UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE Y PLATYPODINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ASOCIADOS AL AGROECOSISTEMA CACAO (*Theobroma cacao*) A PLENO SOL Y SOMBRA EN TEAPA, TABASCO, MÉXICO

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA:

LIC. EN BIOLOGÍA ÓSCAR IVÁN ÁLVAREZ RAMÓN

BAJO LA DIRECCIÓN:

DR. MANUEL PÉREZ DE LA CRUZ

EN CODIRECCIÓN:

DR. JOSÉ DEL CARMEN GERÓNIMO TORRES

VILLAHERMOSA, TABASCO 05 DICIEMBRE DE 2024

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
México

Declaración de Autoría y Originalidad

En la Ciudad de **Villahermosa**, el día **21** del mes **noviembre** del año **2024**, el que suscribe **Oscar Ivan Alvarez Ramón** alumna(o) del Programa de **Maestría en Ciencias Ambientales** con número de matrícula **222G25003** adscrito a la **División Académica de Ciencias Biológicas** de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, como autor(a) (es) de la Tesis presentada para la obtención del (título, diploma o grado según sea el caso) **Maestro en Ciencias Ambientales** y titulada **Diversidad de Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) asociados al agroecosistema cacao (*Theobroma cacao*) a pleno sol y sombra en Teapa, Tabasco, México** dirigida por **Dr. Manuel Pérez De la Cruz en codirección con el Dr. José Del Carmen Gerónimo Torres**.

DECLARO QUE:

La Tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la LEY FEDERAL DEL DERECHO DE AUTOR (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal del Derecho de Autor del 01 de Julio de 2020 regularizando y aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita.

Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad o contenido de la Tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

Villahermosa, Tabasco a **21** de **noviembre** 20**24**

Nombre y Firma

Oscar Ivan Alvarez Ramón

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Villahermosa, Tab., a 14 de Noviembre de 2024

ASUNTO: Autorización de Modalidad de Titulación

C. LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON
JEFE DEL DEPTO. DE CERTIFICACIÓN Y TITULACION
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
P R E S E N T E

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado, informo a usted, que en base al reglamento de titulación vigente en esta Universidad, ésta Dirección a mi cargo, autoriza al **C. ÓSCAR IVÁN ÁLVAREZ RAMÓN** egresada de la Maestría en **CIENCIAS AMBIENTALES** de la División Académica de **CIENCIAS BIOLÓGICAS** la opción de titularse bajo la modalidad de Tesis de Maestría denominado: **"DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE Y PLATYPODINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ASOCIADOS AL AGROECOSISTEMA CACAO *(Theobroma cacao)* A PLENO SOL Y SOMBRA EN TEAPA, TABASCO, MÉXICO".**

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para saludarle afectuosamente.

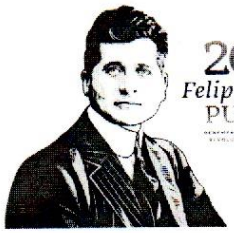
A T E N T A M E N T E

DR. ARTURO CARRIDO MORA
DIRECTOR DE LA DIVISIÓN ACADEMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

U.J.A.T.
DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN

C.c.p. - Expediente Alumno de la División Académica
C.c.p.- Interesado

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN

NOVIEMBRE 14 DE 2024

C. ÓSCAR IVÁN ÁLVAREZ RAMÓN
PAS. DE LA MAESTRIA EN CIENCIAS AMBIENTALES
P R E S E N T E

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales titulado :"**DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE Y PLATYPODINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ASOCIADOS AL AGROECOSISTEMA CACAO (Theobroma cacao) A PLENO SOL Y SOMBRA EN TEAPA, TABASCO, MEXICO**", asesorado por el Dr. Manuel Pérez de la Cruz y Dr. José del Carmen Gerónimo Torres, sobre el cual sustentará su Examen de Grado, cuyo jurado integrado por la Dra. Aracely de la Cruz Pérez, Dr. Cesar Orlando Pozo Santiago, Dr. Manuel Pérez de la Cruz, Dr. Magdiel Torres de la Cruz y Dr. Miguel Alberto Magaña Alejandro.

Por lo cual puede proceder a concluir con los trámites finales para fijar la fecha de examen.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E

DR. ARTURO CARRIDO MORA
DIRECTOR DE LA DIVISIÓN ACADEMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

U.J.A.T.
DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN

C.c.p. - Expediente Alumno de la División Académica
C.c.p.- Interesado

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Carta de Cesión de Derechos

Villahermosa, Tabasco a **21 de noviembre de 2024.**

Por medio de la presente manifestamos haber colaborado como AUTOR(A) y/o AUTORES(RAS) en la producción, creación y/o realización de la obra denominada **Diversidad de Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) asociados al agroecosistema cacao (*Theobroma cacao*) a pleno sol y sombra en Teapa, Tabasco, México**.

Con fundamento en el artículo 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y toda vez que, la creación y/o realización de la obra antes mencionada se realizó bajo la comisión de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; entendemos y aceptamos el alcance del artículo en mención, de que tenemos el derecho al reconocimiento como autores de la obra, y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco mantendrá en un 100% la titularidad de los derechos patrimoniales por un período de 20 años sobre la obra en la que colaboramos, por lo anterior, cedemos el derecho patrimonial exclusivo en favor de la Universidad.

COLABORADORES

Oscar Ivan Alvarez Ramón	Manuel Pérez De la Cruz José Del Carmen Gerónimo Torres
NOMBRE ALUMNO(A) O EGRESADA(O)	NOMBRE DIRECTOR(A) Y CODIRECTOR(A)

TESTIGOS

(deben ser miembros del comité tutorial/sinodal)

Nombre testigo 1	Nombre testigo 2

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN

Villahermosa, Tabasco a 12 de noviembre de 2024

C. OSCAR IVÁN ÁLVAREZ RAMÓN
EGRESADO DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES
PRESENTE

En cumplimiento de los lineamientos de la Universidad, y por instrucciones de la Dirección de Posgrado, se implementó la revisión de los trabajos recepcionales (tesis), a través de la plataforma Turnitin iThenticate para evitar el plagio e incrementar la calidad en los procesos académicos y de investigación en esta División Académica. Esta revisión se realizó en correspondencia con el Código de Ética de la Universidad, el Reglamento General de Estudios de Posgrado, el Código Institucional de Ética para la Investigación y con los requerimientos para los posgrados en el SNP-CONAHCyT.

Por este conducto, hago de su conocimiento las observaciones y el reporte de originalidad de su documento de tesis. Con el objetivo de fortalecer y enriquecer el programa de posgrado, se realizó la revisión del documento en la plataforma iThenticate, obteniendo el reporte de originalidad, el índice de similitud y se emitieron las siguientes sugerencias y recomendaciones para dar seguimiento en el documento de tesis del proyecto de investigación: **Diversidad de Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) asociados al agroecosistema cacao (*Theobroma cacao*) a pleno sol y sombra en Teapa, Tabasco, México**.

OBSERVACIONES:

1. **El índice de similitud obtenido fue de 04%**, el cual se ubica dentro del estándar de tolerancia de acuerdo a las Políticas y Lineamientos para el uso y manejo del Software Antiplagio de la UJAT. Se demuestra el nivel de originalidad del documento y de la investigación.

2. Aun que el índice de similitud obtenido indica coincidencias, estás se refieren a frases en las secciones de antecedentes y métodos, principalmente. Lo anterior no demerita el documento de tesis, pero se recomienda revisar las oraciones identificadas con similitud y ajustarlas a una redacción propia. Cabe señalar, que los párrafos coincidentes incluyen los elementos de citas y referencias bibliográficas pertinentes.

3. **Se adjunta el informe de originalidad de la tesis** obtenido a través de la herramienta Turnitin iThenticate.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

4. Finalmente, se le solicita al C. **Oscar Iván Álvarez Ramón**, integrar en la versión final del documento de tesis, este oficio y el informe de originalidad con el porcentaje de similitud de Turnitin iThenticate.

Sin otro particular al cual referirme, aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"ESTUDIO EN LA DUDA, ACCIÓN EN LA FE"

DR. ARTURO GARRIDO MORA
DIRECTOR

U.J.A.T.
DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN

C.C.P. Dr. Manuel Pérez de la Cruz– Director de tesis.
Archivo

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Diversidad de Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) asociados al agroecosistema cacao (Theobroma cacao) a pleno sol y sombra en Teapa, Tabasco, México

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%
ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	www.researchgate.net	206 palabras — 2%
2	docplayer.es	139 palabras — 1%
3	www1.inecol.edu.mx	40 palabras — < 1%
4	www.darwinfoundation.org	20 palabras — < 1%
5	www.elsevier.es	20 palabras — < 1%
6	dugesiana.cucba.udg.mx	19 palabras — < 1%
7	repositorio.udec.cl	19 palabras — < 1%
8	colposdigital.colpos.mx:8080	16 palabras — < 1%

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Dedicatoria

A mi amada esposa Fanny por ser la fuerza y apoyo que requerí para poder iniciar, mantenerme y terminar este trabajo, gracias vida mía, gracias por todo. Y a mi estimado amigo, maestro y "caza talentos" Dr. José Gerónimo, gracias por considerarme, gracias por creer en mí. A mis amigos del laboratorio y a mi familia, este trabajo es por y para ustedes.

In memoriam

A mi abuelita María y a mi tía Ada,
aunque ya no las pueda ver ni oír,
siempre van a estar conmigo,
a donde vaya y esté,
siempre haré lo que me enseñaron.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), por la beca otorgada para cursar la Maestría en Ciencias Ambientales de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.

A la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, por la formación ética y profesional en todos los ámbitos de mi persona.

A los Dres.: Dr. Manuel Pérez De La Cruz y Dr. José Del Carmen Gerónimo Torres por la confianza depositada en la realización y culminación de este proyecto.

A los Dres.: Dra. Aracely De La Cruz Pérez, Dr. Cesar Orlando Pozo Santiago, Dr. Miguel Alberto Magaña Alejandro y Dr. Magdiel Torres De La Cruz por el apoyo obtenido durante la realización de la presente tesis y contribuir de alguna manera en mi formación como estudiante de maestría.

A mis compañeros y amigos del Laboratorio de colecciones, quienes pusieron su granito de arena para alcanzar esta meta, gracias por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos.

A todos mis amigos y familiares que estuvieron siempre presentes de una u otra manera durante mi formación, ya que fueron parte fundamental para alcanzar esta meta.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Indice de contenido

Resumen **14**

Abstract **15**

Capítulo I. Protocolo de tesis **16**

1. Introducción 16

2. Marco teórico 18

3. Justificación 25

4. Pregunta de investigación 26

5. Hipótesis 27

6. Objetivo General 28

6.1 Objetivos específicos 28

7. Metodología 29

8. Cronograma de actividades 35

9. Referencias citadas 36

Capítulo II **44**

Diversidad de Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) asociados al agroecosistema cacao (*Theobroma cacao*) a pleno sol y sombra 44

Resumen. 44

Introducción 47

Materiales y métodos 48

Resultados 51

Discusión 59

Literatura citada 64

Capítulo III Conclusiones y consideraciones generales de la tesis **72**

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Índice de cuadros

Capítulo II

Cuadro 1. Riqueza y abundancia de Scolytinae y Platypodinae capturados con trampas ECOIAPAR (TA) y ramas trampas en cámaras de emergencia (CE) en las plantaciones del agroecosistema de cacao PPS y PBS. 52

Cuadro 2. Índices de diversidad, equidad, eficiencia y completitud de muestreo en trampas ECOIAPAR (TA) y ramas trampas en cámaras de emergencia (CE) en las plantaciones del agroecosistema de cacao PPS y PBS. 53

Cuadro 3. Similitud observada en trampas ECOIAPAR (TA) y ramas trampas en cámaras de emergencia (CE) en las plantaciones del agroecosistema de cacao PPS y PBS. 54

Cuadro 4. Tabla de correlaciones de los tres primeros ejes del Análisis de Correspondencias Canónicas. 58

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Índice de figuras

Capítulo I

Figura 1. Agroecosistemas de cacao a) pleno sol y b) bajo sombra. Puntos donde se ubicaron las trampas ECOIAPAR. 30

Figura 2. Trampa ECOIAPAR; 1) cordón de plástico para sujetar la trampa, 2) botella de plástico con tapa, 3) ventana, 4) difusor de alcohol, 5) perforaciones para desagüe y 6) etil glicol como conservante. 31

Figura 3. Ramas trampas 1) cortes de *T. cacao* con diámetros de 2 hasta 15 cm y 2) membrana de plástico. 32

Figura 4. Cámara de emergencia 1) contenedor de 20 L, 2) tapa con perforaciones a modo de respiraderos, 3) orificio de desagüe y 4) colector de plástico con alcohol etílico al 70% como conservante. 32

Figura 5. Métodos de colecta: a) trampa ECOIAPAR, b) ramas trampa y c) cámaras de emergencia. 49

Capítulo II

Figura 6. Fluctuación de descortezadores en ramas trampa de acuerdo a los días de exposición: a) riqueza y b) abundancia en PPS; c) riqueza y d) abundancia en PBS. 55

Figura 7. Fluctuación de la a) comunidad de descortezadores en la PPS; b) especies del género *Hypothenemus*; c) especies de género *Xyleborus* y d) *Theoborus ricini* de la PPS. 57

Figura 8. Fluctuación de la a) comunidad de descortezadores en la PBS; b) especies del género Hypothenemus; c) especies de género *Xyleborus* y d) *Theoborus ricini* de la PBS. 58

Figura 9. Análisis de Correspondencias Canónicas de las variables ambientales y especies de la PPS y la PBS. Variables: HUM= humedad; PREC= precipitación; TEMP= temperatura y RAD= radiación solar. 59

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Resumen

El objetivo fue evaluar la diversidad de escolítinos y platipodinos asociados al agroecosistema y plantas de cacao a pleno sol y sombra en Teapa, Tabasco, México. Las capturas de insectos se realizaron mediante trampas ECOIAPAR y ramas trampa. Se colectaron 3,569 individuos de 35 especies de 15 géneros. En la plantación a pleno sol (PPS) se capturaron 31 especies de Scolytinae y dos de Platypodinae; en la plantación bajo sombra (PBS) se capturaron 27 especies de Scolytinae y una de Platypodinae. El mayor valor de diversidad del orden 1 se obtuvo en la PPS con 13,29 especies efectivas. La fluctuación en la PPS presentó un único pico de abundancia en febrero y en la PBS se produjo en febrero, junio y septiembre. En las cámaras de emergencia sólo se obtuvieron las especies *Hypothenemus crudiae*, *H. seriatus, H. eruditus, Hypothenemus sp. 1, Xyleborus affinis, X. spinulosus, X. volvulos, X. ferrigineus* y *Theoborus ricini.* El Análisis de Correspondencias Canónicas (ACC) indicó que el 89,07 % de la varianza en la correlación entre las variables ambientales y las especies se explicaba por la temperatura (r= 1,386) y la humedad (r= -0,542), con una significación de p<0,001. El gráfico muestra que *H. birmanus* tiene preferencia por la baja humedad y las bajas precipitaciones; *H. seriatus* parece ser sensible a las precipitaciones; *X. volvulus* tiene una asociación con la alta humedad; en el caso de *Hypothenemus* sp1, *T. ricini* y *X. ferrugineus* registraron preferencias por la alta radiación.

Palabras clave: escarabajos descortezadores; ramas trampa; ecoiapar; abundancia; hospedero.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Abstract

The objective was to evaluate the diversity of scolytids and platipodines associated with the agroecosystem and cocoa plants in full sun and shade in Teapa, Tabasco, Mexico. Insects were captured through ECOIAPAR traps and branch traps. A total of 3,569 individuals of 35 species of 15 genera were collected. In the full sun plantation (PPS), 31 species of Scolytinae and two of Platypodinae were captured; in the shaded plantation (PBS), 27 species of Scolytinae and one of Platypodinae were captured. The highest diversity value of order 1 was obtained in the PPS with 13.29 effective species. The fluctuation in the PPS presented a single abundance peak in February and in the PBS it occurred in February, June and September. Only *Hypothenemus crudiae, H. seriatus, H. eruditus, Hypothenemus* sp. 1*, Xyleborus affinis, X. spinulosus, X. volvulos, X. ferrigineus* and *Theoborus ricini* were obtained in the emergence chambers. Canonical correspondence analysis (CCA) indicated that 89.07 % of the variance in the correlation between environmental variables and species was explained by temperature (r= 1.386) and humidity (r= -0.542), with a significance of p<0.001. The graph shows that H. birmanus has a preference for low humidity and low rainfall; H. seriatus appears to be sensitive to rainfall; X. volvulus has an association with high humidity; in the case of Hypothenemus sp1, T. ricini and X. ferrugineus recorded preferences for high radiation.

Key words: bark beetles; trap branches; ecoiapar; abundance; host.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Capítulo I. Protocolo de tesis

1. Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) originario de América del Sur, es un cultivo del que dependen más de 20 millones de personas alrededor del mundo para su subsistencia (Ramírez-González, 2008). En 2023, según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2024), Mexico produjo 29,013.75 ton de cacao, cultivadas en 52,449.09 ha. De esta superficie, 34,260.50 ha están ubicadas en Tabasco, con una producción de 17,822.51 ton, lo que convierte al estado en el principal productor del país, aportando el 61% del volumen total.

El agroecosistema del cacao enfrenta diversos problemas fitosanitarios. Según el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS, 2018) las principales plagas que afectan las plantaciones en México son: *Atta cephalotes*, *Toxoptera* sp., *Selenothrips* sp., *Lecanoideus* sp., *Maconellicoccus* sp., *Clastoptera* sp. y descortezadores (Scolytinae y Platypodinae), representados principalmente por coleópteros del género *Xyleborus* (Pérez-De La Cruz *et al*., 2009abc; Rangel *et al*., 2012; Valarezo-Cely *et al*., 2012). Entre las enfermedades, destaca la moniliasis, causada por el hongo fitopatógeno *Moniliophthora roreri*, que destruye la mazorca del cacao, y puede generar pérdidas de hasta el 90% de la producción (Ramírez-González, 2008; Arcos-Méndez *et al*., 2019). Otras enfermedades presentes incluyen la mancha negra (*Phytophthora* spp.), antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), y el mal de machete (*Ceratocystis fimbriata*) (SNICS, 2018). Esta última está directamente relacionada con especies del género *Xyleborus* (Pérez-De La Cruz et al., 2009abc; Rangel et al., 2012).

El desarrollo y persistencia de algunas enfermedades y plagas en el agroecosistema cacao se deben a las condiciones requeridas por esta planta. Uno de estos requerimientos son los árboles de sombra, para un crecimiento optimo (Pérez-De La Cruz *et al*., 2009a). En los sistemas de producción bajo sombra se encuentra una mayor humedad relativa, baja luminosidad y temperaturas constantes, lo que puede favorecer la presencia de plagas y enfermedades (Arvelo *et al*., 2016). Para solucionar algunos problemas fitosanitarios países como Ecuador han establecido el cultivo del cacao sin

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

sombra (Baque *et al*., 2024). En Tabasco, algunos productores están optando por quitar los árboles de sombra; sin embargo, esta práctica puede favorecer a otras plagas e incrementar el daño a las plantas por insectos descortezadores, al aumentar la radiación solar, la luminosidad y el estrés hídrico en las plantas (Peters *et al*., 2004; Mezei *et al.*, 2014). Actualmente, en el estado de Tabasco no se ha evaluado la diversidad de insectos descortezadores en el cultivo de cacao a pleno sol, ni se ha comparado esta diversidad con la diversidad que existe en este cultivo bajo sombra. Este estudio permitirá conocer el efecto de la radiación sobre la diversidad de insectos descortezadores en el agroecosistema cacao expuesto a pleno sol. Además, esta nueva técnica de cultivo puede servir como un reflejo del cambio climático en el cultivo del cacao, así como, el identificar los insectos descortezadores que se ven beneficiados por estas condiciones. Este trabajo permitirá prevenir a los productores sobre los posibles beneficios o perjuicios que genera el cultivo a pleno sol.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

2. Marco teórico

Diversidad de Scolytinae y Platypodinae en México. En el mundo se describen 6,410 especies para Scolytinae, 1,367 para Platypodinae; en el continente americano se reportan 3,276 y 301 especies de escolítinos y platipodinos respectivamente. México cuenta actualmente con 932 (Scolytinae) y 55 (Platypodinae) especies reportadas (Atkinson, 2024). Algunos autores indican que menos del 5% de las especies de escolítinos son de importancia económica (Gerónimo-Torres *et al*., 2015; Pérez-De La Cruz *et al*., 2016) con respecto a los platipodinos, este dato no se tiene del todo esclarecido, por lo limitado de los estudios (Burgos-Solorio & Hernández, 2020). En el país los estados con mayor riqueza de especies de estas subfamilias son Morelos (212); Chiapas (248); Oaxaca (319) y Veracruz (326). Para el estado de Tabasco se reconocen 93 especies de Scolytinae y 8 de Platypodinae (Falcón-Brindis *et al*, 2018; Atkinson, 2024).

De la subfamilia Scolytinae los géneros con mayor número de especies en el país son: *Araptus* (Eichhoff) con 45, *Corthylus* (Erichson) con 45, *Pseudothysanoes* (Blackman) con 57 y *Pityophthorus* (Eichhoff) con 141. Para la subfamilia Platypodinae los géneros con mayor riqueza son: *Teloplatypus* (Wood) con 6, *Tesserocerus* (Saunders) con 7, *Megaplatypus* (Wood) con 13 y *Euplatypus* (Wood) con 18 (Atkinson, 2024).

Morfología: Scolytinae. De manera general los escolítinos presentan un cuerpo casi cilíndrico y coloraciones que van desde el marrón al negro en la mayoría de las especies conocidas, sin embargo, hay algunas que pueden presentar tonalidades amarillentas hasta la presencia de patrones como es el caso del género *Hylesinus* (Fabricius). El tamaño de estos puede ser menor a los dos milímetros (*Hypothenemus*) hasta llegar a un centímetro (*Dendrosinus mexicanus* Wood). Con relación a la cabeza esta suele ser prominente y esta incrustada en el protórax, este último presenta gránulos o puntuaciones en la superficie; el escapo antenal está completamente desarrollado, el funículo antenal puede presentar de 3-7 segmentos; el mazo antenal está formado por lo general, por tres segmentos sólidos, este puede ser plano, cónico o diagonalmente truncado, con suturas o carentes de estas, simétrico o no; el pronoto es semicilíndrico y relativamente más ancho que la cabeza; los élitros pueden tener la característica de ser

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco México.

rectos o curvados al final de su base; el escutelo puede ser completamente plano o tener un relieve redondeado; la vestidura de los élitros, escutelo y demás partes, pueden presentar una gran variedad de setas, ornamentaciones que van desde espinas hasta tubérculos que por lo general se encuentran en el declive de los élitros; por ultimo las patas que presentan protíbias rectas que pueden ser voluminosas, en algunos organismos van a presentar ornamentaciones o no, así como, dentículos laterales (Pérez-De La Cruz, *et al*., 2009abc; Atkinson, 2017).

Morfología: Platypodinae. Los platipodinos presentan un cuerpo a lo igual que los escolitinos de forma semi cilíndrica, presentan distintas tonalidades de marrón y café que van hasta el negro. El tamaño de estos oscila desde un milímetro (*Mecopelmus zeteki* Blackman) hasta llegar a superar más de los ocho milímetros (*Tesserocerus simulatus* Schedl). La inserción de la cabeza es parecida a la de los escolitinos, no obstante, esta tiende a ser de las mismas dimensiones que el pronoto. La gran mayoría no presenta suturas en el mazo antenal, a excepción del género *Coptonotus* (Chapuis). En el esternón van a presentar una serie de espinas, que funcionan como métodos de defensa o armadura. Con relación a los élitros estos en general son rectos, pero pueden presentar una serie de características que van desde la presencia de declives al final de los élitros, así como, serraciones, espinas y gránulos. Una característica particular de esta subfamilia es que pueden presentar segmentos tarsales alargados, sin embargo, en algunos géneros son cortos. Las patas van a presentar dentículos laterales en las protíbias (Pérez-De La Cruz *et al*., 2011; Atkinson, 2017; Burgos-Solorio & Hernández, 2020).

Una característica que comparten ambas subfamilias es la presencia de estructuras anatómicas especializadas llamadas micangios, que brindan alojamiento, resguardo y medio de dispersión para las esporas de los hongos con los que comparten relaciones simbióticas; estas van a estar situadas en el caso de los escolítinos, con mayor frecuencia en todo o secciones específicas de la superficie exterior del pronoto de la hembra, en ocasiones se pueden hallar en la cavidad oral; en los platipodinos estos van a estar situados en la misma región, sin embargo, el número de micangios será reducido,

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

como en el caso de la especie *Platypus koryoensis* (Murayama) (Yuceer *et al*., 2011; Moon *et al*., 2012; Burgos-Solorio & Hernández, 2020).

Alimentación. Los escolitinos debido a sus hábitos alimenticios se conocen comúnmente como escarabajos descortezadores o ambrosiales (Pérez-De La Cruz, *et al*., 2009abc), además pueden ser descortezadores, mielófagos, herbífagos y espermatófagos (Gerónimo-Torres *et al*., 2015). Con respecto a los platipodinos estos también son conocidos como escarabajos de “ambrosia” (El alimento de los dioses) debido a la simbiosis presente entre hongos/escarabajos de esta subfamilia (Burgos-Solorio & Hernández, 2020). Cabe mencionar que estos coleópteros también pueden alimentarse de madera, sin embargo, su fuente principal de alimentación serán los hongos con los que se encuentran asociados, los cuales en su mayoría son del orden de los Ophiostomatales (Ascomycota, Sordariomycetes); que sirven de sustento primario para el desarrollo de las larvas y mantenimiento de los adultos (Pérez-De La Cruz *et al*., 2011; Burgos-Solorio & Hernández, 2020).

Biología: Scolytinae. Con relación a los ciclos vida de los escolitinos, en general los adultos de muchas especies (principalmente hembras) al llegar al árbol huésped, barrenan galerías dentro de los tejidos leñosos, posterior a esto, con la llegada de los machos o hembras, se lleva a cabo la copula; durante esta etapa se puede apreciar los tipos de sistemas sexuales que presentan, monogamia (una pareja reproductora por galería), poliginia (un macho con dos o más hembras por galería) y poliginia endógama (al presentar un número reducido de machos, las hembras copulan con machos estrechamente emparentados); para luego las hembras ovopositar (Atkinson, 2017). Puede haber un lapso de cuidado parental por las hembras para con los huevos; en algunos casos los machos pueden brindar apoyo a la defensa de las galerías. Después que emergen las larvas, estas proceden a hacer túneles individuales o colectivos, que se ramifican a partir del túnel parental una vez alcanzan la talla de desarrollo máximo, pupan y al emerger los adultos buscan huéspedes nuevos, es importante saber que la gran mayoría de las especies de escolitinos tienen simbiosis con hongos, levaduras y bacterias (Atkinson, 2017).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Biología: Platypodinae. Los ciclos de vida de los platipodinos son muy conservados, ya que, son los machos los que inician los ataques al huésped, que consisten en la excavación de galerías en la albura de troncos y ramas de determinados diámetros, posteriormente arriba una hembra, con la cual copula, esta ovoposita, y al eclosionar los huevos, la larva se alimentará casi exclusivamente de hongos cultivados por los progenitores además de madera desgastada y degradada, estos hongos a través de sus hifas ya esparcidas dentro del huésped, concentraran nutrientes y lo direccionaran hacia las galerías. Las hembras van a presentar cuidado parental con las larvas, una vez alcanzada la talla necesaria para la siguiente etapa de desarrollo de la larva, esta hará una cámara perpendicular a la parenteral, donde pupará, para luego al emerger salir por el orifico de entrada principal (Atkinson, 2017).

Scolytinae: Relación de escolítinos con cultivos de cacao en América Latina. Son muy pocos lo estudios actuales entre la relación de escolítinos y el agroecosistema cacao en América latina, ya que el número de autores que indagan al respecto es reducido, por ejemplo; Mazón *et al*. (2013) en Venezuela evaluó el efecto de diferentes trampas para el control de especies de *Xyleborus* spp., en plantaciones de cacao criollo; en Perú Delgado y Couturier en 2017, dan a conocer el registro de la especie *Xylosandrus compactus* (Eichoff), en viveros de cacao así como, los posibles métodos de control; un trabajo interesante fue el hecho por Bernal-Zuluaga (2021), donde llevo a cabo una evaluación de los géneros de escolítinos asociados al agroecosistema cacao en Colombia; un trabajo parecido al anterior pero con una alta similitud al actual, ya que el tipo de técnica de cultivo empleado para el agroecosistema cacao es similar al que se evaluara en este trabajo (cultivo de cacao a pleno sol), fue el realizado por Paladines-Rezabala *et al*. (2022), donde abordan de manera directa la relación entre *X. ferrugineus* y *Ceratocystis cacaofunesta* (antes *fimbriata*) y sus afectaciones al cultivo del cacao.

Platypodinae: **Relación de escolítinos con cultivos de cacao en América Latina.** Los trabajos actuales referidos a la relación de los platipodinos y el agroecosistema cacao en América es sumamente reducido, y en general, no abordan de manera concisa la relación insecto/hongo y huésped, ya que, solo se basan específicamente en la enfermedad, dejando a un lado al huésped (*T. cacao*) y al vector (Platypodinae), por

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

ejemplo, en Brasil, Ferreira *et al*. (2010) realizaron estudios sobre la diversidad genética e interfertilidad entre poblaciones altamente diferenciadas de *Ceratocystis fimbriata*, vinculados con especies de árboles frutales, haciendo mención que *C. cacaofunesta*, solo es una especie vinculada al cacao en específico.

Estudios de escolítinos y platipodinos en México y Tabasco. En México uno de los principales estudios realizados de los escolitinos y platipodinos fue por Burgos-Solorio y Equihua-Martínez en 2007, cuando aún se consideraban familias. Este estudio presentó un listado de especies para el estado de Jalisco y sus principales hospederos. En el estado de Tabasco los estudios relacionados con los escolítinos y platipodinos ya como subfamilia, son los relacionados con el cultivo de cacao. Pérez-De La Cruz *et al*. (2009a) realizaron un estudio pionero sobre la diversidad de escolítinos asociados al agroecosistema cacao, seguido de la primera clave de identificación de escolítinos en este contexto (Pérez-De La Cruz *et al*., 2009c). En 2011, Pérez-De La Cruz *et al*. llevaron a cabo el primer estudio sobre la dinámica poblacional, huéspedes, distribución y clave de identificación para las especies de platipodinos asociadas al cacao. En 2012, Rangel *et al*. y Baños-Juárez *et al*. publicaron estudios sobre la dinámica poblacional de *X. ferrugineus*, *X. affinis* y *X. volvulus* en diversas localidades, incluyendo plantaciones de cacao en Tabasco. En 2020, Burgos-Solorio y Hernández realizaron un estudio sobre la diversidad de platipodinos en Jalisco, proporcionando una clave de identificación y una lista de hospederos para esta subfamilia. Aunque surgieron más estudios posteriormente en el país sobre estas subfamilias, solo los realizados en el estado son los únicos específicamente relacionados con el agroecosistema cacao**.**

Escolítinos y platipodinos y su relación con el cambio climático. Los estudios sobre el cambio climático y su impacto en estas dos subfamilias de coleópteros se han realizado mayoritariamente en países europeos, donde los efectos del cambio climático son más tangibles. Un ejemplo es el trabajo de Štefková *et al*. (2017), que analizaron el desarrollo y la supervivencia de *Ips typographus* (Linneo) bajo diferentes condiciones de temperatura. En estas regiones, se ha observado un aumento en las poblaciones de este insecto en monocultivos de abeto (*Abies alba*, Mill.) debido al incremento de las temperaturas.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Otro estudio destacado es el de Witkowski *et al*. (2022), quienes investigaron a *Gnathotrichus materiarius* (Fitch), un escolitino originario de Norteamérica que se ha convertido en una plaga significativa en Europa. Este estudio es especialmente relevante por el uso del algoritmo MaxEnt para estimar la distribución de esta especie en Europa, tanto en condiciones actuales como en escenarios proyectados para 2050 y 2070.

Aunque estos estudios son sumamente interesantes, en países de Centroamérica como Ecuador, Colombia y Venezuela también se han realizado investigaciones relevantes. Por ejemplo, Burbano-Figueroa *et al*. (2020) analizaron las causas de muerte de plantas del género *Espeletia* (Mutis ex Humb. & Bonpl.). Estas plantas son cruciales para el ecosistema de los páramos, ya que proporcionan alimento y resguardo a muchas especies, protegen el suelo contra la erosión y mejoran su porosidad, facilitando la captación y retención de agua. No obstante, estas plantas están siendo atacadas por especies de coleópteros de las subfamilias de escolítinos y platipodinos, lo que pone en riesgo sus poblaciones. El aumento de la temperatura las hace más susceptibles a estos ataques.

En México, los estudios relacionados con los escolítinos y platipodinos y el cambio climático son muy escasos. Por ejemplo, Del-Val y Sáenz-Romero (2017) realizaron un estudio narrativo sobre las problemáticas generadas por el cambio climático y cómo este beneficia a los escarabajos descortezadores. De acuerdo con sus indagaciones, en los bosques templados, el aumento de las temperaturas y las prolongaciones de las temporadas de sequías afectan a las poblaciones de árboles, generándoles situaciones de estrés que benefician el ataque de los descortezadores.

Otro estudio relevante es el de Castorena-Pérez *et al*. (2020), llevado a cabo en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco, México, un área natural protegida con terreno montañoso y presencia de bosques de coníferas y latifoliadas de zonas templadas húmedas. Sus resultados registraron diez nuevas especies de Curculionidae: *Amphicranus rameus* (Wood), *A. melanuros* (Blandford)*, Corthylus comatus* (Blandford), *C. fuscus* (Blandford), *Gnathotrichus sulcatus* (LeConte), *Hylurgops incomptus* (Blandford), *Monarthrum laterale* (Eichhoff), *Pseudips mexicanus* (Hopkins) (subfamilia Scolytinae), *Euplatypus longius* (Wood) y *E. pini* (Hopkins) (subfamilia Platypodinae). De

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

estas, seis especies son consideradas económicamente importantes porque pueden causar la muerte a árboles saludables. Aunque los autores mencionan que estos nuevos registros corresponden a especies con una amplia distribución, no atribuyen estos hallazgos a las alteraciones generadas por el cambio climático. En cambio, exhortan a la realización de más estudios entomofaunísticos para esclarecer las relaciones concretas entre los escarabajos descortezadores y el cambio climático.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

3. Justificación

El cacao (*Theobroma cacao*) es un cultivo de importancia mundial. En México, el cacao se cultiva en 52,449.09 ha. De esta superficie, 34,260.50 ha están ubicadas en Tabasco. No obstante, el agroecosistema del cacao enfrenta diversos problemas fitosanitarios con enfermedades y plagas que inciden en la producción, dentro de los cuales se encuentran insectos descortezadores (Scolytinae y Platypodinae). El desarrollo y persistencia de algunas enfermedades y plagas en este agroecosistema se deben a las condiciones requeridas por esta planta. Uno de estos requerimientos son los árboles de sombra, para un crecimiento óptimo, lo cual genera un microclima con mayor humedad relativa, baja luminosidad y temperaturas constantes, lo que favorece la presencia de plagas y enfermedades. Para solucionar algunos problemas fitosanitarios, países de centroamerica han establecido el cultivo del cacao sin sombra. En Tabasco, algunos productores han optado por quitar los árboles de sombra; sin embargo, esta práctica puede favorecer a otras plagas e incrementar el daño a las plantas por insectos descortezadores, al aumentar la radiación solar, la luminosidad y el estrés hídrico en las plantas. Actualmente, en el estado de Tabasco no se ha evaluado la diversidad de insectos descortezadores en el cultivo de cacao a pleno sol, ni se ha comparado esta diversidad con la diversidad que existe en este cultivo bajo sombra**.** Por lo anterior, en este trabajo se estudió la diversidad de escolitinos y platipodinos asociados al agroecosistema cacao a pleno sol y sombra en Teapa, Tabasco, México. Este estudio permitirá conocer el efecto de la radiación sobre la diversidad de insectos descortezadores en el agroecosistema cacao, así como de los descortezadores asociados a *T. cacao* directamente que se ven beneficiados por el cultivo a pleno sol.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

4. Pregunta de investigación

¿Cuál es la composición de las comunidades de Scolytinae y Platypodinae dentro de las plantaciones a pleno sol y sombra?

¿Cómo se comporta la fluctuación poblacional de Scolytinae y Platypodinae dentro de las plantaciones de cacao a pleno sol y sombra?

¿Cómo influyen los variables ambientales sobre la abundancia de escarabajos descortezadores que se obtuvieron mediante las ramas trampas en las plantaciones de cacao a pleno sol y sombra?

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

5. Hipótesis

Hipótesis de trabajo: Se espera que la composición de especies de Scolytinae y Platypodinae sea mayor en la plantación de cacao a pleno sol. Además, se anticipa que la fluctuación de la comunidad de estas especies será diferente, y que las variables ambientales mostrarán una relación significativa con la abundancia de los insectos estudiados.

Hipótesis:

La comunidad de escolítinos será mayor en número de especies que la comunidad de platipodinos en ambas plantaciones.

La fluctuación poblacional de escolítinos y platipodinos será mayor en los meses de octubre a diciembre, extendiéndose hasta marzo en ambas plantaciones.

Una baja temperatura constante y alta humedad en los períodos de lluvias y nortes favorecerán el incremento de la abundancia de las poblaciones de descortezadores que se obtuvieron mediante las ramas trampa en ambas plantaciones.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

6. Objetivo General

Evaluar la diversidad de escolítinos y platipodinos asociados al agroecosistema de cacao a pleno sol y sombra en Teapa, Tabasco, México.

6.1 Objetivos específicos

- Generar una lista de especies de escolítinos y platipodinos asociados al agroecosistema y plantas de cacao a pleno sol y sombra.
- Comparar la diversidad de descortezadores asociados al agroecosistema y plantas de cacao a pleno sol y sombra.
- Evaluar la fluctuación anual de la comunidad de descortezadores asociados al agroecosistema de cacao a pleno sol y sombra.
- Evaluar la fluctuación anual de poblaciones de descortezadores asociados a las ramas trampas del agroecosistema cacao a pleno sol y sombra.
- Analizar la relación de las variables ambientales sobre la abundancia de descortezadores asociados a las plantas de cacao a pleno sol y sombra.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

7. Metodología

Sitio de muestreo. El estudio se realizó de diciembre 2022 a noviembre de 2023 en el ejido Las Delicias de la Ranchería José María Morelos y Pavón en el municipio de Teapa, Tabasco, México, en dos plantaciones de agroecosistema de cacao con diferente estructura vegetal: a pleno sol y otra con árboles de sombra. La plantación a pleno sol (PPS) presenta árboles de cacao sembrados en marco real de 5x5 m con una edad de 10 años con una extensión de 12 000 m² y se encuentra localizada entre las coordenadas 17°38'12.4"N y 92°55'35.8"W, esta plantación presenta una mayor variedad de especies vegetales como *Psidium guajava* L. (Guayaba), *Persea americana* Mill. (Aguacate), *Nephelium lappaceum* L. (Rambután), *Annona muricata* L. (Guanábana), *Inga inicuil* Schltdl. y Cham. ex G.Don (vaina), *Cinnamomum verum* J.Presl (canela) y cítricos de diversas variedades los cuales no superan los 2.5 m de altura. Así mismo, se pueden identificar otras especies arbóreas como las especies *Cedrela odorata* L. y *Colubrina arborescens* Mill. Sarg, (Tatuán) que superan los 4 m de altura, con una densidad de 0.4 árboles por cada 25 m^2. La plantación bajo sombra (PBS) presenta árboles de cacao sembrados en marco real de 3x3 m con una edad de 20 años con una extensión de 10 000 m^2 y se encuentra localizada entre las coordenadas 17°38'14.6"N y 92°55'45.3"W, cuenta solamente con tres especies de árboles de sombra: *C. odorata* (Cedro), *Guazuma ulmifolia* Lam (Guásimo) y *Swietenia macrophylla* King (Caoba), los cuales superan los 10 m de altura, con una densidad de 1.1 árboles por cada 25 m^2 (Figura 1).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

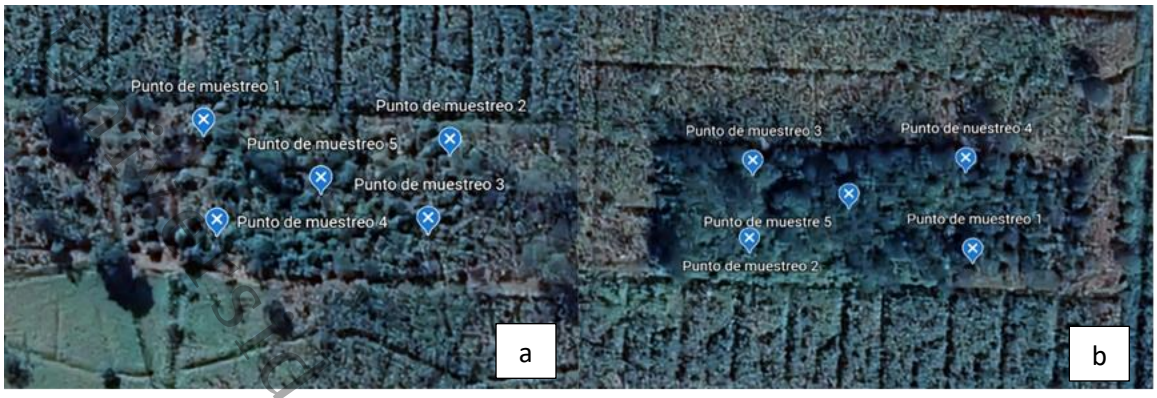


Figura 1. Agroecosistemas de cacao a) pleno sol y b) bajo sombra. Puntos donde se ubicaron las trampas ECOIAPAR.

Ambas plantaciones se encuentran a una altura de 20 msnm. La fisiografía de la zona corresponde a una llanura aluvial, con un clima cálido húmedo con lluvias todo el año (Af), la temperatura promedio es de 25 ºC y una precipitación media de 4 250 mm (INEGI, 2010).

Captura de insectos. Para determinar las especies de escolítinos y platipodinos asociados al agroecosistema de cacao en cada área de estudio, se colocaron cinco trampas ECOIAPAR en formación de cinco de oros, a una altura de 1.5 m (Pérez-De La Cruz *et al*., 2009a) con separación de 20 m entre trampas y 5 m con relación a los bordes de los sitios esto con el fin de evitar el efecto de borde.

La trampa consistió en una botella de plástico desechable de 3 L, a la cual se le realizó un corte, para crear una ventana de 11 x 20 cm, ubicada en la parte media, con perforaciones suficientes en la circunferencia de la botella, por debajo de la base de la ventana para el desagüe durante la temporada de lluvia, dentro de la botella a la altura de la ventana se colocó un difusor (Barrera *et al*., 2003) con alcohol etílico al 70% como atrayente y en la base de la trampa se rellenó con glicol etileno como conservante (Prestone) (Vásquez & Jiménez-Martínez, 2017; Romero, 2017). Los insectos atraídos se recolectaron cada 15 días por un año y se conservaron en alcohol etílico al 70% para su posterior montaje e identificación en el laboratorio de la colección de insectos de la

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

División Académica de Ciencias Biológicas (CIUT) (Pérez-De La Cruz *et al*., 2009a) (Figura 2).

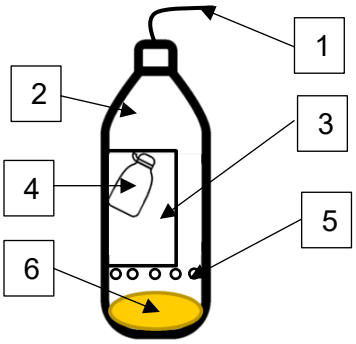


Figura 2. Trampa ECOIAPAR; 1) cordón de plástico para sujetar la trampa, 2) botella de plástico con tapa, 3) ventana, 4) difusor de alcohol, 5) perforaciones para desagüe y 6) etil glicol como conservante.

Ramas trampas y cámaras de emergencia. Con el fin de conocer las especies de escarabajos descortezadores asociados a la especie *T. cacao* en cada sitio de estudio, se realizó un muestreo discriminatorio, el cual consistió en la colocación de ramas trampas recién cortadas (Hernández-Cárdenas *et al*., 2016) de 30 cm de longitud con diámetros superiores de 2 cm hasta los 15 cm, en cada sitio de estudio se hicieron tres réplicas de las ramas trampa, estas consistían en el apilado de las ramas trampas sobre una membrana de plástico y fueron expuestas al medio por lapsos de 15, 30, 45 y 60 días, con el fin de atraer a sus posibles huéspedes. Pasado el tiempo de exposición, las ramas trampas con signos de barrenación se pasaron a cámaras de emergencia, donde permanecieron por un mes, mismas que eran revisadas cada tercer día para recolectar los especímenes emergidos (Figura 3).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

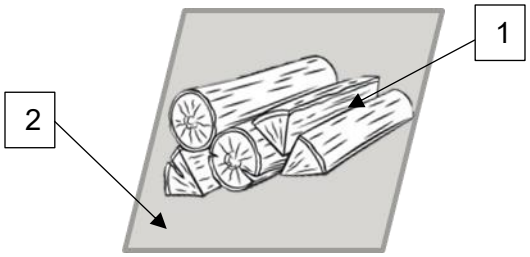


Figura 3. Ramas trampas, 1) cortes de *T. cacao* con diámetros de 2 hasta 15 cm y 2) membrana de plástico.

Las cámaras fueron elaboradas a partir de recipientes de 20 L (garrafones de agua), el cual en la parte anterior se le adiciono un colector de plástico (frasco de plástico de 100 ml) con alcohol etílico al 70% como conservante; en la parte media superior se le realizó un corte de 25 cm x 40 cm el cual funciono como tapa (esta se pegaba a la cámara mediante cinta adhesiva), a esta se le hicieron perforaciones suficientes a modo de respiraderos; en la porción posterior inferior se realizaron perforaciones a modo de desagüe para la humedad contenida en las ramas trampas (Figura 4).

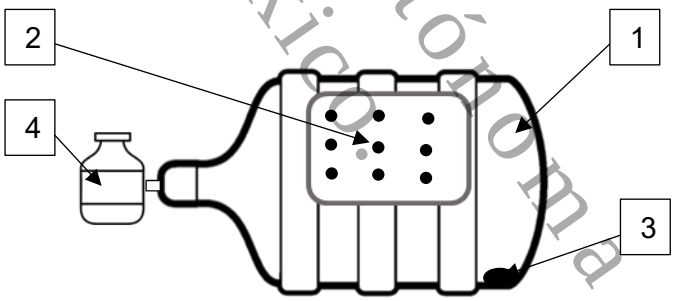


Figura 4. Cámara de emergencia, 1) contenedor de 20 L, 2) tapa con perforaciones a modo de respiraderos, 3) orificio de desagüe y 4) colector de plástico con alcohol etílico al 70% como conservante.

***Id*entificación del material biológico.** Se realizó mediante las claves taxonómicas de Wood (1982; 1986; 2007), Pérez-De La Cruz, *et al*. (2009c; 2011), Burgos-Solorio y Hernández (2020) y Pérez-Silva *et al*. (2021) y comparaciones con material depositado en la Colección de Insectos de la Universidad de Tabasco (CIUT) del Centro de

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Investigación para la Conservación y Aprovechamiento de Recursos Tropicales (CICART) de la División Académica de Ciencias Biológicas de la UJAT.

Variables ambientales. Los datos de temperatura y humedad se registraron cada dos horas por un año utilizando data loggers modelo UT 330C, de los cuales se descargaba la información cada 15 días. La radiación solar se registró diariamente durante el tiempo de muestreo utilizando el medidor de radiación SM206, dichas mediciones se realizaron en cinco puntos dentro de cada sitio de estudio entre las 12:00 y 14:00 horas. Por su parte, los valores de precipitación fueron obtenidas de la estación meteorológica Puyacatenco localizada en las coordenadas 17°31'27"N y 92°55'56"W.

Análisis de datos. La diversidad de coleópteros descortezadores asociados al agroecosistema cacao a pleno sol y sombra se comparó a través de los números efectivos de orden 1 (^1D), en la cual todas las especies son consideradas en el valor de diversidad, ponderadas proporcionalmente según su abundancia en la comunidad (Moreno *et al*., 2011).

La eficiencia del muestreo en cada una de las áreas de estudio se obtuvo mediante las curvas de acumulación de especies utilizando el estimador no paramétricos de riqueza Chao 1 (Moreno, 2001). La equidad de la comunidad se analizó utilizando el índice de Pielou (J´), el cual mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada, con valores que van de 0 a 1, donde 1 nos dice que las especies presentan la misma abundancia dentro de la comunidad obtenido mediante el programa PAST 3.33. La similitud de las comunidades de descortezadores se determinó con el índice de Sorensen (Is) para datos cualitativos, el cual relaciona el número de especies compartidas con la media aritmética de las especies de ambas comunidades (Moreno, 2001).

Posteriormente, se analizó gráficamente la fluctuación anual de los insectos descortezadores que se obtuvieron de las ramas trampas, pero utilizando las abundancias obtenidas de las trampas ECOIAPAR. Finalmente, se realizó un Análisis de Correspondencias Canónicas (ACC) (Badii *et al*., 2007) empleando el programa XLSTAT 2024.1.0 (Addinsoft, 2022) para determinar la relación entre las variables ambientales y

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

las especies que se registraron como huéspedes de *T. cacao* utilizando las abundancias obtenidas de las trampas ECOIAPAR.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

8. Cronograma de actividades

Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Revisión de literatura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Asignaturas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
Trabajo de campo						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
Montaje de insectos						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Identificación del material biológico							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Análisis de datos																	X	X	X	X				
Estancia académica																				X	X			
Presentación de TOEFL																							X	
Escritura de articulo																				X	X	X		
Entrega y revisión de tesis																							X	
Obtención de grado																								X

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

9. Referencias citadas

Addinsoft. (2022). XLSTAT statistical and data analysis solution. Addinsoft Inc. Nueva York. https://www.xlstat.com/es/

Arcos-Méndez, M. C., Martínez-Bolaños, L., Ortiz-Gil, G., Martínez-Bolaños, M., & Avendaño-Arrazate, C. H. (2019). Efecto in vitro de extractos vegetales contra la Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Agricultura Tropical*, 5 (1), 19–24. https://1library.co/document/q06k5rvq-efecto-extractos-vegetales-contra-moniliasis-moniliophthora-roreri-theobroma.html

Arvelo, M. Á., Delgado, T., Maroto, S., Rivera, J., Higuera, I., y Navarro, A. (2016) *Estado actual sobre la producción y el comercio del cacao en América*. San José, C.R. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). file:///C:/Users/oscar/Downloads/BVE17048806e.pdf

Atkinson, T. H. (2017). Familia Curculionidae (Scolytinae y Platypodinae). In D. C. Tovar (Ed.), Fundamentos de Entomología Forestal (Primera Edición, pp. 410). Universidad Autónoma de Chapingo. https://acortar.link/5OdWEh

Atkinson, T. H. (2024). Escarabajos de corteza y ambrosía de las Américas. Bark and Ambrosia Beetles of the Americas. http://www.barkbeetles.info

Badii, M. H., Castillo, J., Cortez, K., Wong, A., & Villalpando, P. (2007) Correlación canónica Análisis de correlación canónica (ACC) e investigación científica (Canonical correlation analysis and scientific research). *InnOvaciOnes de NegOciOs*, 4 (2), 405–422. https://acortar.link/V7celb

Baños-Júarez, A., Pérez-De La Cruz, M., Sánchez-Soto, S., & Capello-Garía, S. (2012). Fluctuación Poblacional de *Xyleborus volvulus* (F.) (Coleoptera: Curculionidae), en localidades de Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 28 (3), 540–549. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0065-17372012000300004&script=sci_arttext

Barrera, J. F., Múñoz, H., & Gálvez, J. (2003) ECO-IAPAR el capturador de broca del café recicle botellas de plástico y gane contra la broca.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-ECOSUR:39135/Description#similar

Bernal-Zuluaga, J. T. (2021) Evaluación de la diversidad de géneros de escolitinos (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) asociados al agrosistema de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el oriente de Caldas, Colombia. Universidad de Caldas. https://repositorio.ucaldas.edu.co/handle/ucaldas/17190

Burbano-Figueroa, O., Galindez-Chicaíza, E., Benítez-Arteaga, A. J., Alvarez-Coral, A. V., Florez-Casanova, C. A., Betancourth-García, C. A., Salazar-González, C., David-Figueroa, A., & Lagos-Mora, L. E. (2020) Declive y muerte de los frailejones en los ecosistemas alpinos de los Andes del Norte: Modelo. *AgriRxiv*, https://doi.org/10.31220/agriRxiv.2020.00003

Burgos-Solorio, A., & Equihua-Martínez, A. (2007). Platypodidae y Scolytidae (Coleoptera) de Jalisco, México. Dugesiana, 14 (2), 59–82. https://www.researchgate.net/publication/237283899

Burgos-Solorio, A., & Hernández, N. (2020). Los Platipodinos (Coleoptera Curculionidae Platypodinae) del estado de Morelos, México. *Dugesiana*, 27 (1), 55–73. https://acortar.link/MOVy98

Castorena Pérez, A. E., Equihua Martínez, A., Jardel Peláez, E. J., Rivera Cervantes, L. E., & Cuevas Guzmán, R. (2020) Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) de un bosque mixto de pino-latifoliadas de la Sierra de Manantlán, Jalisco, México. *Dugesiana*, 27 (2), 83–90. https://acortar.link/08P9yt

Delgado, C., & Couturier, G. (2017) Primer registro de *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidae) sobre cacao en Perú. *Revista Colombiana de Entomología*, 43 (1), 121–124. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-04882017000100121&script=sci_arttext

Del-Val, E., & Sáenz-Romero, C. (2017) Insectos descortezadores (Coleoptera: Curculionidae) y cambio climático: Problemática actual y perspectivas en los bosques templados. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 20 (2), 53–60. https://doi.org/10.1016/j.recqb.2017.04.006

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco México

Falcón-Brindis, A., Pérez de la Cruz, M., Mata-Zayas, E. E., De la Cruz-Pérez, A., Sánchez-Soto, S. y Burelo-Ramos, C. M. (2018). Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculiondae) de Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 34 (2), 1–10. https://doi.org/10.21829/azm.2018.3412107

Ferreira, E. M., Harrington, T. C., Thorpe, D. J., & Alfenas, A. C. (2010) Genetic diversity and interfertility among highly differentiated populations of *Ceratocystis fimbriata* in Brazil. *Plant Pathology*, 59 (4), 721–735. https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02275.x

García-López, A., Micó, E., & Galante, E. (2012). From lowlands to highlands: Searching for elevational patterns of species richness and distribution of scarab beetles in Costa Rica. Diversity and Distributions, 18 (6), 543–553. https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00846.x

Gerónimo-Torres, J. D. C., Pérez-De La Cruz, M., de La Cruz-Pérez, A., & Torres-De La Cruz, M. (2015). Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera Curculionidae) asociados a manglares de Tabasco, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 41 (2), 257–261. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-04882015000200018&script=sci_arttext

Hernández-Cárdenas, J. A., Flores-Palacios, A., Corona-López, A. M., & Toledo-Hernández, V. H. (2016). Ecología y comportamiento escarabajos saproxilófagos asociados a seis especies de plantas leñosas en un bosque tropical caducifolio de Tepoztlán, Morelos. *Entomología Mexicana*, 3, 495–501. https://acortar.link/you2MZ

INEGI. (2010) Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Teapa, Tabasco clave geoestadística 27016. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/27/27016.pdf

Mazón, M., Díaz, F., & Gaviria, J. C. (2013) Effectiveness of different trap types for control of bark and ambrosia beetles (Scolytinae) in Criollo cacao farms of Mérida,

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Venezuela. *International Journal of Pest Management*, 59 (3), 189–196. https://doi.org/10.1080/09670874.2013.810794

Mezei, P., Grodzki, W., Blaženec, M., & Jakuš, R. (2014) Factors influencing the wind-bark beetles' disturbance system in the course of an *Ips typographus* outbreak in the Tatra Mountains. *Forest Ecology and Management*, 312, 67–77. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.10.020

Moon, M. J., Park, J. G., Seo, S. T., & Kim, K. H. (2012). Microstructure of the prothoracic mycangia in the ambrosia beetle *Platypus koryoensis* (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 15 (1), 51–57. https://doi.org/10.1016/j.aspen.2011.08.010

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (CYTED, Vol. 1). M&T–Manuales y Tesis SEA. http://entomologia.rediris.es/sea

Moreno, C. E., Barragán, F., Pineda, E., & Pavón, N. P. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1249–1261. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532011000400019&script=sci_arttext

Paladines-Rezabala, A., Moreira-Morrillo, A. A., Mieles, A. E., & Garcés-Fiallos, F. R. (2022) Advances in understanding of the interaction between *Ceratocystis cacaofunesta* and *Xyleborus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) on cocoa trees. *In Scientia Agropecuaria*, 13, (1), 43–52. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.004

Pérez-De La Cruz, M., Equihua-Martínez, A., Romero-Nápoles, J., Sánchez-Soto, S., García-López, E., & Bravo-Mojica, H. (2009)a. Escolítidos (Coleoptera: Scolytidae) Asociados al Agroecosistema Cacao en Tabasco, México. *Neotropical Entomology*, 38 (5), 602–609. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6221/A8059e.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Pérez-De La Cruz, M., Equihua-Martínez, A., Romero-Nápoles, J., Sánchez-Soto, S., & Gracía-López, E. (2009)b. Diversidad, fluctuaciónn poblacional y plantas huésped de escolítinos (Coleoptera: Curculionidae) asociados agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, 779–791. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532009000300020

Pérez-De La Cruz, M., Equihua-Martínez, A., Romero-Nápoles, J., Valdez-Carrasco, J. M., & de La Cruz-Pérez, A. (2009)c. Claves para la identificación de escolítinos (Coleoptera: Curculionidae) asociados al agroecosistema cacao en el Sur de México. *Boletín Del Museo de Entomología de La Universidad Del Valle*, 10 (1), 14–29. https://acortar.link/gA4Kip

Pérez-De La Cruz, M., Hernández-May, M. A., de La Cruz-Pérez, A., & Sánchez-Soto, S. (2016). Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) de dos áreas de conservación en Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, 64 (1), 335–342. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44943437027

Pérez-De La Cruz, M., Valdéz-Carrasco, J. M., Romero-Nápoles, J., Equihua-Martínez, A., Sánchez-Soto, S., & De La Cruz-Pérez, A. (2011) Fluctuación poblacional, plantas huéspedes, distribución y clave para la identificación de Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) Asociados al agroecosistema Cacao Tabasco, México. Acta Zoológica Mexicana, 27(1), 129–143. https://acortar.link/yNVvZb

Pérez-Silva, M., Equihua-Martínez, A., Atkinson, T. H., Romero-Nápoles, J., & López-Buenfil, J. A. (2021). Illustrated keys for the identification of genera and species of the tribe Xyleborini (Curculionidae: Scolytinae) from Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 92. https://doi.org/10.22201/IB.20078706E.2021.92.3817

Peters, D. P. C., Pielke, R. A., Bestelmeyer, B. T., Allen, C. D., Munson-Mcgee, S., Havstad, K. M., & Mooney, H. A. (2004). Cross-scale interactions, nonlinearities, and forecasting catastrophic events. *PNAS*, 101 (42), 15130–15135. www.pnas.orgcgidoi10.1073pnas.0403822101

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Ramírez-González, S. I. (2008) La moniliasis un desafío para lograr la sostenibilidad del sistema cacao en México. Tecnología *En Marcha*, 21 (1), 97–110. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835688

Rangel, R., Pérez-De La Cruz, M., Sánchez-Soto, S., & Capello-García, S. (2012). Fluctuación poblacional de *Xyleborus ferrugineus* y *X. affinis* (Coleoptera: Curculionidae) en ecosistemas de Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, 60 (4), 1577–1588. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442012000400015&script=sci_arttext

Romero, D.V. (2017) Diversidad de Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) de dos Comunidades Áridas de Baja California Sur. Master of Sciences, Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, La Paz, Baja California Sur. Disponible en: https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/435

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Avance de siembras y cosechas. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. https://nube.siap.gob.mx/avance_ agricola/

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. (2018) Principales plagas y enfermedades en cacao. https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/principales-plagas-y-enfermedades-en-cacao

Štefková, K., Okrouhlík, J., & Doležal, P. (2017) Development and survival of the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) at low temperatures in the laboratory and the field. *European Journal of Entomology*, 114 (1), 1–6. https://doi.org/10.14411/eje.2017.001

Valarezo-Cely, O., Ceñarte-Bermúdez, E., & Navarrete-Cedeño, B. (2012). Artrópodos asociados al cultivo de Cacao en Manabí. *La Técnica*, 34–42. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6087699

Vásquez, C. M., & Jiménez-Martínez, E. (2017) Factores de diversidad y fluctuación poblacional de insectos asociados al cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merril) en Ticuantepe, Nicaragua. *La Calera*, 17 (28), 1–9. https://doi.org/10.5377/calera.v17i28.6362

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Witkowski, R., Dyderski, M. K., Bełka, M., & Mazur, A. (2022). Potential European Geographical Distribution of *Gnathotrichus materiarius* (Fitch, 1858) (Coleoptera: Scolytinae) under Current and Future Climate Conditions. *Forests*, 13 (7). https://doi.org/10.3390/f13071097

Wood, S. L. (1982) The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. *Great Basin Naturalist Memoirs,* 6, 1–1327. https://biostor.org/reference/239409

Wood, S. L. (1993) Revision of the genera of Platypodidae (Coleoptera). *Great Basin Naturalist,* 53, 259–281. https://scholarsarchive.byu.edu/gbn/vol53/iss3/5/

Wood, S. L. (2007) *Bark and Ambrosia Beetles of South America (Coleoptera, Scolytidae)*. Brigham Young University, Utah USA, 900 pp. https://scholarsarchive.byu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1005&context=mlbm

Yuceer, C., Hsu, C. Y., Erbilgin, N., & Klepzig, K. D. (2011). Ultrastructure of the mycangium of the southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae): complex morphology for complex interactions. *Acta Zoologica*, 92 (3), 216–224. https://doi.org/10.1111/j.1463-6395.2011.00500.x

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Capítulo II

Nombre del artículo:

Diversidad de Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) asociados al agroecosistema cacao (*Theobroma cacao*) a pleno sol y sombra

Autores:

Óscar Iván Álvarez-Ramón[1], Manuel Pérez-De La Cruz[1], José Del Carmen Gerónimo-Torres [2], Aracely De la Cruz-Pérez[1] y César Orlando Pozo-Santiago[3, 4].

Resumen: El objetivo de la investigación fue evaluar la diversidad de Scolytinae y Platypodinae asociados al agroecosistema de cacao a pleno sol y sombra en Tabasco, México. En la plantación a pleno sol (PPS) se capturaron 1 781 individuos de 31 especies de Scolytinae y dos especies de Platypodinae. En la plantación bajo sombra (PBS) se capturaron 1 788 individuos de 27 especies de Scolytinae y una de Platypodinae. La mayor diversidad ^{1}D se registró en la PPS con 13.29 especies efectivas y la menor en la PBS con 10.85. Además, se identificó la asociación de 13 especies de Scolytinae con *T. cacao*.

Palabras clave: escarabajos descortezadores; ramas trampa; ecoiapar; abundancia; hospedero.

Institución de adscripción de cada autor:

[1]División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5. C.P. 86039, Tabasco, México. [2]Campus Huimanguillo-Tecnológico Nacional de México, Carretera del Golfo Malpaso-El Bellote K.m. 98.5, Col. Rancheria Libertad. C.P. 86400 Huimanguillo, Tabasco, Mexico. [3]Facultad Maya de Estudios Agropecuarios-Universidad Autónoma de Chiapas, Carretera Catazajá-Palenque Km. 4 C.P. 29980, Catazajá, Chiapas, México. [4]Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Palenque-Instituto Politécnico Nacional, Av. Luis Enrique Erro S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zacatenco, Alcaldía Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México. *Autor de correspondencia: jc.geronimo89@hotmail.com

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Capítulo II

Diversidad de Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) asociados al agroecosistema cacao (*Theobroma cacao*) a pleno sol y sombra

Diversity of Scolytinae and Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) associated with the cacao agroecosystem (*Theobroma cacao*) under sun and shade

Óscar Iván Álvarez-Ramón[1], Manuel Pérez-De La Cruz[1], José Del Carmen Gerónimo-Torres [2], Aracely De la Cruz-Pérez[1] y César Orlando Pozo-Santiago[3, 4].

[1]*División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5. C.P. 86039, Tabasco, México.*

[2]*Campus Huimanguillo-Tecnológico Nacional de México, Carretera del Golfo Malpaso-El Bellote K.m. 98.5, Col. Rancheria Libertad. C.P. 86400 Huimanguillo, Tabasco, Mexico.*

[3]*Facultad Maya de Estudios Agropecuarios-Universidad Autónoma de Chiapas, Carretera Catazajá-Palenque Km. 4 C.P. 29980, Catazajá, Chiapas, México.*

[4]*Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Palenque-Instituto Politécnico Nacional, Av. Luis Enrique Erro S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zacatenco, Alcaldía Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México.*

*Autor de correspondencia: jc.geronimo89@hotmail.com

Resumen. En México se producen alrededor de 29 013.75 ton de cacao, de las cuales el 61 % se produce en Tabasco, sin embargo, es un cultivo que se ve afectado por plagas y enfermedades, y se cree que será uno de los agroecosistemas más afectados por el cambio climático. Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue evaluar la diversidad de Scolytinae y Platypodinae asociados al agroecosistema de cacao a pleno sol y sombra

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.

en Tabasco, México. Se colocaron cinco trampas ECOIAPAR, a una altura de 1.5 m en cada sitio durante un año. En la plantación a pleno sol (PPS) se capturaron 1 781 individuos de 31 especies de Scolytinae y dos especies de Platypodinae. En la plantación bajo sombra (PBS) se capturaron 1 788 individuos de 27 especies de Scolytinae y una de Platypodinae. La mayor diversidad ^{1}D se registró en la PPS con 13.29 especies efectivas y la menor en la PBS con 10.85. Además, se identificó la asociación de 13 especies de Scolytinae con *T. cacao*. Se determinó que la especie *H*. *birmanus* tiene preferencia por la baja humedad y las bajas precipitaciones; la especie *H*. *seriatus* parece ser sensible a las precipitaciones; *X*. *volvulus* se asocia con la alta humedad; en el caso de *Hypothenemus* sp1, *T*. *ricini* y *X*. *ferrugineus* muestran preferencias por la alta radiación. Las investigaciones dirigidas a estudiar la influencia de las variables ambientales sobre insectos de importancia económica son de vital importancia, ya que permiten conocer los posibles efectos de estas variables sobre la distribución y desarrollo de sus poblaciones, así como proporcionar pautas para el desarrollo de modelos predictivos que puedan ser utilizados para predecir los efectos del cambio climático sobre agroecosistemas vulnerables.

Palabras clave: escarabajos descortezadores; ramas trampa; ecoiapar; abundancia; hospedero.

Abstract. About 29 013.75 tons of cocoa are produced in Mexico, of which 61 % is produced in Tabasco, however, it is a crop that is affected by pests and diseases, and it is believed that it will be one of the agroecosystems most affected by climate change. Therefore, the objective of the research was to evaluate the diversity of Scolytinae and Platypodinae associated with the cocoa agroecosystem in full sun and shade in Tabasco, Mexico. Five ECOIAPAR traps were placed at a height of 1.5 m at each site for one year. In the full sun plantation (PPS), 1 781 individuals of 31 species of Scolytinae and two species of Platypodinae were captured. In the shaded plantation (PBS), 1 788 individuals of 27 species of Scolytinae and one species of Platypodinae were captured. The highest 1D diversity was recorded in the PPS with 13.29 effective species and the lowest in the PBS with 10.85. In addition, the association of 13 species of Scolytinae with *T. cacao* was

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

identified. It was determined that the species *H. birmanus* has a preference for low humidity and low rainfall; the species *H. seriatus* seems to be sensitive to rainfall; *X. volvulus* is associated with high humidity; in the case of *Hypothenemus* sp1, *T. ricini* and *X. ferrugineus* show preferences for high radiation. Research aimed at studying the influence of environmental variables on insects of economic importance is of vital importance, since it allows us to know the possible effects of these variables on the distribution and development of their populations, as well as to provide guidelines for the development of predictive models that can be used to predict the effects of climate change on vulnerable agroecosystems.

Keywords: bark beetles; trap branches; ecoiapar; abundance; host.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L. 1753) es un cultivo del cual dependen más de 20 millones de personas alrededor del mundo (Ramírez-González, 2008). De acuerdo con la Organización Internacional del Cacao, América Latina es responsable del 80% de la producción mundial de cacao (CAF, 2024). El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera en 2023, reportó una producción para México de 29 013.75 ton, del cual, Tabasco produjo el 61 % (SIAP, 2023). No obstante, el agroecosistema cacao presenta diversos problemas fitosanitarios, como son las plagas (SNICS, 2018) y enfermedades, siendo la moniliasis el principal problema, el cual genera pérdidas de hasta el 90 % de la producción (Ramírez-González, 2008; Arcos-Méndez *et al*., 2019). Sin embargo, a las dificultades ya existentes, se le suman los efectos negativos generados por el cambio climático, como el aumento de la temperatura, prolongación de temporadas de sequías, estrés hídrico en las plantas y un aparente aumento de plagas insectiles (Del-Val y Sáenz-Romero, 2017).

Los insectos de la subfamilia Scolytinae y Platypodinae, son comúnmente conocidos como escarabajos descortezadores que atacan árboles debilitados por la edad, la sequía, el fuego, enfermedades o daño mecánico, sin embargo, hay especies que cuando su abundancia poblacional aumenta desmedidamente pueden infestar árboles sanos (Billings *et al*., 2004; Bentz *et al*., 2010; Del-Val y Sáenz-Romero, 2017). Raffa *et al*. (2008) mencionan que el incremento de las temperaturas acelera el desarrollo de los adultos y aumenta su tasa reproductiva, y por lo consiguiente un mayor número de generaciones al año. Así mismo, con aumento de temperatura, sequias prolongadas y una baja actividad fotosintética, hace a las plantas aún más vulnerable al ataque y colonización de estos escarabajos (Kolb *et al*., 2019).

El cultivo de cacao tradicional se realiza debajo de árboles de sombra y en un ambiente de alta humedad, sin embargo, han cambiado a lugares de plena exposición solar (Almeida y Valle, 2007), y con ello se producen una serie de cambios fisiológicos como reducción de la producción después de los ocho años, menor área foliar especifica, menor contenido de agua en las hojas, hojas más gruesas y mayor pérdida de agua debido a la evapotranspiración. Los escenarios climáticos futuros predicen incrementos

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco México

en la temperatura global entre 1 a 4.5 °C, donde los lugares con temperaturas más altas serán más afectados y la producción se verá disminuida (Jarma-Orozco *et al*., 2012). Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue evaluar la diversidad de escolítinos y platipodinos asociados al agroecosistema de cacao pleno sol y sombra en Teapa, Tabasco, México.

Materiales y métodos

Área de estudio. El estudio se realizó de diciembre 2022 a noviembre de 2023 en el ejido Las Delicias de la Ranchería José María Morelos y Pavón en el municipio de Teapa, Tabasco, México, en dos plantaciones de agroecosistema de cacao con diferente estructura vegetal: a pleno sol y otra con árboles de sombra. La plantación a pleno sol (PPS) presenta árboles de cacao sembrados en marco real de 5x5 m con una edad de 10 años con una extensión de 12 000 m² y se encuentra localizada a 17°38'12.4"N y 92°55'35.8"W, presenta asociada una variedad de especies vegetales como *Psidium guajava* L. (Guayaba), *Persea americana* Mill. (Aguacate), *Nephelium lappaceum* L. (Rambután), *Annona muricata* L. (Guanábana), *Inga inicuil* Schltdl. y Cham. ex G.Don (vaina), *Cinnamomum verum* J.Presl. (canela) y cítricos de diversas variedades los cuales no superan los 2.5 m de altura. Así mismo, se pueden identificar las especies *Cedrela odorata* L. y *Colubrina arborescens* (Mill.) Sarg. (Tatuán) que superan los 4 m de altura, con una densidad de 0.4 árboles por cada 25 m^2. La plantación bajo sombra (PBS) presenta árboles de cacao sembrados en un marco real de 3x3 m con una edad de 20 años con una extensión de 10 000 m^2 y se encuentra localizada a 17°38'14.6"N y 92°55'45.3"W, cuenta con tres especies de árboles de sombra: *C. odorata* (Cedro), *Guazuma ulmifolia* Lam. (Guásimo) y *Swietenia macrophylla* King (Caoba), los cuales superan los 10 m de altura, con una densidad de 1.1 árboles por cada 25 m^2. Ambas plantaciones se encuentran a una altura de 20 msnm. La fisiografía de la zona corresponde a una llanura aluvial, con un clima cálido húmedo con lluvias todo el año (Af), la temperatura promedio es de 25 ºC y una precipitación media de 4 250 mm (INEGI, 2010).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Captura de insectos. Para determinar las especies de escolitinos y platipodinos asociados al agroecosistema de cacao en cada área de estudio, se colocaron cinco trampas ECOIAPAR (Fig. Ia) en formación de cinco de oros, a una altura de 1.5 m (Pérez-De La Cruz *et al*., 2009a) con separación de 20 m entre trampas y 5 m con relación a los bordes de los sitios. La trampa consiste en una botella de plástico desechable de 3 L con una ventana de 11 cm x 20 cm en la parte media, con perforaciones en la circunferencia de la botella por debajo de la base de la ventana para el desagüe durante la temporada de lluvia, dentro de la botella a la altura de la ventana se colocó un difusor (Barrera *et al*., 2003) con alcohol etílico al 70% como atrayente y en la base de la trampa glicol etileno como conservante (Prestone) (Vásquez & Jiménez-Martínez, 2017; Romero, 2017). Los insectos atraídos se recolectaron cada 15 días por un año y se conservaron en alcohol etílico al 70% para su posterior montaje y determinación en el laboratorio de la Colección de insectos de la Universidad de Tabasco (CIUT).

Figura 5. Métodos de colecta: a) trampa ECOIAPAR, b) ramas trampa y c) cámaras de emergencia.

Ramas trampas y cámaras de emergencia. Con el fin de conocer las especies de escarabajos descortezadores asociados a *T. cacao* en cada sitio de estudio, se realizó

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

un muestreo discriminatorio, el cual consistió en la colocación de ramas trampas de cacao recién cortadas (Hernández-Cárdenas *et al*., 2016) de 30 cm de longitud con diámetros mayores de 2 cm hasta los 15 cm, las cuales se colocaron por triplicado sobre una membrana de plástico en cada sitio de estudio. Las ramas trampas fueron apiladas y expuestas al medio por lapsos de 15, 30, 45 y 60 días, con el fin de atraer a sus posibles huéspedes. Pasado el tiempo de exposición, las ramas trampas con signos de barrenación se colocaron en cámaras de emergencia por un mes, mismas que eran revisadas cada tercer día para recolectar los especímenes emergidos. Las cámaras fueron elaboradas a partir de recipientes de 20 L, el cual en la parte anterior se le adiciono un colector de plástico con alcohol etílico al 70% como conservante; en la parte media superior se le realizó un corte de 25 cm x 40 cm el cual funciono como tapa, a esta se le hicieron perforaciones suficientes a modo de respiraderos; en la porción posterior inferior se realizaron perforaciones a modo de desagüe para la humedad contenida en las ramas trampas (Fig. 1b-c).

Identificación del material biológico. Se realizó mediante las claves taxonómicas de Wood (1982; 1993), Pérez-De La Cruz, *et al*. (2009c; 2011), Burgos-Solorio y Hernández (2020) y Pérez-Silva *et al*. (2021) y comparaciones con material depositado en la Colección de Insectos de la Universidad de Tabasco (CIUT) del Centro de Investigación para la Conservación y Aprovechamiento de Recursos Tropicales (CICART) de la División Académica de Ciencias Biológicas de la UJAT.

Variables ambientales. Los datos de temperatura y humedad se registraron cada dos horas por un año utilizando data loggers modelo UT 330C, de los cuales se descargó la información cada 15 días. La radiación solar se registró diariamente durante el tiempo de muestreo utilizando el medidor de radiación SM206, dichas mediciones se realizaron en cinco puntos dentro de cada sitio de estudio entre las 12:00 y 14:00 horas. Los valores de precipitación fueron obtenidos de la estación meteorológica Puyacatenco localizada a 17°31'27"N y 92°55'56"W.

Análisis de datos. La diversidad de coleópteros descortezadores asociados al agroecosistema cacao pleno sol y sombra se comparó a través de los números efectivos de orden 1 (^1D), en la cual todas las especies son consideradas en el valor de diversidad,

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

ponderadas proporcionalmente según su abundancia en la comunidad (Moreno *et al*., 2011). La eficiencia del muestreo en cada uno de las áreas de estudio se obtuvo mediante las curvas de acumulación de especies utilizando el estimador no paramétricos de riqueza Chao 1 (Moreno, 2001). La equidad de la comunidad se analizó utilizando el índice de Pielou (J´), el cual mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada, con valores que van de 0 a 1, donde 1 nos dice que las especies presentan la misma abundancia dentro de la comunidad mediante el programa PAST 3.33. La similitud de las comunidades de descortezadores se determinó con el índice de Sorensen (Is) para datos cualitativos, el cual relaciona el número de especies compartidas con la media aritmética de las especies de ambas comunidades (Moreno, 2001). Se analizó gráficamente la fluctuación anual de los descortezadores que fueron exclusivamente identificados en las plantas hospedera de cacao, utilizando las abundancias de las trampas ECOIAPAR. Finalmente, se realizó un Análisis de Correspondencias Canónicas (ACC) (Badii *et al*., 2007) empleando el programa XLSTAT 2024.1.0 (Addinsoft, 2022) para determinar la relación entre las variables ambientales y las especies que se registraron como huéspedes de *T. cacao* y las especies más abundantes en cada sitio con las abundancias obtenidas de las trampas ECOIAPAR.

Resultados

Riqueza y abundancia de descortezadores

Se recolectaron un total de 3 569 individuos, pertenecientes a 35 especies de 15 géneros, de las cuales 33 especies pertenecen a la subfamilia Scolytinae y dos a Platypodinae. Los géneros *Hypothenemus* y *Xyleborus* registraron la mayor riqueza de especies con 11 y cuatro respectivamente. La especie *Hypothenemus crudiae* (Panzer 1791) presentó la mayor abundancia, seguida de *Hypothenemus birmanus* (Eichhoff 1878), *Premnobius cavipennis* Eichhoff 1878 y *Corthylus minutissimus* Schedl 1940 con el 57 % de la colecta total. En la PPS se capturaron 1 781 individuos, 1 740 con trampas ECOIAPAR y 41 con ramas trampas, los cuales estuvieron distribuidos en 33 especies de 15 géneros, 31 especies de Scolytinae y dos de Platypodinae. La especie que presentó la mayor

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

abundancia para este sitio fue *C. minutissimus* seguida de *P. cavipennis, H. birmanus* e *H. crudiae* con el 52 % de los individuos. En la PBS se capturaron 1 788 individuos, 1 727 con trampas ECOIAPAR y 61 con ramas trampas, las cuales estuvieron distribuidas en 28 especies de 13 géneros, 27 especies de Scolytinae y una de Platypodinae. La especie que presentó la mayor abundancia para este sitio fue *H. crudiae* seguida de *H. birmanus* y *P. cavipennis* con el 53 % de los individuos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Riqueza y abundancia de Scolytinae y Platypodinae capturados con trampas ECOIAPAR (TA) y ramas trampas en cámaras de emergencia (CE) en las plantaciones del agroecosistema de cacao PPS y PBS.

Especies	Abrev.	**PPS**		**PBS**	
		TA	CE	TA	CE
Scolytinae					
Ambrosiodmus sp	Amsp	4	0	0	0
Cocotrypes cyperi (Beeson 1929)	Cocy	2	0	0	1
Coptoborus sp	Coptsp	0	0	0	1
Coptoborus pseudotenius (Schedl 1936)	Copsp	7	0	2	0
Coptoborus tolimanus (Eggers 1928)	Copto	0	0	1	0
Corthylocurus debilis Wood 1974	Corde	20	0	18	0
Corthylus minutissimus Schedl 1940	Cormi	254	0	157	0
Corthylus papulans Eichhoff 1869	Corpa	2	0	11	0
Cryptocarenus diadematus Eggers 1937	Crdia	1	0	0	0
Cryptocarenus heveae (Hagedorn 1912)	Crhev	4	0	6	0
Cryptocarenus sp	Crsp	0	1	1	0
Hypocryphalus mangiferae Stebbing 1914	Hyman	6	0	0	0
Hypothenemus birmanus (Eichhoff 1878)	Hybirm	224	0	276	0
Hypothenemus brunneus (Hopkins 1915)	Hybru	59	0	56	0
Hypothenemus crudiae (Panzer 1791)	Hycru	209	1	467	1
Hypothenemus eruditus Westwood 1836	Hyeru	158	7	55	5
Hypothenemus seriatus (Eichhoff 1872)	Hyser	64	1	79	2
Hypothenemus sp 1	Hysp 1	151	18	84	17

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Hypothenemus sp 2	Hysp 2	7	0	4	0
Hypothenemus sp 3	Hysp 3	25	0	4	0
Hypothenemus sp 4	Hysp 4	2	0	0	0
Hypothenemus sp 5	Hysp 5	17	0	0	0
Hypothenemus sp 6	Hysp 6	4	0	40	0
Premnobius cavipennis Eichhoff 1878	Prcav	243	0	206	0
Sampsonius dampfi Schedl 1940	Sadam	114	0	76	0
Theoborus ricini (Eggers 1932)	Thric	30	3	55	3
Xyleborinus gracilis (Eichhoff 1868)	Xygra	3	0	3	0
Xyleborus affinis Eichhoff 1868	Xyaff	69	3	81	25
Xyleborus ferrugineus (Fabricius 1801)	Xyfer	9	4	2	1
Xyleborus spinulosus Blandford 1898	Xyspi	27	2	24	1
Xyleborus volvulus (Fabricius 1775)	Xyvol	17	1	15	1
Xylosandrus curtulus (Eichhoff 1869)	Xycur	1	0	0	0
Xylosandrus morigerus (Blandford 1894)	Xymo	3	0	1	3
Platypodinae					
Euplatypus parallelus (Fabricius 1801)	Eupa	2	0	0	0
Euplatypus segnis (Chapuis 1865)	Euseg	2	0	3	0
	Riqueza	**32**	**10**	**26**	**12**
	Abundancia	**1740**	**41**	**1727**	**61**

Cuadro 2. Índices de diversidad, equidad, eficiencia y completitud de muestreo en trampas ECOIAPAR (TA) y ramas trampas en cámaras de emergencia (CE) en las plantaciones del agroecosistema de cacao PPS y PBS.

Sitio	Riqueza	1D	Equidad	Chao 1	Completitud
PPS-TA	32	13.29	0.74	32.4	98.77
PPS-CE	10	5.92	0.77	12.93	77.34
PBS-TA	26	10.85	0.75	28.25	92.04
PBS-CE	12	5.69	0.7	19.38	61.92

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Cuadro 3. Similitud observada en trampas ECOIAPAR (TA) y ramas trampas en cámaras de emergencia (CE) en las plantaciones del agroecosistema de cacao PPS y PBS.

SITIO	**PPS-TA**	**PPS-CE**	**PBS-TA**	**PBS -CE**
PPS-TA	-	0.42	0.83	0.50
PPS-CE	9	-	0.54	0.78
PBS-TA	24	10	-	0.53
PBS -CE	11	9	10	-

Estructura y diversidad

De acuerdo con los datos obtenidos con trampas ECOIAPAR el mayor valor de diversidad de orden 1 (^{1}D) se obtuvo en PPS con 13.29 especies efectivas y la menor en PBS con 10.85. En ramas trampas las diversidades fueron de 5.92 en la PPS y 5.69 la PBS. El estimador de riqueza Chao 1 mostró que para las capturas realizadas con trampas ECOIAPAR se obtuvieron completitudes de muestreo de 98.7 y 92.04 % para la PPS y la PBS respectivamente. Por su parte, en los muestreos realizados con ramas trampas se obtuvieron completitudes de 77.34 y 61.92 % para la PPS y la PBS respectivamente. Asimismo, el índice de Pielou (J´) mostro equidades similares en las dos plantaciones con los diferentes métodos de colectas (Cuadro 2). La similitud de especies capturadas con trampas ECOIAPAR entre las plantaciones fue de 0.83 al compartir 24 especies y de 0.78 entre las capturas con ramas trampas las cuales capturaron nueve especies en común (Cuadro 3).

Especies huéspedes de *T. cacao*

El muestreo discriminatorio utilizando ramas trampas mostró la asociación de 13 especies de Scolytinae con *T. cacao*, de las cuales 10 especies estuvieron presentes en la PPS y 12 en la PBS. En la PPS *Hypothenemus* sp 1 fue la especie más abundante con el 43.90 % de la recolecta para este sitio, en el caso de la PBS las especies más abundantes fueron *X. affinis* e *Hypothenemus* sp 1 con el 68.85 % (Cuadro 1). De

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

acuerdo con las ramas trampas expuestas a diferentes periodos, la mayor riqueza de especie fue recolectada a los 30 y 60 días en la PPS y la PBS respectivamente, por su parte, la mayor abundancia de insectos para ambas plantaciones se presentó en las ramas trampas con 45 días de exposición (Fig. 2).

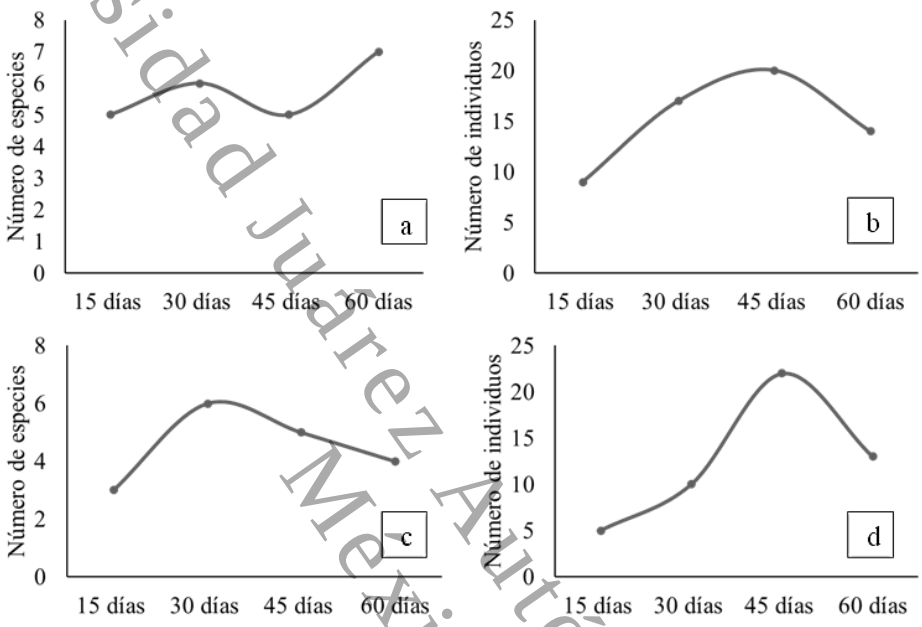


Figura 6. Fluctuación de descortezadores en ramas trampa de acuerdo con los días de exposición: a) riqueza y b) abundancia en la PPS; c) riqueza y d) abundancia en la PBS.

Fluctuación anual de descortezadores

La fluctuación de la comunidad entre ambas plantaciones presenta diferencias marcadas en las abundancias a lo largo del año. En cuanto a la evaluación de la fluctuación poblacional de las especies huéspedes de *T. cacao* y las especies con mayor número de individuos capturados con trampas ECOIAPAR, solo se consideraron las especies hospederas: *H. crudiae*, *H. seriatus, H. eruditus, Hypothenemus* sp 1, *X. affinis*, *X. spinulosus, X. volvulos, X. ferrigineus, T. ricini;* y especies más abundantes: *C. minutissimus, P. cavipennis* e *H. birmanus*. En la PPS el máximo pico de abundancia se presentó en febrero con 406 individuos, contrastando con la PBS donde se presentan tres picos, el primero en febrero con 302 individuos, seguido de junio con 259 y el ultimo

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

en septiembre con 209. La fluctuación poblacional de las especies huésped de *T. cacao* en la PPS muestra que la mayor abundancia para *H. crudiae* e *Hypothenemus* sp 1 se registró en junio con 42 y 33 individuos respectivamente, contrastando con *H. eruditus* quien obtuvo su mayor abundancia en noviembre con 32 individuos. Por su parte, *X. affinis* y *X. spinulosus* presentaron sus mayores abundancias en febrero con 18 y 6 individuos respectivamente. Con relación a *T. ricini* sus mayores abundancias fueron en febrero y abril con 7 y 8 individuos; con respecto a las especies con mayor abundancia recolectadas con trampas ECOIAPAR; *C*. *minutissimus* presentó sus mayores abundancias en febrero y marzo con 108 y 92 individuos, *P. cavipennis* en enero, febrero y marzo con 62, 79, y 48 respectivamente e *H. birmanus* en febrero y noviembre con 66 y 30 (Fig. 3a-e).

La fluctuación de las poblaciones en la PBS mostró que la mayor abundancia de *H. crudiae* se registró en junio y septiembre con 79 y 163 individuos; la especie *H. eruditus* presentó su mayor abundancia en junio con 26 individuos. No obstante, *X. affinis* presento dichos incrementos en febrero y octubre con 15 y 13 individuos respectivamente; así como, *X. spinulosus* en febrero con 9 individuos. Con relación a *T. ricini* sus mayores picos poblacionales fueron en febrero y marzo con 9 individuos, presentando un tercer momento en junio con 30 individuos; con respecto a las especies con mayor abundancia recolectadas con trampas ECOIAPAR; *C*. *minutissimus* presentó sus mayores abundancias en febrero y marzo con 48 y 93 individuos, *H. birmanus* en febrero y junio con 66 y 71 y *P. cavipennis* en enero, febrero y marzo con 54, 66, y 56 respectivamente (Fig. 4a-e).

Análisis de Correspondencias Canónicas (ACC) de variables ambientales y abundancias de especies huésped de *T. cacao*

Para el ACC solo se consideraron las especies que emergieron de las ramas trampa de la PPS y la PBS y las especies más abundantes para cada sitio capturadas con trampas ECOIAPAR, así mismo, las abundancias de estas especies fueron obtenidas de las trampas antes mencionadas. El ACC indica que ambos ejes explican el 89.07 % de la varianza en la correlación entre variables ambientales y las especies de ambos sitios de estudio, los coeficientes de correlación demuestran que el eje uno está definido por la

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

variable temperatura (r= 1.386) y el eje dos por humedad (r= -0.542) con una significancia de p<0,001 (Cuadro 4). En el gráfico de ordenación se muestra que la especie *H. birmanus* tiene preferencia por una humedad reducida y precipitaciones bajas; la especie *H. seriatus* parece ser sensible a la precipitación; *X. volvulus* tiene asociación con la humedad alta; para el caso de *Hypothenemus* sp1, *T. ricini* y *X. ferrugineus* exhiben preferencias por radiaciones altas (Fig. 5).

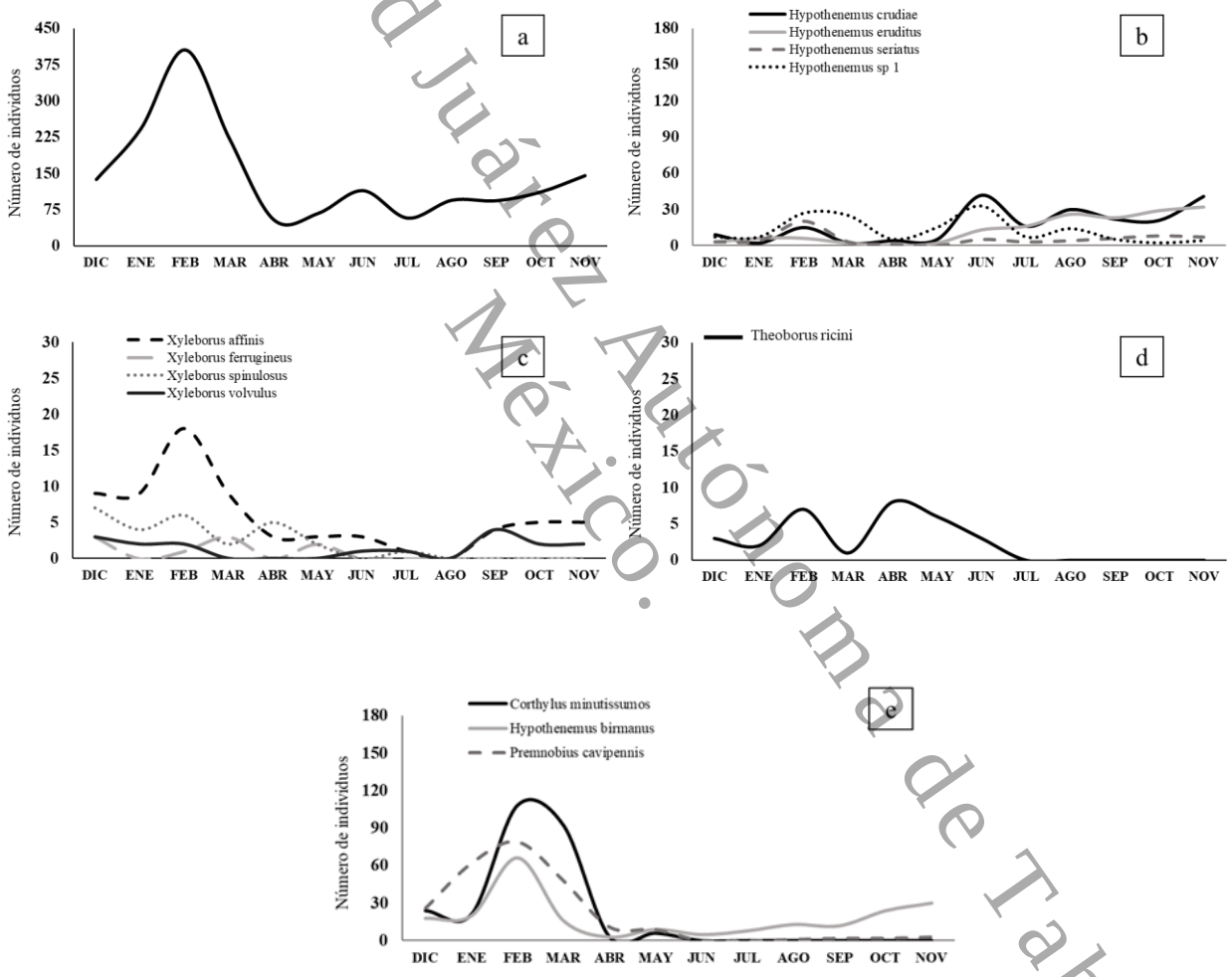


Figura 7. Fluctuación de la a) comunidad de descortezadores en la PPS; b) especies del género *Hypothenemus*; c) especies de género *Xyleborus*, d) *Theoborus ricini* y e) especies más abundantes capturadas con trampas ECOIAPAR de la PPS.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

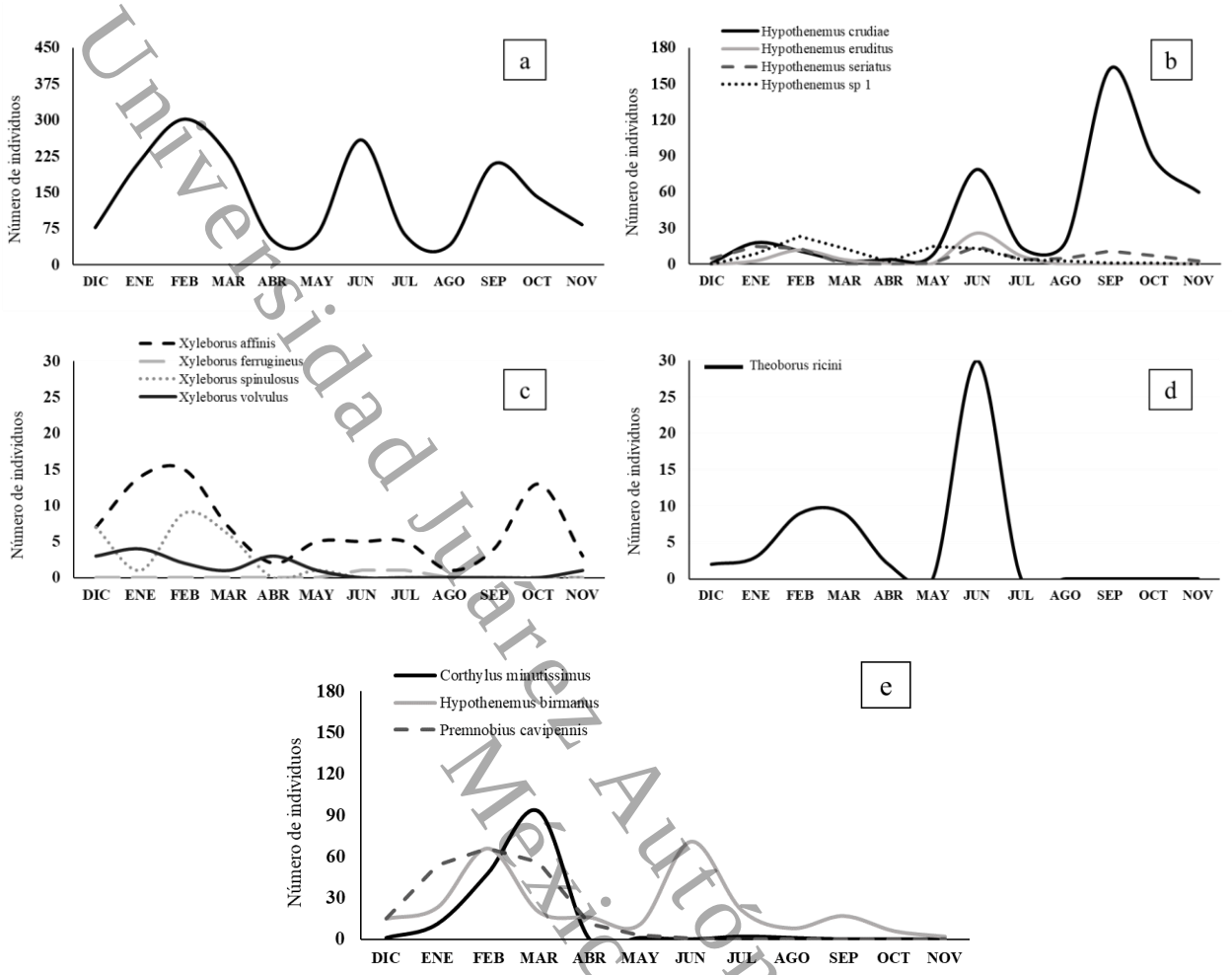


Figura 8. Fluctuación de la a) comunidad de descortezadores en la PBS; b) especies del género *Hypothenemus*; c) especies de género *Xyleborus*, d) *Theoborus ricini* y e) especies más abundantes capturadas con trampas ECOIAPAR de la PBS.

Cuadro 4. Tabla de correlaciones de los tres primeros ejes del Análisis de Correspondencias Canónicas .

	Coeficientes de regresión		
	F1	**F2**	**F3**
TEMP	1.386	0.427	0.017
HUM	0.905	-0.542	0.325
PREC	0.255	0.374	0.834
RAD	-0.635	0.503	0.601

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

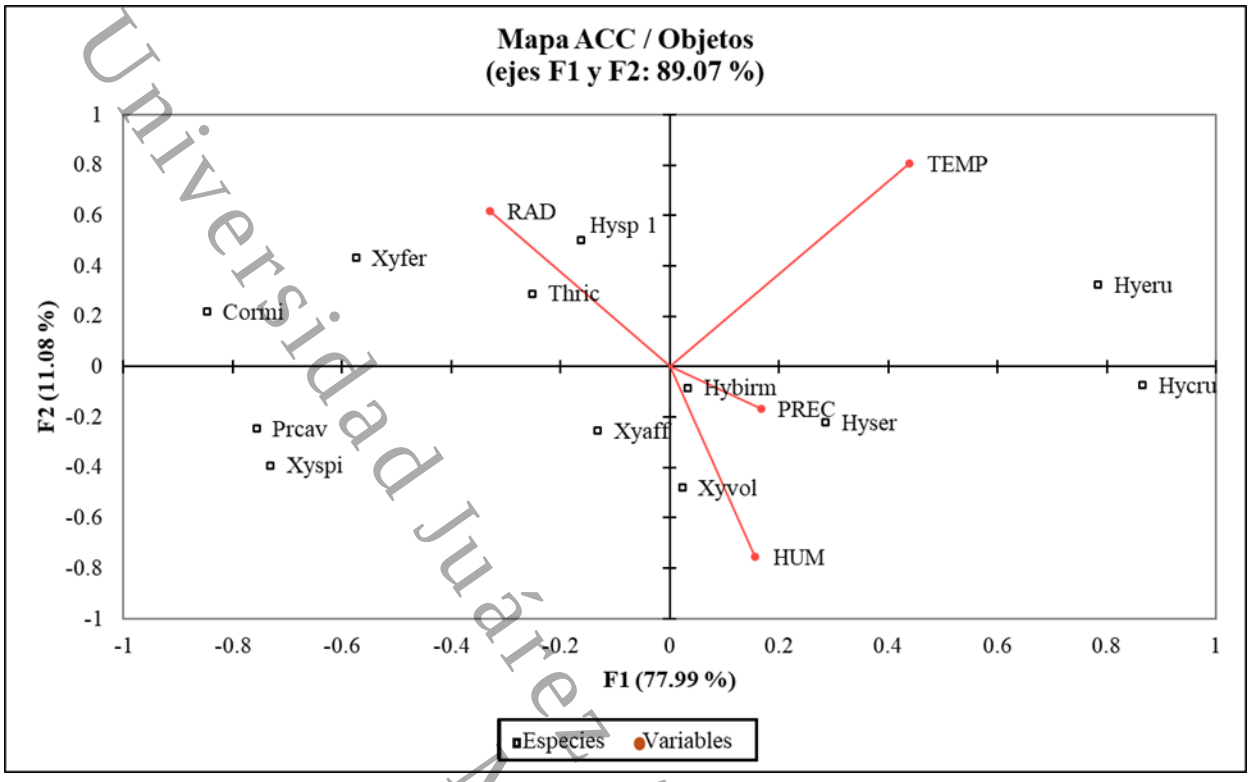


Figura 9. Análisis de Correspondencias Canónicas de las variables ambientales y especies de la PPS y la PBS. Variables: HUM= humedad; PREC= precipitación; TEMP= temperatura y RAD= radiación solar.

Discusión

La presente investigación es la primera en evaluar la influencia de las variables ambientales sobre la diversidad de escarabajos descortezadores en el agroecosistema cacao expuesto a pleno sol y con cobertura arbórea como sombra; si bien podemos encontrar algunos trabajos donde se describe la diversidad de insectos de la subfamilia Scolytinae y Platypodinae asociados a plantaciones de cacao con un manejo tradicional bajo sombra (Pérez-De la Cruz *et al*., 2009a; 2009b), las investigaciones de agroecosistemas expuestos a sol y con sombra, mayormente se concentran en plantaciones de café dirigidos al estudio de la diversidad de artrópodos y fluctuación poblacional de insectos plagas como lo es *Hypothenemus hampei* Ferrari (1867) (Matos *et al*., 2004; Mera-Velasco *et al*., 2010). Por su parte, los trabajos que hacen referencia

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

a *T. cacao* se han enfocado al estudio de los cambios fisiológicos de las plantas en condiciones de alta radiación y luminosidad (Baque-Zambrano *et al*., 2024).

La riqueza y abundancia de escolitinos y platipodinos identificados en la presente investigación es menor a lo registrado en otras plantaciones de agroecosistema cacao en el estado de Tabasco, donde registran entre 34 y 40 especies de descortezadores (Pérez-De la Cruz e*t al*. 2009a; 2009b), la diferencia entre los resultados puede obedecer a un mayor número de técnicas utilizadas en la captura de este grupo de insectos, como fueron las trampas de luz UV y capturas directas sobre plantas hospederas, aunado a un mayor número de especies, así como, la edad de los hospederos y árboles de sombra descritos en las plantaciones estudiadas por Pérez-De la Cruz e*t al*. (2009a; 2009b). Sin embargo, la abundancia recolectada utilizando trampas ECOIAPAR es similar a las reportadas por Aguilar-Castillo *et al*. (2023) en tres ecosistemas de Chiapas, donde se incluye una plantación de café, y superior a lo registrado por Fernández-García *et al*. (2023) en bosques templados de Durango. La implementación de glicol etileno utilizado en las trampas ECOIAPAR como conservante de los especímenes aparentemente no influye sobre la captura de este grupo de insectos, así mismo, evita la desecación del líquido colector producto de la evaporación.

Corthylus minutissimus fue la especie más abundante en la PPS, si bien no hay estudios equiparables, Estrada-Pérez *et al*. (2012) comentan que especies del género *Corthylus* están asociadas a *T. cacao* y presentan una fuerte atracción al alcohol etílico, el cual fue utilizado como el material atrayente en las trampas ECOIAPAR. Por su parte, en la PBS la especie *H. crudiae* presentó la mayor abundancia, resultado similar a lo reportado por Lázaro-Dzul *et al*. (2023) en uno de tres huertos de aguacate estudiados en Michoacán. Otros trabajos, como el de García-Méndez *et al*. (2024) y Matos *et al*. (2004) reportan que especies de este género, en plantaciones de café bajo sombra presentan mayor abundancia que en las expuestas a sol. Así mismo, al comparar nuestros valores de diversidad registrados en la PBS se determina que son similares a los reportados por Pérez-De la Cruz e*t al*. (2009a) en diferentes plantaciones del agroecosistema cacao del estado de Tabasco, los cuales van de 9.87 a 11.59 especies efectivas. No obstante, en nuestro estudio se registró la mayor diversidad de insectos descortezadores en la PPS,

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
México

esto puede deberse a la mayor riqueza de especies vegetales presente en el sitio, así como, la susceptibilidad de las plantas por causa del estrés hídrico y aumento de la evapotranspiración, los cuales debilitan fisiológicamente a las plantas, ya que no producen de manera eficientes los metabolitos secundarios que les permiten contrarrestar el ataque de los descortezadores. Pérez-De la Cruz e*t al*. (2009a) menciona que la alta diversidad de descortezadores se asocia a la diversidad vegetal, alimento disponible, edad de las plantas hospederas, competidores, depredadores y manejo de las plantaciones. Sin embargo, en estudios de interacciones de artrópodos asociados a plantaciones de café en condición pleno sol y sombra, como el de Mera-Velasco *et al*. (2010) reportan una mayor diversidad en el cultivo bajo sombra, estas diferencias se deben a los métodos utilizados para la captura de los artrópodos, los cuales estuvieron enfocados a insectos caminadores como son las hormigas. Por otro lado, Matos *et al*. (2004) reportan que, en condiciones de menor sombra y porcentajes bajos de humedad como las presentes en las plantaciones a plena exposición solar, insectos descortezadores como *H. hampei* son menos abundantes. La equidad de las comunidades en ambas plantaciones estudiadas fue similar a las registradas por Pérez-De la Cruz *et al*. (2009a) las cuales oscilaron de 0.65 a 0.67, lo anterior es producto de la dominancia de algunas especies como lo son *X. volvulus*, *H. eruditus*, *X. affinis*, *H. birmanus* las cuales representa alrededor del 16.46 y 14. 62 % de las recolectas totales de este estudio. La similitud de las comunidades de barrenares presentes en la PPS y la PBS fueron relativamente altas al compartir 24 de las 35 especies recolectadas, es así, que las 11 especies que no se comparten entre los sitios se debe a una mayor riqueza de especies vegetales presente en la PPS.

El muestreo discriminatorio generado a partir de las ramas trampa, permitió identificar las especies que utilizan a *T. cacao* como hospedero, registrando diez y 12 especies asociadas a ramas expuestas en la PPS y la PBS respectivamente, así como, establecer el periodo de exposición más factible para el arribo de los insectos descortezadores, el cual fue a los 45 días de exposición, para ambas plantaciones. Si bien, a través del estimador Chao 1 se obtuvieron completitudes de muestreo entre el 66 y 77 %, esto se debió a que hizo falta más esfuerzo de muestreo a lo largo del estudio, ya que se obtuvieron 72 muestras en cada sitio. Sin embargo, podemos inferir que dentro de las

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

especies faltantes pueden encontrarse *P. cavipennis* y algunas especies del género *Hypothenemus* las cuales fueron capturadas con las trampas ECOIAPAR y han sido previamente registradas como huéspedes de *T. cacao* en el estado de Tabasco (Pérez-De la Cruz *et al*., 2009a). Así mismo, se encontró que la especie *Cryptocarenus* sp solo se registró en las ramas trampa expuestas en la PPS, y *Cocotrypes cyperi* (Beeson 1929), *Coptoborus* sp y *Xylosandrus morigerus* (Blandford 1894) en la PBS. La presencia de las tres especies antes mencionadas en la PBS obtenidas de las ramas trampa, puede deberse a la estabilidad de las variables ambientales como lo es la temperatura y humedad presente en el sitio, dichas estabilidad permitirían la colonización de un mayor número de especies, particularmente las ambrosiales, como son el caso de las especies del género *Coptoborus* y *Xylosandrus* los cuales presentan estrechas relaciones con hongos del género *Fusarium* spp. (Carreras-Villaseñor *et al*., 2022; Osborn *et al*., 2022). En el caso de *C*. *cyperi*, su presencia pudo deberse a las mazorcas de cacao que se encontraban en algunas ramas que se colocaron dentro de las cámaras de emergencia, ya que se reporta que estos escarabajos son atraídos por frutos del género *Theobroma* (Pérez-De la Cruz *et al*., 2009a). Por su parte, en las ramas trampa de la PPS la presencia de *Cryptocarenus* sp, podría ser explicada por su hábito alimenticio, debido a se encuentra asociado a pequeñas ramas no mayores a los 3 cm de diámetro y generalmente no barrenan tejidos leñosos a menos que se encuentren apilados (Wood, 2007), como fue en el caso de nuestro muestreo; así mismo, este género de escolitinos necesita altos valores de humedad (Lara-Rodriguez *et al*., 2021) y esta condición estuvo presente en las ramas expuestas en el mes de diciembre, fecha en la que fue registrada. Así mismo, se pudo observar que la mayor abundancia de insectos en la PPS y la PBS fue en los días 45 de exposición, Serna-Mosquera *et al*. (2020) menciona que la madera a plena exposición tiene un proceso acelerado de descomposición, debido a la precipitación y la humedad relativa, lo que favorece el accionar de hongos e insectos xilófagos. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que dicha descomposición dependerá de la resistencia de la madera dada por taninos y sustancias fenólicas complejas que son tóxicos para hongos e insectos xilófagos (Paes, 2002).

La fluctuación de la comunidad para ambas plantaciones exhibe diferencias marcadas, en la PPS se observa un único pico de abundancia a principios del año de muestreo, en

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

comparación con los tres picos observados a principios, mediados y finales del año de estudio en la PBS, esto se debe, a las condiciones estables de temperatura y humedad presente en los sitios con mayor cobertura, como lo indican Rudinsky (1962) y Wood (1982) quienes mencionan que estas variables en condiciones óptimas son las que propician la distribución y abundancia de estos escarabajos. Cabe destacar, que *H. crudiae*, *X. affnis* y *T. ricini* fueron las especies dominantes para ambas plantaciones, esto se debe a la asociación ya descrita por diversos autores entre ellos Pérez-De la Cruz *et al*. (2009a) donde especifica que estos escarabajos colonizan las ramas de *T. cacao*, asi mismo, esto concuerda con lo descrito por Almeida y Valle (2007), donde explican que la evapotranspiración y otros cambios fisiológicos promueven un estado de debilitamiento en la planta; lo cual, propicia el ataque de descortezadores como lo menciona Kolb *et al*. (2019). De igual manera, es destacable que las especies del género *Hypothenemus* muestran picos de abundancias con mayor dinámica, esto puede deberse a la estrecha relación que tienen estas especies con la precipitación, la humedad relativa y los microclimas generados a partir de estas condiciones, como fue observado por García-Méndez *et al*. (2024) y Matos *et al*. (2004) en plantaciones de café bajo sombra y pleno sol.

El ACC muestra que las especies de escolitinos responden de diferente manera a las variables de temperatura, humedad, precipitación y radiación, siendo esta ultima la más significativa al influir en tres de las 12 especies evaluadas, como puede observarse con *Hypothenemus* sp1, *T. ricini* y *X. ferrugineus*, las cuales exhiben una preferencia por radiaciones altas. Carrasco-Ríos (2009) menciona que altas intensidades de radiación y cambios en la composición espectral pueden afectar importantes procesos en los organismos vegetales, dentro de las cuales se encuentra una disminución de la fotosíntesis y de la producción de biomasa, lo cual permitiría una mayor incidencia en el ataque de insectos descortezadores. Las especies *H. seriatus* e *H. brimanus* respondieron positivamente a la precipitación y *X. volvulus* se asoció a la humedad, estas relaciones son similares a las descritas por Gerónimo-Torres *et al*. (2019) en una selva del estado de Tabasco, donde describen que la mayor abundancia de escolitinos se presentó cuando se redujo la precipitación. Wood (1982) y Rudinsky (1962) menciona que variables como la humedad y temperatura adecuadas son indispensables para el

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

desarrollo de estos escarabajos. Por su parte, *H*. *eruditus*, *H*. *crudiae*, *X*. *affinis*, *C*. *minutissimus*, *P*. *cavipennis* y *X*. *spinolosus* no presentaron asociación aparente con las variables analizadas, sin embargo, estos género se considera de ambrosia, por su fuerte relación con hongos que cultivan dentro de las galerías, para el consumo propio y el de sus crías (Wood, 2007), por lo tanto, estos escarabajos estarían influenciados por variables como la humedad captada por las ramas trampa expuestas al medio, la cual no fue medida en el presente trabajo.

Diversas investigaciones como las realizadas por Del-Val & Sáenz-Romero (2017), García-Villafuerte (2023) y Gómez-Pineda & Ramírez (2023) advierten de las consecuencias que derivan del aumento de la temperatura global, así como de las repercusiones que se producirán en los ecosistemas de todo el mundo con el inminente aumento de las poblaciones de insectos descortezadores. El estudio de la influencia de las variables ambientales sobre los insectos, han evidenciado que el aumento de la temperatura producto del cambio climático beneficia a los insectos fitófagos en los ecosistemas de climas templados, y se considera que los efectos de esta variable son más inciertos en los ambientes tropicales (Garibaldi & Paritsis, 2012). Por lo cual, investigaciones como la desarrollada en agroecosistemas con una reconversión en su manejo tradicional de sombra a sol directo, pueden brindarnos una visión al panorama esperado por efectos del cambio climático global y su posible influencia sobre las plagas y enfermedades.

Literatura citada

Addinsoft. (2022) XLSTAT statistical and data analysis solution. Addinsoft Inc. Nueva York. Disponible en: https://www.xlstat.com/es/ (consultado 25 junio 2024).

Aguilar-Castillo, C. E., Aguilar-Astudillo, E., Equihua-Martínez, A., Segura-León, O. L., Venegas, E. G. E., & Morales-Morales, C. J. (2023) Spatiotemporal Diversity of Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) in Three Ecosystems of Villaflores, Chiapas. *American Journal of Entomology*, 7 (2), 30–37. Disponible en: https://acortar.link/d7C97p

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Almeida, A. A. & Valle, R. (2007) Ecophysiology of the cacao tree. *Braz J Plant Physiol*, 19 (4), 425–48. Disponible en: https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400011

Arcos-Méndez, M. C., Martínez-Bolaños, L., Ortiz-Gil, G., Martínez-Bolaños, M., & Avendaño-Arrazate, C. H. (2019) Efecto in vitro de extractos vegetales contra la Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Agricultura Tropical*, 5 (1), 19–24. Disponible en: http://ojs.inivit.cu/index.php?journal=inivit&page=article&op=view&path%5B%5D=108&path%5B%5D=AT05012019_3MP23

Badii, M. H., Castillo, J., Cortez, K., Wong, A., & Villalpando, P. (2007) Análisis de correlación canónica (ACC) e investigación científica (Canonical correlation analysis and scientific research). *InnOvaciOnes de NegOciOs*, 4 (2), 405–422. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://eprints.uanl.mx/12486/1/A9%20%281%29.pdf

Barrera, J. F., Múñoz, H., & Gálvez, J. (2003) ECO-IAPAR el capturador de broca del café recicle botellas de plástico y gane contra la broca. Disponible en: https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-ECOSUR:39135/Description#similar (consultado 30 mayo 2024).

Bentz, B. J., Régnière, J., Fettig, C. J., Hansen, E. M., Hayes, J. L., Hicke, J. A., Kelsey, R. G., Negrón, J. F. & Seybold, S. J. (2010) Climate change and bark beetles of the western United States and Canada: direct and indirect effects. *BioScience*, 60 (8), 602–613. Disponible en: https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.8.6

Billings, R. F., Clarke, S. R., Espino-Mendoza, V., Cordón Cabrera, P., Meléndez Figueroa, B., Ramón Campos, J., & Baeza, G. (2004) Bark beetle outbreaks and fire: a devastating combination for Central America's pine forests. *Unasylva*, 55 (217), 15–21. Disponible en: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-6444244197&origin=inward&txGid=c289108c42d83005f88d41c94f78e830

Burgos-Solorio, A., & Hernández, N. (2020) Los Platipodinos (Coleoptera Curculionidae Platypodinae) del estado de Morelos, México. *Dugesiana*, 27 (1), 55–73. Disponible en: chrome-

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://pdfs.semanticscholar.org/56e7/fd0346da1f879f18831ce7c1122cee4d0374.pdf

CAF. (2024) Latinoamérica produce el 80% del cacao prime del mundo. Banco del Desarrollo de América Latina y el Caribe. Disponible en: https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2017/11/latinoamerica-produce-el-80-del-cacao-prime-del-mundo/ (consultado 30 mayo 2024).

Carreras-Villaseñor, N., Rodríguez-Haas, J.B., Martínez-Rodríguez, L.A., Pérez-Lira, A.J., Ibarra-Laclette, E., Villafán, E., Castillo-Díaz, A.P., Ibarra-Juárez, L.A., Carrillo-Hernández, E.D., Sánchez-Rangel, D. (2022) Characterization of Two *Fusarium solani* Species Complex Isolates from the Ambrosia Beetle *Xylosandrus morigerus*. J. *Fungi*, 8, 231, 1–19. Disponible en: https://doi.org/10.3390/jof8030231

Carrasco-Ríos, L. (2009) Efecto de la radiación ultravioleta-B en plantas. *Idesia*, 27 (3), 59–76. Disponible en: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292009000300009

Cruz-Flores, D. D., Martínez-Borrego, D., Fontenla, J. L., & Mancina, C. A. (2017) Inventarios y Estimaciones de la biodiversidad. 26–43. En: C. A. Mancina, & D. D. Cruz-Flores (Eds.) *Diversidad biológica de Cuba. Métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas*. *Instituto de Ecología y Sistemática*. Editorial AMA, La Habana, Cuba. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321156956_Diversidad_biologica_de_Cuba_metodos_de_inventario_monitoreo_y_colecciones_biologicas#fullTextFileContent (consultado 30 mayo 2024).

Del-Val, E., & Sáenz-Romero, C. (2017) Insectos descortezadores (Coleoptera: Curculionidae) y cambio climático: Problemática actual y perspectivas en los bosques templados. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 20 (2), 53–60. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.recqb.2017.04.006

Estrada Pérez, N., Pérez de la Cruz, M., & Hernández May, M. A. (2012) Fluctuación poblacional de *Corthylus* spp. (Coleóptera: Curculionidae) en Tabasco, México. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 13 (1), 16–24. Disponible en: https://www.academia.edu/download/69637302/2-_Fluctuacion_poblacional_de_Corthylus_spp..pdf

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Fernández-García, J. A., Marrufo-Madrid, R., Equihua-Martinez, A., Estrada-Venegas, E. G., & Segura-León, O. (2023) Nuevos registros de Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) en bosques templados de Durango. *Acta zoológica mexicana*, 39, 1–15. Disponible en: https://doi.org/10.21829/azm.2023.3912582

Garibaldi, L. A., & Paritsis, J. (2012) Cambio climático e insectos herbívoros. *Ciencia Hoy*, 22 (129) 45–53. Disponible en: http://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/3320

García-Méndez, V., González-Gómez, R., Toledo, J., Valle-Mora, J.F. Barrera, J.F. (2024) Effect of Microclimate on the Mass Emergence of *Hypothenemus hampei* in Coffee Grown under Shade of Trees and in Full Sun Exposure. *Insects*, 15 (124), 1–18. Disponible en: https://doi.org/10.3390/ insects15020124

Hernández-Cárdenas, J. A., Flores-Palacios, A., Corona-López, A. M., & Toledo-Hernández, V. H. (2016) Ecología y comportamiento escarabajos saproxilófagos asociados a seis especies de plantas leñosas en un bosque tropical caducifolio de Tepoztlán, Morelos. *Entomología Mexicana*, 3, 495–501. Disponible en: https://acortar.link/kazocr

INEGI. (2010) Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Teapa, Tabasco clave geoestadística 27016. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/27/27016.pdf (consultado 30 mayo 2023).

Iturre, M., & Darchuck, E. (1996) Registro de escolitinos relacionados al género *Eucalyptus* en Santiago del Estero. *Quebracho*, 4, 11–16. Disponible en: https://fcf.unse.edu.ar/archivos/quebracho/q4-02.pdf

Jarma-Orozco, A., Cardona-Ayala, C. & Araméndiz Tatis, H. (2012) Efecto del cambio climático sobre la fisiología de las plantas cultivadas: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 15 (1), 63–76. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262012000100008&script=sci_arttext

Kolb, T., Keefover-Ring, K., Burr, S. J., Hofstetter, R., Gaylord, M., & Raffa, K. F. (2019) Drought-mediated changes in tree physiological processes weaken tree defenses to bark beetle

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

attack. *Journal of chemical ecology*, 45, 888–900. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s10886-019-01105-0

Lara Rodrigues, M., Dorval, A., Gomes Da Silva Junior, J., Peres Filho, O., & Dias De Souza, M. (2021) Coleoborers (Insecta: coleoptera) in *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. Malvaceae (Pau-de-Balsa) in Mato Grosso, Brazil. *Idesia* (Arica), 39 (4), 39–49. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292021000400039&script=sci_arttext

Lázaro-Dzul, O., Equihua-Martínez, A., Romero-Nápoles, J., González-Hernández, H., Alvarado-Rosales, D., Castañeda-Vildózola, Á., & Espinosa, J. S. (2023) Fluctuación poblacional de Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) en huertos de aguacate (Persea americana Mill.) en Michoacán, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 49 (2), 1–10. Disponible en: https://doi.org/10.25100/socolen.v49i2.12526

Matos, D. F., Guharay, F., & Beer, J. (2004). Incidencia de la broca (*Hypothenemus hampei*) en plantas de café a pleno sol y bajo sombra de *Eugenia jambos* y *Gliricidia sepium* en San Marcos, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, (41-42), 56–61. Disponible en: http://bco.catie.ac.cr:8087/portal-revistas/index.php/AGRO/article/view/183

Mera-Velasco, Y. A., Gallego-Ropero, M. C., & Armbrecht, I. (2010) Interacciones entre hormigas e insectos en follaje de cafetales de sol y sombra, Cauca-Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 36 (1), 116–126. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-04882010000100020&script=sci_arttext

Moreno, C. E. (2001) *Métodos para medir la biodiversidad* (CYTED, Vol. 1). M&T–Manuales y Tesis SEA, México, 83 pp. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/304346666_Metodos_para_medir_la_biodiversidad (consultado 30 mayo 2023).

Moreno, C. E., Barragán, F., Pineda, E., & Pavón, N. P. (2011) Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82 (4), 1249–1261. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532011000400019&script=sci_arttext

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Osborn, R. K., Ordóñez, M. E., & Cognato, A. I. (2022) Ecuadorian *Coptoborus* beetles harbor *Fusarium* and *Graphium* fungi previously associated with *Euwallacea* ambrosia beetles. *Mycologia*, 114 (3), 487–500. Disponible en: https://doi.org/10.1080/00275514.2022.2065441

Paes, J. B. (2002) Resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) KD Hill & LAS Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. *Revista Árvore*, 26, 761-767. Disponible en: https://www.scielo.br/j/rarv/a/T4yyjQD8Zf6dfm4zN5SJG7d/?lang=pt

Pérez-De La Cruz, M., Equihua-Martínez, A., Romero-Nápoles, J., Sánchez-Soto, S., García-López, E., & Bravo-Mojica, H. (2009)a Escolítidos (Coleoptera: Scolytidae) Asociados al Agroecosistema Cacao en Tabasco, México. *Neotropical Entomology*, 38 (5), 602–609. Disponible en: https://acortar.link/CXhRbi

Pérez-De La Cruz, M., Equihua-Martínez, A., Romero-Nápoles, J., Sánchez-Soto, S., & Gracía-López, E. (2009)b Diversidad, fluctuación poblacional y plantas huésped de escolitinos (Coleoptera: Curculionidae) asociados agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, 779–791. Disponible en: https://acortar.link/wZfTwZ

Pérez-De La Cruz, M., Equihua-Martínez, A., Romero-Nápoles, J., Valdez-Carrasco, J. M., & de La Cruz-Pérez, A. (2009)c Claves para la identificación de escolítinos (Coleoptera: Curculionidae) asociados al agroecosistema cacao en el Sur de México. *Boletín Del Museo de Entomología de La Universidad Del Valle*, 10 (1), 14–29. Disponible en: https://acortar.link/YKAFyu

Pérez-De La Cruz, M., Hernández-May, M. A., de La Cruz-Pérez, A., & Sánchez-Soto, S. (2016) Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) de dos áreas de conservación en Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, 64 (1), 335–342. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44943437027

Pérez-De La Cruz, M., Valdéz-Carrasco, J. M., Romero-Nápoles, J., Equihua-Martínez, A., Sánchez-Soto, S., & De La Cruz-Pérez, A. (2011) Fluctuación poblacional, plantas huéspedes, distribución y clave para la identificación de Platypodinae (Coleoptera:

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Curculionidae) Asociados al agroecosistema Cacao Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 27 (1), 129–143. Disponible en: https://acortar.link/ERKaZP

Pérez-Silva, M., Equihua-Martínez, A., Atkinson, T. H., Romero-Nápoles, J., & López-Buenfil, J. A. (2021) Illustrated keys for the identification of genera and species of the tribe Xyleborini (Curculionidae: Scolytinae) from Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 92. Disponible en: https://doi.org/10.22201/IB.20078706E.2021.92.3817

Raffa, K. F., Aukema, B. H., Bentz, B. J., Carroll, A. L., Hicke, J. A., Turner, M. G., & Romme, W. H. (2008) Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: the dynamics of bark beetle eruptions. *Bioscience*, 58 (6), 501–517. Disponible en: https://doi.org/10.1641/B580607

Ramírez-González, S. I. (2008) La moniliasis un desafío para lograr la sostenibilidad del sistema cacao en México. *Tecnología En Marcha*, 21 (1), 97–110. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835688

Romero, D.V. (2017) Diversidad de Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) de dos Comunidades Áridas de Baja California Sur. Master of Sciences, Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, La Paz, Baja California Sur. Disponible en: https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/435 (consultado 30 mayo 2023).

Rudinsky, J. A. (1962). Ecology of scolytidae. *Annual review of entomology*, 7 (1), 327–348. Disponible en: https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.en.07.010162.001551

SADR. (2015) El cambio climático afecta al campo ¿cómo enfrentarlo? Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Disponible en: https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/el-cambio-climatico-afecta-al-campo-como-enfrentarlo (consultado 24 de junio 2024).

Serna-Mosquera, Y. B., Torres-Torres, J. J. & Asprilla-Palacios, Y. Y. (2020) Durabilidad natural de la madera de *Ochroma pyramidale* Urb. en el municipio de Atrato, Colombia. *Entramado*, 16 (1), 192-202. Disponible en: https://dx.doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.6105

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

SIAP. (2023) Avance de siembras y cosechas. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/avance_ agricola/ (consultado 30 mayo 2023).

SNICS. (2018) La Red Cacao con el objetivo de evaluar el efecto de las principales plagas y enfermedades involucradas en la pérdida de diversidad del cacao criollo mexicano en Chiapas y Tabasco. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Disponible en: https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/principales-plagas-y-enfermedades-en-cacao (consultado 30 mayo 2024).

Vásquez, C. M., & Jiménez-Martínez, E. (2017) Factores de diversidad y fluctuación poblacional de insectos asociados al cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merril) en Ticuantepe, Nicaragua. *La Calera*, 17 (28), 1–9. Disponible en: https://doi.org/10.5377/calera.v17i28.6362

Wood, S. L. (1982) T*he bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph*. Great Basin Naturalist Memoirs, USA, 1327 pp. Disponible en: https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19820595039 (consultado 02 junio 2024).

Wood, S. L. (1993) Revision of the genera of Platypodidae (Coleoptera). *Great Basin Naturalist*, 53, 259–281. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://scholarsarchive.byu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2743&context=gbn

Wood, S. L. (2007). *Bark and ambrosia beetles of south America (coleoptera, scolytidae)*. Center Brigham Young University Provo, Utah USA. 882 pp. Disponible en: https://scholarsarchive.byu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1005&context=mlbm (consultado 22 de junio 2024).

Zambrano, E. B., Barreto, G. C., & Jaimez, R. (2024) Efecto de la temperatura y la radiación sobre la respuesta fisiológica del cacao (*Theobroma cacao* L): estrategias de mejoramiento. *Ciencia y Tecnología*, 17 (1), 24–32. Disponible en: https://doi.org/10.18779/cyt.v17i1.713

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Capítulo III Conclusiones y consideraciones generales de la tesis

Este trabajo es el primero en evaluar las condiciones ambientales que influyen en la diversidad de escolítinos y platipodinos asociados al agroecosistema y plantas de cacao a pleno sol y sombra en Teapa, Tabasco, México. Se capturaron un total de 3,569 especímenes, pertenecientes a 35 especies de 15 géneros. Las plantaciones de cacao compartieron un total de 24 especies. La especie más abundante fue *H. crudiae*, con 678 individuos. Se determinó que 10 especies de escolítinos utilizan las plantas de *T. cacao* como hospedero en la PPS y 12 en la PBS, compartiendo un total de nueve especies. En la PPS se obtuvo la mayor riqueza de especies, mientras que en la PBS se registró la mayor abundancia de individuos. El valor más alto de diversidad de orden 1 (^1D) fue registrado en la PPS.

En relación con las preguntas de investigación y las hipótesis planteadas, se determinó que las comunidades presentes en las plantaciones del agroecosistema cacao están constituidas por 33 especies en la PPS y 28 en la PBS. Las especies de escolitinos y platipodinos fue mayor en la PPS, además, se comprobó que la comunidad de escolitinos fue mayor a la de platipodinos en ambas plantaciones. La fluctuación de la comunidad de insectos descortezadores fue diferente en ambas plantaciones, mostrando un solo pico de abundancia en febrero para la PPS y tres picos en los meses de febrero, junio y septiembre en la PBS. El análisis de correspondencias canónicas confirma que la variable de humedad tiene un efecto positivo sobre la abundancia de las especies de descortezadores, contrario con la temperatura que no mostró una asociación directa con ninguna especie. No obstante, la variable de radiación destacó una relación positiva con tres especies.

Por su parte, la respuesta de la abundancia y comportamiento de la fluctuación evidencio que la humedad captada por las ramas trampas es un factor importante en la presencia de escolitinos y platipodinos. Además, la humedad en la madera determina la durabilidad y la velocidad de degradación por insectos y hongos. Por lo cual, esta variable debe considerarse en futuros trabajos.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Finalmente, el uso de cinco trampas ECOPAIR por hectárea son eficientes para la captura de escolitinos y platipodinos. En el caso de las ramas trampa se sugiere usar cinco repeticiones por hectárea como mínimo, ya que en este estudio se usaron solo tres y falto completitud del muestreo obteniéndose solo el 77.34% para la PPS y 61.92% para la PBS con respecto al índice de Chao 1.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Anexos

Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional	
Título de Tesis:	Diversidad de Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) asociados al agroecosistema cacao (*Theobroma cacao*) a pleno sol y sombra en Teapa, Tabasco, México
Autor(a) o autores(ras) de la Tesis:	Oscar Ivan Alvarez Ramón
ORCID:	https://orcid.org/0000-0002-8954-3831
Resumen de la Tesis:	El objetivo fue evaluar la diversidad de escolítinos y platipodinos asociados al agroecosistema y plantas de cacao a pleno sol y sombra en Teapa, Tabasco, México. Las capturas de insectos se realizaron mediante trampas ECOIAPAR y ramas trampa. Se colectaron 3,569 individuos de 35 especies de 15 géneros. En la plantación a pleno sol (PPS) se capturaron 31 especies de Scolytinae y dos de Platypodinae; en la plantación bajo sombra (PBS) se capturaron 27 especies de Scolytinae y una de Platypodinae. El mayor valor de diversidad del orden 1 se obtuvo en la PPS con 13,29 especies efectivas. La fluctuación en la PPS presentó un único pico de abundancia en febrero y en la PBS se produjo en febrero, junio y septiembre. En las cámaras de emergencia sólo se obtuvieron las especies Hypothenemus crudiae, H. seriatus, H. eruditus, Hypothenemus sp. 1, Xyleborus affinis, X. spinulosus, X. volvulos, X. ferrigineus

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco México

	y Theoborus ricini. El Análisis de Correspondencias Canónicas (ACC) indicó que el 89,07 % de la varianza en la correlación entre las variables ambientales y las especies se explicaba por la temperatura (r= 1,386) y la humedad (r= -0,542), con una significación de p<0,001. El gráfico muestra que H. birmanus tiene preferencia por la baja humedad y las bajas precipitaciones; H. seriatus parece ser sensible a las precipitaciones; X. volvulus tiene una asociación con la alta humedad; en el caso de Hypothenemus sp1, T. ricini y X. ferrugineus registraron preferencias por la alta radiación.
Palabras claves de la Tesis:	Escarabajos descortezadores; ramas trampa; ecoiapar; abundancia; hospedero.
Referencias citadas:	Addinsoft. (2022). XLSTAT statistical and data analysis solution. Addinsoft Inc. Nueva York. https://www.xlstat.com/es/ Arcos-Méndez, M. C., Martínez-Bolaños, L., Ortiz-Gil, G., Martínez-Bolaños, M., & Avendaño-Arrazate, C. H. (2019). Efecto in vitro de extractos vegetales contra la Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Agricultura Tropical*, 5 (1), 19–24. https://1library.co/document/q06k5rvq-efecto-extractos-vegetales-contra-moniliasis-moniliophthora-roreri-theobroma.html Arvelo, M. Á., Delgado, T., Maroto, S., Rivera, J., Higuera, I., y Navarro, A. (2016) *Estado actual sobre la producción y el comercio del cacao en América*. San José, C.R. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). file:///C:/Users/oscar/Downloads/BVE17048806e.pdf

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Atkinson, T. H. (2017). Familia Curculionidae (Scolytinae y Platypodinae). In D. C. Tovar (Ed.), Fundamentos de Entomología Forestal (Primera Edición, pp. 410). Universidad Autónoma de Chapingo. https://acortar.link/5OdWEh

Atkinson, T. H. (2024). Escarabajos de corteza y ambrosía de las Américas. Bark and Ambrosia Beetles of the Americas. http://www.barkbeetles.info

Pérez-De La Cruz, M., Equihua-Martínez, A., Romero-Nápoles, J., Sánchez-Soto, S., García-López, E., & Bravo-Mojica, H. (2009)a. Escolítidos (Coleoptera: Scolytidae) Asociados al Agroecosistema Cacao en Tabasco, México. *Neotropical Entomology*, 38 (5), 602–609. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6221/A8059e.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pérez-De La Cruz, M., Equihua-Martínez, A., Romero-Nápoles, J., Sánchez-Soto, S., & Gracía-López, E. (2009)b. Diversidad, fluctuaciónn poblacional y plantas huésped de escolítinos (Coleoptera: Curculionidae) asociados agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, 779–791. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532009000300020

Pérez-De La Cruz, M., Equihua-Martínez, A., Romero-Nápoles, J., Valdez-Carrasco, J. M., & de La Cruz-Pérez, A. (2009)c. Claves para la identificación de escolítinos (Coleoptera: Curculionidae) asociados al agroecosistema cacao en el Sur de México*. Boletín Del Museo de Entomología de La Universidad Del Valle*, 10 (1), 14–29. https://acortar.link/gA4Kip

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Raffa, K. F., Aukema, B. H., Bentz, B. J., Carroll, A. L., Hicke, J. A., Turner, M. G., & Romme, W. H. (2008) Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: the dynamics of bark beetle eruptions. *Bioscience*, 58 (6), 501–517. Disponible en: https://doi.org/10.1641/B580607

Ramírez-González, S. I. (2008) La moniliasis un desafío para lograr la sostenibilidad del sistema cacao en México. *Tecnología En Marcha*, 21 (1), 97–110. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835688

Romero, D.V. (2017) Diversidad de Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) de dos Comunidades Áridas de Baja California Sur. Master of Sciences, Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, La Paz, Baja California Sur. Disponible en: https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/435 (consultado 30 mayo 2023).

Vásquez, C. M., & Jiménez-Martínez, E. (2017) Factores de diversidad y fluctuación poblacional de insectos asociados al cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merril) en Ticuantepe, Nicaragua. *La Calera*, 17 (28), 1–9. Disponible en: https://doi.org/10.5377/calera.v17i28.6362

Wood, S. L. (1982) T*he bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph*. Great Basin Naturalist Memoirs, USA, 1327 pp. Disponible en: https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19820595039 (consultado 02 junio 2024).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

Wood, S. L. (1993) Revision of the genera of Platypodidae (Coleoptera). *Great Basin Naturalist*, 53, 259–281. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://scholarsarchive.byu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2743&context=gbn

Wood, S. L. (2007). *Bark and ambrosia beetles of south America (coleoptera, scolytidae)*. Center Brigham Young University Provo, Utah USA. 882 pp. Disponible en: https://scholarsarchive.byu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1005&context=mlbm (consultado 22 de junio 2024).

Zambrano, E. B., Barreto, G. C., & Jaimez, R. (2024) Efecto de la temperatura y la radiación sobre la respuesta fisiológica del cacao (*Theobroma cacao* L): estrategias de mejoramiento. *Ciencia y Tecnología*, 17 (1), 24–32. Disponible en: https://doi.org/10.18779/cyt.v17i1.713

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.