



Diversidad de Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) asociados a un agroecosistema de cacao (*Theobroma cacao*) bajo sol y bajo sombra en Tabasco, México

Diversity of Scolytinae and Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) associated with a cacao agroecosystem (*Theobroma cacao*) under sun and shade in Tabasco, Mexico



Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)

*Autor correspondiente:

Manuel Pérez de la Cruz
perezman1214@gmail.com

Cómo citar:

Álvarez-Ramón, O. I., Pérez-De La Cruz, M., Gerónimo-Torres, J. C., De La Cruz-Pérez, A., Pozo-Santiago, C. O. (2025) Diversidad de Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) asociados a un agroecosistema de cacao (*Theobroma cacao*) bajo sol y bajo sombra en Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 41, 1–20.

10.21829/azm.2025.4112713
elocation-id: e4112713

Recibido: 20 agosto 2024

Aceptado: 25 febrero 2025

Publicado: 24 abril 2025

¹ ÓSCAR IVÁN ÁLVAREZ-RAMÓN, ^{1*} MANUEL PÉREZ-DE LA CRUZ, ² JOSÉ DEL CARMEN GERÓNIMO-TORRES, ¹ ARACELY DE LA CRUZ-PÉREZ, ³, ⁴ CÉSAR ORLANDO POZO-SANTIAGO

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

²Instituto Tecnológico de Huimanguillo-Tecnológico Nacional de México, Carretera del Golfo Malpaso-El Bellote K.m. 98.5, Col. Ranchería Libertad. C.P. 86400 Huimanguillo, Tabasco, México.

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

⁴Unidad 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.

Editor responsable: Ángel Alonso Romero

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



CC BY-NC-SA

Atribución-NoComercial-CompartirIgual

Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)

e-ISSN 2448-8445

Instituto de Ecología, A.C.

más afectados por el cambio climático. Por lo antes mencionado, el objetivo de la investigación fue determinar la diversidad de Scolytinae y Platypodinae asociados a un agroecosistema de cacao bajo sol y otro bajo sombra en Tabasco, México, considerando diferentes variables ambientales. Se colocaron cinco trampas ECOIAPAR, a una altura de 1.5 m en cada sitio durante un año. En la plantación bajo sol (PSL) se capturaron 1,781 individuos de 31 especies de Scolytinae y dos especies de Platypodinae. En la plantación bajo sombra (PSM) se capturaron 1,788 individuos de 27 especies de Scolytinae y una de Platypodinae. La mayor diversidad ¹D se registró en PSL con 13.29 especies efectivas y la menor en PSM con 10.85. Además, se identificó la asociación de 13 especies de Scolytinae con *T. cacao*. Se determinó que *Hypothenemus birmanus* (Eichhoff) tiene preferencia por la baja humedad y las bajas precipitaciones, *Hypothenemus seriatus* (Eichhoff) parece ser sensible a las precipitaciones y *Xyleborus volvulus* (F.) se asocia con la alta humedad, mientras que *Hypothenemus* sp.1, *Theoborus ricini* (Eggers) y *Xyleborus ferrugineus* (F.) muestran preferencias por 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, además de 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 barrenadores; ramas trampa; ECOIAPAR; abundancia; huésped

ABSTRACT. Mexico produces around 29,013.75 tons of cocoa, 61% of which 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 determine the diversity of Scolytinae and Platypodinae associated with a cocoa agroecosystem under sun and shade in Tabasco, Mexico, considering different environmental variables. Five ECOIAPAR traps were placed at a height of 1.5 m at each site for one year. In the sunny plantation (PSL), 1,781 individuals of 31 species of Scolytinae and two species of Platypodinae were captured. In the shaded plantation (PSM), 1,788 individuals of 27 species of Scolytinae and one species of Platypodinae were captured. The highest ¹D diversity was recorded in PSL with 13.29 effective species and the lowest in PSM with 10.85. In addition, the association of 13 species of Scolytinae with *T. cacao* was identified. It was determined that *Hypothenemus birmanus* (Eichhoff) prefers low humidity and low rainfall, *Hypothenemus seriatus* (Eichhoff) seems to be sensitive to rainfall and *Xyleborus volvulus* (F.) is associated with high humidity, while *Hypothenemus* sp.1, *Theoborus ricini* (Eggers) and *Xyleborus ferrugineus* (F.) 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 providing guidelines for the development of predictive models that can be used to predict the effects of climate change on vulnerable agroecosystems.

Key words: Borer beetles; trap branches; ECOIAPAR; abundance; host

INTRODUCCIÓN

Del cacao (*Theobroma cacao* L.) dependen más de 20 millones de personas alrededor del mundo (Ramírez-González, 2008) y de acuerdo con la Organización Internacional del Cacao, América Latina es responsable del 80% de la producción mundial de este cultivo (CAF, 2024). El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera reportó una producción para México de 29,013.75 ton, de la cual, Tabasco es responsable del 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 con la generación de pérdidas de hasta el 90% de la producción (Ramírez-González, 2008; Arcos-Méndez *et al.*, 2019). 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 & Sáenz-Romero, 2017).

Los coleópteros de la subfamilia Scolytinae y Platypodinae son comúnmente conocidos como "escarabajos barrenadores" y "descortezadores", haciendo referencia a los hábitos alimenticios más comunes de estos grupos, como es el consumo de floema y hongos ectosimbióticos (Atkinson *et al.*, 1986; Atkinson & Equihua, 1986), aunque otras especies se alimentan de madera (xilófagas), la médula de las ramas (mielófagas), plantas herbáceas (herbífagas) y de frutos o semillas (espermatófagas) (Atkinson, 2017). Estos insectos son importantes en la degradación de materia orgánica, ya que por lo regular atacan árboles debilitados por la edad, la sequía, el fuego, enfermedades o daño mecánico. Sin embargo, hay especies que cuando su abundancia poblacional aumenta de manera desmedida pueden infestar árboles sanos (Billings *et al.*, 2004; Bentz *et al.*, 2010; Del-Val & Sáenz-Romero, 2017). Raffa *et al.* (2008) mencionaron que el incremento de las temperaturas acelera el desarrollo de los adultos, aumenta su tasa reproductiva y por ende tienen un mayor número de generaciones al año. Así mismo, con el aumento de la temperatura se presentan sequías prolongadas y una baja actividad fotosintética de las plantas, lo que las vuelve más vulnerables al ataque y colonización de estos escarabajos (Kolb *et al.*, 2019). Si bien la colonización de las especies de escolítinos depende de su tipo de alimentación, en los ecosistemas tropicales tienden a ser más exitosas las especies que se alimentan de hongos ectosimbióticos con respecto a los que se alimentan del floema de las plantas. Por lo tanto, aquellas pocas especies que han sido reportadas como plagas en el cultivo de cacao se encuentran a menudo asociadas a un hongo fitopatógeno, como se ha documentado para *Xyleborus volvulus* (F.) en la muerte de árboles de sombra en el cultivo de cacao, así como a *Xyleborus ferrugineus* (F.), *Xylosandrus morigerus* (Blanford), *Xyleborus affinis* (Eichhoff), *Xyleborus spinulosus* Blandford, *Hypothenemus opacus* (Eichhoff) e *Hypothenemus erectus* Le Conte como posibles transmisores del hongo necrótrofo *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) (Navarro & Liendo, 2010).

El cultivo de cacao tradicional se realiza debajo de árboles de sombra y en un ambiente de alta humedad, sin embargo, esto se ha modificado a lugares con plena exposición solar (Almeida & Valle, 2007), con lo cual se producen cambios fisiológicos como reducción de la producción después de los ocho años, menor área foliar específica, menor contenido de agua en las hojas, hojas más gruesas y mayor pérdida de agua debido a la evapotranspiración (Zambrano *et al.*, 2024). Los escenarios climáticos futuros predicen incrementos 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 (IPCC, 2021; Yuan *et al.*, 2024). Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue determinar la diversidad de coleópteros Scolytinae y Platypodinae, así como explorar la influencia

de las variables ambientales sobre su abundancia en un agroecosistema de cacao bajo sol y uno bajo sombra en Tabasco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El trabajo de investigación 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: bajo sol directo y otra con árboles de sombra. La plantación bajo sol (PSL) 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"O, presenta asociada una variedad de especies vegetales como *Psidium guajava* (Linnaeus, 1753) (Guayaba), *Persea americana* (Mill., 1768) (Aguacate), *Nephelium lappaceum* (Linnaeus, 1767) (Rambután), *Annona muricata* (Linnaeus, 1753) (Guanábana), *Inga inicuil* Schltdl. y Cham. ex G.Don, 1832 (vaina), *Cinnamomum verum* J.Presl, 1825 (canela) y cítricos de diversas variedades que no superan los 2.5 m de altura. Así mismo, se pueden identificar las especies *Cedrela odorata* (L, 1753) y *Colubrina arborescens* (Mill.) Sarg, (Tatuán) que superan los 4 m de altura, con una densidad de 0.4 árboles por cada 25 m². La plantación bajo sombra (PSM) presenta árboles de cacao sembrados en un marco real de 3x3 m con una edad de 20 años con una extensión de 10,000 m² y se encuentra localizada a 17°38'14.6"N y 92°55'45.3"O, cuenta con tres especies de árboles de sombra: *C. odorata* (Cedro), *Guazuma ulmifolia* (Lam., 1789) (Guásimo) y *Swietenia macrophylla* (King, 1886) (Caoba), los cuales superan los 10 m de altura, con una densidad de 1.1 árboles por cada 25 m². 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 °C y una precipitación media de 4,250 mm (INEGI, 2010).

Captura de insectos. Se colocaron cinco trampas ECOIAPAR (Fig. 1a) en PSL y cinco en PSM, considerando la 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).

Uso de ramas trampas y cámaras de emergencia. En cada sitio de estudio se realizó 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 tanto en PSL como PSM. Las ramas trampas fueron apiladas y expuestas al medio por lapsos de 15, 30, 45 y 60 días con el fin de atraer a los insectos asociados a *T. cacao*. Pasado cada tiempo de exposición, las ramas trampas con signos de barrenación se recogieron y se colocaron en cámaras de emergencia por un mes, mismas que eran revisadas cada tercer día para confirmar la presencia de los especímenes. Las cámaras fueron elaboradas a partir de recipientes de 20 L, el cual en la parte anterior se le adicionó un colector de plástico con alcohol etílico al 70% como conservante mientras que en la parte media superior se le realizó un corte de 25 x 40 cm el cual funcionó como

tapa a esta se le hicieron perforaciones suficientes a modo de respiraderos. En la porción posterior inferior de la cámara se realizaron perforaciones a modo de desagüe para la humedad contenida en las ramas trampa (Fig. 1b-c).

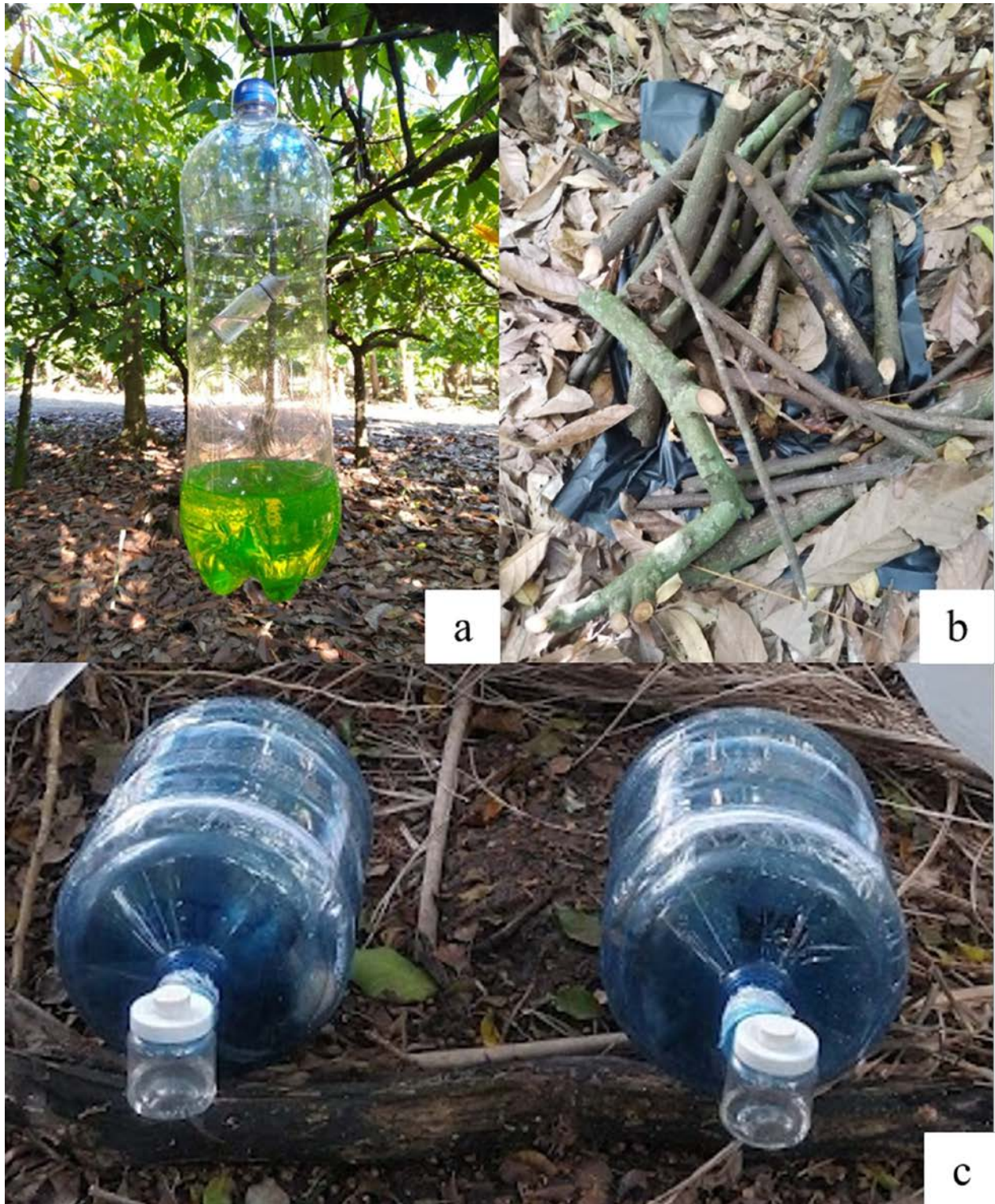


Figura 1. Métodos de recolecta a) trampa ECOIAPAR, b) ramas trampa y c) cámaras de emergencia.

Determinación 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), comparado 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 2 h por un año utilizando data loggers modelo UT 330C, de los cuales se descargó la información cada 15 días. La radiación solar se registró por día 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 hrs. Los valores de precipitación fueron obtenidos de la estación meteorológica Puyacatenco, localizada en 17°31'27"N y 92°55'56"O.

Análisis de datos. 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 paramétrico de riqueza Chao 1 (Moreno, 2001). La diversidad de coleópteros asociados al agroecosistema cacao bajo 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 de manera proporcional según su abundancia en la comunidad (Moreno *et al.*, 2011). La equidad del ensamble 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 del ensamble de las comunidades de insectos se determinó con el índice de Sørensen (I_s) para datos cualitativos, el cual relaciona el número de especies compartidas con la media aritmética de las especies de ambos ensambles de las comunidades (Moreno, 2001). Se analizó con gráficas la fluctuación anual de los insectos que fueron identificados en las plantas de cacao, utilizando las abundancias de las trampas ECOIPAR. Finalmente, se aplicó 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 más abundantes de cada sitio con la abundancia obtenida en las trampas ECOIPAR.

RESULTADOS

Riqueza y abundancia de coleópteros. 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 PSL se capturaron 1,781 individuos, 1,740 con trampas ECOIPAR 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 abundancia para este sitio fue *C. minutissimus* seguida de *P. cavipennis*, *H. birmanus* e *H. crudiae* con el 52% de los individuos. En la PSM se capturaron 1,788 individuos, 1,727 con trampas ECOIPAR 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 PSL y PSM.

Especies	Abrev.	HA	PSL		PSM	
			TA	CE	TA	CE
Scolytinae						
<i>Ambrosiodmus</i> sp	Amsp	X	4	0	0	0
<i>Coccotrypes cyperi</i> (Beeson 1929)	Cocy	Es	2	0	0	1
<i>Coptoborus</i> sp	Coptsp	Xm	0	0	0	1
<i>Coptoborus pseudotenius</i> (Schedl 1936)	Copsp	Xm	7	0	2	0
<i>Coptoborus tolimanus</i> (Eggers 1928)	Copto	Xm	0	0	1	0
<i>Corthylocurus debilis</i> Wood 1974	Corde	M	20	0	18	0
<i>Corthylus minutissimus</i> Schedl 1940	Cormi	Xm	254	0	157	0
<i>Corthylus papulans</i> Eichhoff 1869	Corpa	Xm	2	0	11	0
<i>Cryptocarenus diadematus</i> Eggers 1937	Crdia	M	1	0	0	0
<i>Cryptocarenus heveae</i> (Hagedorn 1912)	Crhev	M	4	0	6	0
<i>Cryptocarenus</i> sp	Crsp	M	0	1	1	0
<i>Hypocryphalus mangiferae</i> Stebbing 1914	Hyman	Fl	6	0	0	0
<i>Hypothenemus birmanus</i> (Eichhoff 1878)	Hybirm	Fl	224	0	276	0
<i>Hypothenemus brunneus</i> (Hopkins 1915)	Hybru	M	59	0	56	0
<i>Hypothenemus crudiae</i> (Panzer 1791)	Hycru	Fl	209	1	467	1
<i>Hypothenemus eruditus</i> Westwood 1836	Hyeru	Fl	158	7	55	5
<i>Hypothenemus seriatus</i> (Eichhoff 1872)	Hyser	M	64	1	79	2
<i>Hypothenemus</i> sp 1	Hysp 1	-	151	18	84	17
<i>Hypothenemus</i> sp 2	Hysp 2	-	7	0	4	0
<i>Hypothenemus</i> sp 3	Hysp 3	-	25	0	4	0
<i>Hypothenemus</i> sp 4	Hysp 4	-	2	0	0	0
<i>Hypothenemus</i> sp 5	Hysp 5	-	17	0	0	0
<i>Hypothenemus</i> sp 6	Hysp 6	-	4	0	40	0
<i>Premnobius cavipennis</i> Eichhoff 1878	Prcav	Xm	243	0	206	0
<i>Sampsonius dampfi</i> Schedl 1940	Sadam	Xm	114	0	76	0
<i>Theoborus ricini</i> (Eggers 1932)	Thric	Xm	30	3	55	3
<i>Xyleborinus gracilis</i> (Eichhoff 1868)	Xygra	Xm	3	0	3	0
<i>Xyleborus affinis</i> Eichhoff 1868	Xyaff	Xm	69	3	81	25
<i>Xyleborus ferrugineus</i> (Fabricius 1801)	Xyfer	Xm	9	4	2	1
<i>Xyleborus spinulosus</i> Blandford 1898	Xyspi	Xm	27	2	24	1
<i>Xyleborus volvulus</i> (Fabricius 1775)	Xyvol	Xm	17	1	15	1
<i>Xylosandrus curtulus</i> (Eichhoff 1869)	Xycur	Xm	1	0	0	0
<i>Xylosandrus morigerus</i> (Blandford 1894)	Xymo	Xm	3	0	1	3
Platypodinae						
<i>Euplatypus parallelus</i> (Fabricius 1801)	Eupa	Xm	2	0	0	0
<i>Euplatypus segnis</i> (Chapuis 1865)	Euseg	Xm	2	0	3	0
Riqueza			32	10	26	12
Abundancia			1740	41	1727	61

HA= hábito de alimentación, de acuerdo con Wood (1982, 2007) y Kirkendall *et al.* (2015): Fl= fleófago; M= mielófago; Xm= xilomicetófago; X= xilófago; Es= espermatófago.

Estructura y diversidad. 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 PSL y PSM respectivamente. Por su parte, en los muestreos realizados con ramas trampas se obtuvieron completitudes de 77.34 y 61.92% para PSL y PSM respectivamente. De acuerdo con los datos obtenidos con trampas ECOIAPAR el mayor valor de diversidad de orden 1 (1D) se obtuvo en PSL con 13.29 especies efectivas y la menor en PSM con 10.85. En ramas trampas las diversidades fueron de 5.92 en PSL y 5.69 PSM. Así mismo, el índice de Pielou (J') mostró 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).

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 PSL y PSM.

SITIO	RIQUEZA	1D	EQUIDAD	CHAO 1	COMPLETITUD
PSL-TA	32	13.29	0.74	32.4	98.77
PSL-CE	10	5.92	0.77	12.93	77.34
PSM-TA	26	10.85	0.75	28.25	92.04
PSM-CE	12	5.69	0.7	19.38	61.92

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

SITIO	PSL-TA	PSL-CE	PSM-TA	PSM -CE
PSL-TA	-	0.42	0.83	0.50
PSL-CE	9	-	0.54	0.78
PSM-TA	24	10	-	0.53
PSM -CE	11	9	10	-

Especies hospederas de *T. cacao*. El muestreo discriminatorio que utilizó ramas trampas mostró la asociación de 13 especies de Scolytinae con *T. cacao*, de las cuales 10 especies estuvieron presentes en PSL y 12 en PSM. En PSL *Hypothenemus* sp 1 fue la especie más abundante con el 43.90% de la recolecta para este sitio y en el caso de la PSM las especies más abundantes fueron *X. affinis* e *Hypothenemus* sp 1 con el 68.85% (Cuadro 1). De acuerdo con las ramas trampas expuestas a diferentes periodos, la mayor riqueza de especie fue recolectada a los 30 y 60 días en PSL y PSM 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).

Hábitos alimentarios. Los gremios alimenticios de las especies capturadas en ambas plantaciones fueron cinco: fleófago (FI), mielófago (M), xilomicetófago (Xm), xilófago (X) y espermatófago (Es). Se determinó que el 48.57% de las especies capturadas presentan una alimentación xilomicetófaga, seguida de la mielófaga con el 17.14%. De acuerdo con las capturadas de individuos adultos con trampas ECOIAPAR, el tipo de alimentación xilomicetófago fue el dominante, al estar presentarse en 15 de las 32 especies en PSL y 14 de las 26 especies en PSM (Cuadro 1).

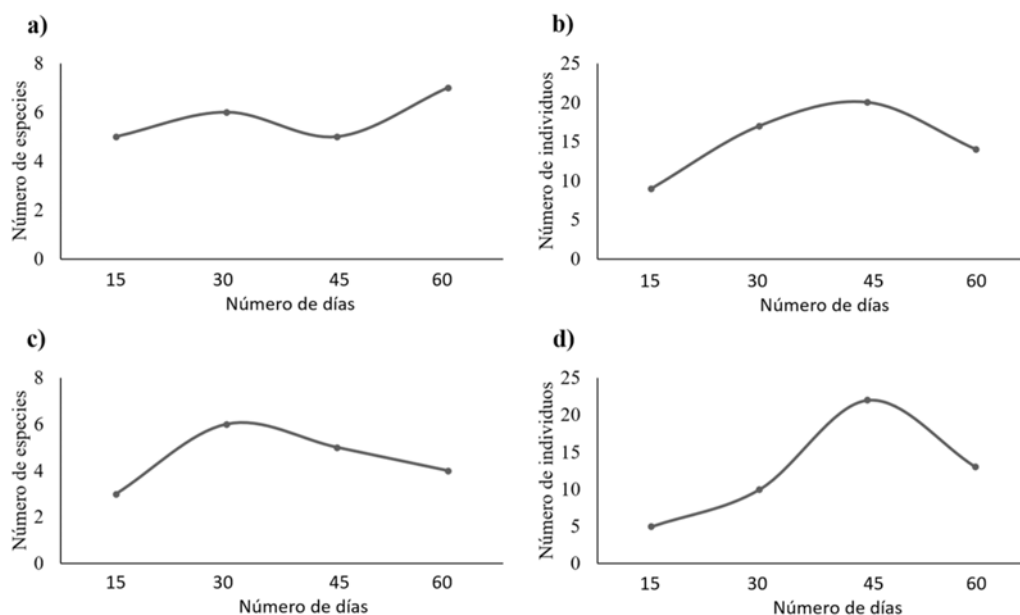


Figura 2. Fluctuación de insectos en ramas trampa de acuerdo con los días de exposición a) riqueza y b) abundancia en PSL c) riqueza y d) abundancia en PSM.

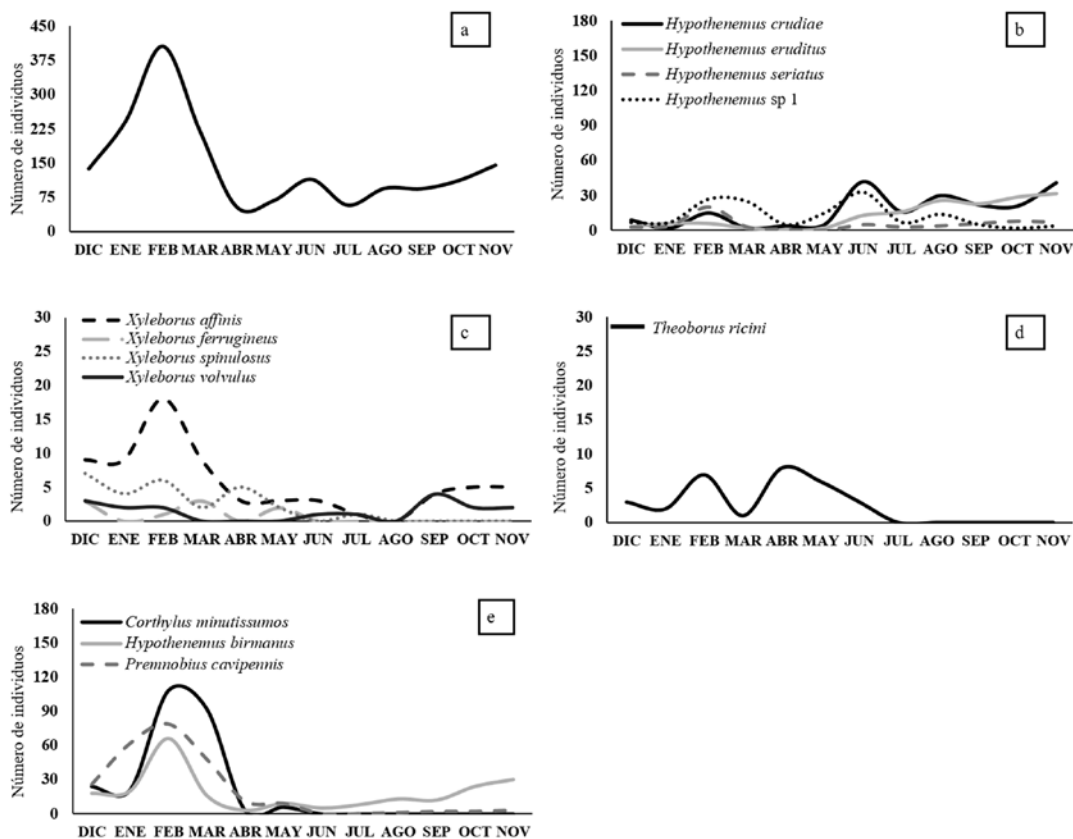


Figura 3. Fluctuación del a) ensamble de la comunidad de insectos en la PSL; b) número de individuos de *Hypothenemus*; c) número de individuos de *Xyleborus*; d) número de individuos de *Theoborus ricini* y e) número de individuos de especies más abundantes capturadas con trampas ECOIAPAR de la PSL.

Fluctuación anual. La fluctuación del ensamble 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 con mayor abundancia solo se consideraron las especies *H. crudiae*, *H. seriatus*, *H. eruditus*, *Hypothenemus* sp 1, *X. affinis*, *X. spinulosus*, *X. volvulus*, *X. ferrugineus* y *T. ricini*, y las especies *C. minutissimus*, *P. cavipennis* e *H. birmanus* en PSL el máximo pico de abundancia se presentó en febrero con 406 individuos, contrastando con PSM donde se presentan tres picos, el primero en febrero con 302 individuos, seguido de junio con 259 y el último en septiembre con 209. La fluctuación poblacional de las especies huésped de *T. cacao* en PSL 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* su mayor abundancia fue en febrero y abril con 7 y 8 individuos; para las especies *C. minutissimus*, *P. cavipennis* e *H. birmanus*, estas presentaron picos de mayor abundancia solo en el mes de febrero (Fig. 3a-e).

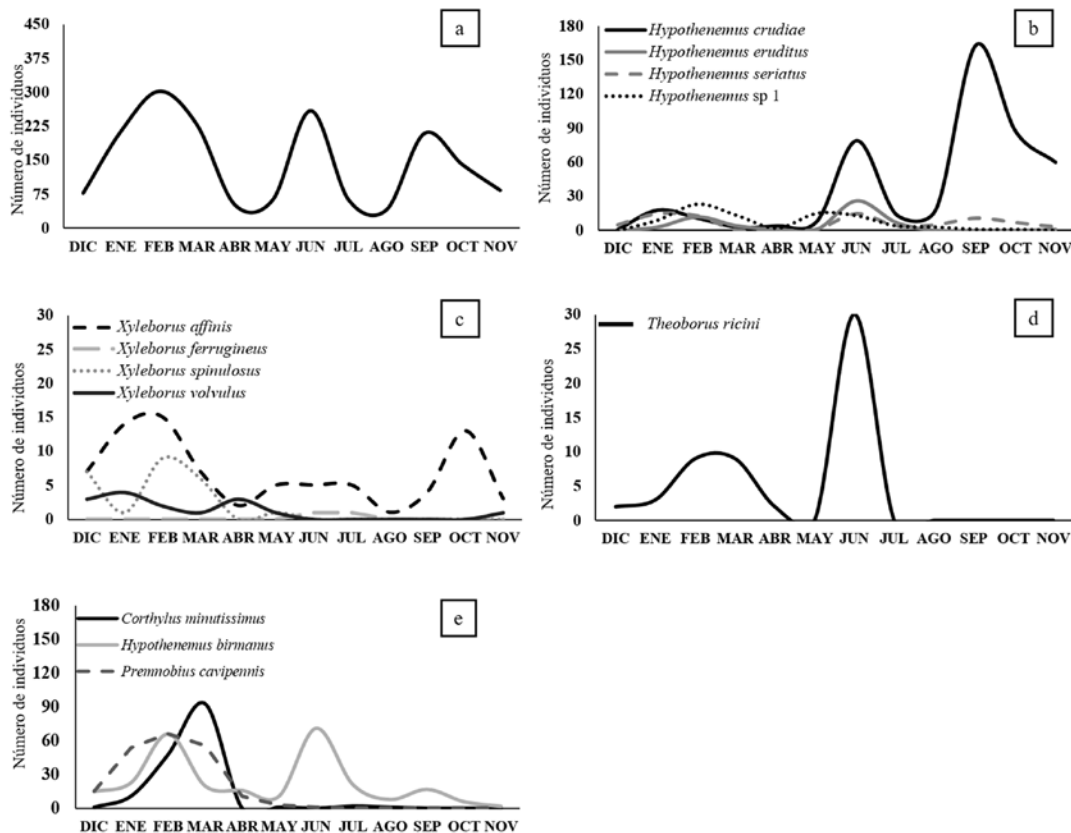


Figura 4. Fluctuación del a) ensamble de la comunidad de insectos en la PSM; b) número de individuos de *Hypothenemus*; c) número de individuos de *Xyleborus*, d) número de individuos de *Theoborus ricini* y e) número de individuos de especies más abundantes capturadas con trampas ECOIAPAR de la PSM.

La fluctuación de las poblaciones en PSM 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* presentó dichos incrementos en

febrero y octubre con 15 y 13 individuos respectivamente; así como, *X. spinulosus* en febrero con nueve individuos. Con relación a *T. ricini* su mayor pico poblacional fue en febrero y marzo con nueve individuos, presentando un tercer momento en junio con 30 individuos; para las especies *C. minutissimus*, *P. cavipennis* e *H. birmanus*, éstas presentaron picos de abundancia en marzo, febrero y junio y febrero, respectivamente (Fig. 4a-e).

La fluctuación de las poblaciones en PSM 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* presentó dichos incrementos en febrero y octubre con 15 y 13 individuos respectivamente; así como, *X. spinulosus* en febrero con nueve individuos. Con relación a *T. ricini* su mayor pico poblacional fue en febrero y marzo con nueve individuos, presentando un tercer momento en junio con 30 individuos; para las especies *C. minutissimus*, *P. cavipennis* e *H. birmanus*, éstas presentaron picos de abundancia en marzo, febrero y junio y febrero, respectivamente (Fig. 4a-e).

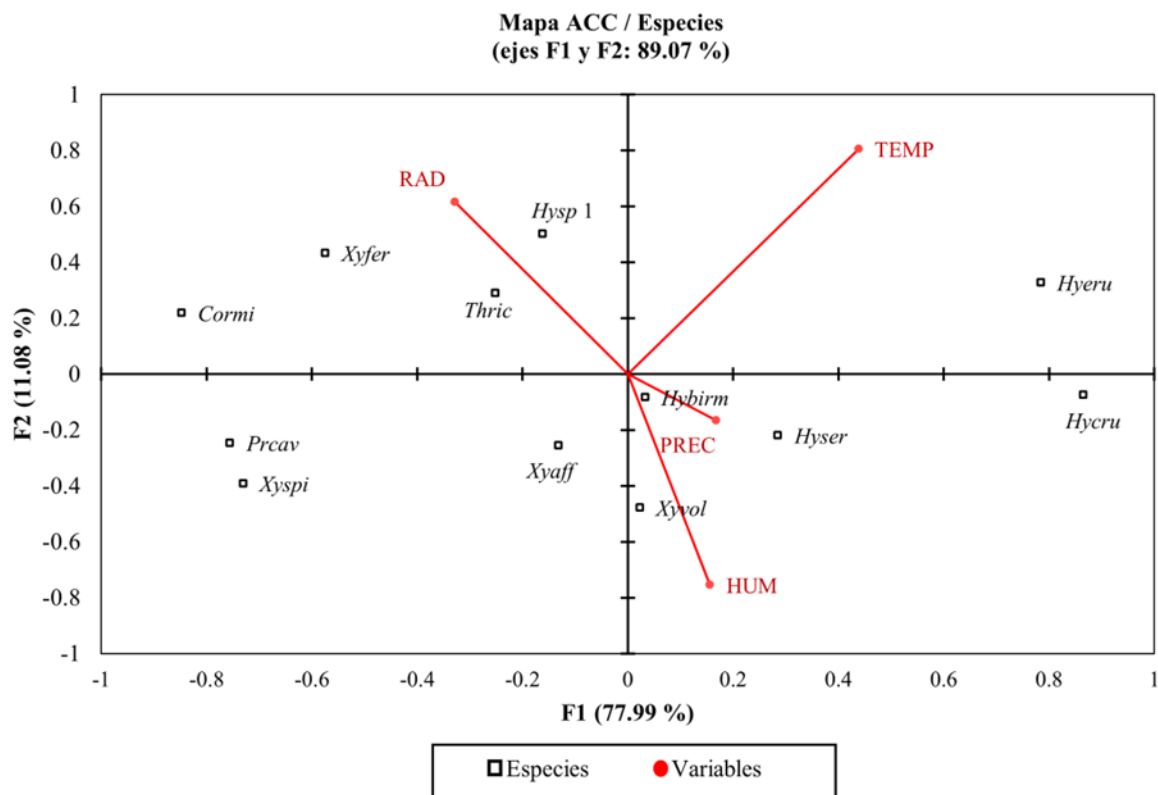


Figura 5. Análisis de Correspondencias Canónicas de las variables ambientales y especies de la PSL y PSM. Variables: HUM= humedad; PREC= precipitación; TEMP= temperatura y RAD= radiación solar.

Análisis de Correspondencias Canónicas 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 PSL y PSM 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 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* sp.1, *T. ricini* y *X. ferrugineus* exhiben preferencias por radiaciones altas (Fig. 5).

DISCUSIÓN

La presente investigación es la primera en que hace un acercamiento al estudio de las variables ambientales sobre la diversidad de escarabajos barrenadores en el agroecosistema de cacao expuesto a pleno sol y con cobertura arbórea (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; b), las investigaciones de agroecosistemas expuestos a sol y con sombra, en su mayoría, 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 a *T. cacao* se han enfocado al estudio de los cambios fisiológicos de las plantas en condiciones de alta radiación y luminosidad (Zambrano *et al.*, 2024).

La riqueza y abundancia de escolítinos y platipodinos que se determinaron en la presente investigación es menor a lo registrado en otros agroecosistemas de cacao en el estado de Tabasco, donde registran entre 34 y 40 especies de barrenadores (Pérez-De la Cruz *et al.*, 2009a; b), 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 huésped, aunado a un mayor número de especies, así como, la edad de los huéspedes y árboles de sombra descritos en las plantaciones estudiadas por Pérez-De la Cruz *et al.* (2009a; b). 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 PSL, 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 PSM 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 al sol. Así mismo, al comparar nuestros valores de diversidad registrados en PSM se determina que son similares a los reportados por Pérez-De la Cruz *et al.* (2009a) en diferentes agroecosistemas de 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 barrenadores en PSL 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 barrenadores. Pérez-De la Cruz *et al.* (2009a) mencionan que la alta diversidad de

barrenadores se asocia a la diversidad vegetal, alimento disponible, edad de las plantas huésped, competidores, depredadores y manejo de las plantaciones. Sin embargo, en estudios de interacciones de artrópodos asociados a plantaciones de café en condición bajo 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 barrenadores como *H. hampei* son menos abundantes. La equidad del ensamble 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 los ensambles de insectos presentes en PSL y PSM 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 PSL.

El muestreo discriminatorio generado a partir de las ramas trampa, permitió identificar las especies que utilizan a *T. cacao* como huésped, registrando diez y 12 especies asociadas a ramas expuestas en PSL y PSM respectivamente, así como establecer el periodo de exposición más factible para el arribo de los insectos barrenadores y 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 especies faltantes pueden encontrarse *P. cavipennis* y algunas especies del género *Hypothenemus* las cuales fueron capturadas con las trampas ECOIAPAR y han sido antes 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 *Cryptocarenum* sp solo se registró en las ramas trampa expuestas en PSL, y *Cocotrypes cyperi* (Beeson 1929), *Coptoborus* sp y *Xylosandrus morigerus* (Blandford 1894) en PSM. La presencia de las tres especies antes mencionadas en la PSM 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, en particular las ambrosiales, como el caso de las especies del género *Coptoborus* y *Xylosandrus* que 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 PSL la presencia de *Cryptocarenum* sp, podría ser explicada por su hábito alimenticio, debido que se encuentra asociado a pequeñas ramas no mayores de 3 cm de diámetro y por lo general 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 escolítinos 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 PSL y PSM fue en los 45 días de exposición, Serna-Mosquera *et al.* (2020) mencionan 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). En cuanto a los gremios alimenticios identificados, se encontró que 17 de las 35 especies registradas en el presente estudio presentan una alimentación xilomicetófaga (48.57%). Este resultado es congruente con lo reportado por Lázaro-Dzul *et al.* (2020) en huertos de aguacate en Michoacán, México, donde el 41.66% de las especies asociadas a este agroecosistema mostraron el mismo tipo de alimentación. Por otro lado, en ecosistemas naturales como la selva alta perennifolia, Gerónimo-Torres *et al.* (2021a) determinaron que el 66.66% de las especies presentes se alimentan de hongos ectosimbióticos. Este patrón puede explicarse por las condiciones ambientales de las zonas tropicales, como el estado de Tabasco, donde la alta humedad favorece que las especies xilomicetófagas encuentren un ambiente óptimo para alimentarse, colonizar y establecerse, con lo cual pueden alcanzar altos niveles poblacionales. Es aquí donde radica la importancia en la determinación de las especies de escolítinos y platipodinos presentes en el agroecosistema cacao, ya que al ser este tipo de gremio alimenticio el más abundante puede traer consigo problemas fitosanitarios, debido a la asociación que presentan con los hongos de los cuales se alimentan y que pueden tener la capacidad para debilitar, enfermar o causar la muerte de las plantas huéspedes.

La fluctuación del ensamble de la comunidad para ambas plantaciones exhibe diferencias marcadas, en PSL se observa un único pico de abundancia a principios del año de muestreo, en comparación con los tres picos observados a principios, mediados y finales del año de estudio en la PSM. 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. Por otro lado, Navarro y Liendo (2010) sugieren que los máximos picos poblacionales de este grupo de insectos están más condicionados por sus ciclos biológicos y menos por los factores climáticos. Sin embargo, dichos picos en los ensambles de escolítinos y platipodinos condicionados a diferentes variables climáticas han sido puestos en evidencia por Gerónimo-Torres *et al.* (2019, 2021b) en el borde e interior de selvas y manglares, quienes mencionan que las variables ambientales son más estables y constantes en el interior de estos ecosistemas.

Las especies *H. crudiae*, *X. affinis* 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*. Así 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 barrenadores como lo mencionan 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 escolítinos responden de diferente manera a las variables de temperatura, humedad, precipitación y radiación, siendo esta última la más significativa al influir en tres de las 12 especies evaluadas, como puede observarse con *Hypothenemus* sp 1, *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 barrenadores. Las especies *H. seriatus* e *H. birmanus* respondieron de manera positiva 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 escolítinos se presentó cuando se redujo la precipitación. Wood (1982) y Rudinsky (1962) mencionan que variables como la humedad y temperatura adecuadas son indispensables para el 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 géneros se consideran 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 y 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 barrenadores y 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. Boston, USA.

<https://www.xlstat.com>

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.

<https://doi.org/10.11648/j.aje.20230702.11>

Almeida, A. A., Valle, R. (2007) Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19 (4), 425–48.

<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

Atkinson, T. H., Equihua, M. A. (1986) Biology of bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae and Platypodidae) of a tropical rain forest in southeastern Mexico with an annotated checklist of species. *Annals of the Entomological Society of America*, 79 (3), 414–423.

<https://doi.org/10.1093/aesa/79.3.414>

- Atkinson, T. H. (2017) Familia Curculionidae: Subfamilia Scolytinae. Pp. 306–313. En: D. C. Tovar (Eds.). Fundamentos de Entomología Forestal. CONACYT, México.
- Atkinson, T. H., Saucedo, C. E., Martínez, F. E., Burgos, S. A. (1986) Coleópteros Scolytidae y Platypodidae asociados con las comunidades vegetales de clima templado y frío en el estado de Morelos. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), 17, 1–58
<https://doi.org/10.21829/azm.1986.13172048>
- 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://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://eprints.uanl.mx/12486/1/A9%20%281%29.pdf>
- Barrera, J. F., Muñoz, 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.
<https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.8.6>
- Billings, R. F., Clarke, S. R., Espino-Mendoza, V., Cordon 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-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/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).
- Carrasco-Ríos, L. (2009) Efecto de la radiación ultravioleta-B en plantas. *Idesia*, 27 (3), 59–76.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292009000300009>
- 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*. *Journal of Fungi*, 8 (3), 231.
<https://doi.org/10.3390/jof8030231>
- 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>

- Estrada-Pérez, N., Pérez-De la Cruz, M., Hernández-May, M. A. (2012) Fluctuación poblacional de *Corthylus* spp. (Coleoptera: 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
- Fernández-García, J. A., Marrufo-Madrid, R., Equihua-Martínez, A., Estrada-Venegas, E. G., Segura-León, O. (2023) Nuevos registros de Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) en bosques templados de Durango. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), 39, 1–15.
<https://doi.org/10.21829/azm.2023.3912582>
- 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.
<https://doi.org/10.3390/insects15020124>
- García-Villafuerte, M. Á. (2023) Los escarabajos descortezadores (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en los bosques de pino (Pinales: Pinaceae: Pinus) de Chiapas, México. *Lum*, 4 (2), 81–88.
- 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>
- Gerónimo-Torres, J. D. C., de La Cruz, M. P., de La Cruz-Pérez, A., Arias-Rodríguez, L., Burelo-Ramos, C. M. (2021b) Diversidad y distribución vertical de escarabajos barrenadores (Coleoptera: Bostrichidae, Curculionidae: Scolytinae, Platypodinae) en un manglar en Tabasco, México. *Caldasia*, 43 (1), 172–185.
<https://doi.org/10.15446/caldasia.v43n1.84499>
- Gerónimo-Torres, J. D. C., Oporto-Peregrino, S., Magaña-Alejandro, M. A., Ríos-Rodas, L., Sánchez-Díaz, B., Monroy-Hernández, R., Pozo-Santiago, C. O. (2021a) Distribución vertical de escarabajos descortezadores y barrenadores en una selva tropical. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24 (74), 1–17.
- Gerónimo-Torres, J. D. C., Pérez-De la Cruz, M., Arias-Rodríguez, L., De la Cruz-Pérez, A., Burelo-Ramos, C. M. (2019) Diversidad y fluctuación de la comunidad de escarabajos descortezadores y barrenadores (Coleoptera: Bostrichidae, Curculionidae: Scolytinae, Platypodinae) asociados a una selva en Tabasco, México. *Revista Chilena de Entomología*, 45 (1).
- Gómez-Pineda, E., Ramírez, M. I. (2023) Descortezadores y cambio climático: una relación preocupante. *Revista Digital Universitaria*, 24 (2), 1–7.
<https://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2023.24.2.15>
- 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://efaidnbmnnnibpcajpcgltclfindmkaj/https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/27/27016.pdf (consultado 30 mayo 2023).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambio climático 2021: Bases físicas. *Informe del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del IPCC*. Organización Meteorológica Mundial, 2021.
- Disponible en: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGI_SummaryForAll_Spanish.pdf. (consultado 20 abril 2023).
- Kirkendal, L. R., Biedermann P. H. W., Jordal B. H. (2015) Evolution and diversity of bark and ambrosia beetles. Pp. 85–156. In: F. E. Vega & R. W. Hofstetter (Eds). *Bark beetles, biology and ecology of native and invasive species*. United States. Academic Press, London and San Diego.
- 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 attack. *Journal of Chemical Ecology*, 45, 888–900.
<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.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292021000400039>
- Lázaro-Dzul, M. O., Equihua-Martínez, A., Romero-Nápoles, J., González-Hernández, H., Alvarado-Rosales, D., Macías-Sámano, J. E., Atkinson, T. H. (2020) Diversity of Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) at three sites in the central avocado-producing region of Michoacán, Mexico. *The Coleopterists Bulletin*, 74 (2), 454–462.
<https://doi.org/10.1649/0010-065X-74.2.454>
- 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.
<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-Roperio, 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
- Navarro, R., Liendo, R. (2010) Fluctuación poblacional de Scolytidae (Insecta: Coleoptera) en cacao del estado Aragua, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 60 (3), 255–261.
- 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.
<https://doi.org/10.1080/00275514.2022.2065441>
- Paes, J. B. (2002) Resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) KD Hill & L.A.S. Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. *Revista Árvore*, 26 (6), 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. (2009a) 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., Gracia-López, E. (2009b) Diversidad, fluctuación poblacional y plantas huésped de escolitinos (Coleoptera: Curculionidae) asociados agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80 (3), 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. (2009c) Claves para la identificación de escolitinos (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., 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.
Disponible en: <https://acortar.link/ERKaZP>
- Pérez-Silva, M., Equihua-Martínez, A., Atkinson, T. H., Romero-Nápoles, J., López-Buenfil, J. A. (2021) Claves ilustradas para la identificación de géneros y especies de la tribu Xyleborini (Curculionidae: Scolytinae) de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 92.
<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.
<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>
- 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.
<https://dx.doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.6105>
- 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. Merrill) en Ticuantepe, Nicaragua. *La Calera*, 17 (28), 1–9.
<https://doi.org/10.5377/calera.v17i28.6362>
- Wood, S. L. (1982) *The 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://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/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).
- Yuan, X., Li, S., Chen, J., Yu, H., Yang, T., Wang, C., Huang, S., Chen, H., Ao, X. (2024) Impacts of global climate change on agricultural production: a comprehensive review. *Agronomy*, 14 (7), 1360.
<https://doi.org/10.3390/agronomy14071360>
- 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.
<https://doi.org/10.18779/cyt.v17i1.713>