de mayor abundancia durante el año de monitoreo en Ángel Albino Corzo y La Concordia, Chiapas.

Por localidad, las poblacionales de escolitinos fluctuaron considerablemente durante los meses de colecta, donde se observa que los picos poblacionales de mayor abundancia se presentan en las estaciones de otoño para Huachipilín y Melitón, e invierno para Barrio 9 (Figura 17). Por otra parte, en las plantaciones de café de la localidad Barrio 9, los meses de mayor abundancia de escolitinos fueron enero y febrero con 284 y 144 individuos respectivamente (Figuras10); las especies que presentaron las mayores abundancias fueron *P. cavipennis*, *H. hampei*, *C. flagellifer* e *H. seriatus* con 238, 139, 112 y 88 individuos respectivamente. En cambio, las especies con un sólo individuo capturado fueron *C. electinus*, *C. setulosus*, *C. aguacatensis*, *C. spinulosus*, *D. capusinus*, *D. tuberculatus*, *H. nodulus*, *M. vescus*, *T. mexicanus* y *X. horridus* (Cuadro 5). En las plantaciones de café de la localidad Huachipilín, el mayor registro de escolitinos se presentó en los meses de octubre, noviembre y abril con 243, 148 y 145 individuos respectivamente (Figura

17); las especies de mayor abundancia fueron *C. flagellifer*, *C. villus*, *H. seriatus* y *P. cavipennis* con 179, 102, 90 y 88 individuos respectivamente. En cambio, las especies con un sólo individuo colectado fueron *A. rusticus*, *C. elegans*, *C. setulosus*, *C. vespatorius*, *C. ibarraii*, *Chramesus sp.*, *G. reitteri*, *M. hondurensis*, *M. festiva*, *M. exornatum*, *M. robustum*, *P. pallidum*, *P. attenuatus*, *Sampsonius sp.* y *T. mexicanus* (Cuadro 5). Por último, en las plantaciones de café de la localidad Melitón los meses con mayor abundancia de escolitinos fueron diciembre y enero con 173 y 127 individuos respectivamente (Figura 17). Las especies de mayor abundancia para esta localidad fueron *P. cavipennis*, *C. flagellifer* e *H. seriatus* con 148, 130 y 90 individuos respectivamente. Mientras que los escolitinos con un sólo individuo colectado fueron *C. debilis*, *C. cyperi*, *H. ruber*, *H. pubescens*, *M. torus*, *P. attenuatus*, *X. horridus* y *X. squamulatus* (Cuadro 5).

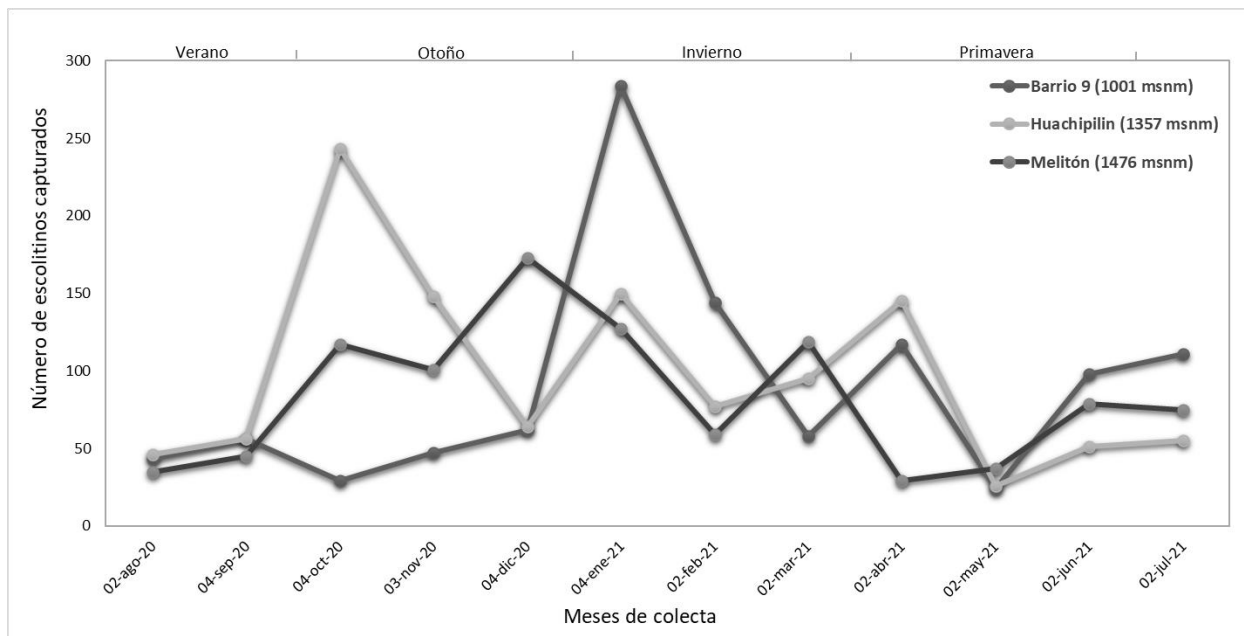


Figura 17. Fluctuación poblacional de escolitinos por localidad (Barrio 9, Huachipilin y Melitón) durante el periodo de monitoreo de agosto 2020 a julio 2021 en ángel Albino Corzo y La Concordia, Chiapas.

2.3.4. Índices de diversidad

Los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H'), Margalef (D_{MG}) y Simpson (I_s), muestran que en las plantaciones de café de las localidades Melitón y Huachipilin, los resultados son significativamente similares, es decir, ambas localidades son igual de diversas en especies de escolitinos (Cuadro 8). En cambio, la plantación de café de la localidad Barrio 9 fue la menos

diversa por presentar los resultados más bajos en cada uno de los índices de diversidad de especies (H' : 2.779; D_{MG} : 6.446; I_s : 0.9015).

El índice de Pielou (J') arrojó que, en las plantaciones de café de las tres localidades las especies de escolitinos presentan pequeñas diferencias significativas en la equidad de sus abundancias; Melitón fue la localidad con el mayor valor (J' : 0.807), en comparación con las localidades Huachipilín y Barrio 9 que presentaron resultados similares (J' : 0.7849 y J' : 0.7259 respectivamente; Cuadro 8).

Cuadro 8. Índices de diversidad de escolitinos de las localidades Barrio 9 (BA), Huachipilín (HU) y ME (Melitón) de Ángel Albino Corzo y La Concordia, Chiapas.

| Localidad | Número de individuos | Número de especies | Diversidad | | | Equidad |
|-----------|----------------------|--------------------|------------|----------|--------|---------|
| | | | H' | D_{MG} | I_s | J' |
| BA | 1073 | 46 | 2.779 | 6.446 | 0.9015 | 0.7259 |
| HU | 1156 | 60 | 3.214 | 8.366 | 0.9388 | 0.7849 |
| ME | 1000 | 57 | 3.263 | 8.107 | 0.9374 | 0.807 |

H' : índice de Shannon-Wiener; D_{MG} : índice de Margalef; J' : índice de Pielou.

El índice de similitud de Jaccard (I_j) determinó que existen pequeñas diferencias significativas en el número de especies compartidas en las plantaciones de café; las localidades Barrio 9-Melitón presentaron el mayor número de especies en común (I_j : 0.661), en comparación con las localidades Huachipilín-Melitón (I_j : 0.647) y Barrio 9-Huachipilín (I_j : 0.606). Por lo consiguiente, el dendrograma de similitud, clasificó a las localidades en dos grupos diferentes, el primero conformado por Huachipilín y el segundo por Melitón y Barrio 9 (Figura 18).

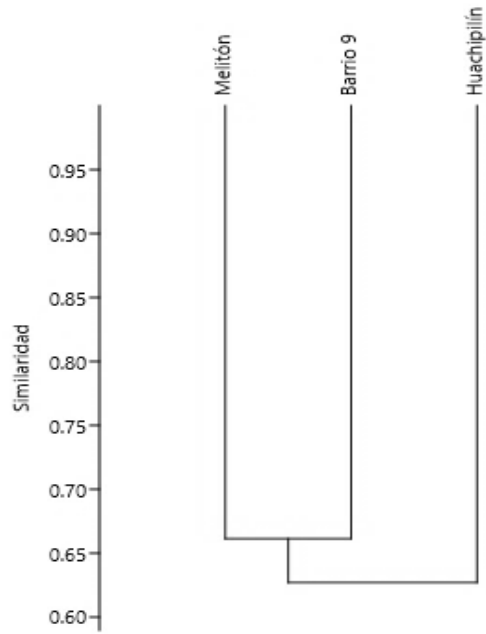


Figura 18. Dendrograma de similitud de Jaccard de escolitinos en plantaciones de café en las localidades Barrio 9, Huachipilín y Melitón en Ángel Albino Corzo y La Concordia, Chiapas.

2.4. DISCUSIÓN

2.4.1. Riqueza y abundancia de escolitinos

En las plantaciones de café del estado de Chiapas, se encontró una riqueza alta de especies, de los cuales, con base a la búsqueda de información en las investigaciones realizadas por Equihua y Burgos (2002), Equihua-Martínez *et al.* (2011), Pérez-Silva *et al.* (2015) y Atkinson (2021), de todas las especies encontradas durante el estudio, tres se consideran nuevos registros para México y 24 para Chiapas, los cuales representan un incremento significativo del 14.11% en la riqueza de especies registrada en el estado; Macip-Ríos y Casas-Andreu (2008), describen que la alta diversidad de especies en plantaciones de café, se debe al poco impacto que provoca este cultivo agrícola en los diferentes tipos de vegetación en los que se establece (selvas altas, medianas, bosques mesófilos y bosques templados de mediana altitud), permitiendo contribuir a conservar la diversidad y servir como refugio para las especies de animales o plantas que habitan en él. Por otra parte, al comparar la riqueza y abundancia de escolitinos de las plantaciones de café con otros estudios de diversidad, concuerda con los resultados obtenidos por Burgos-Sólorio y Equihua (2007) para el estado de Jalisco y con los trabajos realizados por Gerónimo-Torres *et al.* (2019) y Pérez-De la Cruz *et al.* (2015) en una selva y agroecosistema de cacao en Tabasco, en los que registraron aproximadamente la misma cantidad de especies de escolitinos.

La riqueza de especies representada por los géneros *Xyleborus* e *Hypothenemus* en las plantaciones de café, coincide con los resultados obtenidos en selvas, manglares y agroecosistemas de cacao en Tabasco (Gerónimo-Torres *et al.* 2015; Gerónimo-Torres *et al.*, 2019; Pérez-De La Cruz *et al.* 2015 a, 2016b), y con los resultados de estudios en bosques y selvas tropicales de México (Atkinson y Equihua, 1986; Estrada y Atkinson, 1988) en donde estos géneros se han registrado como los más diversos en especies. Por otra parte, la elevada riqueza de especies del género *Corthylus* coincide con lo obtenido por Atkinson e Ibarra (2021), al reportar 16 especies de este género en bosque mesófilo de montaña de Xalapa, Veracruz. En general, autores como Estrada *et al.* (2012), Pérez-De La Cruz *et al.* (2009) y Wood (1982), mencionan que la elevada riqueza de especies de los géneros *Corthylus*, *Hypothenemus* y *Xyleborus* se debe principalmente a la amplia distribución y diversidad de sus especies en regiones tropicales y subtropicales del mundo; además de la alta tasa reproductiva y disponibilidad de plantas hospedantes que sustentan las especies que integran estos géneros.

Con relación a las especies a las especies de mayor abundancia poblacional, los resultados obtenidos para el escolitino *P. cavipennis* coincide con lo reportado por Falcón-Brindis *et al.* (2018) y Pérez-De La Cruz *et al.* (2009), quienes registraron altas abundancias poblacionales de esta especie en vegetación natural (selvas y pastizales inundables) y en plantaciones de cacao; pero difieren con los resultados obtenidos por Gerónimo-Torres *et al.* (2015) y Pérez-De la Cruz *et al.* (2015), quienes reportan bajas abundancias poblacionales de esta especie en selvas y manglares de tabasco; Wood y Bright (1992), mencionan que la ocurrencia de captura de *P. cavipennis* en los estudios de diversidad se debe principalmente a su amplia distribución en el continente americano y la infinidad de huéspedes de los que se alimenta. Por otra parte, los escolitinos *C. flagellifer* e *H. seriatus*, a pesar de ser especies comúnmente capturadas en los sistemas de monitoreo en vegetación natural (selva tropical y pastizal inundable) y cultivos agrícolas, como el cacao y aguacate (Pérez-De la Cruz *et al.*, 2016; Falcón-Brindis *et al.*, 2018; Ángel-Restrepo *et al.*, 2019; Gerónimo-Torres *et al.*, 2019; Córdoba *et al.*, 2021), sus abundancias poblacionales son menores en comparación con lo reportado en este estudio.

En el caso de la broca del café *H. hampei*, es una de las pocas especies de escolitinos que más se han estudiado de forma individual, principalmente por la importancia económica que presenta al ser considerada una de las plagas de mayor interés para el cultivo de café en el mundo (Dufour y Frérot, 2008). En Chiapas, Barrera *et al.* (2004) y Dufour (2002), describen que las poblaciones de *H. hampei* son abundantes entre la época de inter cosecha en los meses de diciembre y abril, periodo que se caracteriza por ser la época del año más calurosa y seca; estos resultados concuerdan con los obtenidos en esta investigación, debido a que, *H. hampei* fue abundante durante la temporada seca (en las estaciones de otoño e invierno) específicamente a finales e inicios del año, hasta el mes de marzo en donde sus poblaciones disminuyeron drásticamente. Wood (1982), describe a *H. hampei* como una especie altamente especializada a los frutos del café, por el cual, al reproducirse únicamente en ellos sus poblaciones son elevadas, principalmente por el gran número de individuos que emergen por generaciones.

Con relación a las especies dominantes, en las plantaciones de café se presentan en su mayoría las mismas especies dominantes en común, el cual puede estar determinado porque en las tres localidades se comparten las mismas condiciones de clima y tipo de vegetación que es bosque mesófilo de montaña (Solórzano *et al.*, 2010); Rudinsky (1962) y Wood (1982), mencionaron que

la diversidad vegetal, disponibilidad de alimento y factores ambientales como humedad y temperatura son elementos que influyen en la distribución y abundancia de escolitinos en un sitio específico.

2.4.2. Curva de acumulación de especies

En plantaciones de café, las curvas de acumulación de especies permitieron determinar el esfuerzo de muestreo empleado en esta investigación, el cual es un factor importante en el análisis de muestras en estudios de diversidad de especies (Gerónimo-Torres *et al.*, 2015). Las curvas de acumulación de especies de cada localidad no llegaron a la asíntota, es decir, no se estabilizaron, lo que indica que diversas especies no fueron capturadas con el método de colecta utilizado durante el periodo de monitoreo y se requieren realizar más muestreos en cada una de estas localidades. Pérez-De la Cruz y colaboradores (2016), recomiendan utilizar otros métodos de recolecta, como trampas de luz, plantas trampas y recolecta directa, que permitan registrar el mayor número de especies posibles, los cuales han demostrado ser métodos eficientes para obtener la mayor diversidad de insectos en una región determinada. Por otra parte, a pesar de que las plantaciones de café de cada localidad estaban rodeadas por el mismo tipo de vegetación (bosque mesófilo de montaña), la localidad Melitón fue la que más se acercó a la asíntota en comparación con las localidades Barrio 9 y Huachipilin; por lo consiguiente, se insinúa que la altitud juega un papel importante en la determinación del acercamiento de la riqueza de especies en cada una de estas localidades.

2.4.3. Fluctuación poblacional de escolitinos

Con relación a la fluctuación poblacional, se determinó que la población de escolitinos fluctuó considerablemente durante el año de estudio, mostrando su máximo número de individuos durante los meses de octubre y enero en las estaciones de otoño e invierno respectivamente. En cambio, por cada localidad los meses de mayor abundancia poblacional fueron octubre, diciembre y enero para Huachipilin, Melitón y Barrio 9 respectivamente; estos resultados concuerdan con los obtenidos por Pérez-De La Cruz *et al.* (2016), quienes reportaron resultados similares para dos áreas de conservación en Tabasco, determinando que las mayores abundancias de escolitinos se presentan a inicios y finales del año, periodo en el que se registran las mejores condiciones (climáticas o de disponibilidad de alimento) en el que estos insectos alcanzan su máximas

poblaciones. Además, concuerdan con los resultados obtenidos por Aguilar-Castillo y colaboradores (2020), quienes reportan que, en el estado de Chiapas, las especies *D. frontalis* y *D. adjunctus* presentan sus mayores abundancias poblacionales durante la estación seca en los meses de diciembre a abril. De acuerdo con múltiples hipótesis planteadas, las mayores abundancias poblacionales de escolitinos están presentes después de la época de lluvia, ya que se considera un factor limitante en el vuelo de estos insectos, el cual es muy importante para la propagación e infestación de nuevos hospederos en los diversos ecosistemas en los que habitan (Quezada-García et al., 2014); esto se explica con lo reportado por Rudinsky (1962), quien menciona que el aumento de la temperatura está acompañada por un periodo de seca que afecta el vigor de los árboles, volviéndolos susceptibles al ataque de escolitinos y propiciando un incremento en la abundancia poblacional de estos insectos. Por otra parte, la fluctuación poblacional encontrada en esta investigación no coincide con lo reportado por Wood (1982) y Pérez-De la Cruz *et al.* (2009), quienes señalan que en zonas tropicales y subtropicales del mundo, las poblaciones de escolitinos son menores en periodos de altas temperaturas o durante la estación seca en los meses de diciembre a mayo; en cambio, las poblaciones de escolitinos tienden a incrementar cuando se presenta un ligero descenso de la temperatura y aumento de la precipitación.

2.4.4. Índices de diversidad

Los índices de diversidad y similitud de escolitinos en plantaciones de café permitieron determinar las diferencias que existe en la riqueza y abundancia de especies en las tres localidades de estudio, registrando que la mayor riqueza de especies (utilizando cada uno de los índices de diversidad) se encuentran en las localidades Melitón y Huachipilin,; mientras que Barrio 9 es el sitio menos diverso de los tres; esta diferencia se dio posiblemente por la altitud de los sitios, la vegetación que se encuentra alrededor de las mismas y la cercanía con otras parcelas de café; Wood (1982) y Pérez-De La Cruz *et al.* (2009), mencionaron que las diferencias en la riqueza de especies están dadas por otros elementos que componen cada ambiente, es decir, además de la altitud y el tipo de vegetación, factores abióticos como temperatura y humedad, y bióticos como disponibilidad de alimento, interacciones entre organismos, depredación y competencia son quienes determinan la riqueza y abundancia de estos insectos. Por otra parte, el índice de similitud determino que existe mayor número de especies en común en las localidades Barrio 9-Melitón (I_j : 0.661); por lo consiguiente, a pesar de que las localidades comparten el mismo tipo de vegetación (bosque

mesófilo de montaña), la perturbación por actividad humana puede ser un factor determinante por el cual estas localidades presentan mayor número de especies en común; autores como Falcón-Brindis y colaboradores (2018), sugieren que la pérdida de vegetación contribuye a la pérdida de diversidad de estos insectos, así como, se favorece el establecimiento e incremento de las poblaciones de insectos generalistas.

2.5. CONCLUSIONES

Este es el primer estudio de diversidad de escolitinos en plantaciones de café del estado de Chiapas, en el que se reportan 74 especies pertenecientes a 30 géneros, de los cuales, 24 especies representan nuevos registros para Chiapas y tres para México (*Amphycranus macellus*, *Corthylus rubricollis* y *Cryptocarenum laevigatus*).

Las especies de mayor abundancia fueron *P. cavipennis*, *C. flagellifer*, *H. seriatus* e *H. hampei*, los cuales en conjunto representan el 44.29% del total de individuos colectados durante el año de estudio.

De las tres localidades, Huachipilin fue la de mayor riqueza y abundancia de especies; mientras que Barrio 9 fue la de menor riqueza de especies y Melitón la de menor abundancia de individuos.

Mediante el esfuerzo de muestreo empleado, no se llegó a la asíntota en la curva de acumulación de especies de cada localidad y en general para las tres localidades; por lo que faltaría aumentar el tiempo de muestreo para capturar todas las especies de escolitinos.

Las mayores abundancias de escolitinos se presentaron en los meses de octubre y enero en las estaciones de otoño e invierno respectivamente. En cambio, las especies de mayor registro de individuos (*P. cavipennis*, *H. hampei*, *C. flagellifer* e *H. seriatus*) presentaron diferentes momentos de mayor abundancia poblacional en el transcurso del año de estudio.

CAPITULO III. IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE SCOLYTIDOS (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) DE LA REGIÓN FRAILESCA, CHIAPAS

3.1. INTRODUCCIÓN

El estudio taxonómico de los insectos de la subfamilia Scolytinae juega un papel fundamental en la entomología, ya que se considera un marco de referencia en el adecuado reconocimiento e identificación de insectos de importancia agrícola y forestal (Víctor y Zúñiga, 2011); además, la identificación taxonómica proporciona información relevante para cuantificar y evaluar el componente genético de la diversidad de un determinado taxón, el cual permite conocer el rango de variación morfológica, la frecuencia relativa del mismo en determinados tipos de hábitat y la distribución geográfica (Soberón *et al.*, 1996; Iriondo, 2000).

Los escarabajos descortezadores y ambrosiales de la subfamilia Scolytidae, son un grupo de insectos incluidos en el orden Coleoptera y familia Curculionidae, que se caracterizan por ser de tamaño pequeño (entre 1 y 10 milímetros), de aspecto cilíndrico, sin rostro desarrollado (en comparación con otros curculionidos) y con los artejos de los últimos segmentos de las antenas fusionados, que da lugar a una estructura en forma de mazo (Wood, 1982; López-Buenfil *et al.*, 2001).

El estudio taxonómico de los escolitinos se basa principalmente en la morfología externa e interna de los adultos (aparatos digestivos y órganos sexuales), con el que se clasifican a los individuos en los niveles taxonómicos de tribus, géneros y especies (Hopkins, 1915; López-Buenfil *et al.*, 2001). Por otra parte, aunque el taxónomo posea un buen criterio de clasificación, es importante que la taxonomía interna sea estudiada para proponer métodos simples y objetivos de determinación y no involucrar demasiados detalles complejos o subjetivos; en muchos otros insectos la genitalia masculina ha sido la principal herramienta para la identificación de especies; sin embargo, excluye a las hembras para la identificación por la complejidad de estas (Hopkins, 1915; López-Buenfil *et al.*, 2001).

A pesar de que el estudio morfológico es un elemento importante para la identificación taxonómica de especies, en la actualidad se complementa con el estudio molecular, el cual en muchos casos termina siendo una técnica práctica y rápida de utilizar (Hajibabaei *et al.*, 2007), debido a que proporciona herramientas potenciales para realizar estudios de ADN, los cuales mediante métodos

directos de medición y cuantificación de la variación genética intra e interespecífica permiten analizar con mayor detalle a los organismos y separarlos en grupos taxonómicos específicos. Para la extracción de ADN, se han utilizado diversos métodos, pero uno de los más populares y económicos para extraer el material genético de muestras biológicas es la técnica del bromuro de cetiltrimetilamonio (CTAB), el cual mediante la técnica de reacción en cadena de polimerasa (PCR) permite la amplificación de fragmentos específicos de ADN (Sahu *et al.* 2012; Pardo-Pérez *et al.*, 2021). En estudios taxonómicos el ADN mitocondrial es el más utilizado por la mayor capacidad de cambio con relación al DNA nuclear, en el caso de insectos, el gen citocromo oxidasa I (COI), y en específico la región de código de barras es ampliamente utilizado para reconstrucción filogenética en la taxonomía moderna principalmente por su alta tasa de variación (Herbert *et al.*, 2003).

En insectos de la subfamilia Scolytinae, las técnicas moleculares se han utilizados para determinar de forma rápida y sencilla la identidad de especies de importancia agrícola y cuarentenaria (Cognato *et al.*, 2011). Por ejemplo, Chang *et al.* (2013) y Sosa-Castillo *et al.* (2017), realizaron la identificación de diversas especies del género *Xyleborus* al desarrollar códigos de barras mediante PCR dirigida a regiones del gen mitocondrial COI; mientras que Dole y colaboradores (2010), definieron la filogenia de diversas especies del género *Xylosandrus*, algunas de ellas de importancia económica como *X. mutilatus*. Por lo consiguiente, con base a la importancia que presenta la identificación de especies mediante técnicas moleculares, el objetivo de esta investigación es identificar molecularmente las especies de escolitinos de mayor abundancia poblacional en vegetación natural y plantaciones de café en la región frailesca del estado de Chiapas.

3.2. MATERIALES Y MÉTODO

3.2.1. Colectas de insectos e identificación taxonómica

La colecta de muestras se realizó en el municipio de Villaflores, Chiapas en las localidades de Jesús María Garza (16° 41' 91" N y 93° 26' 24" O), Guaymas (16° 46' 92" N y 93° 24' 43" O) y Roblada Grande (16° 39' 01" N y 93° 24' 67" O), durante el mes de marzo de 2021 periodo en que las trampas se revisaron cada dos días. La captura consistió en depositar de 10 a 15 insectos en tubos de tipo Eppendorf de 1.5 ml con RNAlater™ Soln; las muestras colectadas se mantuvieron ocho horas a temperatura ambiente, posteriormente ocho horas a 10 °C y finalmente a -20 °C hasta su procesamiento para la identificación taxonómica y análisis molecular.

La identificación taxonómica de los ejemplares (Cuadro 9) se realizó mediante caracteres morfológicos con el uso de un microscopio estereoscopio y claves taxonómicas de Wood (1982), Atkinson (2010) y Pérez-Silva *et al.* (2015); además de comparaciones con ejemplares de la colección de insectos del Colegio de Postgraduados y finalmente corroborados por el Dr. Armando Equihua Martínez del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

3.2.2. Información preliminar de las especies de escolitinos

Se realizó la búsqueda de información preliminar de cada una de escolitinos de interés en la base de datos de Taxonomy del NCBI, del cual se extrajo información de investigaciones realizadas con secuencias de nucleótidos, proteínas y estudios de poblaciones (Popset), así como también de los genes utilizados en estas investigaciones.

3.2.3. Amplificación de la región Citocromo Oxidasa I (COI)

3.2.3.1. Extracción y amplificación de ADN

La extracción de ADN se realizó de 12 individuos de nueve especies de escolitinos (*C. rubricollis*, *C. fuscus*, *C. papulans*, *P. cavipennis*, *T. sharpi*, *X. affinis*, *X. bispinatus*, *X. volvulus*, *X. spinulosus*), cada individuo se colocó en un tubo de 1.5 ml. Para la extracción se utilizó el método CTAB, siguiendo las recomendaciones del protocolo descrito por Rajendrakumar *et al.* (2007). La amplificación del gen Citocromo Oxidasa I se efectuó por medio de la reacción en cadena de la

polimerasa (PCR) con los iniciadores LCO 1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3') y HCO 2198 (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3') (Hebert *et al.*, 2003).

Para la PCR se usó GoTaq® Colorless Máster Mix 2x, que es una solución premezclada; la reacción se realizó en un volumen de 25 µl, para ello se usaron 12.5 µl de buffer de reacción por muestra, 1 µl de cada uno de los iniciadores o primers (LCO 1490 y HCO 2198), 5.5 µl de agua libre de nucleasas y 5 µl de DNA. Las condiciones de amplificación fueron de 98 °C por 2 minutos, seguido por 29 ciclos a 95 °C por 30 segundos, la temperatura de alineamiento fue 50 °C por 45 segundos, 72 °C por 1 minuto y finalmente 72 °C por 5 minutos de extensión para terminar en 4 °C. Para las reacciones se usó un termociclador Thermo Scientific®. Para corroborar la amplificación se realizó electroforesis con gel de agarosa al 1%; con buffer de TBE al 1% que corrió a 75 voltios por 20 minutos. El gel se tiñó con bromuro de metilo; además se incluyó un marcador molecular de 100 pb (pares de bases) para determinar el tamaño del fragmento amplificado y la presencia de ADN se registró con un foto-documentador Gene Wizard. Las amplificaciones positivas se enviaron a secuenciar en ambos sentidos a la compañía MacroGen Korea (Genome Research en Corea del sur).

3.2.3.2. Alineamiento pareado de secuencias

Las secuencias de cada especie se analizaron para ver su calidad, consecutivamente las secuencias se editaron y se ensamblaron de forma independiente con el programa Sequencher® (software de análisis de secuencias). Para el análisis filogenético se realizó la búsqueda de secuencias con mayor porcentaje de identidad del NCBI-GenBank-nucleotide base, de los cuales, se incluyeron tres secuencias relacionadas con cada una de las secuencias. Posteriormente, se alinearon las secuencias con Clustal W en el programa Mega X; con base a ello, se obtuvo la estadística básica, es decir, número de sitios variables, sitios conservados y sitios informativos en parsimonia.

3.2.4. Análisis de datos

3.2.4.1. Inferencia filogenética

La inferencia filogenética se realizó en base al teorema de Bayes; para ello se utilizó el programa Beast. Para el análisis Bayesiano se utilizó el modelo 4 x 4 nucleótidos y se aplicó el modelo de sustitución general tiempo reversible con sitios invariables (GTR+I), tasa de cambio con distribución gama y diez millones de generaciones en cadenas de Markov Monte Carlo (MCMC).

Cuadro 9. Especies en los sitios de colecta en el municipio de Villaflores, Chiapas utilizadas para la extracción de ADN.

| Individuo | Clave de identificación | Localidad | Coordenadas |
|-----------------------|--------------------------------|------------------|-------------------------------|
| <i>C. rubricollis</i> | 0801 | Guaymas | 16° 46' 92" N y 93° 24' 43" O |
| <i>C. rubricollis</i> | 0813 | Guaymas | 16° 46' 92" N y 93° 24' 43" O |
| <i>C. fuscus</i> | 5020 | Guaymas | 16° 46' 92" N y 93° 24' 43" O |
| <i>C. papulans</i> | 5192 | Jesús Ma. garza | 16° 41' 91" N y 93° 26' 24" O |
| <i>P. cavipennis</i> | 7301 | Roblada | 16° 39' 01" N y 93° 24' 67" O |
| <i>P. cavipennis</i> | 3221 | Roblada | 16° 39' 01" N y 93° 24' 67" O |
| <i>T. sharpi</i> | 0802 | Jesús Ma. garza | 16° 41' 91" N y 93° 26' 24" O |
| <i>X. affinis</i> | 9157 | Guaymas | 16° 46' 92" N y 93° 24' 43" O |
| <i>X. bispinatus</i> | 0811 | Guaymas | 16° 46' 92" N y 93° 24' 43" O |
| <i>X. volvulus</i> | 0817 | Jesús Ma. garza | 16° 41' 91" N y 93° 26' 24" O |
| <i>X. spinulosus</i> | 0818 | Roblada | 16° 39' 01" N y 93° 24' 67" O |
| <i>X. spinulosus</i> | 0807 | Roblada | 16° 39' 01" N y 93° 24' 67" O |

3.3. RESULTADOS

3.3.1. Información preliminar de las especies de escolitinos

En la búsqueda preliminar de la información genómica de escolitinos, en la base de datos NCBI-Taxonomy, se encontró que, de todas las especies de estudio, *X. affinis*, *X. volvulus* y *P. cavipennis* son especies que presentan más información de secuencias de nucleótidos de genes analizados además de genomas, transcriptomas, proteínas y estudios de poblaciones (Popset). En comparación con los escolitinos *C. fuscus* y *X. spinulosus*, los cuales, no existe información en la base de datos (Cuadro 10).

3.3.2. Amplificación de la región Citocromo Oxidasa I (COI)

De la amplificación de la región del código de barras se amplificaron 12 secuencias correspondientes a nueve especies. El análisis estadístico básico arrojó que la longitud de las secuencias fue de 692 pares de bases, la comparación de esta con la base de datos de nucleótidos se obtuvieron tres secuencias con mayor porcentaje de identidad, cobertura y E-value, dando preferencia a las especies anotadas con género y especie, a partir de estas se realizó el alineamiento múltiple que señaló la presencia de 352 sitios conservados, 340 sitios variables y 296 sitios parsimonia informativos. Sin embargo, el comparativo de las secuencias en BLAST mostró que únicamente tres especies presentaron porcentajes de identidad por encima del 95%, entre ellas: *T. sharpi* presentó 99.56% de identidad con *T. sharpi* de Belize (MW617383); *X. affinis* presentó 99.02% con *X. affinis* del sureste asiático (MN620036); mientras que, *X. volvulus* presentó 98.83% de identidad con *X. volvulus* S/E (HM064149). En cambio, los escolitinos *C. rubricollis* y *P. cavipennis*, presentaron porcentajes de identidad de 86% con *C. rubricollis* de Costa Rica y 85.07% con *P. cavipennis* S/E. Por otra parte, de los escolitinos *C. papulans*, *C. fuscus*, *X. bispinatus* y *X. spinulosus* no se encontraron secuencias de la misma especie, pero los resultados del BLAST arrojaron altos porcentajes de identidad con secuencias de insectos no identificados y con otras especies de escolitinos (anexo, Cuadro 11).

Cuadro 10. Información de especies escolitinos en la base de datos de Taxonomy del NCBI.

| Especie | Código de acceso | Nucleótidos | Genes | Proteína | Popset |
|-----------------------|------------------|-------------|---|----------|--------|
| <i>C. rubricollis</i> | txid1220277 | 12 | COI, Arr2, Cda4, ADA2, CTR9, HDAC Rpd3, Prp1, EF-1a, CAD, ArgK, ARNr 12S. | 18 | 11 |
| <i>C. fuscus</i> | - | - | - | - | - |
| <i>C. papulans</i> | txid1967310 | 1 | ARNr 28S. | 0 | - |
| <i>P. cavipennis</i> | txid105209 | 41 | ARNr 28S, ARNr 16S, ARNr 12S, Arr2, CCNC, Cda4, ADA2, CTR9, HDAC Rpd3, IAP2, PABP1, TPI, PABP1, RCC1, IAP2, EEF2, Prp1, TPI, ArgK, ef-1a, CAD, Eno2i, COI | 33 | 33 |
| <i>T. sharpi</i> | txid2763324 | 3 | CAD, COI, ARNr 28S. | 2 | 1 |
| <i>X. affinis</i> | txid105120 | 140 | ARNr 28S, ARNr 12S, COI, CAD, Cda4, CTR9, HDAC Rpd3, ADA2, UBA5, Hsp70, SOD1, Arr2, IAP2, EEF2, CCNC, PRP1, TPI, Fen1, ef-1a, ArgK. | 135 | 24 |
| <i>X. bispinatus</i> | txid995685 | 15 | CAD, ef-1a, COI, ARNr 28S. | 14 | 7 |
| <i>X. volvulus</i> | txid995699 | 56 | ARNr 28S, ArgK, CAD, ef-1a, COI. | 53 | 8 |
| <i>X. spinulosus</i> | - | - | - | - | - |

Popset: colección de secuencias de ADN derivadas de estudios de poblaciones. **COI:** citocromo oxidasa I; **Arr2:** Arrestina 2; **CCNC:** ciclina C; **Cda4:** quitina desacetilasa 4; **ADA2:** AMP desaminasa 2; **CTR9:** proteína asociada a ARN polimerasa similar a CTR9; **HDAC Rpd3:** histona desacetilasa Rpd3; **IAP2:** inhibidor de apoptosis 2; **PABP1:** Proteína de unión a poliadenilato 1; **TPI:** trifosfato isomerasa; **RCC1:** condensación del cromosoma 1; **EEF2:** factor 2 de elongación de traducción eucariota; **Prp1:** factor de corte y empalme de ARNm putativo ARN dependiente de ATP helicasa; **ArgK:** arginina quinasa; **ef-1a:** factor de elongación 1 alfa; **CAD:** carbamoil-fosfato sintetasa 2; **Eno2i:** enolasa; **PABP1:** Proteína de unión a poliadenilato 1; **UBA5:** enzima 5 activadora de modificador similar a ubiquitina; **Hsp70:** proteína afín de 70 kDa de choque térmico; **SOD1:** superóxido dismutasa de Cu/Zn; **PRP1:** factor de corte y empalme de pre-ARNm putativo; **Fen1:** endonucleasa 1 de colgajo; **ARNr 12S:** ARN ribosomal subunidad grande pequeña 12S; **ARNr 28S:** ARN ribosomal subunidad grande 28S; **ARNr 16S:** ARN ribosomal 16S.

En general, para el análisis filogenético se obtuvieron 31 secuencias de la base nucleotídica de GenBank NCBI de especies cercanas a las nueve especies que se obtuvieron en esta investigación (anexo, Cuadro 11) y se agregó a *Platypus cylindrus* como grupo externo (JF889838), el cual pertenece a la familia Curculionidae y subfamilia Platypodinae.

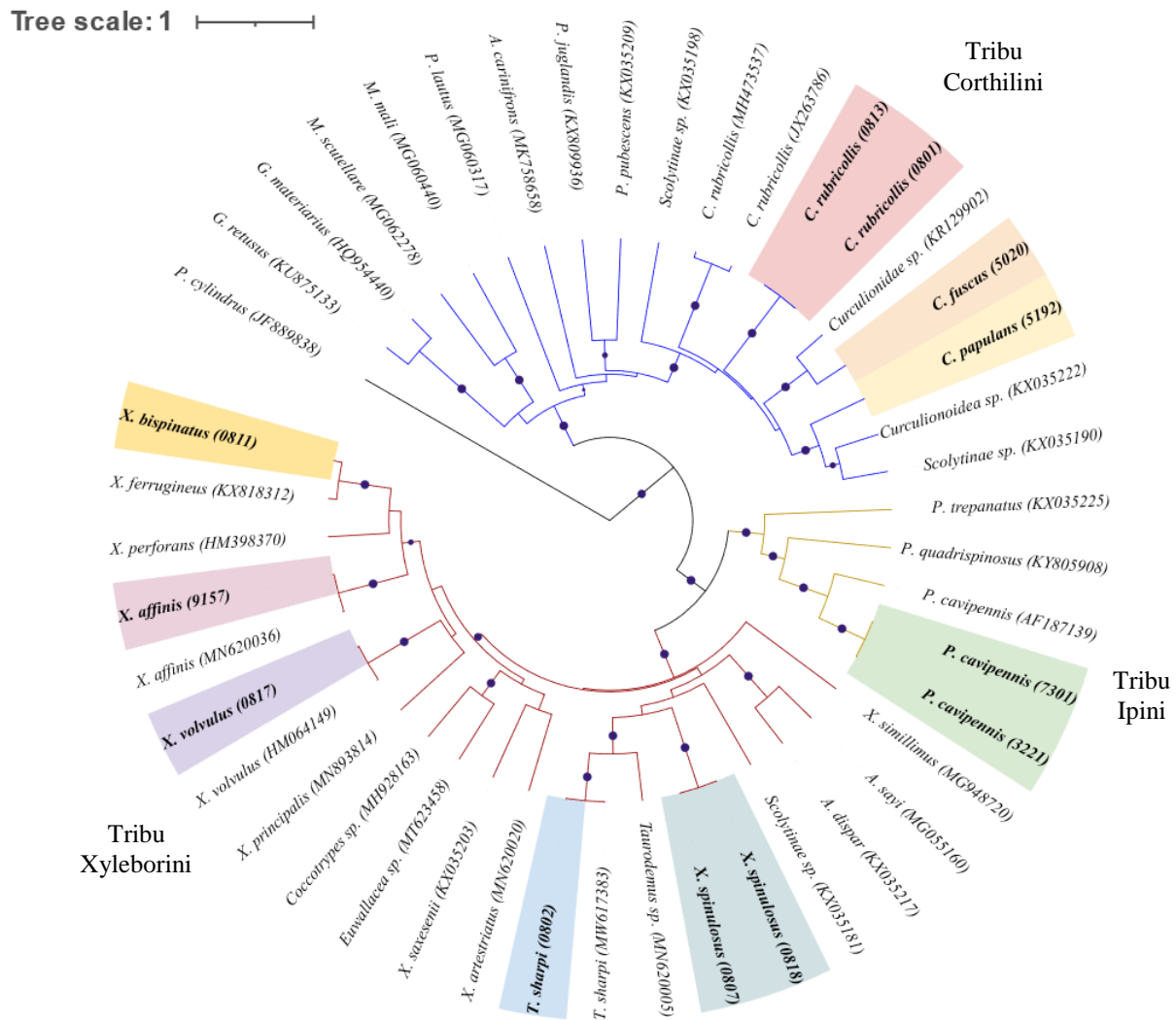


Figura 19. Árbol filogenético de especies de la Subfamilia Scolytinae presentes en la región frailesca de Chiapas, con base en la región del código de barras de COI mediante el teorema de Bayes con el modelo de sustitución de nucleótidos GTR+G+I. Los círculos en el árbol filogenético representan soporte de las ramás del 75%.

Con respecto a la reconstrucción filogenética, las secuencias de las especies *P. cavipennis* (7301, 3221), *T. sharpi* (0802), *X. affinis* (9157) y *X. volvulus* (0817) formaron clados con secuencias de la misma especie de otras regiones del mundo, esto indica que el gen COI es eficiente para la identificación de especies de escolitinos. Sin embargo, para *C. rubricollis* las secuencias de esta especie (0801, 0813), no se agruparon en el mismo clado con secuencias obtenidas de la misma especie de la base de datos. No obstante, la reconstrucción filogenética reflejó que las secuencias de interés y las extraídas de la base de datos se agruparon en diferentes tribus (Corthylini, Ipini y Xyleborini; Figura 19).

Dentro de la tribu Corthylini, se agruparon secuencias de especies que pertenecen a los géneros *Araptus*, *Corthylus*, *Gnathotrichus*, *Monarthrum* y *Pityophthorus*, de los cuales, las especies *C. rubricollis*, *C. fuscus* y *C. papulans* quedaron dentro del clado que corresponde al género *Corthylus*, además de otras secuencias de insectos sin identificar que podrían pertenecer a especies dentro de este género.

Por otra parte, dentro de la tribu Ipini, se agruparon únicamente cinco secuencias que corresponden a tres especies de dos géneros (*Premnobius* y *Pityogenes*), de los cuales, las secuencias de las especies *P. cavipennis* y *P. quadrispinosus* se agruparon formando el clado que corresponde al género *Premnobius*.

En la tribu Xyleborini se agruparon secuencias de especies que pertenecen a los géneros *Anisandrus*, *Euwallacea*, *Coccotrypes*, *Taurodemus*, *Xyleborinus* y *Xyleborus*, y de insectos sin identificar; dentro de esta tribu, la mayoría de las secuencias de interés se agruparon con secuencias de su misma especie y dentro del género al que pertenecen, con excepción de *X. spinulosus*, el cual se agrupó dentro del clado que contiene secuencias de especies del género *Taurodemus*, *Anisandrus* y una especie de escolitino sin identificar (Figura 19).

3.4. DICUSIÓN

La búsqueda de información en la base de datos del NCBI y la reconstrucción filogenética reflejo que para diversas especies de escolitinos no hay suficiente información, porque de las nueve especies de interés sólo las especies *C. rubricollis*, *P. cavipennis*, *T. sharpi*, *X. affinis* y *X. volvulus* se encontraban en la base de datos con secuencias de la misma especie de otras regiones del mundo, de los cuales, las últimas cuatro especies formaron clados con alto nivel de probabilidad de que sean correctas. Al contrario, para las especies *C. papulas* y *X. bispinatus* a pesar de presentar información de secuencias con otros marcadores moleculares diferentes a COI, ninguna de las secuencias se alineó con las obtenidas en esta investigación. En contraste, para los escolitinos *C. fuscus* y *X. spinulosus*, a pesar de ser especies que se colectan comúnmente en los sistemas de monitoreo, no se tiene registro en las bases de datos genómicos (Atkinson *et al.*, 1986; Burgos-Sólorio, 1998; Gerónimo-Torres *et al.*, 2021; Castrejón-Antonio *et al.*, 2017), por lo que este estudio es la primera aportación de estas especies con datos genómicos, que contribuyen al conocimiento de la diversidad de especies de escolitinos que requieren de un análisis morfológico más profundo para su identificación.

La reconstrucción filogenética, permitió agrupar a las especies del género *Corthylus* en un sólo clado, a pesar de ello, de todas las especies de estudio únicamente se encontró información de *C. rubricollis* con porcentajes de identidad de 85.03 y 86% con individuos de Costa Rica. Atkinson (2021) y Wood (1982), describe que la distribución de esta especie abarca países de centro América como Costa Rica, Panamá y Colombia, pero con base a la identificación morfológica con claves de identificación de escolitinos de Wood (1982), en esta investigación se determinó que la distribución de *C. rubricollis* se extiende hasta México; no obstante, se requieren realizar otros estudios morfológicos y moleculares de esta especie en el país, debido a que, la información mostrada en la reconstrucción filogenética reflejo que los especímenes colectados en esta investigación y los obtenidos de la base de datos no se encuentran dentro de un mismo clado, como ocurre con *X. affinis* y *X. volvulus*. Por otra parte, *C. papulans* se identificó por primera vez con el marcador molecular 28S por Johnson y colaboradores (2018), quienes encontraron que al realizar la reconstrucción filogenética *C. papulans* se agrupó en un mismo clado con *G. materiarius* y una especie del género *Monarthrum* (*M. fasciatum*). No obstante, estos resultados difieren con lo reportado en esta investigación, principalmente porque las especies de *Corthylus* se agruparon en

una misma rama, dejando en clados diferentes a las otras especies de la tribu Corthylini. Sin embargo, para *C. papulans* y *C. fuscus* es la primera vez que se identifican con el gen Citocromo Oxidasa I (COI), no obstante, el comparativo de las secuencias en BLAST arrojó identidad por debajo del 90% con especies de otros géneros (*Araptus*, *Pityophthorus*, *Monarthrum*, entre otros).

En cambio, los escolitinos de la especie *P. cavipennis* presentaron 64 y 85.07% de cobertura e identidad respectivamente con *P. cavipennis* de otra región del mundo; no obstante, a pesar de los bajos porcentajes de cobertura e identidad el soporte de la rama indica que se podría tratar de la misma especie. De acuerdo con Normark y colaboradores (1999), el género *Premnobius* es un grupo controversial, ya que por su comportamiento ambrosial las especies de este género se incluían dentro de la tribu Xyleborini. Sin embargo, con lo obtenido en la reconstrucción filogenética, se observó que los géneros *Premnobius* y *Pityogenes* se agruparon en un clado completamente diferente de los otros géneros dentro de la Tribu Xyleborini. Por lo consiguiente Wood (2007), Cognato (2013) y Atkinson (2021), mencionan que, de acuerdo con la identificación de especies mediante caracteres morfológicos y técnicas moleculares, las especies del género *Premnobius* se clasifican dentro la tribu Ipini y subtribu Premnobiini.

Para el género *Xyleborus*, la reconstrucción filogenética reflejó que todas las especies de este género se agruparon en un mismo clado; con excepción de *X. spinulosus*, que se agrupó con escolitinos de los géneros *Taurodemus* y *Anisandrus*. Además, se determinó que *X. affinis* y *X. volvulus*, mostraron altos porcentajes de identidad con ejemplares de la misma especie de otras regiones del mundo (99.02 y 98.83% respectivamente); por lo consiguiente, con base a la reconstrucción filogenética y el alto soporte de cada una de las ramás se podría indicar que se tratan de las mismas especies. De acuerdo con Gohli y colaboradores (2016), las poblaciones de *X. affinis* y *X. volvulus* en diversas partes del mundo se mantienen homogéneas, principalmente por los eventos constantes de dispersión (ya sea por factores naturales o antropogénicos) y no por vicarianza; el cual, se cree que posiblemente sea el principal impulsor de que las poblaciones de estas especies se mantienen con menor variabilidad genética en diversas partes del mundo, a pesar de que existan mezclas de diferentes poblaciones de otras regiones geográficas. Por otra parte, *X. bispinatus* presentó 94.38% de identidad con *X. ferrugineus* de Estados Unidos; sin embargo, al realizar la reconstrucción filogenética estas especies se agruparon en un mismo clado, lo que indica que genéticamente se encuentran emparentadas; no obstante, Gohli y colaboradores (2016),

describen que anteriormente estos insectos se consideraban como la misma especie, pero con base a estudios de caracteres morfológicos y genéticos se determinó de que se trata de especies diferentes (Atkinson *et al.*, 2013). Sin embargo, lo mismo se creía para *X. volvulus* y *X. perforans*, debido a que, al ser morfológicamente idénticos se creía que eran de la misma especie, pero con base a estudios moleculares se pudo determinar que se trata de especies diferentes (Gohli *et al.*, 2016), tal como se observa en la reconstrucción del árbol filogenético de esta investigación, en donde estas especies se encuentran en clados completamente distintos.

Por otra parte, de la especie *X. spinulosus* no se encontró información en la base de datos del NCBI, por el cual, es la primera vez que se identifica con un marcador molecular. No obstante, la búsqueda de información de *X. spinulosus* en BLAST arrojó porcentajes de identidad por debajo del 90% y cobertura por encima del 98% con especies de los géneros *Anisandrus*, *Euwallacea* y *Coccotrypes*; sin embargo, en la reconstrucción filogenética *X. spinulosus* se agrupó en un clado con especies de los géneros *Taurodemus*, *Anisandrus* y un escolitino sin identificar, indicando que se encuentra genéticamente más cercanas con especies de estos géneros en comparación con las especies del género *Xyleborus*.

Por último, el escolitino *T. sharpi* presentó 99.56% de identidad con *T. sharpi* de Belize; mientras que en la reconstrucción filogenética estas secuencias se agruparon en un mismo clado con alto soporte de la rama, indicando que probablemente se trata de la misma especie; además, se observó que el género *Taurodemus* se agrupó con *X. spinulosus* y otras especies del género *Anisandrus* (*A. dispar* y *A. sayi*), indicando que estas especies están más emparentadas genéticamente, en comparación con el resto de las especies dentro de la tribu Xyleborini; no obstante, se debe tener en cuenta que se necesitan agregar más secuencias de individuos para tener un buen soporte de las ramas y sustentar esta afirmación. De acuerdo con Wood (1982), diversas especies dentro de los géneros *Taurodemus*, *Anisandrus* y *Euwallacea* se consideraban parte del género *Xyleborus*, pero de acuerdo con la diferenciación de caracteres morfológicos se demostró que era incorrecto. Por otra parte, el estudio molecular realizado por Meland (2020), sugiere que a pesar de las diferencias morfológicas de *T. sharpi* con especies del género *Xyleborinus*, genéticamente son similares en comparación con otras especies dentro de la tribu Xyleborini, por lo consiguiente, se considera a *T. sharpi* como un grupo parafilético. Sin embargo, los resultados obtenidos para esta especie no concuerdan con lo reportado con Meland (2020), debido a que ninguna de las secuencias de las

especies del género *Xyleborinus*, se agruparon en un sólo clado con las secuencias de las especies de *Taurodemus*.

3.5. CONCLUSIONES

El gen citocromo oxidasa I (COI) demostró ser eficiente en la identificación y separación de Scolytinos en tribus, géneros y especies.

Con la identificación molecular se determinaron los géneros *Corthylus*, *Taurodemus*, *Premnobius* y *Xyleborus*, y las tribus Corthilini, Ipini y Xyleborini.

De las nueve especies de estudio, sólo *P. cavipennis*, *T. sharpi*, *X. affinis* y *X. volvulus* formaron clados con individuos de la misma especie de la base de datos del GenBank.

El escolitino *C. rubricollis* no se agrupó con secuencias de *C. rubricollis* del banco de genes, pero se agrupó en el mismo clado con *C. fuscus* y *C. papulans* confirmando que pertenecen al género *Corthylus*.

Las especies *C. papulans*, *C. fuscus* y *X. spinulosus* se identificaron por primera vez con el gen citocromo oxidasa I (COI), por lo consiguiente, es la primera aportación de identificación molecular de estas especies en el banco de genes del NCBI.

CONCLUSIONES GENERALES

De los tres municipios, las plantaciones de café de Ángel Albino Corzo y La Concordia presentan mayor diversidad de especies de escolitinos, en comparación con selvas y plantaciones de café del municipio de Villaflores; en los que se capturaron 74 y 64 especies respectivamente.

La identificación morfológica y molecular permitió conocer la diversidad de especies de escarabajos de la subfamilia Scolytinae en los municipios de Villaflores, Ángel Albino Corzo y La Concordia de la región Frailesca del estado de Chiapas.

El gen citocromo oxidasa I (COI), es eficiente para la identificación de especies de la subfamilia Scolytinae.

La reconstrucción filogenética con base a inferencia Bayesiana permite agrupar los individuos de la subfamilia Scolytinae con base en Tribus, géneros y especies. Sin embargo, muchas secuencias que presentaron niveles de similitud mayores al 80% presentes en la base de datos no están anotadas con la especie, lo que señala la necesidad de un mayor trabajo en la identificación morfológica que apoye a un mejor conocimiento de la diversidad de estos grupos.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, R., J. Nahed, M. Parra, L. García y B. Ferguson. 2012. Medios de vida y aproximación de istemás ganaderos al estándar de producción orgánica en Villaflores, Chiapas, México. *Revista de investigación y difusión científica agropecuaria* 16 (3): 21-51.
- Aguilar-Astudillo E., C. J. Morales-Morales, M. A. Rosales-Esquinca, J. C. Gómez C., J. M. Ceña-Velázquez, y R. A. Alonso-Bran. 2019. Insectos asociados a cultivos de café en Simojovel de Allende, Chiapas, México. *Entomología Mexicana* 6: 379-384.
- Aguilar-Castillo C. E., E. Aguilar-Astudillo, y A. Niño D. 2020. *Dendroctonus* (Coleoptera: Curculionidae) y su relación con la temperatura en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. *Dugesiana* 27 (1): 17-24.
- Ángel-Restrepo, M., S. Ochoa-Ascencio, S. Fernández-Pavía, G. Vazquez-Marrufo, A. Equihua-Martínez, A. F. Barrientos-Priego, M. Correa-Suarez y J. R. Saucedo-Carabez. 2019. Identificación de escarabajos ambrosiales (Coleópteros: Curculionidae) asociados a árboles de aguacate en Michoacán, México. *Folia Entomológica Mexicana* 5 (2): 80-88.
- Arcila, P. J. 2007. Crecimiento y desarrollo de la planta de café. *In: Sistemas de producción de café en Colombia*. Arcila, P. J., F. V. Farfán, A. M. B. Moreno, L. F. G. Salazar, y E. G. Hincapié (eds). Cenicafe. Chinchiná, Colombia. 21-60 pp.
- Atkinson, T. H. 2010. New species and records of *Cactopinus* Schwarz with a key to species (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae). *ZooKeys* 56: 17-33.
- Atkinson, T. H. 2019. Escarabajos descortezadores y ambrosiales (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae, Platypodinae) de Sonora, México. *Dugesiana* 25: 41-49.
- Atkinson, T. H. 2012. Estado de conocimiento de la taxonomía de los escarabajos descortezadores y ambrosiales de México (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). pp. 13-27. *In: Memorias del XVI Simposio Nacional de Parasitología Forestal*, Cuernavaca, Morelos, México.
- 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. 2018. Anew species, new synonymy and new records of Mexican and Central American Xyleborini (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Zootaxa* 4442 (2):1-6.
- Atkinson, T. H. 2021. Bark and ambrosia beetles of the Americas. <http://www.barkbeetles.info>. Citado el 10 de octubre de 2021.
- Atkinson, T. H. and M. 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. *Annals of the Entomological Society of America* 79 (3): 414- 423.

- Atkinson, T. H. y L. A. Ibarra J. 2021. Corrections and additions to the checklist of bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae, Platypodinae) of mesic montane forest in Xalapa, Veracruz, Mexico. *The Coleopterists Bulletin* 75 (1): 227-239.
- Atkinson, T. H., D. Carillo, R. E. Duncan and J. E. Peña. 2013. Occurrence of *Xyleborus bispinatus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) Eichhoff in southern Florida. *Zootaxa* 3669 (1): 96-100.
- Atkinson, T. H., E. Saucedo, C., E. Martínez, F., A. Burgos, S. 1986. Coleópteros Scolytidae y Platypodidae asociados con las comunidades vegetales de clima templado y frío en el estado de Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* 17: 1-58.
- Averos, J. B., J. Castro-Olaya, M. Martínez-Chevez, M. Guachambala-Cando, S. Peñarrieta-Bravo, D. Chirinos-Torres y L. García-Cruzatty. 2021. Fluctuación poblacional de *P. cavipennis* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en plantaciones de balso (*Ochroma pyramidale*) en la zona enclral del litoral ecuatoriano. *Revista Colombiana de Entomología* 47 (1): 1-7.
- Barrera, F. J. y M. Parra. 2000. El café en Chiapas y la investigación en ECOSUR. *Ecofronteras* 1 (12): 3-6.
- Barrera, J. F. 2002. El Taladrador de las Ramás del café Robusta: La otra Broca del café. El Colegio de la Frontera Sur: 81.84.
- Barrera, G. J. F., J. N. Pérez, Q., E. P. Pinson, R., V. M. Díaz, V. y G. G. Rivas, P. 2014. Plagas y enfermedades del café: identificación, bioecología y manejo agroecológico. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur: Universidad Autónoma de Chiapas. 93 p.
- Barrera, J. F. 2008. Coffea pests and their management. *In: Encyclopedia of Entomology*. Capinera, J. L. (ed). Springer. 961-998 pp.
- Barrera, J. F., A. García, V. Domínguez y C. Luna. 2007. La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México. 141 p.
- Barrera, J. F., A. Villacorta, y J. Herrera. 2004. Fluctuación estacional de las capturas de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) con trampas de etanol-metanol e implicaciones sobre el número de trampas. *Entomología Mexicana* 3: 540-544.
- Barrera, J. F., J. Herrera, H. García, J. Villalobos, y J. Gómez. 2006. Monitoreo del taladrador de la rama del café robusta *Xylosandrus morigerus* con trampas de etanol-metanol en el Soconusco, Chiapas. *In: Entomología mexicana*. Estrada, E., J. Romero, A. Equihua, C. Luna, y J. L. Rosas (eds). México. Sociedad Mexicana de Entomología. 654-658 pp.
- Barrera, J. F., J. Herrera, M., M. Chiu, M., J. Gómez, R., y J. F. Valle, M. 2008. La trampa de una ventana (ECOIAPAR) captura más broca del café *Hypothenemus hampei* que la trampa de tres ventanas (ETOTRAP). *Entomología Mexicana* 7: 619-624.

- Belezaca, C., E. Hidalgo, R. López y K. Macías. 2020. Taladradores de la madera (Scolytidae) en plantaciones de *Tectona grandis* L.F. (teca) del trópico ecuatoriano. *Alternativas* 21 (3): 49-54.
- Burgos-Sólorio, A. y A. Equihua M. 2007. Platypodidae y Scolytidae (Coleoptera) de Jalisco, México. *Dugesiana* 14: 59-82.
- Burgos-Sólorio, A. 1998. Escarabajos barrenadores Platypodidae y Scolytidae (Coleoptera) atraídos a trampas NTP-80 de la cañada de los alrededores de San José de Los Laureles, Tlayacapan, Morelos, México. *Dugesiana* 5 (2): 29-34.
- Castrejón-Antonio, J. E., R. Montesinos-Matías, N. Acevedo-Reyes, P. Tmez-Guerra, M. A. Ayala-Zermeño, A. M. Berlanga-Padilla y H. C. Arrendondo-Bernal. 2017. Especies de *Xyleborus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) asociados a huertos de aguacate en Colima, México. *Acta Zoológica Mexicana* 33 (1): 146-150.
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA). 2018. El café en México: diagnóstico y perspectiva. Palacio Legislativo de San Lázaro. México. 32 p.
- Chang, H., Liu, Q., Hao, D., Liu, Y., An, Y., Qian, L. & Yang, X. 2013, DNA barcodes and molecular diagnostics for distinguishing introduced *Xyleborus* (Coleoptera: Scolytinae) species in China. *Mitochondrial ADN. Early Online*: 1-7.
- Cibrián, T. D., J. T. Méndez M, R. C. Bolaños, H. O. Yates III y J. F. Lara, 1995. *Insectos Forestales de México*. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Cognato, A. I., J. Hulcr, S. A. Dole y B. H. Jordal. 2011, Phylogeny of haplo-diploid, fungus-growing ambrosia beetles (Curculionidae: Scolytinae: Xyleborini) inferred from molecular and morphological data. *Zoologica Scripta* 40: 174- 186.
- Cognato, A. I. 2013. Molecular phylogeny and taxonomic review of Premnobiini Browne, 1962 (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Frontiers in Ecology and Evolution* 1: 1-12.
- Cognato, A. I., G. Sari, S. M. Smith, R. A. Beaver, Y. Li, J. Hulcr, B. H. Jordal, H. Kajimura, C-S. Lin, T. H. Pham, S. Singh and W. Sittichaya. 2020. The Essential Role of Taxonomic Expertise in the Creation of DNA Databases for the Identification and Delimitation of Southeast Asian Ambrosia Beetle Species (Curculionidae: Scolytinae: Xyleborini). *Frontiers in Ecology and Evolution*. 8 (27): 1-17.
- Colwell, R. K. 2016. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 9.1.0. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/EstimateSPages/EstimateSRegistration.html>
- Contreras, H. A., y M. L. Osorio R. 2015. Biodiversidad y cultura cafetalera en México. *Cuadernos de Biodiversidad*: 17-29.
- Córdoba, S. P., E. Agustín, M., T. Harris, A. y M. V. Manzo. 2021. Diversidad y dinámica poblacional de Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) en plantaciones de palto y bosque natural circundante en el NW de Argentina. *Dugesiana* 28 (2): 115-130.

- Cruz-Lara, L. E., C. Lorenzo, L. Soto, E. Naranjo, y N. Ramírez-Marcial. 2004. Diversidad de Mamíferos en Cafetales y Selva Mediana de las Cañadas de la Selva Lacandona, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* 20: 63-81.
- Del-Val, E. y C. Sáenz-Romero. 2017. Insectos descortezadores (Coleoptera: Curculionidae) y cambio climático: problema actual y perspectivas en los bosques templados. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 20: 53-60.
- Dole, S. A., B. H. Jordal and A. I. Cognato. 2010. Polyphyly of *Xylosandrus* Reitter inferred from nuclear and mitochondrial genes (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 54: 773-782.
- Domínguez-Sánchez, B., J. E. Macías-Sámano, N. Ramírez-Marcial, y J. L. León-Cortés. 2008. Respuesta kairomonal de coleópteros asociados a *Dendroctonus Frontalis* y dos especies de *Ips* (Coleoptera: Curculionidae) en bosques de Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 175-183.
- Dufour, B. P. 2002. Validación de la trampa Brocap para el control de la broca del café. *Boletín de PROMECAFE* 93: 14- 20.
- Dufour, B. P., y B. Frérot. 2008. Optimization of coffee Berry borer, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Col., Scolytidae) más trapping with an attractant mixture. *Journal of Applied Entomology* 132 (7): 591-600.
- Echeverri, P. E., O. Ruiz R., G. Díaz P., C. Landeros S., D. E. Platas R., A. Zamarripa C., y V. A. González H. 2005. El agroecosistema café orgánico en México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*: 5-16.
- Echeverri, D., L. Buitrago, F. Montes, I. Mejía, M. P. González. 2005. Café para cardiólogos. *Revista Colombiana de Cardiología* 11(8): 357-365.
- Equihua, M. A. y A. Burgos, S. 2002. Scolytidae. pp. 539-557. *In: Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Volumen III.* Llorente J.; Monrrone J. J. (Eds.). CONABIO-IBUNAM. México. 690 p.
- Equihua-Martínez, A., E. G. Estrada-Venegas y A. Burgos-Sólorio. 2011. Descortezadores y barrenadores (Insecta: Coleoptera: Scolytidae). *In: La biodiversidad de Veracruz: Estudio de Estado.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) (Eds). Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México.
- Escamilla, P. E., O. Ruiz R., G. Díaz P., C. Landeros S., D. E. Platas R., A. Zamarripa C., y V. A. González H. 2005. El agroecosistema café orgánico en México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*: 5-16.
- 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.

- Estrada, V. A. y T. H. Atkinson. 1988. Scolytidae y Platypodidae (Coleoptera) de Escárcega, Campeche, México. Biogeografía, biología, importancia económica y una lista comentada de especies. Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología 58: 199-220.
- Eulogio, M. N., J. Cola Z., D. Pratisoli, y A. Sérgio F. 2000. Fluctuación poblacional de Scolytidae (Coleoptera) en zonas reforestadas con *Eucalyptus grandis* (Myrtaceae) en Minas Gerais, Brasil. Revista de Biología Tropical 48: 101-107.
- Falcón-Brindis, A., M. Pérez de la Cruz, E. E. Mata-Zayas, A. De la Cruz-Pérez, S. Sánchez-Soto y C. M. Burelo-Ramos. 2018. Scolytinae and Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) of Tabasco, México. Acta Zoológica Mexicana 34 (2): 1-10
- García-Guevara, J. F., C. J. García-Ávila, N. Acevedo-Reyes, y S. Vergara-Pineda. 2018. Escarabajos (Curculionidae: Scolytinae) asociados a trampas en huertos de *Persea americana* Miller, 1768 en cuatro municipios de Michoacán. Entomología Mexicana 5: 408-414.
- Gerónimo-Torres, J. Del C., M. Pérez-De La Cruz, L. Arias-Rodríguez, A. De La Cruz-Pérez, y C. M. Burelo-Ramos. 2019. Diversidad y Fluctuación de las comunidades de escarabajos descortezadores y barrenadores (Coleoptera: Bostrichidae, Curculionidae: Scolytinae, Platypodinae) asociados a una selva en Tabasco, México. Revista Chilena de Entomología 45: 37-49.
- Gerónimo-Torres, J. del C., S. Oporto-Peregrino, M. A. Magaña-Alejandro, L. Ríos-Rodas, B. Sánchez-Díaz, R. Monroy-Hernández, y C. O. Pozo-Santiago. 2021. Distribución vertical de escarabajos descortezadores y barrenadores en una selva tropical. Tropical and Subtropical Agroecosystems 24 (74): 1-17.
- Gerónimo-Torres, J. C., M. Pérez- De La Cruz, A. De La Cruz-Pérez, y M. Torres-De La Cruz. 2015. Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) asociados a manglares de Tabasco, México. Revista Colombiana de Entomología 41 (2): 257-261.
- Gohli, J., T. Selvarajah, L. R. Kirkendall y B. H. Jordal. 2016. Globally distributed Xyleborus species reveal recurrent intercontinental dispersal in a landscape of ancient worldwide distributions. BMC Evolutionary Biology 16 (37): 1-12.
- Hajibabaei, M., G. A. Singer, P. D. N. Herbert y D. A. Hickey. 2007. DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics. Trends in Genetics 23: 167-172.
- Hebert, P. D. N., A. Cywinska, S. L. Ball, and J. R. deWaard. 2003. Biological Identification through DNA Barcodes. Proceedings. Biological sciences 270: 313-321.
- Hernández-Muñoz, G., y J. A. Obregón-Zúñiga. 2016. Fluctuación poblacional de descortezadores (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en bosques de pino (*Pinus* sp.) en Zimapán, Los Mármoles, Tlaxco, Hidalgo. Entomología Mexicana 3: 639-643.

- Hopkins, A. D. 1915. Preliminary classification of the superfamily Scolytoidea. United States Department of Agriculture, Bureau of Entomology, Technical Bulletin. Series No. 17, part 2. pp. 165-232.
- Huelsenbeck, J., and F. Ronquist. 2001. MrBayes version: Bayesian inference of phylogeny trees. *Bioinformatics, Applications note* 17 (8):754-755.
- Instituto del café de Costa Rica (ICAFFE). 2011. Guía técnica para el cultivo del café. ICAFFE-CICAFFE. Heredia, Costa Rica. 72 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (INEGI). 2013. Conociendo Chiapas / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. INEGI. 36 p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática (INEGI). 1995. Villaflores, estado de Chiapas: cuaderno estadístico municipal. Edición 1994. Chiapas, México. 103 p.
- Iriondo, J. M. 2000. Taxonomía y conservación: dos aproximaciones a un mismo dilema. *Portugaliae Acta Biológica* 19: 1-7.
- Iturre, M. y E. Darchuck. 1996. Registro de escolítidos relacionados al género *Eucalyptus* en Santiago del Estero. *Quebracho* (4): 11-16.
- Johnson, A. J., D. F. Mckenna, B. H. Jordal, A. I. Cognato, S. M. Smith, A. R. Lemmon, E. L. Moriarty, L. y J. Hulcr. 2018. Phylogenomics clarifies repeated evolutionary origins of inbreeding and fungus farming in bark beetles (Curculionidae, Scolytinae).
- Jordal, B. H. 2013. Scolytinae Latreille, 1806. *In: Insecta: Coleoptera. Volumen 3: Morphology and Systematics (Phytophaga)*. R. leschen, R. beutel (Eds.). Walter de Gruyter. Pp. 348-358.
- Kirkendall, L. R., P. H. Biedermann y B. H. Jordal. 2015. Evolution and Diversity of Bark and Ambrosia Beetles. pp. 85–156. *In: Vega, F. E. y R. W. Hofstetter (Eds.), Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. Academic Press, New York.
- Lázaro-Dzul, M. O., A. Equihua-Martínez, J. Romero-Nápoles, H. González-Hernández, J. E. Macías-Sámano, D. Alvarado-Rosales, y A. Castañeda-Vildózola. 2017. Captura de Scolytinae (Curculionidae) en trampas con atrayentes químicos en huertos de aguacate en San Juan Nuevo, Michoacán. *In: Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate*. Salazar-García S. y A. F. Barrientos-Priego (eds.). Ciudad Guzmán, Jalisco, México.
- Lázaro-Dzul, M. O., A. Equihua-Martínez, J. Romero-Napoles, H. González-Hernández y D. Alvarado-Rosales. 2020. Diversity of Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) at three sites in the central avocado-producing region of Michoacan, Mexico. *The Coleopterists Bulletin* 74 (2): 454-462.
- Leiva-Espinosa, S., M. Oliva-Cruz, K. Rubio-Rojas, J. Maicelo-Quintana, y M. Milla-Pino. 2019. Uso de trampas de colores y atrayentes alcohólicos para la captura de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en plantaciones de café altamente infestadas. *Revista Colombiana de Entomología* 45: 61-67.

- Leyva, M. G. 2010. Principales enfermedades del café (*Coffea arabica*). *Agroproductividad* 3: 12-23.
- Lidzuka, H., H. Goto, M. Yamasaki, y N. Osawa. 2016. Wood-boring beetles (Coleoptera: Scolytidae, Platypodidae) captured in ethanol-baited traps in a natural forest in Japan. *Appl Entomol Zool* 51: 347-352.
- López-Buenfil, J. A., J. Valdéz-Carrasco, A. Equihua-Martínez y A. Burgos-Sólorio. 2001. El proventrículo como estructura para identificar géneros mexicanos de Scolytidae (Coleoptera). *Folia Entomológica Mexicana* 40 (3): 325-372.
- Luo, A., A. Zhang, S. Ho, W. Xu, Y. Zhang y W. Shi W. 2011. Potential Efficacy of Mitochondrial Genes for Animal DNA Barcoding: A Case Study Using Eutherian Mammals. *BMC Genomics* 12 (1): 84.
- Macías, S. J. E. y A. Niño-Domínguez. 2016. Protocolo para monitoreo de descortezadores de coníferas mediante el uso de atrayentes y semioquímicos. Imprenta Caleb. Chiapas, México. 45 pp.
- Macip-Rios, R. y G. Casas-Andreu. 2008. Los cafetales en México y su importancia para la conservación de los anfibios y reptiles. *Acta Zoológica Mexicana* 24 (2): 143-159.
- Magurran, A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey. 179 pp.
- Marín, C. G. 2012. *Producción de cafés especiales, manual técnico*. Desco. Lima. 46 pp.
- Marqués, E. N., H. Pedrosa M. y M. Diodato. 1988. Levantamiento de poblaciones de Scolytidae en *Pinus* spp. y grado de infestación en madera recién cortada. *Actas VI Congreso Forestal Argentino*. Santiago del Estero. Tomo III. 721-724.
- Martínez, A. 2007. Actividad cafetalera: crisis, contexto y productores. *In: Los nuevos caminos de la agricultura: procesos de conversión y perspectivas*. González-Jacome, A., del Amo-Rodríguez, S., y F. Gurri (coords). Editorial Plaza y Valdés. Universidad Iberoamericana. México. 501 pp.
- Martínez, M., A. I. Cognato, M. Guachambala and T. Boivin. 2019. Bark and Ambrosia Beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) Diversity in Natural and Plantation Forests in Ecuador. *Environmental Entomology* 48 (3): 603-613.
- Medina-Meléndez, J. A., R. E. Ruiz-Nájera, J. C. Gómez-Castañeda, J. M. Sánchez-Yáñez, G. Gómez-Alfaro, y O. Pinto-Molina. 2016. Estudio del sistema de producción de café (*Coffea arabica* L.) en la región Frailesca, Chiapas. *Ciencia UAT* 10: 33-43.
- Meland, E. J. 2020. Integrated taxonomic revision of afroropical *Xyleborinus* reveals an extraordinary recent radiation on Madagascar. *Master Thesis in Biology. Biodiversity, Evolution and Ecology*. University of Bergen. 106 p.
- Moguel, P. y V. M. Toledo. 1996. El café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *Ciencias* 43: 40-51.

- Molinari, M. C. 2012. Región Frailesca, mujeres marginales de Chiapas: Situación, condición y participación. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Chiapas, México. 82 pp.
- Montejo-Nango, A., C. J. Morales-Morales, E. Aguilar-Astudillo, J. C. Gómez-Castañeda y J. M. Cena-Velázquez. 2017. Chrysomelidae asociados al cultivo de *Canavalia ensiformis* L. (Fabales: Fabaceae) en Villaflores, Chiapas, México. *Entomología Mexicana* 4: 338-340.
- Morales-Morales, C. J., E. Aguilar-Astudillo, R. R. Quiroga-Madrigal y M. A. Rosales-Esquinca. 2011. Insectos asociados al fruto del piñón (*Jatropha curcas* L.) en los municipios de Villaflores y Villa Corzo, Chiapas, México. *Dugesiana* 18 (1): 85-89.
- Morales-Morales, C. J., J. C. Gómez-Castañeda, J. A. Medina-Meléndez, J. A. Espinosa-Moreno, A. Gutiérrez-Martínez y E. Aguilar-Astudillo. 2016. *Entomología Mexicana* 3: 276-280.
- Moreno, B. A. M. 2007. Fundamentos sobre sistemas de producción. *In: Sistemas de producción de café en Colombia*. Arcila, P. J., F. V. Farfán, A. M. B. Moreno, L. F. G. Salazar, y E. G. Hincapié (eds). Cenicafé. Chinchiná, Colombia. 21-60 pp.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M & T-SEA. Zaragoza. 84 pp.
- Moreno, D., González, H., Botta, E. Martínez, A., Ovies. J. 2005. Evaluación de la efectividad de trampas rústicas para la captura de hembras adultas de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Fitosanidad* 9 (3):27-30
- Morrone, J. J. 2014. Biodiversidad de Curculionoidea (Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 312-324.
- Niño-Domínguez, A., B. T. Sullivan, J. H. López-Urbina, and J. E. Macías-Sámano. 2016. Responses by *Dendroctonus frontalis* and *Dendroctonus mesoamericanus* (Coleoptera: Curculionidae) to Semiochemical Lures in Chiapas, México: Possible Roles of Pheromones During Joint Host Attacks. *Journal of Economic Entomology* 109 (2): 724-731.
- Pacheco, F. C., A. E. Castro, R., M. A. Morón y B. Gómez, G. 2008. Fauna de escarabajos melolóntidos (Coleoptera: Scarabaeoidea) en el municipio de Villaflores, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* 24 (1): 139-168.
- Pardo-Pérez, E., J. L. Coronado-González y M. Begambre-Hernández. 2021. Comparación de dos métodos de extracción de ADN a partir de hojas secas de guayaba (*Psidium guajava* L.) para estudios moleculares. *U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica* 24 (1): 1-5.
- Pérez-De La Cruz, M., M. A. Hernández-May, A. De La Cruz-Pérez, y S. Sánchez-Soto. 2016. Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) de dos áreas de conservación en Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical* 64: 39-326.
- Pérez-De La Cruz, M., P. G. Zavaleta-Bastar, y A. De La Cruz-Pérez. 2015. Aproximación al conocimiento de la diversidad de Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) asociados a selvas de Tabasco, México. *Entomotropica* 30: 201-211.

- Pérez-De La Cruz, M., A. Equihua-Martínez, J. Romero-Nápoles, S. Sánchez-Soto y E. García-López. 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-Silva, M., A. Equihua-Martínez, E. G. Estrada-Venegas, A. L. Muñoz-Viveros, J. M. Valdéz-Carrasco, J. Sánchez-Escudero, y T. H. Atkinson. 2015. Sinopsis de especies mexicanas del género *Xyleborus* Eichhoff, 1864 (Coleoptera:Curculionidae: Scolytinae). *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 31: 239-250.
- Programa Regional de Desarrollo formulado en el Marco del Comité de Planeación para el Desarrollo Regional (COPLADER). 2014. Programa Regional de Desarrollo 2013-2018, Región VI Frailesca. Gobierno del Estado de Chiapas. Chiapas, México. 89 pp.
- Quezada-García, R., E. Jiménez-Sánchez, A. Equihua-Martínez y J. Padilla-Ramírez. 2014. Escolitinos y platipodinos (Coleoptera: Curculionidae) atraídos a trampas tipo NTP-80 en Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 30 (3): 625-636.
- Quintero, R. M. L. y M. Rosales. 2014. El mercado mundial del café: tendencias recientes, estructura y estrategias de competitividad. *Visión gerencial* 13 (2): 291-307.
- Raffa, K. F., J. C. Grégoire and B. S. Lindgren. 2015. Natural History and Ecology of Bark Beetle. *In: Vega, F. E. and R. W. Hofstetter* (eds.). *Bark Beetle Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. Elsevier. Ann Arbor, MI, USA. pp. 1-40.
- Rajendrakumar, P., K. Sujatha, K. S. Rao, P. Nataraj K. B. C. Viraktamath, S. M. Balachandran, A. K. Biswal and R. M. Sundaram. 2007. A protocol for isolation of DNA suitable for rapid seed and grain purity assessments in rice. *Rice Genetics Newsletter* 23: 1-3.
- Rangel, R., M. Pérez, S. Sanchez y S. Capello. 2012. Fluctuación poblacional de *Xyleborus ferrugineus* y *X. affinis* (Coleoptera: Curculionidae) en ecosistemas de Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical* 60 (4): 1577-1588.
- Rocha-Loredo, A. G., N. Ramírez-Marcial y M. González-Espinosa. 2010. Riqueza y diversidad de árboles del bosque tropical caducifolio en la Depresión Central de Chiapas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 87: 89-103.
- Rudinsky, J. A. 1962. Ecology of Scolytidae. *Annual Review of Entomology* 7: 327-348.
- Ruelas-Mojardin, L. C., M. E. Nava-Tablada, J. Cervantes y V. L. Barradas. 2014. Importancia ambiental de los agroecosistemas cafetaleros bajo sombra en la zona central montañosa del estado de Veracruz, México. *Madera y Bosques* 20 (2): 27-40.
- Rugman, J. P. F., S. J. Seybold, A. D. Graves, and R. Stouthamer. 2015. Phylogeography of the Walnut Twig Beetle, *Pityophthorus juglandis* the Vector of Thousand Cankers Disease in North American Walnut Trees. *PLoS ONE*. 10: 1-28.
- Sahu, S. K., M. Thangaraj and K. Kathiresan. 2012. DNA extraction protocol for plants with high levels of secondary metabolites and polysaccharides without using liquid nitrogen and phenol. *Molecular Biology (Russia)*. 6:1-6.

- Sánchez, S. J.A. y E. L. Torres M. 2006. Manual para la identificación de los principales problemás fitosanitarias de los bosques del estado de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Coahuila, México. 33 pp.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2017. Café Mexicano. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. México. 13 p.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2018. Informe mensual manejo fitosanitario de los ambrosiales. 3p.
- Setiawan, Y., R. Rachmati, y H. Tarno. 2018. Diversity of ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae) on teak forest in Malag District, East Java, Indonesia. Biodiversitas 19: 1791-1797.
- Solano, A. E. H., C. E. Belezaca P., R. M. López T., y J. S. Montiel P. 2019. Diversidad de escolitinos en plantaciones de *Tectona grandis* l. f. (teca) en la provincia del Guayas, Ecuador. Universidad y sociedad 11: 507-512.
- Solórzano, S., L. Ávila, S. Castillo, J. A. Meave y G. Ibarra, M. 2010. Fenología de los árboles del bosque mesófilo de la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas. In: M. A. Pérez, F., C. Tejada, C. y E. Silva, R. (eds.). Los bosques mesófilos de montaña en Chiapas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Chiapas, México. 331 p.
- Sosa-Castillo, M. E., J. Lara Reyna, L. D. Ortega A. y A. J. Hernández. 2017. Estandarización y validación de la prueba de PCR anidada para el diagnóstico de especies del género *Xyleborus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Acta Zoológica Mexicana 33 (1): 18-26.
- Sotomayor, H. I. y L. Duicela, G. 1995. Control integrado de las principales enfermedades foliares del café en el Ecuador. INIAP. Quevedo, Ecuador. 78 p.
- Torres, L. S. F., 2012. Forensic Entomology: DNA Barcoding for Coleoptera Identification. Mestrado em Biología Humana e Ambiente. Universidad de Lisboa. pp.106.
- Vargas, V., y A. Sotomayor. 2004. Modelos Agroforestales y Biodiversidad. Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA XX:123-124.
- Vázquez, M. L. L., M. Rodríguez P. y M. A. Zorrilla. 2003. Lista de escolitinos (Coleoptera) de Cuba y sus plantas hospedantes. Fitosanidad 7 (1): 17-21.
- Vergara-Pineda, S., R. Jones, J. A. Obregón-Zúñiga, S. V. Cambrón H., y T. H. Atkinson. 2015. Lista preliminar de Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) del Estado de Querétaro. Entomología Mexicana 2: 641-647.
- Víctor, J. y G. Zuñiga. 2011. Contribución de la morfología de larvas a la taxonomía de escarabajos descortezadores del género *Dendroctonus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). 111-114. In: Memoria del XV Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Equihua. M. A., E. Estrada V., J. A. Acuña S. y M. P. Cháirez, G (eds.). Colegio de Postgraduados. Estado de México, México.

- Wood, S. L. 1961. New records and species of Scolytidae (Coleoptera) from Colombia. *The Great Basin Naturalist* 21(1/2): 1-7.
- Wood, S. L. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), A taxonomic monograph. *Great Basin Natural Memories* 6: 1-1359.
- Wood, S. L. 2007. *Bark and Ambrosia Beetles of South America (Coleoptera: Scolytidae)*. Monte L. Bean Science Museum, Provo, Utah, 1-900.
- Wood, S. L. y D. E. Bright. 1992. A catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), Part 2: Taxonomic Index. *Great Basin Naturalist Memoirs* 13: 1-1553.
- Wood, S. L., G. C. Stevens y H. J. Lezama. 1992. Los Scolytidae (Coleoptera) de Costa Rica: clave de subfamilia Scolytinae, tribu Corthylini. *Revista de Biología Tropical* 40 (3): 247-286.

ANEXOS

Cuadro 11. Secuencias obtenidas de la base de datos del GenBank utilizadas para la reconstrucción filogenética de especie de la subfamilia Scolytinae mediante el gen Citocromo Oxidasa I (COI).

| Secuencias de origen | Clave de acceso | Nombre científico | País de origen | % de cobertura | E-value | % de identidad |
|-----------------------------|------------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| 7301, 3221 | AF187139 | <i>Premnobius cavipennis</i> | S/E | 64 | 4e-135 | 85.07 |
| 0817 | HM064149 | <i>Xyleborus volvulus</i> | S/E | 89 | 0 | 98.83 |
| 9157 | HM398370 | <i>Xyleborus perforans</i> | Australia | 97 | 0 | 84.49 |
| 5020 | HQ954440 | <i>Gnathotrichus materiarius</i> | Germany | 92 | 4e-122 | 78.25 |
| 0801, 0813 | JX263786 | <i>Corthylus rubricollis</i> | Costa Rica | 67 | 2e-145 | 85.03 |
| 5020 | KR129902 | Curculionidae sp. | Canada | 83 | 0 | 91.32 |
| 5020 | KU875133 | <i>Gnathotrichus retusus</i> | USA | 95 | 9e-131 | 78.69 |
| 0802 | KX035181 | Scolytinae sp. | Panama | 100 | 0 | 85.95 |
| 5192 | KX035190 | Scolytinae sp. | Panama | 99 | 0 | 88 |
| 0802 | KX035203 | <i>Xyleborinus saxesenii</i> | Reino Unido | 100 | 0 | 85.5 |
| 5192 | KX035209 | <i>Pityophthorus pubescens</i> | Reino Unido | 99 | 0 | 84 |
| 0807, 0818 | KX035217 | <i>Anisandrus dispar</i> | Reino Unido | 99 | 0 | 84.34 |
| 5192 | KX035222 | <i>Curculionoidea</i> sp. | Reino Unido | 99 | 0 | 88 |
| 3221 | KX035225 | <i>Pityogenes trepanatus</i> | Reino Unido | 99 | 3e-166 | 81.3 |
| 5020 | KX809936 | <i>Pityophthorus juglandis</i> | Italia | 98 | 0 | 83.24 |
| 0811 | KX818312 | <i>Xyleborus ferrugineus</i> | USA | 98 | 0 | 94.38 |

| Secuencias de origen | Clave de acceso | Nombre científico | País de origen | % de cobertura | E-value | % de identidad |
|----------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|----------------|---------|----------------|
| 7301, 3221 | KY805908 | <i>Premnobius quadrispinosus</i> | Cameroon | 67 | 2e-104 | 80.52 |
| 0807, 0818 | MG055160 | <i>Anisandrus sayi</i> | Canada | 98 | 0 | 85.71 |
| 0801 | MG060317 | <i>Pityophthorus lautus</i> | Canada | 96 | 5e-176 | 81.78 |
| 5020 | MG060440 | <i>Monarthrum mali</i> | Canada | 94 | 0 | 83.79 |
| 5020 | MG062278 | <i>Monarthrum scutellare</i> | Canada | 84 | 9e-138 | 80.93 |
| 9157 | MG948720 | <i>Xyleborus simillimus</i> | USA | 97 | 0 | 83.31 |
| 0801, 0813 | MH473537 | <i>Corthylus rubricollis</i> | Costa Rica | 98 | 0 | 86 |
| 0807, 0818 | MH928163 | <i>Coccotrypes</i> sp. | Indonesia | 98 | 0 | 85.37 |
| 5192 | MK758658 | <i>Araptus carinifrons</i> | Panama | 94 | 1e-174 | 82.54 |
| 0802 | MN620005 | <i>Taurodemus</i> sp. | Sureste de Asia | 87 | 0 | 88.12 |
| 0802 | MN620020 | <i>Xyleborinus artestriatus</i> | Sureste de Asia | 97 | 0 | 86.38 |
| 9157 | MN620036 | <i>Xyleborus affinis</i> | Sureste de Asia | 97 | 0 | 99.02 |
| 9157 | MN893814 | <i>Xyleborus principalis</i> | Cameroon | 97 | 0 | 84.53 |
| 0807, 0818 | MT623458 | <i>Euwallacea</i> sp. | China | 100 | 0 | 85.24 |
| 0802 | MW617383 | <i>Taurodemus sharpi</i> | Belize | 69 | 0 | 99.56 |

S/E: sin especificar.