



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ATRAÍDOS A TRAMPAS CEBADAS CON ETANOL EN BOSQUES DE PINO A LO LARGO DE UN GRADIENTE ALTITUDINAL EN EL MONTE TLÁLOC, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

ADALGIZA ANGUSTIA SEGURA

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

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

2023



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesis titulada: **DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ATRAÍDOS A TRAMPAS CEBADAS CON ETANOL EN BOSQUES DE PINO A LO LARGO DE UN GRADIENTE ALTITUDINAL EN EL MONTE TLÁLOC, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO**, realizada por la estudiante: **Adalgiza Angustia Segura**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

DR. ARMANDO EQUIHUA MARTÍNEZ

ASESORA

DRA. OBDULIA LOURDES SEGURA LEÓN

ASESORA

DRA. EDITH GUADALUPE ESTRADA VENEGAS

Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, febrero de 2023

DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ATRAÍDOS A TRAMPAS CEBADAS CON ETANOL EN BOSQUES DE PINO A LO LARGO DE UN GRADIENTE ALTITUDINAL EN EL MONTE TLÁLOC, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

Adalgiza Angustia Segura, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2023

RESUMEN

Los bosques y selvas juegan un papel fundamental en la conservación de la vida, contienen el 75 % de la biodiversidad del mundo y albergan, entre el 50% y el 90% de todas las especies terrestres de animales y plantas. Los bosques mexicanos se enfrentan a diversas perturbaciones ambientales tales como plagas y enfermedades forestales, entre los cuales estas los insectos de la subfamilia Scolytinae; estos insectos son pequeños y pueden alcanzar un tamaño máximo de unos 10 mm de largo, sus élitros con el margen basal recto a fuertemente procurvado. Existen más de 6,000 especies de Scolytinae distribuidos en dos tribus y 26 subtribus, estos insectos pueden encontrarse en varias especies de plantas del género *Larix*, *Picea*, *Pinus* y *Pseudotsugae*, alimentándose de floema principalmente; representan un grupo ecológicamente importante, debido al papel que juegan en el ecosistema. Esta investigación se llevó a cabo en El Monte Tláloc, se utilizaron trampas artesanales hechas con botellas plásticas de 2.5 L., cebadas con etanol (96%), se colocaron en tres sitios con elevaciones de 2,900 msnm, 3,050 msnm, 3,200 msnm. Se recolectó un total de 2,067 individuos, pertenecientes a ocho tribus, 17 géneros y 27 especies; el **PM** obtuvo (55%=1,145 ind.), con presencia de 18 especies, **PA**, 33%=674 ind., con 11 especies, y el **PB**, 12%=248 ind. y 20 especies, las abundancias y riqueza de especies en los tres puntos de monitoreo puede estar influenciada por el tipo de vegetación que se presenta en cada localidad, su altura y hábitos alimenticios, por lo que se concluye indicando que los sitios con menor elevación y menor cobertura boscosa son los que presentan la mayor riqueza de especies.

Palabras clave: Bosques, *Pinus*, Scolytinae, Monte Tláloc, Abundancia, Trampas

DIVERSITY OF SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ATTRACTED TO TRAPS BAITED WITH ETHANOL IN PINE FORESTS ALONG AN ALTITUDINAL GRADIENT ON MOUNT TLÁLOC, TEXCOCO, STATE OF MEXICO

**Adalgiza Angustia Segura, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2023**

ABSTRACT

Forests and jungles play a fundamental role in the conservation of life, they contain 75% of the world's biodiversity and are home to between 50% and 90% of all terrestrial species of animals and plants. Mexican forests face various environmental disturbances such as pests and forest diseases, among which are the insects of the Scolytinae subfamily; these insects are small and can reach a maximum size of about 10 mm long, their elytra with the basal margin straight to strongly procured. There are more than 6,000 species of Scolytinae distributed in two tribes and 26 subtribes. These insects can be found in several species of plants of the genus *Larix*, *Picea*, *Pinus* and *Pseudotsugae*, feeding mainly on phloem; they represent an ecologically important group, due to the role they play in the ecosystem. This investigation was carried out in El Monte Tláloc, handmade traps made with 2.5 L plastic bottles, baited with ethanol (96%), were used, they were placed in three sites with elevations of 2,900 msnm, 3,050 msnm, 3,200 msnm. A total of 2,067 individuals were collected, belonging to eight tribes, 17 genera and 27 species; the PM obtained (55%=1,145 ind.), with the presence of 18 species, PA, 33%=674 ind., with 11 species, and the PB, 12%=248 ind. and 20 species, The abundances and richness of species at the three monitoring points may be influenced by the type of vegetation that occurs in each locality, its height and eating habits, which is why it is concluded that the sites with lower elevation and less forest cover are those with the highest species richness.

Keywords: Forests, *Pinus*, Scolytinae, Mount Tlaloc, Abundance, Traps

AGRADECIMIENTOS

De manera muy atenta expresó toda mi gratitud y complacencia:

A Jehová mí Dios, que me permitió tener vida y salud para cumplir esta meta tan anhelada.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento de mis estudios de postgrado No. 794123.

Mi *alma mater*, el Colegio de Postgraduados campus Montecillo, por haberme dado la oportunidad de formarme académicamente en dicha institución y a mi posgrado Fitosanidad – Entomología y Acarología.

Al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Rep. Dom.) por todo el apoyo brindado durante este tiempo de estudio.

Al **Dr. Armando Equihua Martínez**, por todo el conocimiento compartido para el enriquecimiento de este trabajo, por sus enseñanzas, paciencia, dirección y su apoyo en los momentos que más necesité. Una parte importante, estoy enormemente agradecida por toda la gestión que realizó para allanar mi entrada al cuatrimestre primavera 2021. Fue un placer tenerlo en mi consejo y una fortaleza académica la enseñanza recibida.

Dra. Obdulia Segura, por sus aportes para el mejoramiento de este trabajo, por el seguimiento en todo momento y el apoyo de manera personal que en algunos momentos recibí durante mi estadía en la maestría.

Dra. Edith Estrada, por sus aportes para el mejoramiento de este trabajo, su alegría y apoyo brindado durante este tiempo. Le agradezco esos gestos hacia el equipo de trabajo para mantenernos unidos y desestresados. Sin duda alguna, siempre pendiente de que estemos bien y a gusto.

Al **M.C. Jesús Ruíz Valencia**, por sus grandes aportes en la parte estadística de este documento. Fue un placer coincidir en esta vida contigo y el tiempo compartido fue excelente; me llevo la mejor versión de ti, tanto en la parte académica como a nivel

personal. Eres una persona excepcional, llena de virtudes y con gran humildad, excelente profesional, mi respeto para ti siempre.

A todos los doctores que participaron en mi formación académica, les agradezco todo el conocimiento impartido y la buena acogida que me dieron, pero sobre todo ese gran afecto y apoyo incondicional que me brindaron. Para mí fue un gesto importante y muy noble de cada uno de ellos. En especial el **Dr. Nápoles**, cuanta capacidad y humildad profesional, es un amigo con el cual se puede contar en todo tiempo, le agradezco su confianza y apoyo; y el **Dr. Dionisio**, mi respeto y admiración para él, había tenido la oportunidad de compartir en capacitaciones con él, pero la experiencia vivida en la materia Fitosanidad Forestal superó lo anterior, más que un honor fue para mí haber sido una vez más su alumna y le agradezco que fue el primer contacto para mi entrada al Colpos.

A todos mis compañeros de carrera y amigos, que de alguna manera u otra estuvieron siempre presentes para mí, entre los cuales destaco a **Harol Revelo** (mi querido peruano), estuviste presente en mi vida, mucho antes de entrar al Colpos, tú fuiste mis ojos y mis pies en esta institución, fuiste pieza clave para mi llegada a este país, no solo te agradezco tu ayuda incondicional en todo momento sino tu ejemplo como profesional y tu pasión por lo que haces, que me ayudó a ver todo desde otra perspectiva. Tantas salidas, risas, cuentos y momentos de pulque y tacos de carnita, me hicieron sentir tranquila y en casa, tu apoyo y consejos al momento de mi llegada a México, determinaron mi carácter, muchísimas gracias PPC. **Valentina Díaz G, Jesús Ayala y Ricardo Valdovino**, por ser incondicionales en todo el ámbito de la palabra; cuánta nobleza de corazón poseen. Les agradezco enormemente todo el apoyo y la noble amistad que me ofrecieron.

Por último y no menos importante, a mi familia, ellos fueron mi soporte, mi columna, mi pilar, mi fortaleza durante todo este tiempo en tierras lejanas. Les agradezco todas esas palabras de amor, fortaleza y consuelo que siempre me dieron. Mi madre, siempre pendiente, siempre atenta con sus oraciones, preocupada por cada detalle y mis

hermanos, con esas llamadas tan entretenidas para hacerme sentir bien. Sin el apoyo de ellos, este camino hubiese sido muy difícil para mí.

DEDICATORIA

A mí siempre amado padre, porque de estar presente en mi vida se sentiría orgulloso por lo que he logrado. Él me inculcó la pasión por el estudio, me mostró un futuro que en ese momento no entendí pero que trabajé para conseguirlo. Hoy no está conmigo, pero tu legado vive en mí y me impulsa a continuar cada día para alcanzar mis metas.

A mi madre querida, una mujer trabajadora, luchadora y defensora incansable de sus hijos, de no haber asumido su rol de madre y luchar a nuestro lado, mi presente hubiese sido diferente; un ejemplo de madre. Se merece esto y mil bendiciones más por siempre.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIA	viii
LISTAS DE CUADROS	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
SIGLAS, ABREVIATURAS O GLOSARIO.....	xv
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Descripción morfológica.....	4
Estatus taxonómico	5
Distribución	6
Hospederos	8
Hábitos alimenticios	8
Ciclo biológico	9
Comportamiento reproductivo	11
Fase de desarrollo	12
Fase de maduración y dispersión	12
Colonización del árbol hospedante.....	12
Control	13
CAPÍTULO I DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ATRAÍDOS A TRAMPAS CEBADAS CON ETANOL EN BOSQUES DE PINO A LO LARGO DE UN GRADIENTE ALTITUDINAL EN EL MONTE TLÁLOC, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO	15
1.1. RESUMEN.....	15
1.2. ABSTRACT	16
1.3. INTRODUCCIÓN.....	17
1.4. MATERIALES Y MÉTODOS	19
1.4.1 Área de estudio.....	19

1.4.2 Sitio de muestreo.....	20
1.4.3 Cebado de las trampas.....	21
1.4.4 Recolección del material biológico y mantenimiento de las trampas	21
1.4.5 Procesamiento del material biológico	22
1.4.7 Identificación del material biológico.....	23
1.4.8 Análisis de los datos	23
1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
1.5.1 Riqueza específica y abundancia relativa de escolitinos presentes en el área de estudio	25
1.5.2 Escolitinos presentes en los tres sitios de monitoreo	29
1.5.3 Hábitos alimenticios de las especies.....	33
1.5.4 Análisis de diversidad.....	35
1.5.4.1 Índice de diversidad Alfa global.....	35
1.5.4.2 Índice de Shannon para las cuatro estaciones del año	37
1.5.4.3 Índice de Simpson para las cuatro estaciones del año.....	39
1.5.4.4 Índice de Pielou para las cuatro estaciones del año.....	39
1.5.4.5 Índice de Chao 1 para las cuatro estaciones del año	40
1.5.5 Análisis de varianza (ANOVA)	41
1.5.6 Índice de diversidad Beta global	43
1.5.6.1 Índice de Jaccard para las cuatro estaciones del año	44
1.5.7 Curva de acumulación de especies	46
1.5.8 Fluctuación poblacional de Scolytinae en la zona de estudio.....	48
1.5.8.1 Fluctuación de escolítinos en el PA.....	48
1.5.8.2 Fluctuación de escolítinos en el PM	49
1.5.8.3 Fluctuación de escolítinos en el PB.....	49
1.5.9 Análisis de componentes principales PCA	52
1.5.10 Análisis de Correspondencia Canónico	54
1.5.11 Otros artrópodos asociados.....	55
1.6. CONCLUSIONES	59
CONCLUSIONES GENERALES	60

LITERATURA CITADA.....	61
ANEXOS	82
Anexo 1	82
Anexo 2	83

LISTAS DE CUADROS

Cuadro 1. Riqueza y abundancia de insectos de la subfamilia Scolytinae recolectados con trampas artesanales en tres gradientes altitudinales en el Monte Tláloc. Nuevo reporte *, HA (Hábito Alimenticio). PA (3,200 msnm), PM (3,050 msnm), PB (2,900 msnm).	26
Cuadro 2. Índice de diversidad de especies para las tres localidades	36
Cuadro 3. Análisis de componentes principales para las 27 especies de Scolytinae encontradas en los tres gradientes altitudinales.....	53
Cuadro 4. Análisis de Correspondencia Canónico para las variables ambientales que explican la variación de las abundancias de las especies.....	55
Cuadro 5. Lista de Artrópodos asociados al bosque de pino y recolectado en los tres puntos de monitoreo.....	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.. Morfología externa del adulto y estados inmaduros de individuos de la subfamilia Scolytinae. Fotos: Gilles San Martin (A) y J. F. Barrera (B).	5
Figura 2. Distribución geográfica actual de los insectos de la subfamilia Scolytinae en todo el mundo. El mapa muestra los países o áreas geográficas representados por diferentes colores para cada grupo de insectos. Los países (o áreas geográficas) que comparten el mismo color tienen los conjuntos de escarabajos de corteza más similares. Foto: Yanxue Yu <i>et al.</i> , 2019.....	7
Figura 3. Mapa de ubicación geográfica de las trampas artesanales en el área del estudio.....	19
Figura 4. Trampa artesanal cebada con alcohol etílico al 96%	21
Figura 5. Recolección del material biológico y cebado de las trampas	22
Figura 6. Procesamiento del material biológico.....	23
Figura 7. Abundancia relativa de las especies de la subfamilia Scolytinae	28
Figura 8. Abundancia de las especies en las tres gradientes altitudinales.....	30
Figura 9. Especies compartidas y exclusivas entre las localidades	33
Figura 10. Número de especies por hábito alimenticio (A), número de individuos por sitio (B), número de individuos por hábito alimenticio (C) y número de individuos por hábito alimenticio por localidad (D).	35
Figura 11. Variación del índice de diversidad para los tres puntos de monitoreo.....	37
Figura 12. Valores de los índices de diversidad alfa para las cuatro estaciones del año en los tres puntos de monitoreo. A: Primavera, B: Verano, C: Otoño, D: Invierno	38
Figura 13. Análisis de varianza Anova para A: Shannon, B: Simpson, C: Pielou y D: Chao 1.	41
Figura 14. Análisis de varianza ANOVA para la riqueza de especie	42
Figura 14. Análisis de varianza ANOVA para la riqueza de especie	42
Figura 15. Índice global de similitud de Jaccard.....	43

Figura 16. Similitud para las tres localidades, A: primavera, B: verano, C: otoño y D: invierno.	44
Figura 17. Matriz de similitud en A: primavera, B: verano, C: otoño, y D: invierno.....	45
Figura 18. Curva de acumulación de especies para los tres puntos de monitoreo durante un año.	47
Figura 19. Fluctuación poblacional de insectos de la familia Scolytinae a lo largo de un año de monitoreo	48
Figura 20. Fluctuación poblacional de Scolytinae durante un año. PA (A), PM (B), PB (C) y global (D).	50
Figura 21. Abundancia de órdenes y familias de insectos asociados al bosque de pino	58

SIGLAS, ABREVIATURAS O GLOSARIO

PA: punto alto

PM: punto medio

PB: Punto bajo

INTRODUCCIÓN GENERAL

Los bosques y selvas juegan un papel fundamental en el mundo para la conservación de la vida, son elementos imprescindibles para garantizar la seguridad alimentaria, son fuentes de ingreso para las familias, contribuyen al combate del cambio climático, participan en la captación de agua que atrae de la atmósfera, son formadores de suelo y contienen el 75 % de la biodiversidad del mundo (Challenger y Soberón 2008; FAO 2016). Albergan, entre el 50% y el 90% de todas las especies terrestres de animales y plantas, y son un elemento clave para el refugio y conservación de la fauna y de las especies en peligro de extinción (García y Morales, 2016). Se estima que del total (111) de todas las especies de pino alrededor del mundo, 52 están distribuidas en México y 26 son endémicas al país (CONABIO, 2020).

Los bosques de pino sostienen una rica fauna de insectos asociados, que ejercen funciones específicas en su hábitat, por lo que es imperante conocer el rol de estos insectos en sus hábitats (Sáenz-Romero et al., 2012; Martínez-Arévalo, 2013). Los pinos son de gran importancia tanto ecológica como económica, proporcionan diferentes servicios ambientales, tales como: captación y filtración de agua, generación de oxígeno, almacén de carbono, retención del suelo y son el hábitat de múltiples especies (Martínez-Méndez et al., 2016). Además, los pinos proporcionan recursos como madera, leña y resinas (SEMARNAT, 2007).

Los brotes crecientes de escarabajos de la corteza, específicamente de la subfamilia Scolytinae, han provocado grandes pérdidas económicas en la industria forestal (Goheen y Hansen, 1993; Waring et al., 2009). Los impactos económicos incluyen una reducción en el valor comercial de los árboles infestados y aumento de los costos de gestión (Schowalter, 2012). Además de provocar pérdidas económicas, la proliferación de estos insectos representa un factor importante en el desarrollo ecológico del paisaje forestal, en términos de estructura y composición de los bosques (Zeppenfeld et al., 2015 y Abdullah et al., 2018), así como la biodiversidad y servicios de los ecosistemas (Thom y Seidl, 2015). Los escarabajos de la corteza pueden afectar ecosistemas forestales

respecto al aumento de las tasas de mortalidad de árboles y reducción de la densidad de los bosques (Bright et al., 2013 y Filchev, 2012).

Los bosques mexicanos se enfrentan a diversas perturbaciones ambientales tales como incendios forestales, tala excesiva, plagas y enfermedades forestales (Salinas et al., 2010). Otras de las amenazas que sobresalen en este tipo de vegetación son los barrenadores de conos y semillas, los defoliadores de los géneros *Neodiprion* Rohwe, 1918 y *Zadiprion* Rohwer, 1918 los muérdagos, que han causado pérdidas anuales por más de dos millones de metros cúbicos de madera y finalmente, los descortezadores, principalmente del género *Dendroctonus* e *Ips* (Cibrián et al., 1995; Armendáriz y Zúñiga, 2017). Por su agresividad destacan *Dendroctonus frontalis* Zimmermann, *Dendroctonus mexicanus* Hopkins, *Dendroctonus adjunctus* Blandford y *Dendroctonus rhizophagus* Thomas & Bright, que están involucrados fundamentalmente en la dinámica y renovación natural de los bosques (Salinas et al., 2010).

En México, durante los años 1999 y 2010, se reportó una superficie promedio con problemas fitosanitarios de 51 mil ha, los agentes de mayor importancia fueron los escarabajos descortezadores de los géneros *Dendroctonus*, *Ips* y *Xyleborus*, que representaron una media anual de 15 mil ha infestadas (López et al., 2017).

Uno de los bosques templados más importantes respecto al conocimiento de las poblaciones de Gimnospermas y otros organismos se encuentra ubicado en el volcán El Tláloc, localizado dentro del Eje Neovolcánico Transversal (CONABIO, 2002). Dentro de esta asociación vegetal, se han realizado varios estudios respecto al nicho ecológico de especies de pinos (Hernández et al., 2022), dinámica de poblaciones, estimación de variables dasométricas (Sánchez-González y López Mata, 2003; Cruz, 2019), descripción de la vegetación (Rzedowski, 1954; Almeida et al., 1994) y trabajos que relacionan la anatomía de la madera con las características ambientales del hábitat (Jiménez-Noriega et al., 2015). Sin embargo, no se cuenta con trabajos relacionados con el monitoreo de insectos de la subfamilia Scolytinae, que como se mencionó previamente son una seria amenaza para la estabilidad de este tipo de ecosistemas, por lo tanto, el objetivo de estudio es determinar la diversidad de Scolytinae atraídos a trampas artesanales cebadas

con etanol en bosques de pino a lo largo de un gradiente altitudinal en El Monte Tláloc, Texcoco, Estado de México.

REVISIÓN DE LITERATURA

Descripción morfológica

Los escolitinos (Curculionidae: Scolytinae) son insectos pequeños que pueden alcanzar un tamaño máximo de unos 10 mm de largo (Ciesla, 2011). En su fase inmadura son similares en apariencia, lo cual resulta imposible realizar su identificación (Ciesla, 2011). Los huevos son pequeños de color blanco aperlado y de forma redonda u oval, sus larvas son apodas (Fig.1), con el cuerpo curvado y no esclerotizado (Wood, 2007), de color blanco con una capsula cefálica color ámbar y piezas bucales oscuras (Equihua y Burgos, 2002 y Wood, 2007)). La cabeza es libre, hipognata y subcircular, el tórax y el abdomen generalmente son del mismo ancho (Gómez, 2014).

Las pupas son adécticas exaratas, presentan apéndices libres (antenas, palpos, patas y alas), (Gómez, 2014). La coloración es generalmente blanca y se torna amarillenta a medida que avanza su maduración (Ciesla, 2011 y Wood, 2007). Los adultos tienen cuerpo cilíndrico (Fig. 1), robusto con tegumento muy esclerotizado y se caracterizan porque no presentan rostro desarrollado en comparación con otros curculiónidos (Bentancourt *et al.*, 2009). Son de tamaño variable dependiendo de la especie, entre 1 y 9 mm (López *et al.*, 2007). La cabeza es visible con ojos arriñonados, antenas geniculadas, escapo y funículo variable de uno a siete segmentos (Jordal, 2013).

La inserción de la antena cercana a los ojos o la base mandibular, mazo antenal formado por varios segmentos fusionados con o sin suturas visibles de forma oval a fuertemente aplanada u oblicuamente truncada (Jordal, 2013). No presentan labro y las mandíbulas son cortas y anchas (Borowski y Wegrzynowicz, 2007). Las patas son de tamaño regular, con fémures cortos y engrosados, tibias comprimidas y dentadas, su fórmula tarsal es 5-5-5 (Wood, 2007). Los élitros presentan un margen basal recto a fuertemente procurvado pudiendo presentar en algunos casos un fino relieve o crenulaciones; terminados con un marcado declive presentando tubérculos o denticulos (López *et al.*, 2007). El abdomen presenta cinco esternitos visibles; octavo terguito oculto en hembras y expuesto en machos (Wood, 2007).

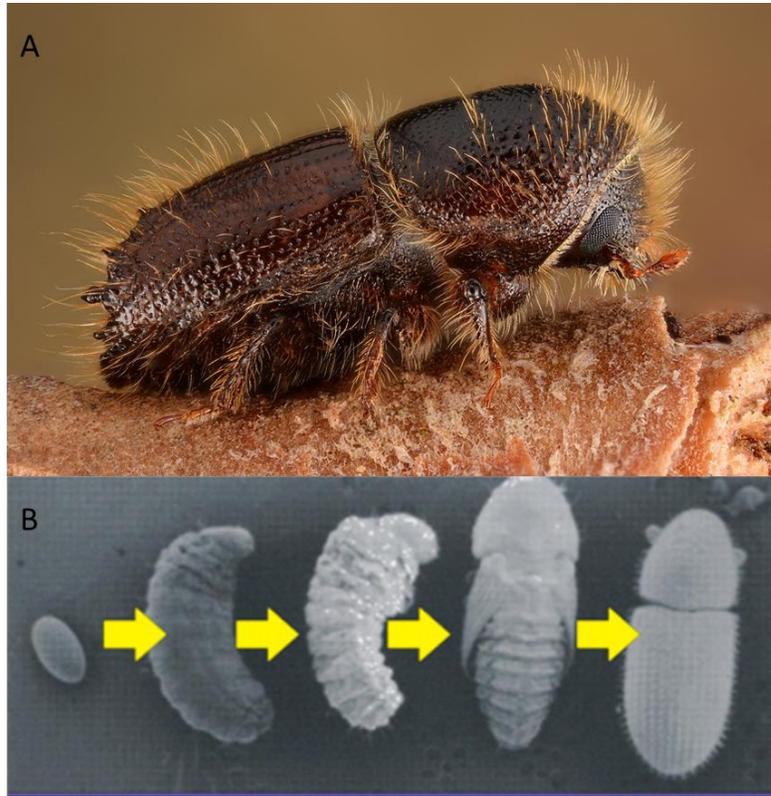


Figura 1.. Morfología externa del adulto y estados inmaduros de individuos de la subfamilia Scolytinae. Fotos: Gilles San Martin (A) y J. F. Barrera (B).

Estatus taxonómico

Las primeras cinco descripciones de especies de la subfamilia Scolytinae fueron realizadas por Linneus en 1758 e incluidas en el género *Dermestes* (Gómez, 2014). Latreille en 1807 fue el primero que le otorgó el estatus de familia a este grupo y a partir de la fecha el número de especies fue incrementándose debido a los múltiples estudios que fueron realizados (Knížek1 y Beaver, 2004; Gómez, 2014). De tal manera, que el primer catálogo de Scolytinae fue incluido en el catálogo sistemático de Gemminger y Harold (1872), quienes enumeraron 534 especies válidas en 60 géneros (Knížek1 y Beaver, 2004).

Durante la segunda mitad del siglo XX, Wood y Bright realizaron importantes contribuciones en la sistemática de los Scolytinae (Wood y Bright, 1987, 1992). En su trabajo publicado en 1992, reporta 5,812 especies, agrupadas en 225 géneros y 25 tribus, su trabajo es clasificado como el primer intento luego del catálogo de Hagedorn (1910) de

categorizar las familias en todo el mundo y hasta el momento es la mejor referencia del taxon a pesar de las múltiples actualizaciones que se han realizado posteriormente (Gómez, 2014). Actualmente los Scolytinae cuentan con más de 6,000 especies divididos en dos tribus y 26 subtribus (Atkinson, 2017, Hulcr *et al.* 2015 y Wood, 1986).

Durante las últimas décadas ha habido mucho debate con relación a la posición taxonómica del grupo (Jordal *et al.*, 2014). Estos insectos actualmente se ubican en la subfamilia Scolytinae dentro de la familia Curculionidae con base en estudios genéticos y morfológicos realizados (Marvaldi *et al.*, 2002; Thompson, 1992).

Actualmente los escolitinos presentan la siguiente posición taxonómica:

Reino:	Animalia
Subreino:	Eumetazoa
Phyllum:	Arthropoda
Subphyllum:	Hexapoda
Clase:	Insecta
Infraclase:	Pterygota
Orden:	Coleoptera
Suborden:	Polyphaga
Infraorden:	Cucujiformia
Superfamilia:	Curculionoidea
Familia:	Cuculionidae
Subfamilia	Scolytinae

<https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=,> consultado en octubre del 2018.

Distribución

Los Scolytinae, habitan regiones con temperaturas templadas y tropicales (Vega y Hofstetter 2015); la figura 2 muestra su distribución. En las Islas del Pacífico se reportan 130 especies de insectos ambrosiales y descortezadores de la subfamilia Scolytinae como especies endémicas, nativas y adventicias y muchas de ellas son endémicas de los archipiélagos individuales (Rabaglia *et al.*, 2020). Existen aproximadamente 100

especies de Scolytinae que han sido encontradas no solo en las Islas del Pacifico sino también en otras áreas y muchas de ellas han sido trasladadas alrededor del mundo a través del comercio como es el caso de los descortezadores que se alimenta de las ramitas y semillas y algunos ambrosiales (Haack y Rabaglia, 2013).

En Samoa y Samoa Americana se han reportado 58 especies de Scolytinae, 21 de esas especies son endémicas (Bright y Skidmore, 2002). También, se reporta la presencia de estos insectos en otros archipiélagos del pacifico como son: Fiji, 31; Hawaii, 22; Estado Federal de Micronesia,15 (Bright y Skidmore, 2002 y Bright 2014). Por último, México cuenta con aproximadamente 874 especies de Scolytinae con 19 subtribus y 91 géneros y menos del 5% del total de las especies son consideradas de importancia económica (Atkinson, 2017 y Gerónimo-Torres *et al.*, 2015), de ese porcentaje de especies los géneros *Dendroctonus*, *Scolytus*, *Ips* y *Phloeosinus* se reconocen como plagas primarias, capaces de matar árboles sanos y los géneros *Gnathotrichus*, *Xyleborus* y *Xylosandrus* se destacan por su daño a la madera, influyendo de manera significativa en su calidad (Pérez-De la Cruz *et al.*, 2015).

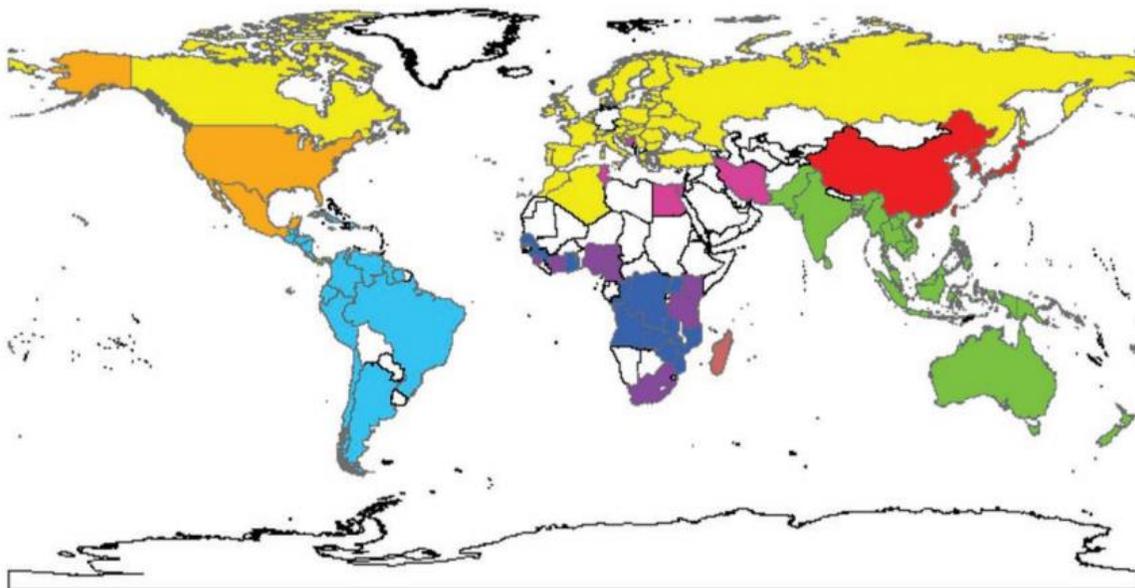


Figura 2. Distribución geográfica actual de los insectos de la subfamilia Scolytinae en todo el mundo. El mapa muestra los países o áreas geográficas representados por diferentes colores para cada grupo de insectos. Los países (o áreas geográficas) que comparten el mismo color tienen los conjuntos de escarabajos de corteza más similares. Foto: Yanxue Yu *et al.*, 2019.

En ese mismo año, Pérez-De la Cruz *et al* (2015) en su trabajo reporta 42 especies de Scolytinae incluidos en 23 géneros en Tabasco y Pérez-Silva *et al.*, 2015, reporta para México 18 especies del género *Xyleborus* en los estados de Veracruz, Chiapas, Campeche, Oaxaca, Tabasco y Tamaulipas, de las cuales incluyó como un reporte por primera vez las especies *Xyleborus bispinatus* Eichhoff y *X. vismiae* Wood.

Hospederos

Las especies de insectos de la subfamilia Scolytinae se encuentran estrechamente relacionados en zonas templadas a hospederos del género *Larix*, *Picea*, *Pinus* y *Pseudotsugae* (Bentz *et al.*, 2010).

Algunas de las especies de pino presentes en México que sirve como hospederos para estos insectos son: *P. hartwegii*, *P. lawsonii*, *P. maximinoi*, *P. montezumae*, *P. pringlei*, *P. pseudostrobus*, *P. maximartinezii*, *P. patula*, *P. devoniana*, *P. oocarpa*, *P. teocote*, *P. ayacahuite*, *P. douglasiana*, *P. leiophylla*, *P. luzmariae*, *P. arizonica*, *P. culminicola*, *P. flexilis*, *P. jeffreyi*, *P. tecunumanii*, *P. durangensis*, *P. greggii*, *P. herrerae*, *P. pinceana*, *P. edulis*, *P. nelsonii*, *P. radiata*, *P. remota*, *P. strobus*, *P. cembroides*, *P. praetermissa*, *P. strobiformis*, *P. contorta*, *P. lambertiana*, *P. quadrifolia*, *P. halepensi*, *P. engelmannii* y *P. ponderosa* (García-Navarrete *et al.*, 2021).

Hábitos alimenticios

Todos los Scolytinae son fitófagos en sentido amplio de la palabra (López *et al.*, 2007). En términos ecológicos, los escolitinos presentan especies con diferentes estrategias de alimentación: los escarabajos descortezadores (floefágia) y los ambrosiales (xilomicetofagia) (Kirisits 2004, Wood, 1982). Los primeros se alimentan directamente del floema u otros tejidos de las plantas ricos en almidón y otras sustancias nutritivas derivadas de la fotosíntesis, con frecuencia presentan especificidad a su hospedero (Wood, 1982). Es el tipo de alimentación más primitiva, llevada a cabo por la mayor parte de escolitinos presentes en bosques de coníferas (Wood, 1982; López *et al.*, 2007, Hulcr y Dunn, 2011).

Por otra parte, una pequeña parte de los escolitinos se alimentan de frutas y semillas (espermatófagos), medula de tallos (mielófagos) y de vegetales no leñosos (herbifagia) (Knizek y Beaver, 2004; López *et al.*, 2007) y según su especificidad al hospedero pueden ser monófagas o polífagas (López *et al.*, 2007).

Los escarabajos ambrosiales viven en simbiosis con hongos que cultivan en las paredes de sus galerías en el xilema de las plantas y usualmente son generalistas con respecto a su árbol hospedero (Gil Sánchez y Pajares, 1986). Estos hongos son transportados en unas invaginaciones del tegumento llamadas micangios (Gil Sánchez y Pajares, 1986; Li *et al.*, 2018). Estos insectos en general viven y se alimentan debajo de la corteza de las plantas, muchos de ellos son atraídos principalmente por los compuestos que se generan principalmente de la fermentación y muerte de la madera como oleorresinas volátiles, terpenos, hidrocarburos, alcoholes y otras sustancias (López *et al.*, 2007 y Vega, 2017).

Ciclo biológico

Las fases de desarrollo de los escolitinos comprenden las etapas de: huevo, larva, pupa y adulto (López *et al.*, 2007).

Huevos: Son muy pequeños, transparentes o blanco perlados, redondos, oval o ligeramente alargados; en algunos casos son más grandes que la hembra que lo ovipositan (Piña y Muñiz, 1981).

Larvas: Gruesas, apodas, cilíndricas, de color blanco o crema, con cabeza y mandíbulas bien definidas y de color más oscuro. Carecen de ojos, desarrollan escasamente espinas o pelos. Tórax tan ancho como el abdomen, patas ausentes; abdomen con tres o más pliegues en cada segmento con tubérculos pigmentados (Piña y Muñiz, 1981).

Pupa: Blancas cuando están recién transformadas, pero gradualmente va tomando un color amarillento a medida que completa tu etapa final de metamorfosis; las antenas, mandíbulas, patas y alas ya están desarrolladas en la fase pupal (Piña y Muñiz, 1981).

Adulto: Son pequeños, cilíndricos, de color café rojizos, oscuros o negros, los élitros son lisos o cubiertos de diminutas sedas, cabeza cuerta o no por el pronoto, mandíbulas fuertes y antenas geniculadas con mazo grande o geniculada (Piña y Muñiz, 1981).

Los escarabajos permanecen gran parte de su ciclo biológico dentro de las galerías de sus hospederos (endofíticos) donde las hembras depositan sus huevos, más de 100 (Chararas 1962; Gil y Pajares 1986). Cuando estos eclosionan, las larvas van construyendo sus propias galerías en el floema donde se alimentan (López *et al.*, 2007). El daño mecánico provocado por la construcción de las galerías, dañan o matan el árbol impidiendo el intercambio de nutrientes entre las raíces y la copa del árbol (Samman y Logan, 2000).

El ciclo biológico de los escolítinos descortezadores transcurre en dos fases, fase aérea y fase subcortical (Sauvard 2004). En la fase aérea los adultos o imagos emergen del hospedador anterior en búsqueda de otro nuevo para colonizarlo e iniciar su proceso de reproducción (Samman y Logan, 2000). La fase subcortical se da completamente debajo de la corteza, durante este tiempo el insecto se reproduce y permanece debajo de la corteza hasta alcanzar el estado de imago o adulto inmaduro Sauvard 2004, López *et al.*, 2007). En esta fase los insectos construyen sus sistemas de galerías las cuales están compuestas por: un orificio de entrada, galerías maternas o reproducción y galerías larvales (Sauvard 2004). De acuerdo a su estado de desarrollo sus generaciones por año se organizan en tres fases: fase reproductiva, de desarrollo y de maduración y dispersión (Sauvard 2004, López *et al.*, 2007).

Los Scolytinae presentan un ciclo biológico variado, el cual está estrechamente condicionado por factores como la temperatura y la humedad subcortical (Rangel *et al.*, 2012; Schoeller y Allison, 2013; Sauvard 2004). Algunas especies requieren de un mes para completar su ciclo, mientras que otras necesitan más tiempo (Sauvard 2004). El número de generaciones varía por año entre las especies dependiendo de las condiciones climáticas (López *et al.*, 2007). De acuerdo al número de generaciones se clasifican en univoltinas, bivoltinas o polivoltinas, esto quiere decir que aquellas especies que se

desarrollan en ambientes con temperaturas bajas, su ciclo biológico es lento y requieren de mayor tiempo para completarlo (Saarenmaa, 1985, Reid, 2004 y López *et al.*, 2007).

Comportamiento reproductivo

Se clasifican en tres categorías, monogamia, poligamia y poligamia consanguínea (López *et al.*, 2007). La monogamia es el tipo más común de reproducción en este grupo de insectos (Gómez y Martínez, 2013). En los grupos monógamos la hembra arriba primero al árbol hospedero e inicia la construcción de galerías, posteriormente ambos sexos construyen y cuidan las galerías (Klasmer y Diez de Ulzurún, 2013). Sin embargo, luego de la oposición uno de los dos abandona el lugar (López *et al.*, 2007).

La poligamia se da de dos formas: 1) poligamia heterosanguínea: el macho arriba al hospedante y ocasionalmente excava tanto el orificio de entrada como la cámara nupcial permitiendo la entrada de dos o más hembras para la cópula, pero cubre con su cabeza el orificio de entrada a la galería para impedir el paso a otros machos, otras especies, depredadores o parasitoides (igual que en la monogamia) (Annala 1971; López *et al.*, 2007; Gómez, 2014; Wood *et al.*, 1992). 2) poligamia consanguínea: el macho es incapaz de volar y permanece constantemente en la cámara nupcial (Wood *et al.*, 1992; Hulcr *et al.*, 2007). Este macho es haploide, cópula y muere muy temprano (Wood, 1982). Tanto las hembras fecundadas como no fecundadas pueden iniciar la colonización y producir machos, los cuales posteriormente copulan con sus progenitoras y hermanas para originar hembras diploides (Wood, 1982).

La poligamia la llevan a cabo, entre otros, en los miembros de la tribu Xyleborini (*Xyleborus*, *Xylosandrus* y *Xyleborinus*, etc.) (Hulcr *et al.*, 2007). Los machos de esas especies que presentan este tipo de reproducción tienen características peculiares como: son enanos, haploides, ápteros o braquípteros, y nunca abandonan el hospedante (López *et al.*, 2007). Las hembras que no son fecundadas pueden reproducirse por partenogénesis, de esta manera, tienen una proporción sexual de 1 macho por cada 5 hembras (Jordal *et al.*, 2001). La especie *Ips acuminatus* puede presentar reproducción mediante partenogénesis, presentando hembras triploides con reproducción clonal, aunque es necesario el apareamiento con el macho (Kirkendall, 1990; Jordal *et al.*, 2001).

Fase de desarrollo

Luego de la eclosión de los huevos surgen las larvas, se caracterizan por poseer tegumento blanco y blando (Coulson, 1979). El número de estadios larvales oscila entre 3 y 5 y seguido de esa fase se desarrolla la pupa, que tiene una duración variable de 6 a 9 días (Sauvard, 2004). Al terminar la fase de pupa emergen los adultos inmaduros que poseen una pigmentación de un color amarillento, diferente a la de los individuos maduros (López *et al.*, 2007).

Fase de maduración y dispersión

Es necesario que los insectos lleven una alimentación adecuada que les permita completar la esclerotización, almacenar reservas energéticas, alcanzar el desarrollo de las gónadas y la madurez sexual (Gries, 1984). Esta alimentación le permitirá un rápido desarrollo y las condiciones requeridas para emigrar en busca de otro hospedador y continuar con su ciclo biológico (McNee *et al.*, 2000; Langström 1983).

Colonización del árbol hospedante

Consta de dos fases, una fase de atracción primaria y otra de atracción secundaria (López *et al.*, 2007). En la fase de atracción primaria inicia la colonización, su vuelo de dispersión es corto y normalmente son atraídos por árboles debilitados o moribundos (Atkinson y Equihua 1985; Lieutier 2004). Los árboles con deficiencias fisiológicas emiten sustancias químicas al ambiente (monoterpenos, diterpenos y sesquiterpenos) y sus derivados (cetonas, alcoholes, aldehídos, éteres), que ejercen un efecto atrayente sobre los escolitinos, lo que favorece la llegada de los individuos pioneros (López *et al.*, 2007). Estos compuestos químicos emitidos por el hospedante son detectados por los escolitinos (Faucheux 1989) y a partir de ahí, el macho o la hembra según se trate de especies monógamas o polífagas inician la colonización (Wood 1982; Byers 2004).

La fase de atracción secundaria tiene lugar cuando las defensas del árbol se activan a través de la llegada masiva de una gran cantidad de individuos (López *et al.*, 2007). En ese momento el árbol detecta que está siendo atacado y activa sus

mecanismos de defensa para impedir la entrada de los organismos invasores (Lieutier 2004).

Control

El control de los escarabajos descortezadores escolítinos es difícil debido a su hábito de alimentación en gran medida críptico (Gitau *et al.*, 2013). Algunas de las medidas que se implementan para minimizar el ataque son, las prácticas silvícolas; estas se aplican comúnmente en la silvicultura comercial e implican aclareos, podas y aplicación de ciclos de plantación cortos además de precisos, sincronización de las operaciones de recolección que se coordinan fuera del período de vuelo de los insectos (Christiansen y Fjone, 1993). Descortezar la madera cortada y destruir los árboles infestados mediante astillado, quema o enterrando, este método elimina las crías de escarabajos y evita nuevos ataques (Jactel *et al.*, 2009). La tala de madera arrojada por el viento para reducir el material de reproducción, es un método preventivo importante (Grégoire y Evans, 2004).

Algunos métodos silvícolas involucran técnicas de control directo tales como cortar y remover o cortar y dejar (Gitau *et al.*, 2013). La efectividad de estos métodos varía entre las especies de escarabajos descortezadores con diferentes ciclos de vida y patrones de ataque (Gitau *et al.*, 2013). Otra medida preventiva es el raleo, que reduce la mortalidad de árboles inducida por escarabajos descortezadores (Fettig *et al.*, 2007a). Sin embargo, algunos estudios sobre la eficacia del aclareo no han podido detectar un beneficio significativo, ya que algunos escarabajos de la corteza se sienten atraídos por los residuos del aclareo (Cochran, 1998).

El uso de trampas de feromonas y árboles trampa vivos para la captura masiva de escolítinos es útil, para reducir las densidades de población a niveles por debajo del umbral crítico (El-Sayed *et al.*, 2006; Hansen *et al.*, 2006; Schiebe *et al.*, 2011). Los estudios han demostrado que las trampas podrían brindar un control más eficaz para la captura de estos insectos (Raty *et al.*, 1995; Faccoli y Stergulc, 2008). Su uso es importante para prevenir el ataque de los escarabajos primarios, ya que el número de

escarabajos atrapados en las trampas o en los árboles trampas pueden usarse como una identificación de escarabajos específicos o temporadas de vuelo (Billings, 1988).

**CAPÍTULO I DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)
ATRAÍDOS A TRAMPAS CEBADAS CON ETANOL EN BOSQUES DE PINO A LO
LARGO DE UN GRADIENTE ALTITUDINAL EN EL MONTE TLÁLOC, TEXCOCO,
ESTADO DE MÉXICO**

1.1. RESUMEN

Los Scolytinae representan un grupo ecológicamente importante, debido al papel que juegan en el ecosistema, como los primeros descomponedores de material leñoso. Esta investigación se llevó a cabo en El Monte Tláloc, se utilizaron trampas artesanales hechas con botellas plásticas de 2.5 L., cebadas con etanol (96%), se colocaron en tres sitios con elevaciones de 2,900 msnm, 3,050 msnm, 3,200 msnm. Se recolectó un total de 2,067 individuos, pertenecientes a ocho tribus, 17 géneros y 27 especies; el **PM** obtuvo (55%=1,145 ind.), con presencia de 18 especies, **PA**, 33%=674 ind., con 11 especies, y el **PB**, 12%=248 ind. y 20 especies. Está ampliamente documentado que la riqueza específica de los sitios de estudio se debe a la composición vegetal y a factores ambientales, tales como: temperatura, humedad, condiciones de sus plantas huéspedes, etc.

Palabras clave: Scolytinae, Monte Tláloc, Gradiente altitudinal, Diversidad

1.2. ABSTRACT

The Scolytinae represent an ecologically important group, due to the role they play in the ecosystem, as the first decomposers of woody material. This investigation was carried out in El Monte Tlálloc, handmade traps made with 2.5 L plastic bottles were used, baited with ethanol (96%), they were placed in three sites with elevations of 2,900 msnm, 3,050 msnm, 3,200 msnm. A total of 2,067 individuals were collected, belonging to eight tribes, 17 genera and 27 species; the PM obtained (55%=1,145 ind.), with the presence of 18 species, PA, 33%=674 ind., with 11 species, and the PB, 12%=248 ind. and 20 species. It is widely documented that the richness of specific study sites is due to plant composition and environmental factors, such as: temperature, humidity, conditions of their host plants, etc.

Key words: Scolytinae, Mount Tlaloc, Altitudinal gradient, Diversity

1.3. INTRODUCCIÓN

Los escarabajos de la subfamilia Scolytinae, son un grupo diverso de insectos de gran importancia económica, ecológica y científica en los bosques de pino, son conocidos como los actores más importantes en los sistemas naturales y plantados (Raffa *et al.* 2015, Vega y Hofstetter 2015 y Johnson *et al.*, 2020). Existen más de 6.000 especies de Scolytinae, agrupados en 225 géneros y 26 tribus alrededor del mundo y habitan regiones con temperaturas templadas a tropicales (Hulcr *et al.* 2015 y Wood, 1982).

Los Scolytinae representan un grupo ecológicamente importante, debido al papel que juegan en el ecosistema, como indicadores de salud y uno de los primeros descomponedores de material leñoso (Stokland, 2012). Sin embargo, en esta subfamilia se encuentran algunas de las especies de plagas forestales más destructivas, causantes de daños severos de índole ecológico, económico, político y social (Clarke y Nowak, 2010). Tal es el caso del escarabajo del pino del sur, *Dendroctonus frontalis* Zimmermann (Coleoptera: Curculionidae), considerado como la plaga más destructiva de los bosques de pinos nativos en el centro y este de América del Norte, registrando pérdidas económicas estimadas de \$1.2 mil millones de dólares durante un período de 28 años (Pye *et al.*, 2011).

Los impactos directos incluyen el aumento de las tasas de mortalidad de árboles y reducción de la densidad de los bosques (Lehnert, *et al.*, 2013, Bright *et al.*, 2013). Los impactos indirectos son: reducción de la absorción de carbono, cambios en la distribución de las especies arbóreas, cambios en los procesos de erosión, frecuencia de incendios y alteración del ciclo de nutrientes (Beudert *et al.*, 2015, Abdullah *et al.*, 2018 y Denham *et al.*, 2019). Se prevé que estas formas de perturbación de los hábitats incrementen su efecto debido al cambio climático, que producirá condiciones favorables para el establecimiento, expansión del rango de distribución y del nicho fundamental de los escolítinos (Elith *et al.*, 2010; Lesk *et al.*, 2017 y Gan, 2004).

Una de las principales problemáticas del estudio de este grupo, es la dificultad para la identificación correcta de los especímenes recolectados, debido al escaso número de especialistas y recursos de identificación para la mayoría de ellos (Hulcr *et al.* 2015). Con

esta investigación se pretende conocer la composición de insectos de la subfamilia Scolytinae a lo largo de un gradiente altitudinal en El Monte Tláloc, México.

1.4. MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1 Área de estudio

Esta investigación se llevó a cabo en El Monte Tláloc (Fig. 3), un viejo estrato volcánico originado aproximadamente hace cinco millones de años en el Mioceno, terminando su formación a principios del Pleistoceno (Sánchez-González *et al.*, 2006). Se encuentra ubicado en la provincia morfoestructural conocida como Eje Neovolcánico Transversal, entre los estados de México, Puebla y Tlaxcala (Sánchez *et al.*, 2006). Se caracteriza por presentar bosque templado con clima templado subhúmedo, precipitación anual de 700 a 1200 mm, temperatura media anual entre 12 y 18 °C y una altura entre los 4,060 y los 4,120 msnm (Sánchez-González y López Mata, 2003).

Se seleccionaron tres localidades, con diferentes gradientes altitudinales, ubicada en las coordenadas 19.4483301, -98.7607022 y altura 3,200 msnm, 19.4419745, -98.76668655; 3,050 msnm y 19.4497623, -98.7800841; 2900 msnm.

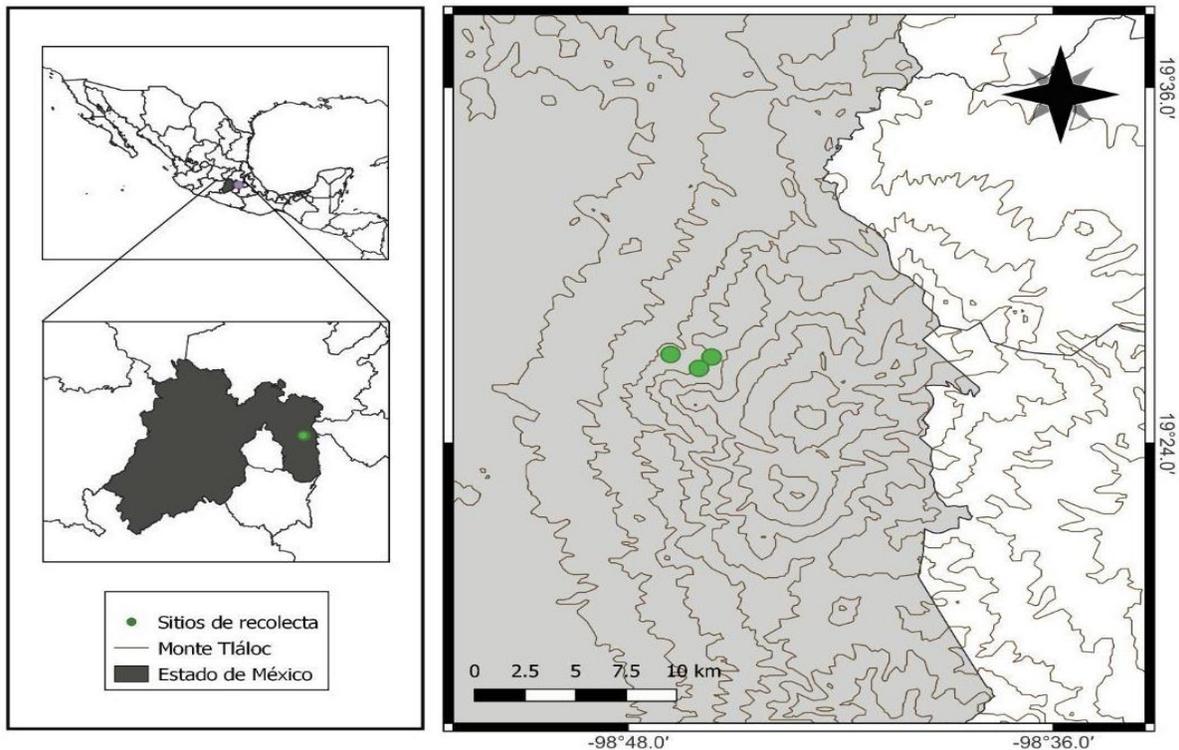


Figura 3. Mapa de ubicación geográfica de las trampas artesanales en el área del estudio

1.4.2 Sitio de muestreo

La zona de estudio se caracteriza por poseer suelos incipientes, de textura gruesa en las proximidades del cono cinerítico y en el resto del área negros, profundos, muy ricos en materia orgánica y de textura media, migajones o francos (Matteucci y Colma, 1982). De acuerdo con Palma (1996) se reportan seis tipos de vegetación: bosque de pino, bosque de oyamel, pastizal, bosque de pino-oyamel-encino, bosque de pino-aile-encino y bosque de pino-encino. El principal uso del suelo es la agricultura de temporal siendo los cultivos más importantes: maíz, frijol, asociación maíz-frijol-calabaza, cebada y avena (Sánchez-González y López Mata, 2003).

La vegetación predominante en los puntos de monitoreo está compuesta por: *Abies religiosa*, *Pinus montezumae*, *Pinus montezumae*, *Pinus patula*, *Pinus radiata*, *Quercus mexicana*, *Quercus rugosa* y *Cupressus lusitanica* (Sánchez-González y López Mata, 2003).

Se utilizaron 12 trampas artesanales hechas con botellas plásticas de 2.5 L., (Fig. 4), las cuales se perforaron en la parte media, por donde se introdujo un recipiente con alcohol etílico como atrayente y en la base propilenglicol para la captura de insectos, estas se colgaron sobre árboles de pinos o latifoliadas según la disponibilidad a una altura del suelo de aproximadamente 1 m, en tres gradientes altitudinales 2900, 3050 y 3200 msnm. Por cada sitio se colocaron cuatro trampas de forma lineal con una distancia entre ellas de aproximadamente 100 m, las cuales permanecieron activas por un periodo de un año, como en el estudio realizado por Lázaro-Dzul *et al.* (2020).



Figura 4. Trampa artesanal cebada con alcohol etílico al 96%

1.4.3 Cebado de las trampas

Las trampas fueron cebadas con alcohol etílico al 96% y se usó propilenglicol grado alimenticio como conservador. Estos compuestos, además de su alta especificidad e impacto nulo para el medio ambiente, permiten capturar los escolitinos y otros insectos. Las trampas fueron cebadas cada mes con 45 ml de alcohol etílico al 96% en tubos cónicos de centrifugado de la marca Falcon y aproximadamente 150 ml de propilenglicol para conservar los insectos que habían caído en las trampas, esta sustancia permite preservar los insectos hasta la fecha de recolecta, sin dañarse. Puesto que no es volátil permanece en el vaso sin evaporarse permitiendo que el material colectado no se degrade.

1.4.4 Recolección del material biológico y mantenimiento de las trampas

La zona de estudio se visitó mensualmente para retirar los insectos capturados correspondientes a ese periodo de colecta. El proceso consistió en retirar los insectos de las trampas y colocarlos en frasco plásticos de 20 ml con alcohol etílico al 75 % para su posterior análisis, cambiar o rellenar el propilenglicol de la trampa según sea el caso y completar el volumen del alcohol etílico (96%), tomando en cuenta la cantidad evaporada hasta el volumen establecido en este estudio (45ml). Se registraron mensualmente datos

de evaporación del alcohol, humedad relativa y temperatura con un DataLogger Elitech RC 51H (Fig. 5).



Figura 5. Recolección del material biológico y cebado de las trampas

1.4.5 Procesamiento del material biológico

Se llevó todo el material procedente del área de estudio al laboratorio de Entomología y Acarología (ENTOMOACARI); se les retiró el alcohol y se separó por morfotipo, se contó y registró las abundancias de cada una de las especies (Fig. 6). Se seleccionó uno o tres individuos de cada especie y se montó en alfileres entomológicos para su posterior identificación; el material restante se conservó en húmedo en alcohol etílico al 70%. Este mismo procedimiento se realizó con los insectos asociados.



Figura 6. Procesamiento del material biológico

1.4.7 Identificación del material biológico

Para la identificación de los insectos se utilizaron las claves entomológicas de Wood (1982; 2007) y los recursos del sitio web: <http://www.barkbeetles.info> (Atkinson, 2019), para confirmar y corroborar las especies; también se usó un microscopio estereoscópico Karl Zeiss Stemi DV4 para separar e identificar las especies. Finalmente, se tomaron fotos de la parte dorsal, declive y lateral de algunas especies seleccionadas, para las imágenes, se utilizó una cámara fotográfica digital Canon modelo Eos Rebel T5 adaptable a un microscopio óptico modelo ZEISS y el software Eos utility y para la edición de las fotos se utilizó el software Zerense Sotck (versión de prueba).

1.4.8 Análisis de los datos

Para comparar la diversidad de escolitinos presentes en los tres puntos seleccionados en el Monte Tláloc, se utilizaron los índices de diversidad alfa Shannon-Wiener, Simpson, Pielou y el modelo no paramétrico Chao 1. También se calculó el índice Beta de Jaccard, con el objetivo de identificar el grado de similitud entre los sitios muestreados; estos índices se obtuvieron de manera global y para cada estación del año; se elaboró una curva de acumulación de especies, para representar el número de

especies con base en el esfuerzo de muestreo y se graficó la fluctuación poblacional de las especies, para conocer la variación de sus abundancias a lo largo del año de monitoreo. Luego del análisis de los índices Alfa y Beta se procedió a realizar un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias, para verificar si existen diferencias en los índices entre las localidades.

Finalmente, se realizaron análisis multivariados, con el objetivo de explicar la variación de la matriz generada. Para identificar cuáles especies tienen una mayor información para explicar la riqueza de especie encontrada en los sitios, se generó un análisis de componentes principales, con el cual se obtuvieron los eigenvalores, que se pueden traducir como el peso que tienen las especies en la variación de la composición de la comunidad (Meneses, 2019). Paralelamente, se realizó un análisis de correspondencia canónico, que permitió determinar el peso que tienen las variables ambientales de los sitios de recolecta, sobre las abundancias registradas. Tanto los gráficos como los análisis estadísticos se hicieron con el Software RStudio, v. 0.2.3+492 (R Core Team, 2019).

1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.5.1 Riqueza específica y abundancia relativa de escolitinos presentes en el área de estudio

Se recolectó un total de 2,067 individuos de la subfamilia Scolytinae durante el tiempo de monitoreo, pertenecientes a ocho tribus, 17 géneros y 27 especies. Seis de esas especies son nuevos reportes para el Estado de México (Tabla 1). Las tribus más abundantes fueron Corthylini: Corthylinina (29%), con cinco géneros y cinco especies, Micracidini (23%) con cuatro géneros y cuatro especies, Corthylini: Pityophthorina (18%), con tres géneros y tres especies, mientras que Hylastini, Hylurgini, Ipini, Phloeosinini y Phloeotribini estuvieron representadas cada una por un único género y una especie, abarcando 6% de la diversidad.

Cuadro 1. Riqueza y abundancia de insectos de la subfamilia Scolytinae recolectados con trampas artesanales en tres gradientes altitudinales en el Monte Tláloc. Nuevo reporte *, HA (Hábito Alimenticio). PA (3,200 msnm), PM (3,050 msnm), PB (2,900 msnm).

Especies de Scolytinae	Número de especímenes				
	PA	PM	PB	HA	Total
<i>Amphicranus rameus</i> Wood	0	4	1	Xm	5
<i>Corthylus detrimentosus</i> Schedl	72	153	24	Xm	249
<i>Corthylus fuscus</i> Blandford	17	23	6	Xm	46
<i>Glochinoscerus gemellus</i> Blandford	1	0	0	Xm	1
<i>Gnathotrichus dentatus</i> Wood	2	2	0	Xm	4
<i>Hylocurus incomptus</i> Wood	0	0	2	X	2
<i>Hylocurus microcornis</i> Wood	0	1	0	X	1
<i>Hylurgops longipennis</i> Wood*	0	0	1	Ph	1
<i>Micrasis amplinis</i> Wood	0	2	0	X	2
<i>Micrasis incerta</i> Wood*	0	2	0	X	2
<i>Micrasis unicornis</i> Wood	3	8	5	X	16
<i>Micracisella nitidula</i> Wood	14	59	33	M	106
<i>Monarthrum quercicolens</i> Wood*	0	2	1	Xm	3
<i>Monarthrum tuberculatum</i> Wood	0	174	40	Xm	214
<i>Monarthrum xalapensis</i> Wood	0	0	1	Xm	1
<i>Pityophthorus confertus</i> Swaine*	557	699	103	Ph	1,359
<i>Pityophthorus crassus</i> Blackman	2	0	5	Ph	7
<i>Pityophthorus detentus</i> Wood*	0	4	1	Ph	5
<i>Pityoborus hirtellus</i> Wood	0	2	0	Ph	2
<i>Phloeosinus tacubayae</i> Hopkins	0	0	1	Ph	1
<i>Phloeotribus pruni</i> Wood	0	0	1	Ph	1
<i>Pseudips mexicanus</i> Hopkins	0	0	13	Ph	13
<i>Pseudohylesinus variegatus</i> Blandford	1	1	0	Ph	2

Especies de Scolytinae	Número de especímenes				
	PA	PM	PB	HA	Total
<i>Pseudothysanoes arbuti</i> Wood	4	0	1	Ph	5
<i>Pseudopityophthorus comosus</i> Bright*	0	1	6	Ph	7
<i>Pseudopityophthorus limbatus</i> Eggers	0	2	1	Ph	3
<i>Pseudopityophthorus opacicollis</i> Blackman	1	6	2	Ph	9
Número de especies	11	18	20		27
Total de individuos	674	1,145	248		2,067

Los géneros mejor representados fueron *Monarthrum*, *Pityophthorus* y *Pseudopityophthorus* (tres ind. cada uno), seguido por los *Corthylus*, *Hylocurus* y *Micrasis* (dos ind. cada uno). La especie con mayor abundancia de individuos fue *Pityophthorus confertus* Swaine (66%=1359 ind.), seguido de *Corthylus detrimentosus* Schedl, (12%=249 ind.), *Monarthrum tuberculatum* Wood (10%= 216 indi.), *Micracisella nitidula* Wood (5%=106), *Corthylus fuscus* Blandford (1%= 46 ind.), *Micrasis unicornis* Wood (1%=16 ind) y *Pseudips mexicanus* Hopkins (1%=13 ind) (Fig. 7). Las 20 especies restantes presentaron valores de abundancia por debajo de 10 individuos y en conjunto, representan 4% restante.

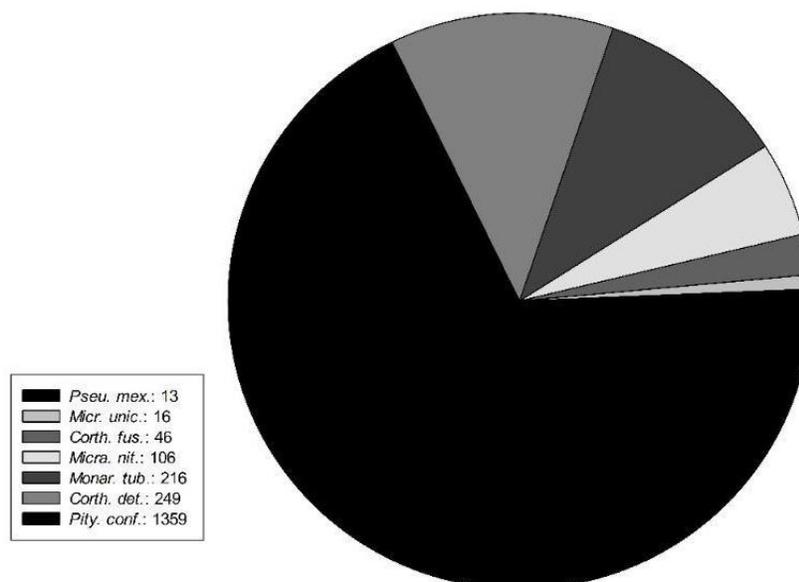


Figura 7. Abundancia relativa de las especies de la subfamilia Scolytinae

Estos resultados demostraron la eficacia del monitoreo de estos insectos con trampas cebadas con alcohol etílico. De acuerdo con Bastos *et al.* (2018), el uso de alcohol etílico en concentración de más del 70% es recomendable para la captura de los Scolytinae (Curculionidae), debido a que los árboles atacados producen alcoholes como consecuencia de la descomposición y este sirve como atrayente.

Está ampliamente documentado que la riqueza específica de los sitios de estudio se debe a la composición vegetal y a factores ambientales, tales como: temperatura, humedad, y la presencia de sus plantas huéspedes, etc. (Bernal, 2021). Esto ha sido señalado por diversos autores que han estudiado diversos tipos de vegetación, como, plantaciones de balsa, cultivos de café y plantaciones de *Eucalyptus*, entre otros, encontrando abundancias contrastantes (Wood, 1982; Díaz-Ramos *et al.*, 2016; Averos *et al.*, 2021).

Los resultados de abundancia de los taxa de este estudio, son similares a lo obtenido por Soares *et al.* (2020) en su monitoreo con trampas cebadas con alcohol etílico en Chile. Los datos de riqueza de especies de este trabajo, aportan mayor información a los registros de este grupo para el Estado de México, lo cual difiere de lo reportado por el Dr. Atkinson en su base de datos (consultado 30/8/2022), donde reportan 137 especies de Scolytinae para el Estado de México.

Las abundancias de las tribus, puede estar influenciada por el tipo de vegetación que se presenta en cada localidad, su altura y hábitos alimenticios (Averos *et al.*, 2021), por otra parte, Atkinson y Equihua, 1985; Wood, 1982, discuten sobre la relación que tienen algunas de las especies de esta subfamilia con la vegetación y la altura. Esto se confirma con las frecuencias registradas en plantaciones de aguacate en donde la tribu mejor representada fue Xyleborini, Córdoba *et al.* (2021), indica que, esta variación puede deberse a que su monitoreo se realizó en plantaciones de aguacate.

Los géneros presentaron abundancias similares, sin embargo, cuatro obtuvieron la mayor abundancia (*Monarthrum*, *Pityophthorus*, *Pseudopityophthorus* y *Corthylus*) esto

podiera deberse a que sus plantas hospederas eran abundantes y también que son especies pueden invadir gran variedad de hospedadores (Carrillo *et al.* 2012; Córdoba *et al.*, 2021). En el caso de *Pityophthorus confertus*, que fue la especie de mayor abundancia, se consideran como un descortezador secundario que afectan ramillas de pinos y su abundancia podría estar asociada a la gran cantidad de material orgánico en el suelo producto del saneamiento que se estaba llevando a cabo durante el monitoreo (Díaz-Ramos *et al.*, 2016).

Los resultados anteriores difieren del trabajo de Gómez *et al* (2019), ella reporta a *Microcortylus demisus* como la especie más abundante en los tres sitios de colecta, esto puede deberse al requerimiento ecológico de la especie y la composición de la vegetación del bosque en la cual ella realizó su trabajo (bosque mesófilo). Pérez-De La Cruz (2009), reporta otros géneros más abundantes en su estudio *Xyleborus*, *Hypothenemus* y *Premnobius*, esta diferencia es debido a que él hizo su monitoreo en agroecosistemas de cacao. Por último, la abundancia de estas especies puede estar relacionada con su amplia distribución (Pérez-De la Cruz *et al.*, 2009).

1.5.2 Escolitinos presentes en los tres sitios de monitoreo

Del total de insectos recolectados, la localidad con la elevación media (**PM**), obtuvo la mayor abundancia de insectos (55%=1,145 ind.), con presencia de 18 especies, seguido por el punto alto (**PA**, 33%=674 ind.) con 11 especies y por último, el punto bajo (**PB**, 12%=248 ind) con 20 especies. Las especies de mayor abundancia para los tres puntos fueron *Pityophthorus confertus* (1,359 ind.), seguido por *Corthylus detrimentosus* (249 ind.), *Monarthrum tuberculatum* (214 ind.), *Micracisella nitidula* (106 ind.) y *Corthylus fuscus* (46 ind.), fig. 8.

Las especies más abundante en el PA fueron: *Pityophthorus confertus* (557 ind.), *Corthylus detrimentosus* (72 ind.), *Corthylus fuscus* (17 ind.) y *Micracisella nitidula* (14 ind.), las demás especies presentaron abundancias por debajo de cinco individuos (Fig. 8). En el PM las especies más abundantes fueron: *Pityophthorus confertus* (699), *Monarthrum tuberculatum* (174 ind.), *Corthylus detrimentosus* (153 ind.), *Micracisella nitidula* (59 ind.) y *Corthylus fuscus* (23 ind.), las especies restantes presentaron

abundancia menor de 10 individuos. En el PB las especies más abundante estuvieron representadas por: *Pityophthorus confertus* (103), *Monarthrum tuberculatum* (40 ind.), *Micracisella nitidula* (33 ind.), *Corthylus detrimentosus* (24 ind.) y *Pseudips mexicanus* (13 ind.), las especies restantes presentaron abundancias menores a 10 individuos.

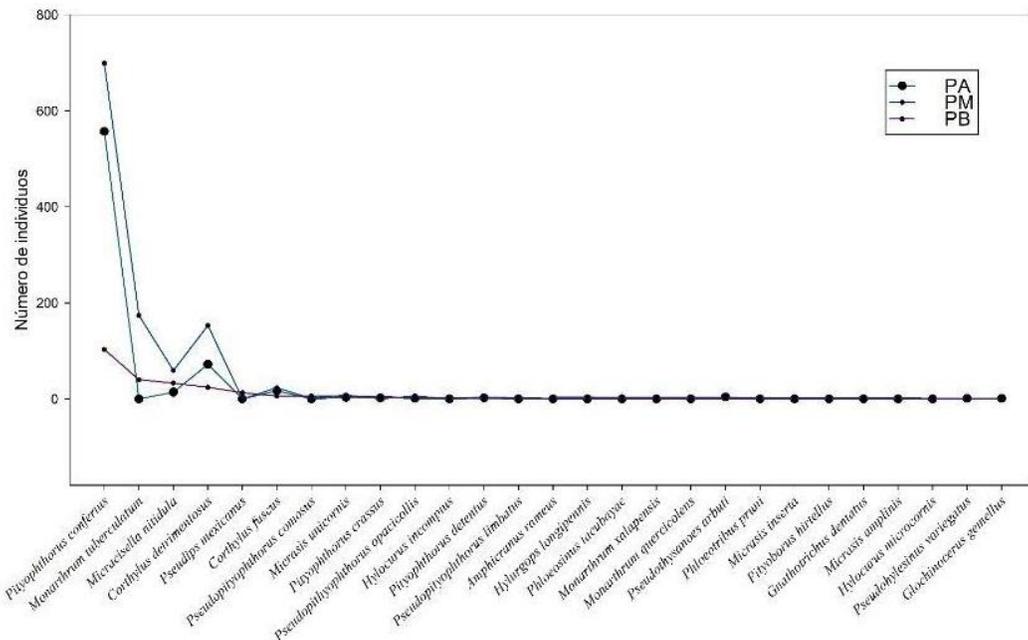


Figura 8. Abundancia de las especies en las tres gradientes altitudinales

De las 27 especies encontradas en los tres gradientes altitudinales, el PM y el PB comparten 14 especies; PM comparte ocho especies con el PA y 12 con el PB; el PB comparte ocho con el PA y 12 con el PM (Fig. 9). El PA comparte 11 especies, ocho con el PM y ocho con el PB. Los puntos que comparten la mayor cantidad de especies son PM y PB (14 spp.) y la mayor cantidad de especies compartidas se da entre el PM y PB (12 spp.), los demás puntos comparten ocho especies entre sí. El punto que tiene la mayor cantidad de especies exclusivas es el PB (6 spp.), seguido por el PM y PA (4 spp; 1 sp.); y hay un total de seis especies compartidas entre las tres localidades.

Los resultados señalan que la riqueza de especies tiende a disminuir con la altitud, debido a que la localidad de menor elevación es la que presenta la mayor riqueza de especies y que no hubo una variación significativa entre el PM y PB lo que soporta lo señalado por Según Rubin-Aguirre *et al* (2015), en un estudio realizado en un gradiente

altitudinal en México. La mayoría de los grupos de especies muestran algún patrón de gradiente altitudinal: algunos prefieren altitudes bajas mientras que otros son afines a altitudes intermedias o altas. Estos resultados pueden ser explicados por la disponibilidad de recursos, adaptación de las especies y las diferencias ambientales entre los sitios de muestreo. En general, se puede encontrar una mayor diversidad de insectos en altitudes más bajas o intermedias donde se presentan condiciones menos extremas y óptimas para su desarrollo y donde muchas especies han encontrado su nicho (Jong-Kook *et al.*, 2012; Touyilia *et al.*, 2011; Tykarski, 2006).

Las localidades con la menor elevación fueron las que presentaron la mayor diversidad, esto puede deberse a que las temperaturas más altas (37.6 C aprox.), se relacionan con una mayor riqueza, abundancia de especies y altitud y, por lo tanto, los escarabajos descortezadores experimentan condiciones favorables para el crecimiento en altitudes bajas (Tykarski, 2006). Esto coincide con resultados reportados anteriormente (Rubin-Aguirre *et al.*, 2015; Córdoba *et al.*, 2021), en los cuales, los autores señalan que las abundancias de las especies, están estrechamente relacionadas con el gradiente altitudinal; aunque también se han encontrado especies con abundancias altas a mayor altitud (Córdoba *et al.*, 2021). La vegetación con diferentes microhábitats, disponibilidad de alimento y mayor variación de factores abióticos como la humedad o mayor cantidad de sombra pueden estar relacionados con la abundancia de estos insectos y su distribución en los tres sitios (Robertson *et al.*, 2008; D'errico *et al.*, 2015; Sittichaya *et al.*, 2012; Córdoba *et al.*, 2021).

Muchos escolitinos tienen un hospedero exclusivo y la asociación con este, es un factor que limita su presencia en las áreas de estudio (Lieutier *et al.*, 2016). Esto ha sido revelado en diferentes estudios como el de Wood (1982); Atkinson, 2017; Castrejón-Antonio *et al.*, 2017, quienes indican que la abundancia de escolitinos (*Ambrosiodmus*, *Xylosandrus* y *Xyleborus*, entre otros), está correlacionada con la presencia de su especie hospedera (bosques templados de pino, manglares, cultivos de aguacates, café y cacao).

El PB, es un área bajo aprovechamiento, que actualmente está experimentando reducción en la cobertura del bosque. Esto implica modificaciones en la cantidad de material orgánico en el suelo y la diversidad de plantas; estos cambios favorecieron la riqueza de especies, ya que fue la localidad que tuvo el mayor número de especies. Es ampliamente conocido, que, en bosques perturbados, la diversidad de escolitinos incrementa, debido a que sus hábitos alimenticios son favorecidos en tales condiciones de perturbación del bosque (Perez-miranda *et al.*, 2021). según Flechtmann *et al.* (2001) estos resultados pueden reflejar la tolerancia de estas especies a hábitats más cálidos y soleados, que a menudo se caracterizan por una baja diversidad de plantas, aunque ambientes más complejos tienen un mayor número de especies debido a la mayor disponibilidad de nichos ecológicos para estos organismos (Schaffers *et al.*, 2008).

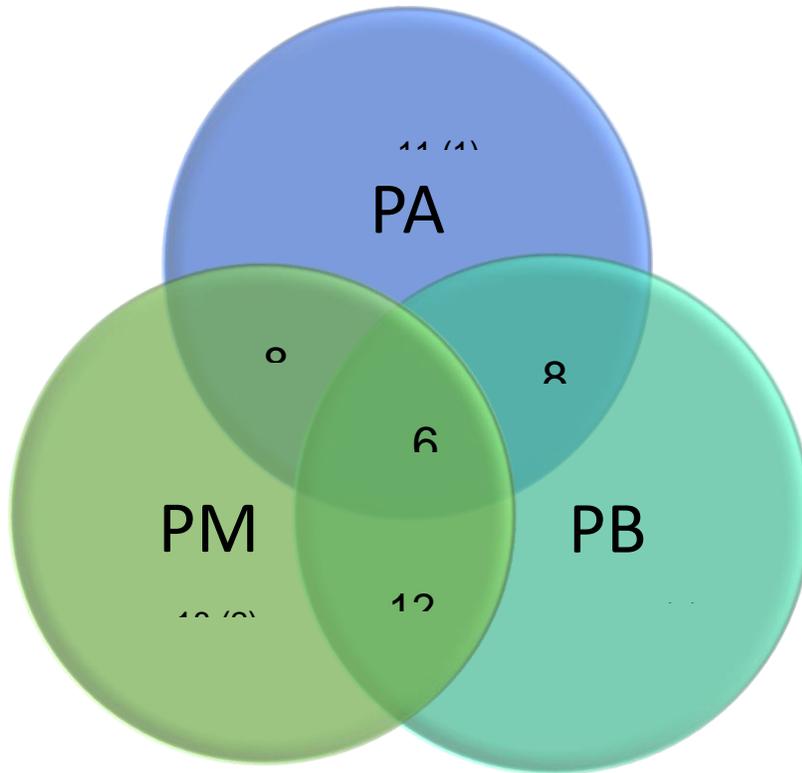


Figura 9. Especies compartidas y exclusivas entre las localidades

1.5.3 Hábitos alimenticios de las especies

Los hábitos alimenticios presentes en las tres localidades fueron: Floeofagia (**FI**=1,415 ind., 13 spp), Xylomicetofagia (**Xm**=523 ind., 8 spp), Mielofagia (**M**=106 ind., 1 sp) y Xilofagia (**X**=23 ind., 5 spp) Fig. 10; difiere de lo encontrado por Lázaro-Dzul (2020), en su trabajo ella reportó la Xylomicetofagia como el principal hábito alimenticio de las especies, seguido por la Floeofagia, esto puede deberse a la disponibilidad de recursos para las especies. El PM obtuvo la mayor abundancia de individuos con un total de 1,142 individuos con los cuatro hábitos alimenticio (FI: 712, Xm: 358, M: 59, X: 13), seguido por el PA con 674 individuos (FI: 565, Xm: 92, M: 14, X: 3), y, por último, el PB con 248 individuos (FI: 135, Xm: 73, M: 33, X: 7).

Los cuatro tipos de alimentación de las especies estuvieron discretamente distribuidos en toda la zona de estudio, con una riqueza y abundancia significativa; esto se debe a la presencia de un huésped dado, la cual es un factor limitante (Wood 1982). El hábito alimenticio predominante en los tres sitios fue Floeofagia, es el tipo de alimentación más primitiva, llevada a cabo por la mayor parte de escolítinos (López *et al.*, 2007).

La estructura del bosque, como son la diversificación vegetal, disponibilidad de alimento (huéspedes en las condiciones ideales para sus hongos asociados), competidores, temperatura y humedad, son factores determinantes en la distribución y abundancia de estos insectos (Rudinsky 1962, Wood 1982, Tews *et al.*, 2004, Pérez-De la Cruz *et al.* 2009a, Schaffers *et al.*, 2008). Las áreas que presentan nichos y las mejores condiciones ecológicas, van a ser las zonas donde se presente una mayor abundancia de estos insectos, según sea la disponibilidad de los recursos (Schaffers *et al.*, 2008; Cue *et al.*, 2006).

El PM es una zona con una alta cobertura boscosa y heterogeneidad de plantas, el PB, es una zona bajo manejo forestal, con poca cobertura boscosa, estas condiciones crean un ambiente favorable con disponibilidad de recursos alimenticios para estos organismos, son las principales causas para relacionar su abundancia en esas zonas (Wood, 1982).

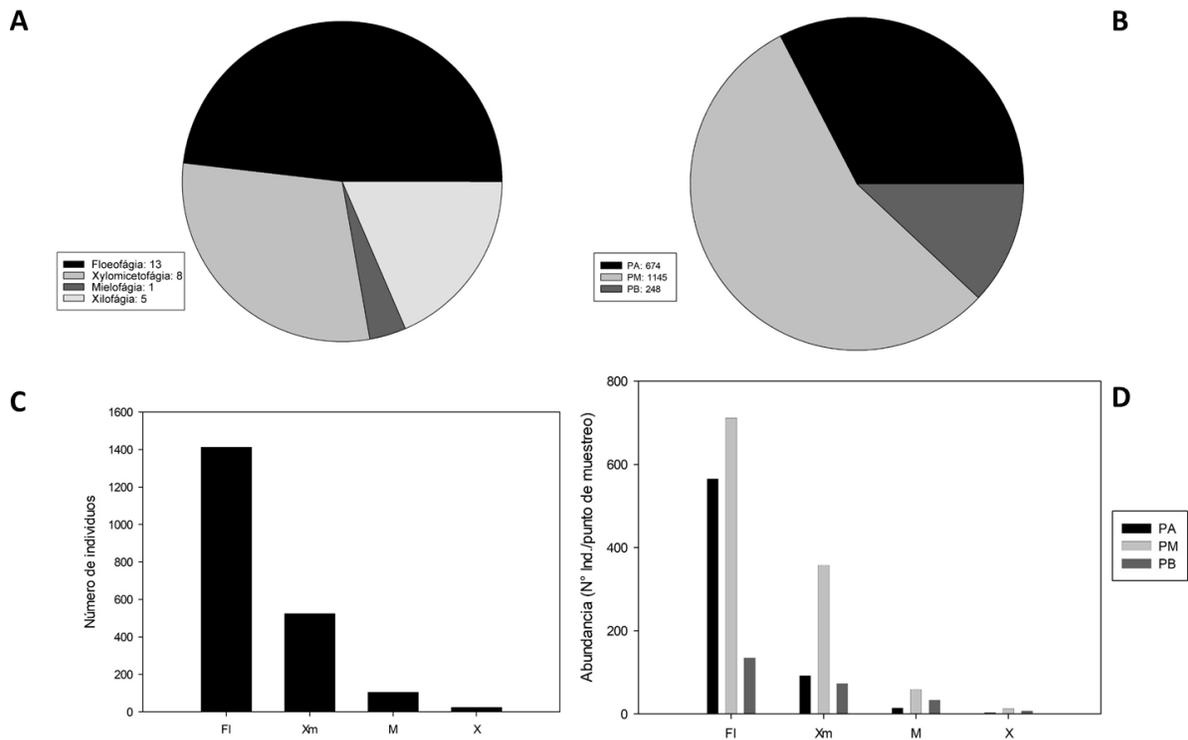


Figura 10. Número de especies por hábito alimenticio (A), número de individuos por sitio (B), número de individuos por hábito alimenticio (C) y número de individuos por hábito alimenticio por localidad (D).

1.5.4 Análisis de diversidad

1.5.4.1 Índice de diversidad Alfa global

Los índices de diversidad Simpson, Shannon, Pielou y Chao 1 demuestran que existe variación entre la diversidad, dominancia y uniformidad de las especies en los tres puntos de monitoreo (Tabla 2). Mediante el análisis del índice de Simpson se obtuvo valores de dominancia similares, pero el mayor valor se verificó para el PB (Si_D : 0.76, 20 spp.), seguido por el PM (Si_D : 0.58, 18) y por el PA (Si_D : 0.30, 12 spp.). Al igual que el análisis de Simpson, con el índice de Shannon-Weiner, el PB obtuvo la mayor equitatividad de especies (H' : 1.92), seguido respectivamente por el PM (H' : 1.27) y el PA (H' : 0.70). Esto indica que la mayor equitatividad en la comunidad, está presente en el PB (Fig. 11).

El índice de Pielou, presentó valores diferentes para los tres puntos de monitoreo (PA J : 0.77; PM, J : 0.44 y PB, J : 0.64), sin embargo, en el PA está la mayor equitatividad de especies, seguido por el PB y el PM. En cuanto al índice de especies únicas entre las localidades, el mayor valor para el índice de Chao1 estuvo presente en el PB (Chao1: 32.00), seguido por el PM (Chao 1: 18.42) y el PA (Chao 1: 12.75).

Cuadro 2. Índice de diversidad de especies para las tres localidades

No.	Especies	Shannon	Simpson	Pielou	Chao 1
PA	12	0.7059858	0.3085859	0.2841096	12.750000
PM	18	1.2745802	0.5831849	0.4409745	18.428571
PB	20	1.9234984	0.7694134	0.6420795	32.000000

Estos resultados de diversidad coinciden con el trabajo de Jong-Kook *et al.* (2012), Touylia *et al.* (2011) y Tykarski (2006), quienes asocian la mayor diversidad de escolítinos con zonas de poca elevación, donde las condiciones ambientales son favorables para su desarrollo; es decir, que la mayor diversidad de estas especies está correlacionada a zonas con elevaciones bajas o intermedias donde las condiciones son menos extremas y muchas especies han encontrado su nicho. Sin embargo, este patrón de máxima diversidad está cambiando como resultado de las modificaciones del clima global (Sala *et al.*, 2000).

En el PB hubo muchos árboles derribados y la composición de la vegetación varió significativamente con relación a los dos puntos anteriores, esta condición pudo influir en la diversidad y abundancia de los escolítinos presentes en el lugar. Los árboles caídos ofrecen una serie de recursos de valor nutricional para los insectos, facilitando la reproducción, crecimiento y desarrollo exitoso (Louis *et al.*, 2014). Los valores de equitatividad de Shannon-Weiner, pueden estar relacionado con el nicho ecológico de las especies, que presumiblemente, encuentra su límite de tolerancia a factores abióticos como la altitud (Grace *et al.*, 2002; Hill *et al.*, 1999; Rubin-Aguirre, 2015).

Pérez-De la Cruz (2015) relaciona la mayor diversidad y equidad de especies con los relictos del bosque; esto es, la permanencia de especies típicas de etapas primarias de sucesión ecológica (Requena-Lara *et al.*, 2020). En cuanto a las especies raras, Lachata *et al.* (2012) y Gerónimo-Torres *et al.* (2019), consideran que el enriquecimiento estructural de la vegetación, influye positivamente en la diversidad y abundancia de grupos de insectos altamente especializados, debido a que se promueven las interacciones específicas (Fig.11).

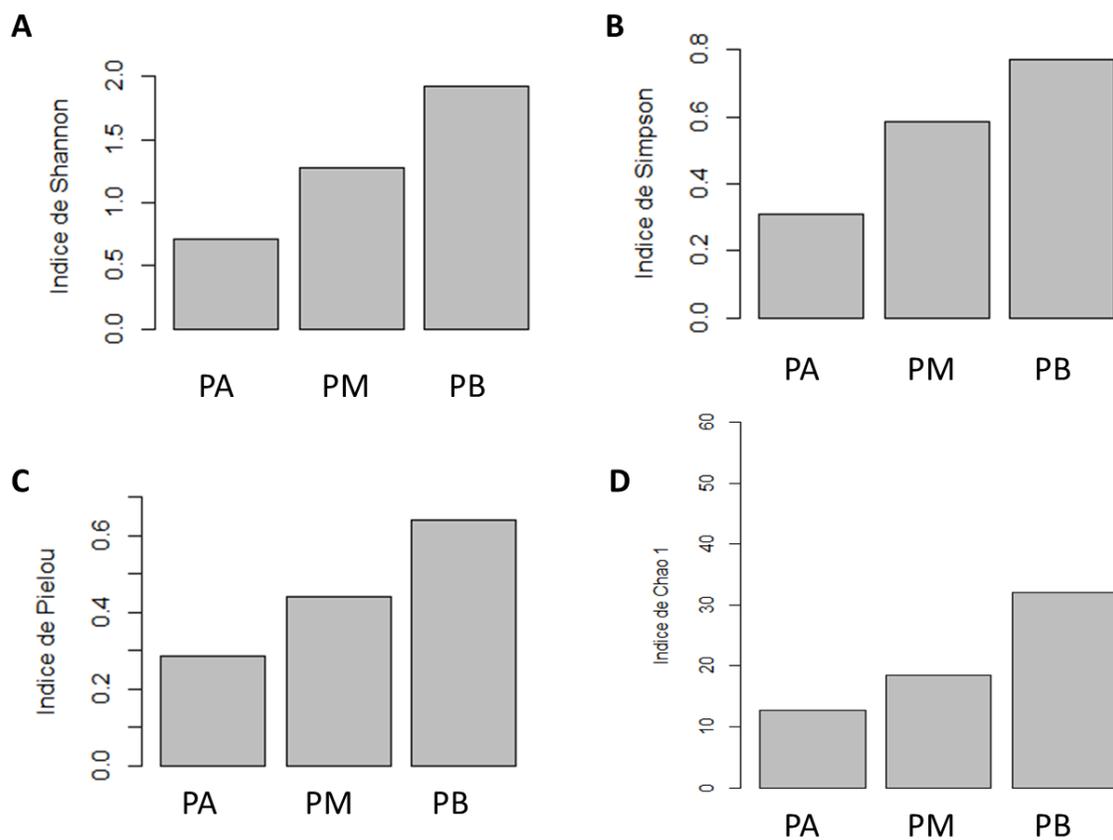


Figura 11. Variación del índice de diversidad para los tres puntos de monitoreo

1.5.4.2 Índice de Shannon para las cuatro estaciones del año

Durante la primavera el índice de Shannon presentó valores similares en los tres puntos, pero la mayor equitatividad se observó en el PA (H' : 1.43, 7 spp.), seguido por el PB y el PM (H' : 1.12, 8 spp y H' : 1.09, 12 spp.). En el verano, se observó una disminución

general en los valores de este índice, el PB fue el que tuvo mayor valor de equitatividad (H' : 1.30, 11 spp.), seguido por el PM y el PA (H' : 0.88, 11 spp. y H' : 0.43, 6 spp.). En otoño, los valores de este índice aumentaron con relación a los valores obtenidos en verano, fueron más similares a los valores de la primavera. La mayor equitatividad se registró en el PB (H' : 1.85, 13 spp.), seguido por el PM y luego el PA (H' : 0.74, 9 spp., H' : 0.64, 7 spp).

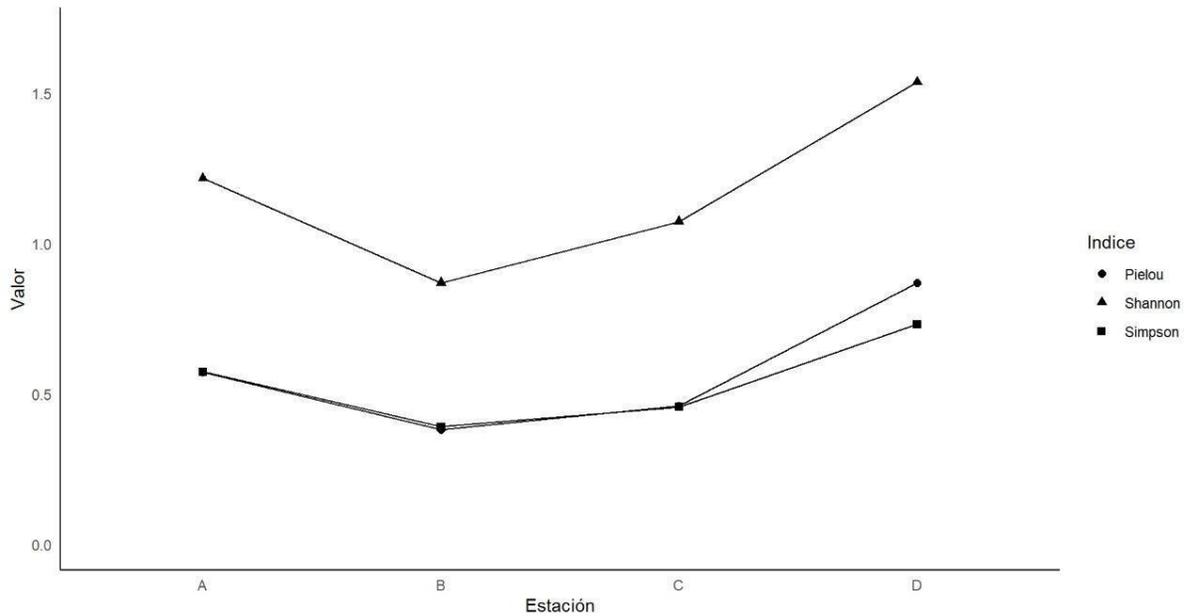


Figura 12. Valores de los índices de diversidad alfa para las cuatro estaciones del año en los tres puntos de monitoreo. A: Primavera, B: Verano, C: Otoño, D: Invierno

Los valores de Shannon en invierno fueron los más elevados en comparación con los obtenidos en las estaciones anteriores, la mayor equitatividad se observó en el PB (H' : 2.06, 9 spp.), seguido por el PM y luego el PA (H' : 1.52, 8 spp., H' : 1.04, 3 spp.). En esta estación hubo una disminución en los resultados en el PB y un aumento en el PM con relación a los valores obtenidos en otoño.

Las variables ambientales influyen directa o indirectamente en la diversidad y abundancia de los insectos (Gerónimo-Torres *et al.*, 2019). Estas diferencias estadísticas entre los índices durante las estaciones del año están determinadas por la diversidad vegetal, plantas hospederas, temperatura, altitud, humedad, entre otros factores (Pérez-De la Cruz *et al.*, 2015).

1.5.4.3 Índice de Simpson para las cuatro estaciones del año

Los valores de dominancia variaron a lo largo del año entre las localidades. Durante la primavera el PA registró el mayor valor con este índice (Si_D : 0.69, 7 spp), mientras que el PM y PB obtuvieron valores similares (Si_D : 0.52, 12 spp; 0.51, 8 spp). El verano, la dominancia presentó valores diferentes en las tres localidades, observándose el mayor valor en el PB (Si_D : 0.60, 11 spp), seguido por el PM y el PA (Si_D : 0.37, 11 spp; 0.19, 6 spp). Los valores de Simpson en el otoño mostraron una mayor dominancia para el PB (Si_D : 0.73, 13 spp); los valores de PA y PM fueron similares, sin embargo, el valor de PA fue menor (Si_D : 0.35, 9 spp; 0.30, 7 spp). Al igual que otoño en invierno la mayor dominancia se presentó en el PB (Si_D : 0.86, 9 spp), seguido por el PM y el PA (Si_D : 0.71, 8 spp; 0.63, 3 spp).

Las diferencias estadísticas para Simpson durante el año de muestreo, son producto de la variabilidad registrada en la composición y número de individuos a través del tiempo, ya que como mencionan diversos autores, los cambios estacionales tienen implicaciones significativas en dicha distribución al regular principalmente la disponibilidad de luz, temperatura, precipitación y exposición al viento (Gossner 2009; Heepe *et al.*, 2016; Vega-Badillo *et al.*, 2018).

1.5.4.4 Índice de Pielou para las cuatro estaciones del año

Para la equitatividad hubo diferencias entre los valores en las localidades. Durante la primavera el mayor valor lo obtuvo se presentó en el PA (J : 0.74, 7 spp), luego el PB y el PM (J : 0.51, 8 spp; 0.44, 12 spp). En verano, el PB tuvo un aumento en la equitatividad y presentó el mayor valor (J : 0.54, 11 spp), seguido por el PM y PA (J : 0.37, 11 spp; 0.24, 6 spp). En otoño, Pielou fue mayor el PB (J : 0.72, 13 spp); los valores de este índice fueron parecidos en el PM y PA, sin embargo, el valor del PM fue mayor (J : 0.34, 9 spp; 0.33, 7 spp). El valor de este índice durante el invierno fue similar en el PB y PA, no obstante, el PA presentó el mayor valor (J : 0.94, spp 3; 0.93, 9 spp), el menor valor se observó en el PM (J : 0.73, 8 spp).

Menendez *et al.* (2007), Sobel *et al.* (2015) y Lachata *et al.* (2012), relacionan las diferencias entre los valores de equitatividad de las especies con los recursos disponibles

en el ambiente. Sin embargo, este estudio coincide con el trabajo realizado por Pérez-De La Cruz *et al.* (2009a; 2015); Gerónimo-Torres *et al.* (2015) y Falcón-Brindis *et al.* (2018), donde demuestran que diversidad de Scolytinae, presentó de manera general, variaciones tanto en composición como en abundancia entre sitios, algo similar a lo que se ha reportado en estudios previos y que su equidad en el ambiente puede estar influenciado por los elementos que componen cada ambiente (Pérez-De La Cruz *et al.*, 2009a).

1.5.4.5 Índice de Chao 1 para las cuatro estaciones del año

Los valores para este índice variaron durante todo el año en las tres localidades. En la primavera el punto que alcanzó el máximo valor fue el PB (Chao1: 23, 8 spp), seguido por PM y PA (Chao1: 14.5, 12 spp; Chao1: 7.5, 7 spp;). Durante el verano se registró un aumento en los valores del índice de Chao1 en todas las localidades, no obstante, el mayor valor se presentó en el PB (Chao1: 26, 11 spp), luego el PM y PA (Chao1: 12.5, 11 spp; 9, 6 spp). En otoño hubo una disminución en los datos para este índice, sin embargo, PB y PM presentaron el mismo valor (Chao1: 15, 13 spp; 9 spp), y PA (Chao1: 13, 7 spp). Finalmente, en invierno, el punto con mayor abundancia fueron el PB (Chao1: 10, 9 spp), seguido por el PM y PA (Chao1: 8.25, 8 spp; 3, 3 spp).

El PB siempre estuvo representado por el mayor valor para este índice, esto puede deberse a que esa localidad fue la que presentó la mayor riqueza de especies y mayor composición en la vegetación. La variación observada de este índice en este trabajo, concuerda con los resultados obtenidos por Hulcr (2008); De Beenhouwer *et al.* (2013), ellos relacionan esas diferencias a los diferentes hábitats y los múltiples factores ambientales que inciden sobre fauna y la composición de la flora en el lugar, y menciona que la composición arbórea, no es la causa principal de la diversidad y abundancia de las especies rara en las localidades (Hulcr *et al.*, 2007a). Por último, Sandoval *et al.* (2017), mencionan que la variación en la rarefacción de la diversidad de Scolytinae en una localidad, está estrechamente relacionada a los microclimas de los diferentes tipos de vegetación.

1.5.5 Análisis de varianza (ANOVA)

Para el índice de Shannon, no hubo diferencias significativas de estos valores entre las localidades ($P= 0.0958$), aunque el mayor valor lo presenta el PB (a: 1.58), seguido por el PM y el PA (ab: 1.06; b: 0.89). Con el objetivo de realizar una prueba de comparación de medias, se hizo un ajuste de significancia, tomando en cuenta a 0.1 como significativo, el cual se ajustó a la prueba de Tukey. En la gráfica (Fig.13), se representa que las localidades similares son PB, PM y PM, PA, mientras que las estadísticamente diferentes son PB y PA. Para el índice de Simpson, no se observaron diferencias entre los resultados para las localidades ($P= 0.254$), sin embargo, el PB es el que tiene el mayor valor para este índice (a: 0.68), seguido por el PM y el PA (a: 0.49; a: 0.45). Las localidades que presentan diferencias significativas son PA y PB.

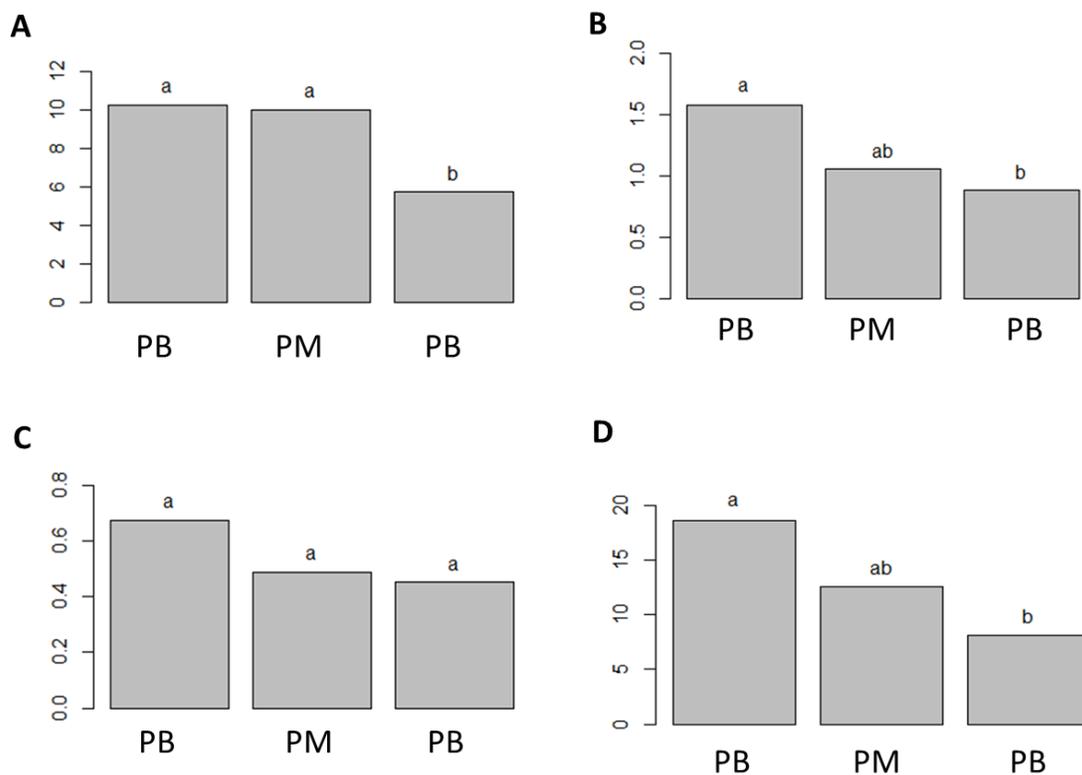


Figura 13. Análisis de varianza Anova para A: Shannon, B: Simpson, C: Pielou y D: Chao 1.

Algo similar se registró con el índice de Pielou, que no detectó diferencias entre los índices de los sitios ($P= 485$). No obstante, el PB está representado por el mayor valor (a: 0.68), seguido por el PM y el PA (a: 0.56; a: 0.47); Todas las localidades son similares entre sí. Finalmente, el índice de Chao 1 mostró diferencias entre los valores para las localidades ($P= 487$); el valor más alto se registró para el PB (a: 18.63), seguido por el PM y luego el PA (ab: 12.56; b: 8.13); las localidades que presentan diferencias son PB y PA.

Para la riqueza de especies se observó diferencias entre los resultados en las tres localidades ($P= 0.018$), Fig 14. Los valores obtenidos en el PB y PM son similares (a: 10.25, 20 spp; a: 10.00, 18 spp), sin embargo, el PB tiene el mayor valor, seguido por el PM; el PA presentó el menor valor de riqueza (b: 5.75, 12 spp).

De forma general, el Análisis de Varianza (ANOVA) indicó que no existen diferencias significativas entre los índices de diversidad en las capturas de Scolytinae durante el año, excepto el índice de Chao1. Estos valores pudieran estar influenciados por la composición de las comunidades de escolitinos, la dinámica de su abundancia y la distribución espacial y temporal de sus poblaciones (Castorena Pérez *et al.*, 2020).

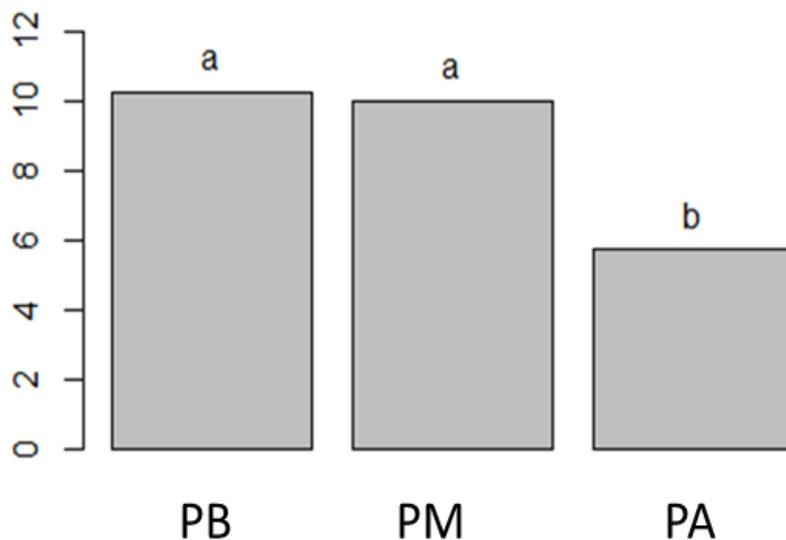


Figura 15. Análisis de varianza ANOVA para la riqueza de especie

1.5.6 Índice de diversidad Beta global

El índice de Jaccard mostró valores de disimilitud semejantes entre las localidades (Fig. 15), sin embargo, los sitios que comparten la mayor composición de especies o los que tienen la mayor disimilitud son PB y PM ($J: 0.54$), mientras que el sitio que comparte el menor número de especies o más distante fue PA ($J: 0.57$). En cuanto a las especies compartidas, el PA y PM comparten nueve especies, el PA y PB 10 especies y el PM y PB 12 especies. Los valores anteriores se utilizaron para generar la matriz de disimilitud entre los sitios, obteniendo valores de distancias relativamente similares entre las localidades.

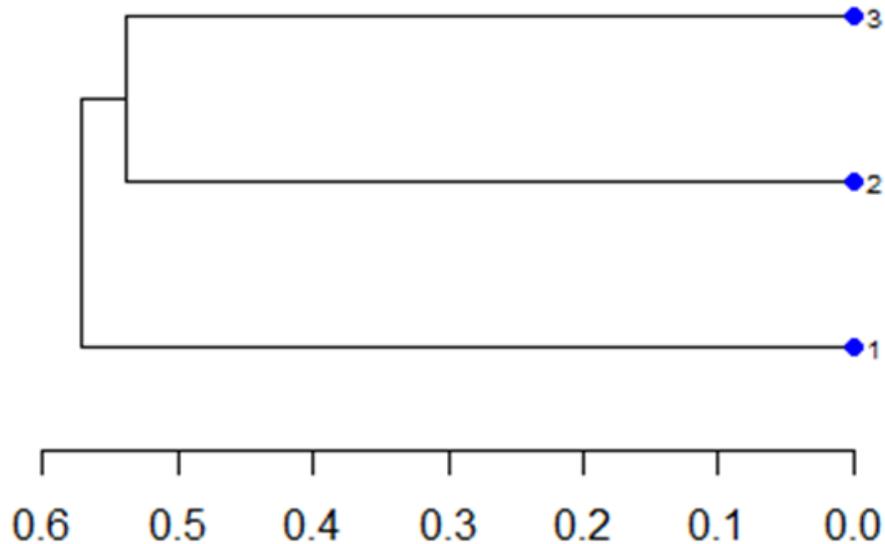


Figura 16. Índice global de similitud de Jaccard

Los valores del índice de Jaccard entre los sitios monitoreados pueden estar asociado con la homogeneidad de la riqueza de escoltinos, abundancia y por la densidad de plantas, la cual crea condiciones favorables para el desarrollo de los individuos de esta subfamilia (Maus *et al.*, 2018). Hulcr *et al.* (2008), sugiere que la diferencias en la composición de insectos en los tres sitios se debe a que son hábitats que aparentemente albergan faunas y factores ambientales diferentes. También, la composición de la

vegetación es uno de los principales factores que proporciona una mayor disimilitud entre los sitios (Tarno *et al.*, 2022).

1.5.6.1 Índice de Jaccard para las cuatro estaciones del año

El número de especies compartidas entre las localidades fue diferente con este índice. En primavera el PA y PM y el PA y PB compartieron cinco especies, mientras que el PM y PB compartieron cuatro especies (Fig. 16). En verano la cantidad de especies compartidas varió, tanto el PA y PM como el PA y PB comparten cuatro especies, hubo una disminución con relación a lo observado en primavera; el PM y PB comparten ocho especies, hubo un aumento en comparación con lo observado en la estación anterior. Durante el otoño el PA y PM estos puntos compartieron cinco especies, PA y PB siete y PM y PB seis.

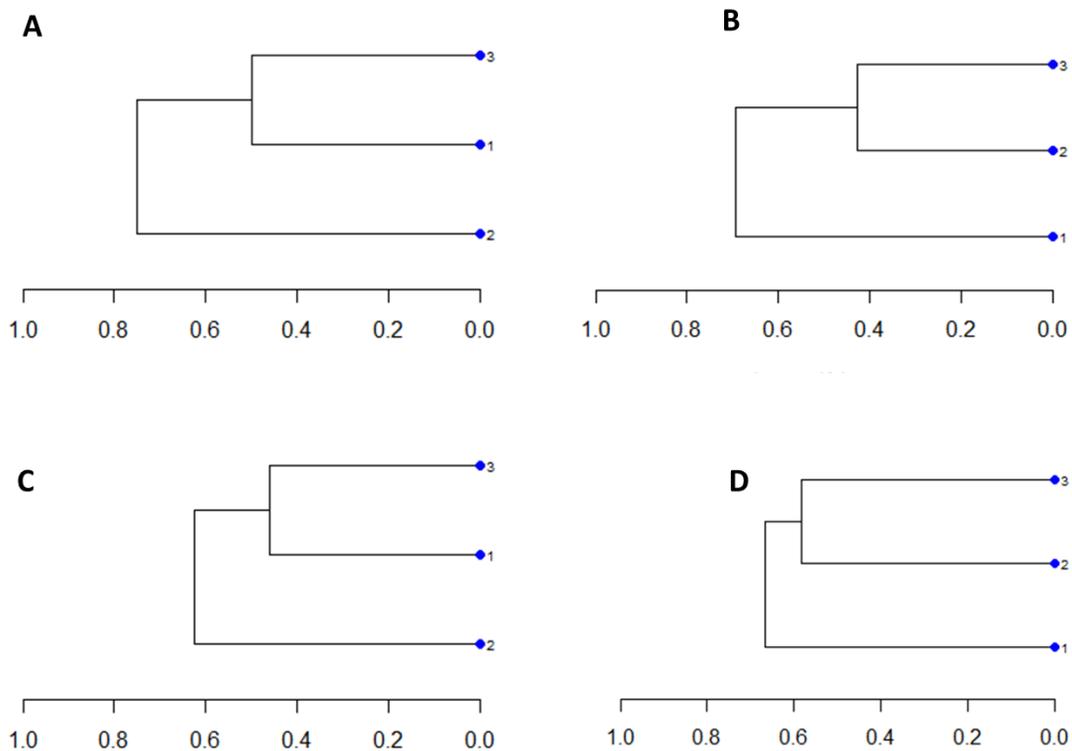


Figura 17. Similitud para las tres localidades, A: primavera, B: verano, C: otoño y D: invierno.

Finalmente, en invierno hubo una reducción en la cantidad de especies compartidas en comparación con la registrada en otoño, el PA y PM compartieron cinco, PA y PB seis, mientras que el PM y PB solo comparten cuatro especies. Los valores anteriores se utilizaron para generar las matrices de similitud entre los puntos muestreados para cada estación del año (Fig. 17). Se obtuvieron valores de distancias relativamente similares en las tres localidades.

En cuanto a la similitud entre las localidades, en primavera Jaccard mostró mayor similitud entre los PA y PB ($J: 0.51$), mientras que la mayor distancia se observó con el PM ($J: 0.75$). En el verano, hubo una variación en la similitud, las localidades más cercanas fueron el PB y PM ($J: 0.42$), el PA presentó la mayor distancia con respecto a los demás sitios ($J: 0.70$). En el otoño, los valores de similitud variaron entre los puntos, la distancia fue similar a la obtenida en primavera, los puntos con menor distancia fueron PA y PB ($J: 0.44$), mientras que el punto más distante fue el PM ($J: 0.61$). Finalmente, en invierno, los valores de distancia fueron similares a los obtenidos en verano, la mayor similitud se presentó entre PB y PM ($J: 0.69$) y la mayor distancia fue para PA ($J: 0.72$).

A	B																																
<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>7</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>12</td><td>4</td></tr> <tr><td>3</td><td>5</td><td>4</td><td>8</td></tr> </table>		1	2	3	1	7	5	5	2	5	12	4	3	5	4	8	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>6</td><td>4</td><td>4</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>11</td><td>8</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>8</td><td>11</td></tr> </table>		1	2	3	1	6	4	4	2	4	11	8	3	4	8	11
	1	2	3																														
1	7	5	5																														
2	5	12	4																														
3	5	4	8																														
	1	2	3																														
1	6	4	4																														
2	4	11	8																														
3	4	8	11																														
C	D																																
<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>7</td><td>5</td><td>7</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>9</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>7</td><td>6</td><td>13</td></tr> </table>		1	2	3	1	7	5	7	2	5	9	6	3	7	6	13	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>8</td><td>5</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>5</td><td>9</td></tr> </table>		1	2	3	1	3	3	3	2	3	8	5	3	3	5	9
	1	2	3																														
1	7	5	7																														
2	5	9	6																														
3	7	6	13																														
	1	2	3																														
1	3	3	3																														
2	3	8	5																														
3	3	5	9																														

Figura 18. Matriz de similitud en A: primavera, B: verano, C: otoño, y D: invierno.

Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con Noriega *et al.* (2007); Zambrano (2016), indican que el índice de similitud de Jaccard puede mostrar valores constantes y similares entre los sitios a lo largo del año. En cuanto al número de individuos, varió entre los sitios de estudio, debido a que, la diversidad depende de relaciones de competencia, depredación, parasitismo, disponibilidad de alimento y la capacidad de desplazamiento que tienen estos insectos (Martínez *et al.*, 2017; Solano *et al.*, 2019).

De acuerdo con Noriega *et al.* (2007), existen diferencias significativas en la diversidad y abundancia de escolitinos entre las estaciones lluviosas y secas, resultando en composiciones diferentes de insectos a través del tiempo. Entonces, a medida que aumenta la diversidad de escolitinos entre los sitios, podría aumentar el porcentaje de similitud de Jaccard para cada uno de los puntos monitoreados (Flechtmann *et al.*, 2001).

1.5.7 Curva de acumulación de especies

En la curva de acumulación de especies, el número de especies presentó un crecimiento inicial rápido a medida que se realizó un mayor esfuerzo de muestreo. La curva alcanzó su estabilidad conforme se incrementó el número de muestreos acercándose a la asíntota, lo que indica la eficiencia en el monitoreo (Fig. 19). Los meses donde se registró la mayor cantidad de especies fueron: enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio y agosto con más del 70% del total de las especies; estos meses corresponden a las temporadas de primavera, verano y otoño, no obstante, en primavera y verano, fue donde se registró el mayor número de especies capturadas.

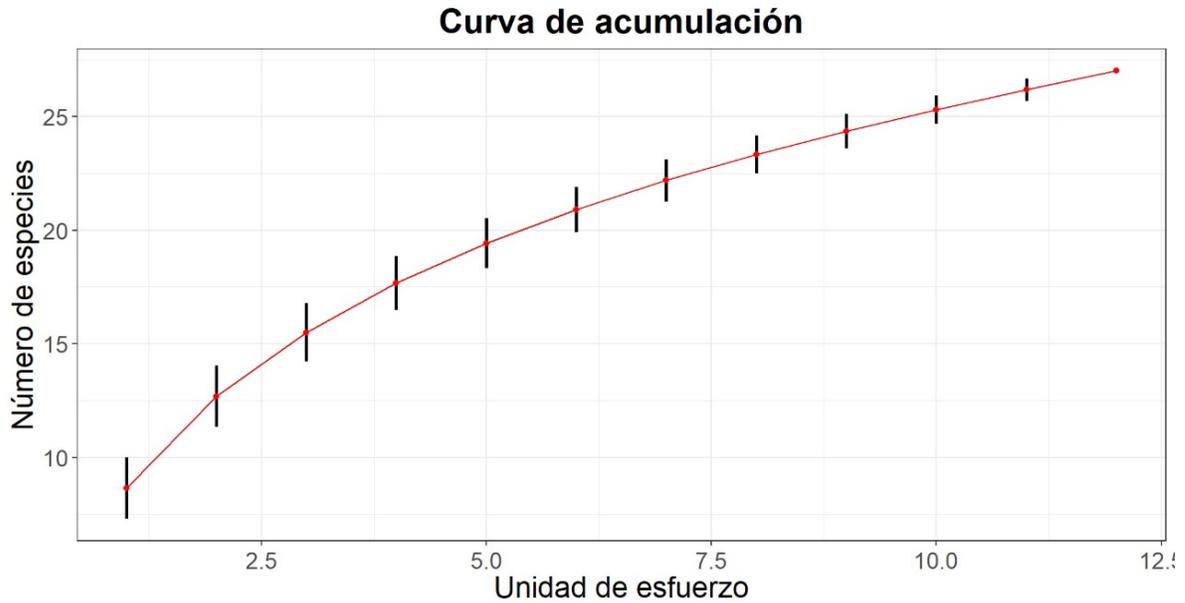


Figura 19. Curva de acumulación de especies para los tres puntos de monitoreo durante un año.

Las estimaciones y valores obtenidos con este análisis son válidos e importantes para el conocimiento de las especies de Scolytinae para México, sin embargo, pueden estar subestimados por el tipo, cantidad y distribución de las trampas según Atkinson (2013). El tipo de trampa recomendada para los estudios de Scolytinae son las trampas Lindgren, cebadas con semioquímicos (Lindgren, 1983, Macias *et al.*, 2004, Seybold *et al.*, 2006, Miller y Crowe, 2011, Sanders, 2011). No obstante, por los resultados obtenidos por este y otros estudios (Soares *et al.*, 2020), el uso de trampas artesanales es una herramienta importante para la captura de escolítinos y conocer sus tendencias.

La curva de acumulación de especies permitió determinar el esfuerzo de muestreo empleado en los tres sitios; se considera un factor importante para el análisis de la diversidad de escolítinos (Gerónimo torre *et. al.*, 2015). En general la curva de acumulación de especies alcanzó casi por completo la asíntota, demostrando que el esfuerzo de muestreo empleado fue suficiente para alcanzar el total de especies de escolítinos en las localidades.

1.5.8 Fluctuación poblacional de Scolytinae en la zona de estudio

La temperatura mostró una variación significativa entre los meses de julio, agosto y septiembre, por tanto, no obstante, los meses donde se registró la mayor abundancia de insectos de manera general fueron julio (461 ind.), septiembre (423 ind.), agosto (354 ind.), octubre (236 ind.) y enero (188 ind.), Fig 20. En los meses de enero (15 ind.), febrero (28 ind.) y diciembre (52 ind.), se produjo una reducción en la abundancia. Este patrón de comportamiento en las abundancias fue parecido en los puntos alto y medio. En general, los escolítinos estuvieron presentes en las tres localidades durante todo el año.

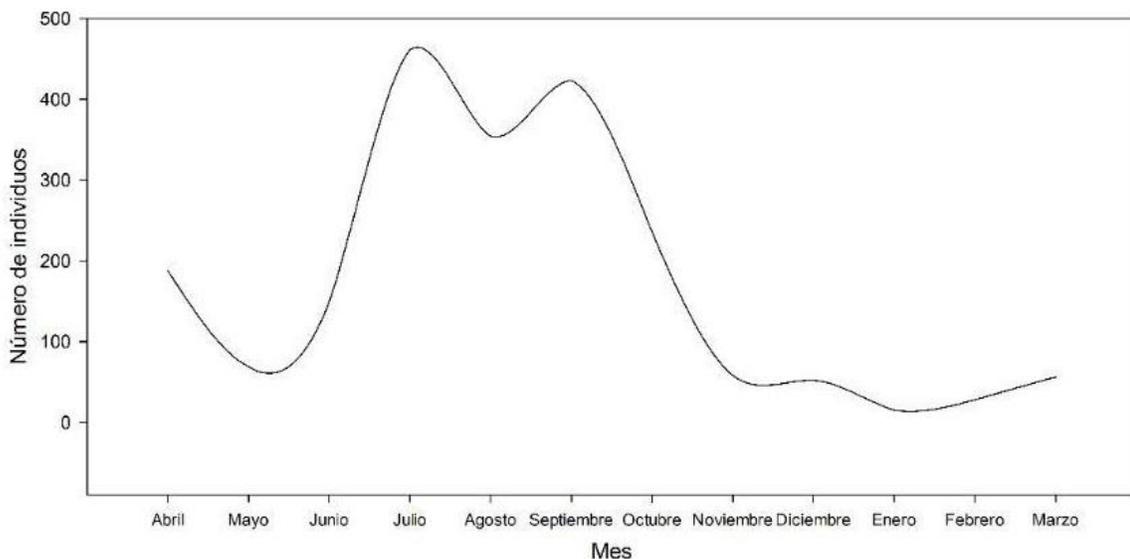


Figura 20. Fluctuación poblacional de insectos de la familia Scolytinae a lo largo de un año de monitoreo

1.5.8.1 Fluctuación de escolítinos en el PA

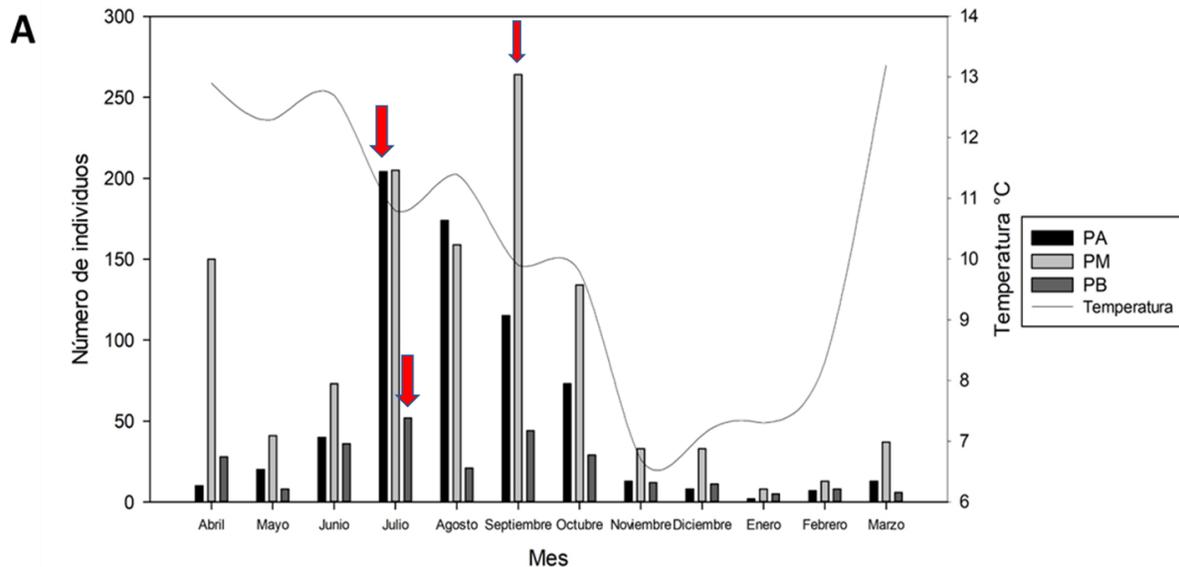
El PA registró las abundancias máximas de especies en los meses de julio (204 ind.), agosto (174 ind.), septiembre (115 ind.) y octubre (73 ind.), los meses restantes obtuvieron valores de abundancia por debajo de 15 individuos por mes (Fig. 21).

1.5.8.2 Fluctuación de escolítinos en el PM

Los meses donde se presentó la mayor abundancia de insectos fueron septiembre (264 ind.), julio (205 ind.), agosto (159 ind.), abril (150 ind.) y octubre (130 ind.), los demás meses obtuvieron valores por debajo de 80 individuos.

1.5.8.3 Fluctuación de escolítinos en el PB

En el PA y el PM hubo una variación similar entre las abundancias a lo largo del año, sin embargo, los meses más abundantes en el PB fueron: julio (52 ind.), septiembre (44 ind.), junio (36 ind.), octubre (29 ind.), abril (28 ind.) y agosto (21 ind.), los demás valores estuvieron por debajo de 15; la mayor estabilidad en la fluctuación de la abundancia de las especies se observó en este punto. Finalmente, estos resultados de abundancia demuestran una correlación positiva con temperaturas altas y negativa con temperaturas bajas.



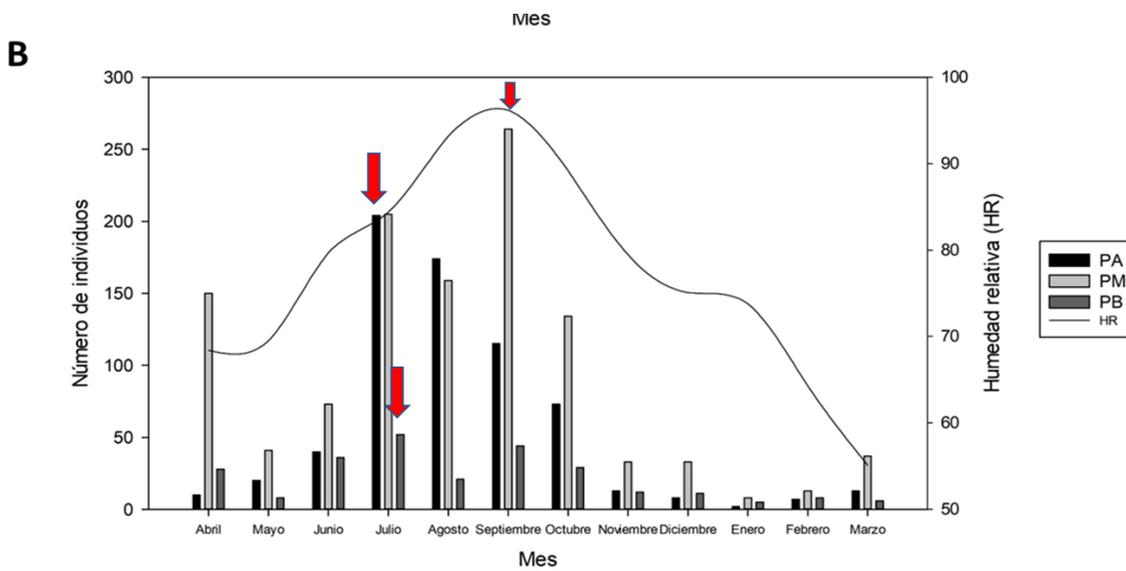


Figura 21. Fluctuación poblacional de Scolytinae durante un año. PA (A), PM (B), PB (C) y global (D).

La fluctuación poblacional de los escoltinos presentó diferencias en su abundancia durante el año de muestreo, esto coincide con el trabajo de Cajaiba *et al.* (2018) y Gerónimo-Torres *et al.* (2019) y difiere de los resultados obtenidos por Hernández (2022), donde registra su mayor pico de abundancia en el mes de junio, seguido por los meses julio y agosto; esta variabilidad en los datos de abundancia puede estar dada a que ambos estudios fueron realizados en bosque de pino con temperatura, humedad relativa, altitud y composición vegetal diferente, además de que Hernández trabajó en un bosque de pino perturbado, lo cual influye significativamente en la variación de los datos de abundancia.

Esta fluctuación no solo depende de los factores climáticos como la humedad, temperatura y precipitaciones sino también de factores de cada sitio como diversificación vegetal, edad de los árboles, depredadores, manejo de los sitios, etc. (Rangel *et al.*, 2012; Sandoval Rodríguez, 2017). Dajoz (2001), dice que las variables ambientales influyen directa o indirectamente en la fluctuación de los insectos. Esto coincide con otros estudios que han encontrado que la temperatura ambiente está relacionada con la reproducción y supervivencia de los escarabajos descortezadores (Tykarski, 2006) y que las temperaturas más cálidas aceleran las tasas de crecimiento de la población de escoltinae

(Bentz *et al.*, 1991) mientras que las temperaturas bajas las temperaturas retardan su desarrollo (Tykarski, 2006).

Es probable que la fluctuación en las abundancias de estos insectos, haya sido favorecida por las condiciones ambientales que se producen durante la estación lluviosa (Rodríguez, 2016). Varias investigaciones asocian la humedad del ambiente, el hospedero, y las temperaturas adecuadas como factores importantes que influyen positivamente en la abundancia de los Scolytinae en los ecosistemas (Pérez de la Cruz *et al.*, 2011, Macedo-Reis *et al.*, 2016).

La fluctuación poblacional de los Scolytinae fue similar para los tres sitios estudiados, los picos máximos se dieron entre los meses de junio, julio y septiembre, sin embargo:

PA: El pico más elevado de abundancia ocurrió en el mes de julio (verano), durante este tiempo se observó una reducción en la temperatura y la humedad relativa. Sin embargo, Hernández (2022), reportó su mayor pico de abundancia en agosto. La dinámica de las poblaciones de algunos escolítinos está influenciada por factores ambientales como; temperatura, humedad, precipitación y factores bióticos como la competencia intra e inter específicas, parasitismo, depredación, respuesta genética y disponibilidad de alimento (Coulson, 1979). Esta última característica se considera una de las más importantes en la fluctuación poblacional de estos insectos (Morales *et al.*, 2000). El PA, presentó una cobertura de bosque significativa, lo cual podría traducirse en una mayor disponibilidad de alimento.

PM: Los dos picos de abundancia en este sitio se observaron en los meses de julio y septiembre (verano), similar a lo dicho por Hernández (2022), estas abundancias se deben a que los insectos alcanzan su mayor diversidad y abundancia en los bosques debido a su temperatura moderada estable, la humedad relativa y la rica variedad de recursos representados por la alta riqueza de especies de plantas y la complejidad estructural (Tarno *et al.*, 2022). Este sitio fue el que presentó la temperatura y humedad promedio.

PB: La abundancia de escolitinos aumentó cuando se presentó una reducción en la precipitación/temperatura, esto coincide con lo reportado por Gerónimo-Torres (2019), donde reporta el mayor número de individuos de escolitinos en el período de sequía y una reducción durante el período de lluvias. Se ha demostrado que el estrés causado por la disminución en las lluvias, afecta la resistencia de los árboles hospedadores contra una gran variedad de invasores bióticos (Sangüesa-Barreda *et al.*, 2015; Csank *et al.*, 2016). La lluvia afecta la dinámica poblacional de los barrenadores y descortezadores (Marini *et al.*, 2013; Stadelmann *et al.*, 2013), ya que los escarabajos son incapaces de volar y colonizar nuevos árboles durante los periodos de precipitación.

1.5.9 Análisis de componentes principales PCA

Para este análisis se utilizó una base de datos con 27 especies, en la ejecución del programa hubo una reducción de las variables, quedando solo 24 especies; esas son las especies que aportan la mayor información en la variación que existe entre los sitios muestreados. Mediante el análisis de PCA se obtuvo un total de seis componentes principales, de los cuales, sólo cuatro agrupan el 63.42% de los datos y explican la presencia de las especies en los sitios, que sucede en el ambiente y la variación en su composición. De las 27 especies, 19 presentaron homogeneidad en todas las localidades, y sólo reconoció nueve como indicadoras de los sitios; estas últimas permiten diferenciar los tres puntos de monitoreo.

Las especies indicadoras con los valores más representativos en este análisis fueron: *Gnathotrichus dentatus* (0.89314298), *Micrasis amplinis* (0.89314298) y *Hylocurus microcornis* (-0.89314298) en el componente uno; *Micracisella nitidula* (-0.76359241) y *Amphicranus rameus* (-0.726680345) en el componente dos; *Micrasis unicornis* (-0.753803925) y *Pseudips mexicanus* (-0.649281821) en el componente tres y *Hylocurus incomptus* (-0.663719049) y *Monarthrum xalapensis* (-0.663719049) en el componente cuatro (Tabla 3).

Cuadro 3. Análisis de componentes principales para las 27 especies de Scolytinae encontradas en los tres gradientes altitudinales

Especies	Componentes Principales					
	D1	D2	D3	D4	D5	D6
<i>Monarthrum tuberculatum</i>	-0.22567057	-0.27617397	-0.59015652	-0.07091464	0.14444907	0.26709329
<i>Pityophthorus detentus</i>	-0.51829612	-0.21505961	-0.26392709	-0.30405121	-0.1544081	0.65240209
<i>Gnathotrichus dentatus</i>	-0.89314298	-0.28484553	0.01831285	-0.04204621	-0.04506116	-0.2870779
<i>Glochinerus gemellus</i>	-0.19019145	0.38330794	-0.31174302	0.34301268	-0.04112332	0.50452304
<i>Micracisella nitidula</i>	0.09986503	-0.76359241	0.00487731	0.0130823	-0.42516695	-0.25435979
<i>Pseudopityophthorus limbatus</i>	-0.57928336	-0.33849438	0.11207255	-0.06733804	0.0084686	-0.1156502
<i>Micrasis amplinis</i>	-0.89314298	-0.28484553	0.01831285	-0.04204621	-0.04506116	-0.2870779
<i>Hylocurus microcornis</i>	-0.89314298	-0.28484553	0.01831285	-0.04204621	-0.04506116	-0.2870779
<i>Micrasis unicornis</i>	-0.21339637	-0.35071074	-0.75380393	0.37219327	-0.29010208	0.07542922
<i>Pityophthorus crassus</i>	0.29229459	0.42985196	-0.07719277	-0.4528067	-0.28424743	-0.48814756
<i>Pseudohylesinus variegatus</i>	0.27004272	-0.07473503	0.47475261	0.37426981	-0.4577815	-0.1688416
<i>Pseudopityophthorus opacicollis</i>	0.36548602	-0.51688865	-0.22285503	-0.44829418	0.21486869	0.34014829
<i>Amphicranus rameus</i>	0.32684384	-0.72668035	-0.10730369	0.52834776	0.02850459	0.10420767
<i>Hylurgops longipennis</i>	0.33070084	-0.46896122	-0.3705569	0.19861231	0.57385771	-0.27069157
<i>Corthylus fuscus</i>	0.69592487	-0.40482206	0.46966791	-0.31905466	0.04434083	0.0460366
<i>Micrasis inserta</i>	0.13450392	-0.49653532	0.15013674	0.46658979	-0.39246493	0.32182861
<i>Phloeosinus tacubayae</i>	0.33070084	-0.46896122	-0.3705569	0.19861231	0.57385771	-0.27069157
<i>Pseudips mexicanus</i>	0.28755926	0.06754075	-0.64928182	-0.29926474	0.19474526	-0.45034935
<i>Hylocurus incomptus</i>	0.19758983	-0.12133057	-0.44066842	-0.66371905	-0.49266335	0.04341147
<i>Monarthrum xalapensis</i>	0.19758983	-0.12133057	-0.44066842	-0.66371905	-0.49266335	0.04341147
<i>Pityoborus hirtellus</i>	-0.05521199	0.05444337	0.25224811	-0.36036819	0.47933966	0.54571895
<i>Monarthrum quercicolens</i>	-0.62501647	-0.03873389	0.26601506	-0.41273498	0.4267106	0.00470629
<i>Pseudothysanoes arbuti</i>	-0.14621906	0.68160782	-0.55928597	0.40189032	-0.01810114	0.15941297
<i>Phloeotribus pruni</i>	-0.00697029	0.53577186	-0.44239803	0.19889612	0.01671575	-0.28957063

La presencia en los sitios de monitoreo de las especies indicadoras de este estudio, pueden estar relacionadas a variables ambientales (Averos *et al.*, 2021). De acuerdo con Fang *et al.* (2022), en su análisis PCA mostraron que las variables ambientales, temperatura media anual, humedad, temperatura anual, rangos de humedad, temperatura máxima, mes más cálido, temperatura mínima del mes más frío y elevación promedio de cada transecto tienen correlaciones estadísticamente significativas con los patrones de distribución de las especies en los sitios de monitoreo.

Los géneros *Monarthrum*, *Micrasis* e *Hylocurus*, son reportados para bosques de pino (Pérez-De la cruz *et al.*, 2015; Gerónimo-Torres *et al.*, 2021) y fueron de las que obtuvieron los valores más representativos, esto pudiera deberse a requerimiento ecológico de las especies.

1.5.10 Análisis de Correspondencia Canónico

Este análisis obtuvo como resultado dos variables canónicas (CCA1, CCA2), que explican el 100% de las abundancias en los sitios muestreados (Tabla 4). El CC1 explicó el 55.6% de la variación de las abundancias y el CCA2 el 44.4%. Para la variable CCA1, la temperatura se relaciona con mayor intensidad con las especies *Pseudips mexicanus*, *Hylocurus incomptus* y *Monarthrum xalapensis*, mientras que la humedad obtuvo mayor relación con las especies *Micrasis amplinis*, *Hylocurus microcornis*, *Amphicranus rameus*, *Pseudothysanoes arbuti* y *Micrasis unicornis* Wood. En la variable CCA2, la temperatura presentó mayor relación con la especie *P. arbuti*, y la humedad con *M. amplinis*, *H. microcornis*, *A. rameus*, *M. unicornis*, *P. mexicanus*, *H. incomptus* y *M. xalapensis*. Finalmente, no se tomó en cuenta la variable altura, porque presentó una alta correlación con la humedad ($P < 0.05$), por lo que, ambas variables explican de forma similar las abundancias reportadas.

Varios autores asocian las altas poblaciones de estas especies con la disponibilidad de los recursos vegetales y las condiciones ambientales, y las diferencias de sus abundancias podrían estar dadas por las características particulares de cada sitio, como son la diversificación vegetal, disponibilidad de alimento, edad de las plantas, competidores, depredadores, aunados con la temperatura y humedad (Rudinsky, 1962; Wood, 1982; Estrada-Pérez *et al.*, 2012; Ruiz-González *et al.*, 2018).

La temperatura y la humedad, favorecen el desarrollo y la distribución de varias especies de Scolytinae (Soto-Correa *et al.*, 2018; Soto-Correa *et al.*, 2020). García-Navarrete *et al.* (2021), demostró mediante su trabajo con el género *Dendroctonus* que la temperatura es el principal factor limitante en la distribución de las especies de ese género. Contrario a los resultados de este estudio, Morales-Rangel *et al.* (2016) no encontraron ninguna correlación directa entre la abundancia de escolitinos con la humedad relativa mínima, sin embargo, Soto-Correa *et al.* (2020) concluyeron en su trabajo que la abundancia de algunas especies de escolitinos si está limitada tanto por temperatura como por la baja humedad.

Cuadro 4. Análisis de Correspondencia Canónico para las variables ambientales que explican la variación de las abundancias de las especies

Especies	CCA1	CCA2
<i>M. amplinis</i>	-1.1711	-0.79273
<i>H. microcornis</i>	-1.1711	-0.79273
<i>A. rameus</i>	-0.7441	-0.66682
<i>P. arbuti</i>	-0.3342	1.75523
<i>M. unicornis</i>	-0.4078	-0.02832
<i>P. mexicanus</i>	0.9643	-0.16317
<i>H. incomptus</i>	0.9643	-0.16317
<i>M. xalapensis</i>	0.9643	-0.16317
Variables Ambientales	CCA1	CCA2
Temperatura	0.9741	-0.2262
Humedad	-0.9292	-0.3697

1.5.11 Otros artrópodos asociados

Se recolectó un total de 13,916 individuos. Los insectos capturados se encuentran ampliamente agrupados en la subclase (Collembola), cinco grupos de Acari (Orden: Mesostigmata, Suborden: Prostigmata y Oribatida), 12 órdenes y 79 familias de Insecta (Tabla #5). El orden que presentó la mayor cantidad de familias fue Coleoptera (40), Diptera (15), Hymenoptera (10) y hemiptera (9), los órdenes restantes obtuvieron entre uno y dos familias (Fig. 22). Las familias con la mayor abundancia de insectos fueron, Staphylinidae (69%= 3,592 ind.), Latridiidae (13%= 668 ind.), Dermestidae con (11%= 559 ind.), Culicidae (3%= 155 ind.) Vespidae (2%= 122 ind.) y Sarcophagidae (2%= 115 ind.). Las demás familias presentaron valores por debajo de 50 individuos.

Cuadro 5. Lista de Artrópodos asociados al bosque de pino y recolectado en los tres puntos de monitoreo

Clase	Orden	Familias
Insecta	Hymenoptera	Vespidae, Braconidae, Formicidae, Ichneumonidae, Evaniidae
	Diptera	Sierolomorphidae, Liopteridae, Figitidae, Bethylidae, Apidae, Sarcophagidae, Scanopinidae, Fanniidae, Phoridae, Culicidae, Sciaridae, Ropalomeridae, Cecylomidae, Calliphoridae, Scatopsidae, Sciomycidae, Tachiporinae, Empididae, Syrphidae, Tachinidae,
		Anthocoridae, Cicadellidae, Miridae, Ceraphronidae, Lygaeidae, Aphididae, Psyllidae, Membracidae, Fulgoridae
	Hemiptera	Bostrichidae, Cerambycidae, Cucujidae, Aleocharinae, Latridiidae, Chrysomelidae, Brentidae, Cleridae, Nitidulidae, Dermestidae, Leiódidae, Staphylinidae, Brúchidae, Coccinelidae, Quedius, Mordellidae, Apionidae, Ptilodactylidae, Phalacridae, Brúchidae, Melandryidae, Ptinidae, Philonthus, Anobiidae, Scarabaeidae, Cryptophagidae, Ptilidae, Curculionidae, Trogossitidae, Dascillidae, Lampiridae, Elateridae, Laemoploeidae, Colydiidae, Elmidae, Buprestidae, Phengódidae
	Coleoptera	Forticulidae
	N/A	
		Mantispidae, Chrysopidae

Clase	Orden	Familias
		N/A
		Micoptera
	Dermaptera	
		Termitidae, Isoptero
	Socoptera	
		Thysanoptera
	Neuroptera	
		Coridalidae
	Lepidoptera	
	Mecoptera	
	Blatodea	
	Thrysanoptera	
	Megaloptera	
Collembola	1	1
Acari	1	5
Total	14	87

La presencia y abundancia de los artrópodos fue consistentes a lo largo de todo el año de monitoreo, sin embargo, no todos estuvieron presentes cada mes. El orden Coleoptera fue el más representativo en los tres puntos de monitoreo, algunos autores coinciden, con lo encontrado en este estudio (Gómez, 2019; Pérez *et al.*, 2020; Ramírez-

Espinoza *et al.*, 2021), lo cual es lógico al considerar que es el orden más diverso de la clase Insecta y el de mayor cantidad de individuos identificados por la ciencia hasta el momento, con una función importante dentro del mantenimiento del equilibrio dentro de los bosques (Ramírez-Espinoza *et al.*, 2021).

En general, estos resultados concuerdan con varios estudios que evidencian una marcada estacionalidad en el bosque de muchos grupos de estos insectos, especialmente en el caso de los coleópteros, Lepidópteros y Hemípteros (Wolda 1978; Janzen 1983; Wolda 1988; Chandler y Wolda 1986; Montes de Oca y Halffter 1995), dichos autores relacionan la estacionalidad de estos insectos, no sólo con su abundancia y riqueza, sino con cambios en la estructura trófica, lo cual, es capaz de restringir su distribución y abundancia (Boyer *et al.*, 2003).

La disminución de las abundancias con respecto al resto de los grupos, pudo ser debido a la distribución global que tienen los insectos en el ecosistema (Pérez-Venero *et al.*, 2020). En cuanto a las familias más abundantes, este trabajo difiere de otros estudios, tal es el caso de Pérez-Venero *et al.* (2020) y Ramírez-Espinoza *et al.*, 2021), donde reportan las familias Cerambycidae y Lygaeidae con la mayor abundancia, esta diferencia está dada por la metodología de monitoreo que utilizaron, la cual es más sensible a los insectos asociados.

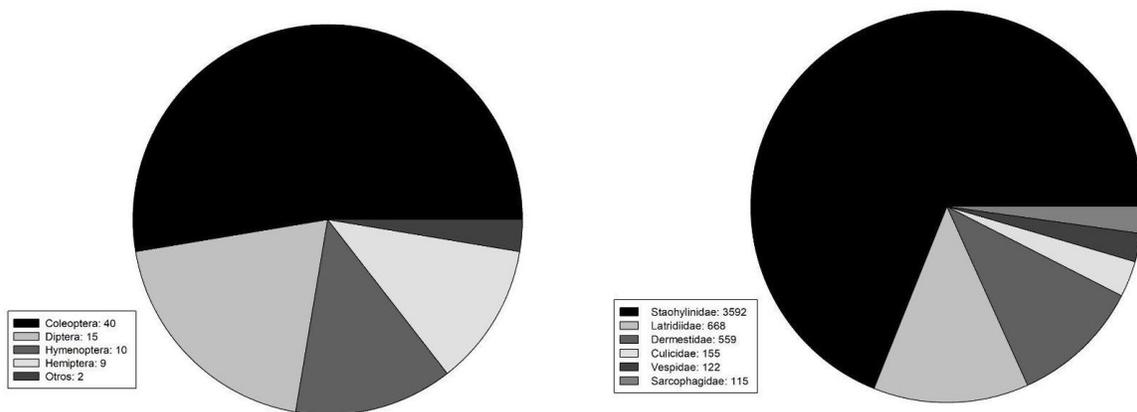


Figura 22. Abundancia de órdenes y familias de insectos asociados al bosque de pino

1.6. CONCLUSIONES

La zona de muestreo se compone de 27 especies de Scolytinae, distribuidas en 17 géneros y ocho tribus y los géneros que presentaron la mayor riqueza de especies fueron *Monarthrum*, *Pityophthorus*, *Pseudopityophthorus*, *Corthylus*, *Hylocurus* y *Micrasis*, mientras que las especies con mayor abundancia fueron *Pityophthorus confertus*, *Corthylus detrimmentosus*, *Monarthrum tuberculatum*, *Micracisella nitidula*, *Corthylus fuscus*, *Micrasis unicornis* y *Pseudips mexicanus*.

Los sitios con menor elevación y menor cobertura boscosa son los que presentan la mayor riqueza de especies. El PB fue el que registró la mayor riqueza de especies, 20 en total y el hábito alimenticio más común fue Floeofagia, que se presentó en 13 especies.

Los valores obtenidos para los índices de diversidad fueron similares durante todo el año en los sitios de monitoreo, debido a que no presentaron diferencias estadísticas significativas, mientras que la diversidad y abundancia de estos insectos, están estrechamente relacionados con factores bióticos y abióticos; que se consideran los elementos más influyentes que describen el patrón de distribución de las especies, tal es el caso de la temperatura y humedad, que son factores que se relacionan con la diversidad de Scolytinae.

La curva de acumulación de especies, reflejó que los meses donde se registró la mayor cantidad de especies fue entre enero y agosto; estos meses corresponden a las temporadas de primavera, verano y otoño, sin embargo, en primavera y verano, fue donde se registró el mayor número de especies capturadas.

La fluctuación poblacional de las especies, reflejó picos de abundancia en los meses de julio, agosto y septiembre. Sin embargo, hubo variación en las abundancias durante todo el año en los tres puntos de colecta.

Por último, este estudio generó información relevante que contribuirá al conocimiento, protección y conservación de los recursos naturales en el área de estudio, permitiendo detectar las áreas de mayor riesgo de ataque y poder así tomar decisiones oportunas y adecuadas, para el manejo del bosque.

CONCLUSIONES GENERALES

Los insectos de la subfamilia Scolytinae están presentes en toda el área de estudio con riquezas y abundancias diversas, esa variación está influenciada principalmente por la composición vegetal y a factores ambientales, tales como: temperatura, humedad, y la presencia de sus plantas huéspedes. La mayoría de las especies de esta subfamilia muestran algún patrón de distribución relacionado con el gradiente altitudinal y las variables ambientales, sin embargo, la riqueza de especies en los tres puntos de monitoreo tiende a disminuir con la altitud, ya que la localidad de menor elevación es la que presenta la mayor riqueza de especies y las variables ambientales influyen directa o indirectamente en la diversidad y abundancia de estos insectos. Además, los análisis estadísticos mostraron que a pesar de las diferencias en la composición de especies en cada punto de monitoreo no hubo variación estadística relevante entre los valores obtenidos con cada índice, no obstante, con el análisis de varianza se observó el mayor valor para el punto bajo ($\alpha:1.58$).

Finalmente, las abundancias máximas de estas especies se registran en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre y la temperatura y la humedad, son factores que favorecen el desarrollo y la distribución de varias especies de Scolytinae en el área de estudio.

LITERATURA CITADA

- Abdullah, Haidi, Roshanak Darvishzadeh, Andrew K. Skidmore, Thomas A. Groen, and Marco Heurich. 2018. "European Spruce Bark Beetle (*Ips Typographus*, L.) Green Attack Affects Foliar Reflectance and Biochemical Properties." *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 64: 199–209. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.09.009>.
- Almeida, L., A. M. Cleef, A. Herrera, A. Velázquez E I. Luna. 1994. El zacatonal alpino del Volcán Popocatepetl, México, y su posición en las montañas tropicales de América. *Phytocoenologia* 22: 391-436.
- Annala E. 1971. Sex ratio in *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae). *Annales Entomologici Fennici*, 37: 7-14.
- Armendáriz-Toledano, F & Zuñiga, G. Illustrated key to species of genus *Dendroctonus* (Coleoptera: Curculionidae) occurring in Mexico and Central America. *Journal of Insect Science* 17, 1–15; 10.1093/jisesa/iex009 (2017).
- Armendáriz-Toledano, F., G. Zúñiga, L.J. García-Román, O. Valerio-Mendoza y P.G. García-Navarrete (Eds). 2018. Guía ilustrada para identificar a las especies del género *Dendroctonus* presentes en México y Centroamérica. Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México, México.
- Atkinson, T.H. y Equihua M., A. 1985. Lista comentada de los coleópteros Scolytidae y Platypodidae del valle de México. *Folia Entomológica Mexicana*, 65: 63-108.
- Atkinson, T. H. and A. Equihua M. 1985. Notes on biology and distribution of Mexican and Central American Scolytidae (Coleoptera) I. Hylesininae, Scolytinae except Cryphalini and Corthylini. *The Coleopterist Bulletin* 39(3):227-238.
- Atkinson, T H. 2013. Estado de conocimiento de la taxonomía de los escarabajos descortezadores y ambrosiales de México (Coleoptera Curculionidae Scolytinae) En XVI Simposio Nacional de Parasitología Forestal, Comisión Nacional Forestal 306 13-28
- Atkinson, T. H., y T. D. Cibrián. 2017. Familia Curculionidae: Subfamilia Scolytinae. Cibrián T., D.(ed.). *Fundamento de Entomología Forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México*, 306-313.
- Atkinson, T.H. 2019. Bark and ambrosia Beetles. [https://www.barkbeetles.info/regional_chklist_expanded.php?user_geo=calc_mexico%3D1&user_geo_title=-Mexico%20\(country\)](https://www.barkbeetles.info/regional_chklist_expanded.php?user_geo=calc_mexico%3D1&user_geo_title=-Mexico%20(country)). Fecha de consulta: 19 de abril de

2019.

Averos, Joselyn B., J. Castro-Olaya, M. Martínez-Chevez, M. Guachambala-Cando, S. Peñarrieta-Bravo, D. Chirinos-Torres y L. García-Cruzatty. 2021. Fluctuación poblacional de *Premnobius cavipennis* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en plantaciones de balsa (*Ochroma pyramidale*) en la zona central del litoral ecuatoriano. *Revista Colombiana de Entomología*, 47(1), e9279.

Bark and ambrosia beetles of Mexico (country). (s/f). Barkbeetles.info. Recuperado el 13 de febrero de 2023, de [https://www.barkbeetles.info/amer_chklist_overview.php?user_geo=calc_mexico%3D1&user_geo_title=Mexico%20\(country\)](https://www.barkbeetles.info/amer_chklist_overview.php?user_geo=calc_mexico%3D1&user_geo_title=Mexico%20(country))

Barrera, J. F. Consultado 09/08/2022. Recuperado de <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/broca-del-cafe>.

Bastos, E.S.A.; Dorval, A.; Peres-Filho, O.; Souza, M.D.; Marques, E.N.; Junior, J.G.S. 2018. Influence of ethanol concentration on Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) in a native forest in the municipality of Campo Verde - MT. *Idesia, Chile*, 36 (4): 51-59.

Bentancourt, C. M., I. B. Scatoni. 2009. *Insectos del Uruguay*. Facultad de Agronomía-Facultad de Ciencias. 658 pp.

Bentz, B.J., Logan, J.A., Amman, G.D., 1991. Temperature-dependent development of the mountain pine beetle (Coleoptera: Scolytidae) and simulation of its phenology. *Can. Entomol.* 123, 1083–1094

Bentz, B., 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.

Bernal Zuluaga, J. 2021. Evaluación de la diversidad de géneros de escolitinos (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) asociados al agrosistema de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Victoria - Caldas.

Beudert, B., Bässler, C., Thorn, S., Noss, R., Schröder, B., Dieffenbach-Fries, H., Foullois, N., Müller, J., 2015. Bark beetles increase biodiversity while maintaining drinking water quality. *Conserv. Lett.* 8 (4), 272–281.

Billings, R.F., 1988. Forecasting southern pine beetle infestation trends with pheromone traps. In: Payne, T.L., Saarenmaa, H. (Eds.), *Proceedings of the Symposium: Integrated Control of Scolytid Bark Beetles*. IUFRO Working Party and XVII International Congress of Entomology, 4 July 1988, Vancouver, BC, Canada. Virginia

- Polytechnical Institute and State University, Blacksburg, VA., pp. 295–306.
- Borowski, J. y P. Wegrzynowicz. 2007. World Catalogue of Bostrichidae (Coleoptera). Mantis Publishing, Olsztyn. 247 pp.
- Bright, D.E. & Skidmore, R.E. (2002) A Catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera). Supplement 2 (1995–1999). NRC Research Press, Ottawa, 523 pp.
- Bright, D.E. (2014) A catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), Supplement 3 (2000–2010), with notes on subfamily and tribal reclassifications. *Insecta Mundi*, 0356, 1–336.
- Bright, B.C., Hicke, J.A., Meddens, A.J.H., 2013. Effects of bark beetle-caused tree mortality on biogeochemical and biogeophysical MODIS products. *J. Geophys. Res.: Biogeosci.* 118 (3), 974–982.
- Byers J. A., 2004. Chemical ecology of bark beetles in a complex olfactory landscape. En: *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, A Synthesis*. 89-134 pp. En: F Lieutier, KR Day, A Battisti, JC Grégoire, HF Evans (Eds.). *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht The Netherlands. 569 pp.
- Cajaiba R. L., W. Barreto da S. y E. Périco. 2018. Diversity of Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) in different landscapes in northern Brazil. *Neotropical Biology and Conservation* 13(1):10-16. doi: 10.4013/nbc.2018.131.02
- Carrillo, D., R.E. Duncan y J.E. Peña. 2012. *Ambrosia* beteles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) that breed in avocado wood in Florida. *Florida Entomologist*, 95(3): 573-579. <https://doi.org/10.1653/024.095.0306>.
- Castorena Pérez A. E., A. Equihua Martínez, E. J., Jardel Peláez, L. E. Rivera Cervantes, y R. Cuevas Guzmán. 2020. Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) de un bosque mixto de pino-latifoliadas de la Sierra de Manantlán, Jalisco, México. *Universidad de Guadalajara, Dugesiana* 27(2): 83-90.
- Castrejón-Antonio, J. E., R. Montesinos-Matías, N. Acevedo-Reyes, P. TamezGuerra, M. Á. Ayala-Zermeño, A. M. Berlanga-Padilla y H. C. Arredondo-Bernal. 2017. Especies de *Xyleborus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) asociados a huertos de aguacate en Colima, México. *Acta Zoológica Mexicana* 33(1): 146-150.
- Csank, A.Z., Miller, A.E., Sherriff, R.L., Berg, E.E. y Welker, J.M. 2016. Tree-ring isotopes reveal drought sensitivity in trees killed by spruce beetle outbreaks in south-central Alaska. *Ecological Applications*, 26 (7): 2001-2020.

- Cibrián, T. D., Méndez, T.M. J., Campos, B. R., Yates, O. H. & Flores, L. J. Forest Insects of Mexico. (Universidad Autónoma Chapingo, 1995).
- Ciesla W. M. 2011. Forest Entomology A Global Perspective. Willey-Blackwell. 442 pp.
- Cochran, P.H., 1998. Examples of mortality and reduced annual increments of white fir induced by drought, insects, and disease at different stand densities. RNPNW- 525. US Department of agriculture, Forest service, Pacific Northwest Research Station, Portland, OR, 19 pp.
- CONABIO. 2002. Programa de Regiones Prioritarias para la Diversidad. Regiones Prioritarias Terrestres. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Dirección Técnica de Análisis y Prioridades. http://www.conabio.gob.mx/biodiversidad/lista_rpt.htm. México, D. F.
- CONABIO. 2020. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México. Registros de ejemplares [Base de datos]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. <https://www.snib.mx/>
- Coulson, R.N. 1979. Population dynamics of bark beetles. *Annu. Rev. Entomol.* 24, 417-447.
- Córdoba, S. P., E. A., Mendoza, T. H., Atkinson y M. V., Manzo. 2021. Diversity and population dynamics of Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) in avocado plantations and surrounding natural forest in NW Argentina. *Universidad de Guadalajara, Dugesiana* 28(2): 221-231.
- Cué, B. E. M., J. L. Villaseñor, L. Arredondo, G. Cornejo, and G. Ibarra. 2006. La flora arbórea de Michoacán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 78: 47–81.
- Challenger, A. & Soberón, J., 2008. Los ecosistemas terrestres, en *Capital natural de México*. En: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. México: CONABIO. pp. 87-108.
- Clarke, S. R., y J. T. Nowak. 2010. Southern pine beetle. USDA Forest Service Forest Insect and Disease Leaflet 49. Portland, Oregon.
- Christiansen, E., Fjone, G., 1993. Pruning enhances the susceptibility of *Picea abies* to infection by the bark beetle-transmitted blue-stain fungus, *Ophiostoma polonicum*. *Scand. J. Forest Res.* 8, 235–245
- Cruz J. E. 2019. Estimación de variables dasométricas a partir de datos LiDAR, de árboles individuales de *Pinus hartwegii* Lind en el oriente del Monte Tláloc, Texcoco, Estado

de México. Requisito parcial para la obtención del título: Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma de Chapingo. 60 pp.

Dajoz, R. (2001) Entomología Forestal: los insectos y el bosque. Mundi-Prensa. Madrid, España. 548 pp.

De Beenhouwer, M., Aerts, R., & Honnay, O. (2013). A global meta-analysis of the biodiversity and ecosystem service benefits of coffee and cacao agroforestry. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 175, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.05.003>.

Denham, Sander O., David R. Coyle, A. Christopher Oishi, Bronson P. Bullock, Kari Heliövaara, and Kimberly A. Novick. 2019. "Tree Resin Flow Dynamics during an Experimentally Induced Attack" by *Ips Avulsus*, *i. Calligraphus*, and *i. Grandicollis*." *Canadian Journal of Forest Research* 49 (1). <https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0024>.

Díaz Ramos, S.G. 2016. El género *Pityophthorus* spp. (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en bosques templados de pino en Jalisco. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.

Díaz-Ramos, S. G., A. Equihua M., A. Rodríguez R., J. Valdez C., O. L. Segura-León y T. H. Atkinson. 2016. Fluctuación de *Pityophthorus* Eichhoff (Curculionidae: Scolytinae) capturados en trampas cebadas con feromonas en el bosque La Primavera, Jalisco. *Acta Zoológica Mexicana* 32(3): 296-299.

D'errico G., Carletti B., Schröder T., Mota M., Vieira P., Roversi P. F. 2015. An update on the occurrence of nematodes belonging to the genus *Bursaphelenchus* in the Mediterranean area. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 88(5): 509–520. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpv028>.

El-Sayed, A.M., Suckling, D.M., Wearing, C.H., Byers, J.A., 2006. Potential of mass trapping for long-term pest management and eradication of invasive species. *J. Econ. Entomol.* 99, 1550–1564.

Elith J., M. Kearney y S. Phillips. 2010. The art of modelling range-shifting species. *Methods in Ecology and Evolution* 1, 330–342. doi: 10.1111/j.2041-210X.2010.00036.x

Equihua M., A. y A. Burgos S. 2002. Scolytidae. pp. 539-557. In: Llorente. B. J. & J. J. Morrone (Eds.). *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento Vol. III*. CONABIO-IBUNAM. México.

Estrada-Pérez, N., M. Pérez-De La Cruz y M. A., Hernández-May 2012. Fluctuación

- poblacional de *Corthylus* spp. (Coleoptera: Curculionidae) en Tabasco, México. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 13, 16-24.
- Faccoli, M., Stergulc, F., 2008. Damage reduction and performance of mass trapping devices for forest protection against the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Ann. For. Sci.* 65, 1–9.
- Falcon-Brindis, A., M. Pérez-De la Cruz, E. E., Mata-Zayas, A. De la Cruz, S. Sánchez S., Saul y C. M. Ramos. 2018. Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) de Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), 34(2), 1–10. DOI: 10.21829/azm.2018.3412107.
- Fan L., M. Ling-Zeng M, J. Wang y L. Yan-Hong. 2022. The patterns of co-occurrence variation are explained by the low dependence of bark beetles (Coleoptera: Scolytinae and Platypodinae) on hosts along altitude gradients. *Frontiers in Zoology*. 19:10. <https://doi.org/10.1186/s12983-022-00455-y>.
- FAO. 2016. El Estado de los Bosques del Mundo. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades con relación a los usos de la tierra., Roma.
- Fettig, C.J., Klepzig, K.D., Billings, R.F., Munson, A.S., Nebeker, T.E., Negrón, J.F., Nowak, J.T., 2007a. The effectiveness of vegetation management practices for prevention and control of bark beetle infestations in coniferous forests of the western and southern United States. *For. Ecol. Manage.* 238, 24–53.
- Filchev, L., 2012. An assessment of european spruce bark beetle infestation using WorldView-2 Satellite data. In: Proceedings of 1st European SCGIS Conference with International Participation-Best Practices: Application of GIS Technologies for Conservation of Natural and Cultural Heritage Sites (SCGIS-Bulgaria, Sofia). Sofia, Bulgaria. pp. 21–23.
- Flechtmann, C. A. H., A. L. T. Ottati, and C. W. Berisford. 2001. Ambrosia and bark beetles (Scolytidae: Coleoptera) in pine and eucalypt stands in southern Brazil. *For. Ecol. Manage.* 142: 183–191
- French, N., Yu, S., Biggs, P., Holland, B., Fearnhead, P., Binney, B., Fox, A., Grove-White, D., Leigh, J. W., Miller, W., Muellner, P., & Carter, P. 2014. Evolution of *Campylobacter* species in New Zealand. In Sheppard, S. K. & Méric, G. (Eds.), *Campylobacter Ecology and Evolution* (pp. 221–240). Norfolk, England: Caister Academic Press.
- Gan, J. 2004. Risk and damage of southern pine beetle outbreaks under global climate change. *For. Ecol. Manage.* 191: 61-71.
- García, R. y Morales, I. 2016. Efectos del cambio climático en los ecosistemas forestales: integrando inventarios y modelos. *Ecosistemas* 25(3):51-59.

- García-Navarrete, P. G., Soria-Ortiz, G. J., & C. González-Salazar. 2021. Interacciones potenciales parásito-hospedero entre el escarabajo *Dendroctonus* (Coleoptera: Scolytidae) y *Pinus* (Pinaceae) en México. *Revista de Biología Tropical*, 69(3), 1004-1022. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i3.45910>.
- Gerónimo-Torres J., M. Pérez-De la Cruz, A. De la Cruz-Pérez y M. Torres- De la Cruz. 2015. Scolytinae y Platipodinae (Coleoptera: Curculionidae) asociados a manglares de Tabasco, México. *Revista Colombiana de Entomología*. 41(2): 257-261.
- Gerónimo-Torres J. Del Carmen, M. Pérez-De la Cruz, L. Arias-Rodríguez, A. De la Cruz-Pérez y C. Manuel Burelo-Ramos. 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): 37-49.
- Gil Sánchez, L. A., y J. A., Pajares A. 1986. Los escolítidos de las coníferas en la Península Iberica. Madrid: INIA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Gitau C.W., R. Bashford, A.J. Carnegie y G.M. Gurr. 2013. A review of semiochemicals associated with bark beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) pests of coniferous trees: A focus on beetle interactions with other pests and their associates. *Forest Ecology and Management* 297 (2013) 1–14.
- Godefroid, M., A. S. Meseguer, L. Sauné, G. Guenaëlle, S. Jean-Claude, R. Jean-Pierre, A. Zaldivar R., F. Mayer, A. Cruaud & R. Jean-Yves Rasplus. 2019. Restriction-site associated DNA markers provide new insights into the evolutionary history 1 of the bark beetle genus *Dendroctonus*. 24 pp. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1055790319302441>
- Goheen, D., Hansen, E., 1993. Effects of pathogens and bark beetles on forests. In: Filip, T.S.G. (Ed.), *Beetle Pathogen Interactions in Conifer Forests*. Academic Press, London, pp. 175–196.
- Gómez D.; G. Martínez. 2013. "Bark Beetles in Pine Tree Plantations in Uruguay: First Record of *Orthotomicus erosus* Wollaston (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)," *The Coleopterists Bulletin* 67(4), 470-472. <https://doi.org/10.1649/0010-065X-67.4.470>
- Gómez, D. 2014. Diversidad y estacionalidad de escarabajos de corteza (Coleoptera: Scolytinae) en *Pinus taeda* L. en Uruguay. Tesis de maestría en ciencias Biológicas, opción Zoología. Programa de Desarrollo de las ciencias básicas (PEDECIBA).
- Gómez F. Claudia G., H. Viveros V., A. Aparicio R., R. Sánchez G. y C. Ruíz M. 2019. Secuencia y registro de escolítinos asociados a bosque mesófilo de montaña-pinar en Coxmatla, Veracruz. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas. 12 pp.
- Gossner MM. 2009. Light intensity affects spatial distribution of Heteroptera in deciduous forests. *Euro. Eur. J. Entomol.* 106(2):241-252. doi: <https://doi.org/10.14411/eje.2009.032>.
- Grace, J., Beringer, F., Nagy, L., 2002. Impacts of climate change on the tree line. *Ann.*

Bot. 90, 537–544.

Grégoire, J.-C., Evans, H.F., 2004. Damage and control of Bawbilt organisms – an overview. In: Lieutier, F., Day, K.R., Battisti, A., Grégoire, J.-C., Evan, H.F. (Eds.), *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe*. Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands, pp. 19–37.

Gries G., 1984. Zur Bedeutung des Reifungsfrasses für die Dispersion des Kupferstechers, *Pityogenes chalcographus* L. (Coleoptera: Scolytidae). *Zeitschrift für Angewandte Zoologie*, 73: 267-279.

Haack, R.A. & Rabaglia, R.J. (2013) Exotic bark and ambrosia beetles in the USA: Potential and current invaders. In: Pena, J.E. (Ed.), *Potential Invasive Pests of Agricultural Crops*. CAB International, Boston, Massachusetts, pp. 48–74.

Hall, T.A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucl. Acids. Symp. Ser.* 41:95-98.

Hammer, Ø., D. A. T. Harper y P. D. Ryan. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, vol. 4: 9 pp.

Hansen, E.M., Bentz, B.J., Munson, A.S., Vandygriff, J.C., Turner, D.L., 2006. Evaluation of funnel traps for estimating tree mortality and associated population phase of spruce beetle in Utah. *Can. J. For. Res.* 36, 2574–2584.

Heepe L, Wolff JO, Gorb SN. 2016. Influence of ambient humidity on the attachment ability of ladybird beetles (*Coccinella septempunctata*). *Beilstein J. Nanotechnol.* 7(1)1322-1329. doi: <https://doi.org/10.3762/bjnano.7.123>.

Hernández R. V., L. López-Mata, J. A. Cruz-Rodríguez y M. Luna C. 2022. Nicho de regeneración de *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. & Cham. en el Monte Tláloc, Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl, México. *Botanical Sciences* 100 (2): 331-344. DOI: 10.17129/botsci.2912.

Hill, J.K., Thomas, C.D., Huntley, B., 1999. Climate and habitat availability determine 20th century changes in a butterfly's range margin. *P. Roy. Soc. B-Biol. Sci.* 266, 1197–1206.

Hulcr J., S. A., Dole; R. A., Beaver; A. I., Cognato. 2007. Cladistic review of generic taxonomic characters in *Xyleborina* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Systematic Entomology*. 32, 568–584.

Hulcr, J., M. Mogia, B. Isua, and V. Novotny. 2007a. Host specificity of ambrosia and bark beetles (Col., Curculionidae: Scolytinae and Platypodinae) in a New Guinea rain forest. *Ecol. Entomol.* 32: 762-772.

Hulcr I., R. A., Beaver, W. Puranasakul, S. A., Dole y S Sonthichai. 2008. A Comparison

- of Bark and Ambrosia Beetle Communities in Two Forest Types in Northern Thailand (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae and Platypodinae). *Environ. Entomol.* 37(6): 1461-1470.
- Hulcr, J. y R. R., Dunn. 2011. The sudden emergence of pathogenicity in insect –fungus symbioses threatens naive forest ecosystems. *The Royal Society* (2011)278, 2866–2873
- Hulcr, J., T. H. Atkinson, A. I. Cognato, B. H. Jordal, and D. D. McKenna. 2015. Chapter 2 - Morphology, taxonomy, and phylogenetics of bark beetles, pp 41–84. In F. E. Vega, and R. W. Hofstetter (eds.), *Bark beetles. Biology and ecology of native and invasive species*. Academic Press, Cambridge, MA, USA, 620 pp.
- Jactel, H., Nicoll, B.C., Branco, M., Gonzalez-Olabarria, J.R., Grodzki, W., Långström, B., Moreira, F., Netherer, S., Orazio, C., Piou, D., Santos, H., Schelhaas, M.J., Tojic, K., Vodde, F., 2009. The influences of forest stand management on biotic and abiotic risks of damage. *Ann. For. Sci.* 66, 1–18
- Jiménez-Noriega. M.S., T. Terrazas y L. López-Mata. 2015. Variación morfo-anatómica de *Ribes ciliatum* a lo largo de un gradiente altitudinal en el norte de la Sierra Nevada, México. *Botanical Sciences* 93 (1): 23-32. DOI: 10.17129/botsci.131.
- Johnson A. J. J. Hulcr, M. Knížek, T. H. Atkinson, M. Y. Mandelshtam, S. M. Smith, A. I. Cognato, S. Park, Y. Li y B. H. Jordal. 2020. Revision of the Bark Beetle Genera Within the Former Cryphalini (Curculionidae: Scolytinae). *Oxford University Press. Insect Systematics and Diversity.* 4(3): 1: 1–81.
- Jordal, B. H.; R. A., Beaver y L. R., Kirkendall. 2001. Breaking taboos in the tropics: incest promotes colonization by wood-boring beetles. *Global Ecology and Biogeography*, 10(4), 345–357. doi:10.1046/j.1466-822x.2001. 00242.x
- Jordal, B.H., 2013. Scolytinae Latreille, 1806. En: *Insecta: Coleoptera. Volumen 3: Morphology and Systematics (Phytophaga)*. R Leschen, RBeutel (Eds.). Walter de Gruyter. 349-358 pp.
- Jordal, B. H., S. M., Smith y A. I. Cognato. 2014. Classification of weevils as a data-driven science: leaving opinion behind. *ZooKeys*, 1-18.
- Jong-Kook, J., Seung-Tae, K., Sue-Yeon, L., Chang-Gyu, P., Joon-Ho, L. 2012. Community structure of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) along an altitudinal gradient on Mt. Sobaeksan, Korea. *J. Asia-Pac. Entomol.* 15, 487–494.
- Kent, M. & P. Coker 1992. *Vegetation Description and Analysis. A Practical Approach.*

CRC Press. Florida, U.S.A. 363 pp.

Kirkendall L. R. 1990. Sperm is a limiting resource in pseudogamous bark beetle *Ips acuminatus* (Scolytidae). *Oikos*, 57: 80-87.

Kirisits T., 2004. Fungal associates of European bark beetles with special emphasis on the Ophiostomatoid fungi. 181-237 pp. En: F Lieutier, KR Day, A Battisti, JC Grégoire, HF Evans (Eds.). *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*. Kluwer Academic Publishers. Dordercht The Netherlands. 569 pp.

Kirkendall, L. R., P. H. W. Biederman, and B. H. Jordal. 2015. Chapter 3-Evolution and Diversity of Bark and Ambrosia Beetles, pp 85–156. In F. E. Vega, and R. W. Hofstetter (eds.), *Bark beetles. Biology and ecology of native and invasive species*. Academic Press, Cambridge, MA, USA, 620 pp.

Knížek M., y R. Beaver. 2004. Taxonomy and systematics of bark and ambrosia beetles. En: *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, A Synthesis*. F. Lieutier, KR Day, A Battisti, JC Grégoire, HF Evans (Eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordercht The Netherlands. 569 pp.

Klasmer, P.; I. Diez de Ulzurún. 2013. Evaluación de la efectividad de atrayentes químicos para la captura de insectos taladradores y descortezadores de madera. *Primeras Jornadas Argentinas de Sanidad Forestal. Libro de resúmenes*. 53 pp.

Lachata, T., Wermelingera, B., Gossnerb, M.M., Busslerc, H., Isacsson, G. y Müllerb, J. 2012. Saproxylic beetles as indicator species for dead-wood amount and temperature in European beech forests. *Ecological Indicators*, 23: 323-331.

Langström B., 1983. Life cycles and shoot feeding of the pine shoot beetles. *Studia Forestalia Suecica*, 163: 1-29.

Lázaro-Dzul, M., A. Equihua-Martínez., J. Romero-Nápoles., H. González-Hernández., J Macías-Sámano., D. Alvarado-Rosales., A. Castañeda-Vildózola. 2020. Diversity of Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) at three sites in the central avocado-producing region of Michoacán, México. *The Coleopterists Bulletin*, 74(2): 454–462

Lehnert, L.W., Bässler, C., Brandl, R., Burton, P.J., Müller, J., 2013. Conservation value of forests attacked by bark beetles: highest number of indicator species is found in early successional stages. *J. Nat. Conserv.* 21 (2), 97–104.

Lesk, C., Coffel, E., D'Amato, A.W., Dodds, K., and Horton, R. 2017. Threats to North American forests from southern pine beetle with warming winters. *Nat. Clim. Change* 7: 713-587 718.

- Lieutier F., 2004. Host resistance to bark beetles. 135-180 pp. En: F Lieutier, KR Day, A Battisti, JC Grégoire, HF Evans (Eds.). *Bark and Wood Boring Insects*.
- Lieutier F., Mendel Z., Faccoli M. 2016. Insects and diseases of Mediterranean forest systems, pp. 105-197. In: *Bark beetles of Mediterranean conifers*, Paine T., Lieutier F., (Eds). Springer International Publishing, Switzerland.
- Lindgren, B. S. 1983. A multiple funnel trap for scolytid beetles (Coleoptera) *The Canadian Entomologist*, 115(03) 299-302.
- Li You, Y. Ruan, Matthew T. Kasson, Edward L. Stanley, Conrad P. D. T. Gillett, Andrew J. Johnson, Mengna Zhang y Jiri Hulcr. 2018. Structure of the Ambrosia Beetle (Coleoptera: Curculionidae) *Mycangia Revealed Through Micro-Computed Tomography*.
- Louis, M., Grégoire, J.C. y Péliesson, P.F. 2014. Exploiting fugitive resources: how long lived is “fugitive”? Fallen trees are a long-lasting reward for *Ips typographus* (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae). *Forest Ecology and Management*, 331: 129-134.
- López R. S., P. R. Ochoa, J. C. Iturrondobeitia B., A. Goldarazena L. 2007. Los escolítidos de las coníferas del País Vasco Guía práctica para su identificación y control. Vitoria-Gasteiz: 1ª ed, 199 pp.
- López Romero S., P. Romón Ochoa, J. C. Iturrondobeitia Bilbao y A. Goldarazena Lafuente. 2007. Los escolítidos de las coníferas del País Vasco: guía práctica para su identificación y control. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Colección Lur ; 11. 1ª ed. 190 pp.
- López G. V., B. Torres H., J. F. Reséndiz M., G. Sánchez M., A. R. Gijón H. 2017. Influencia de parámetros climáticos sobre las fluctuaciones poblacionales del complejo *Dendroctonus frontalis* Zimmerman, 1868 y *Dendroctonus mexicanus* Hopkins, 1909. *Revista mexicana de ciencias forestales*, vol. 8, núm. 41.
- Macedo-Reis, L E., De Novais, S. M. A., Monteiro, G. F., Flechtmann, C. A. H., De Faria, M. L., y De Siqueira Neves, F. 2016. Spatio-Temporal Distribution of Bark and Ambrosia Beetles in a Brazilian Tropical Dry Forest *Journal of Insect Science*, 16(1) 1-9.
- Macias Sámano, J E, Niño Domínguez, A, Cruz López, J. A. y Altúzar Mérida, R. 2004. Monitoreo de descortezadores y sus depredadores mediante el uso de semioquímicos 2da edic Chiapas, MX Colegio de la Frontera Sur 27 pp.

- Magurran, E. A. 1988. Ecological diversity and its measurement, Bio-Dap. New Brunswick, Fundy National Park, Canada.
- Marini, L., Lindelöw, A., Jönsson, A.M., Wulff, S. y Schroeder, M.L. 2013. Population dynamics of the spruce bark beetle: a long-term study. *Oikos*, 122:1768-1776.
- Martínez-Arévalo J.V. 2013. Plantas asociadas a los bosques de *Abies guatemalensis* (Pinaceae) del occidente de Guatemala. *Revista de Biología Tropical* 61:321-333.
- Martínez-Méndez, N., Aguirre-Planter, E., Eguiarte, L. E., y Jaramillo-Correa, J. P. 2016. Modelado de nicho ecológico de las especies del género *Abies* (Pinaceae) en México: Algunas implicaciones taxonómicas y para la conservación. *Botanical Sciences*, 94(1), 362–371.
- Martínez M., J. Castro, R. Villamar-Torres, M. Carranza, J. Muñoz-Rengifo, E. Jiménez, M. Guachambala, M. Heredia-Pinos, L. García-Cruzatty y S. Mehdi-Jazayeri. 2017. Evaluation of the diversity of Scolitids (Coleoptera: Curculionidae) in the forest plantations of the central zone of the Ecuadorian littoral. *Cienc Tecn UTEQ*:10(2), 25-32 p.
- Marvaldi, A. E., A. S. Sequeira, C. O'Brien y B. Farrell. 2002. Molecular and Morphological Phylogenetics of Weevils (Coleoptera, Curculionoidea); do Niche Shifts Accompany Diversification? *Systematic Biology*, 51, 761-85.
- Matteucci, S. D. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación, Serie Biología, Monografía 22. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. 168 p.
- Maus da Silva J., E. Corrêa C., E. Nunes M. y E. Arnoni C. 2018. Monitoring of Population of Scolytinae in Olive Culture. *Journal of Agricultural Science*; Vol. 10, No. 8. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n8p457>.
- Menendez, R., Gonzalez-Megias, A., Collingham, Y., Fox, R., Roy, D.B., Ohlemuller, R. y Thomas, C.D. (2007) Direct and indirect effects of climate and habitat factors on butterfly diversity. *Ecology*, 88: 605-611.
- Meneses J. 2019. Introducción al análisis multivariante. FUOC, Barcelona. Primera edición. 52 pp.
- Miller, D R. y Crowe, C. M. 2011. Relative performance of Lindgren multiple-funnel, intercept panel, and colossus pipe traps in catching Cerambycidae and associated species in the southeastern United States *Journal of Economic Entomology*, 104(6),

1934-1941.

- Morales N., Zanunciol J., Pratisoli D. y Fabres A. 2000. Fluctuación poblacional de Scolytinae (Coleoptera) en zonas reforestadas con *Eucalyptus grandis* (Myrtaceae) en Minas Gerais, Brasil. *Revista de Biología. Tropical*, 48(1): 101-107.
- Morales-Rangel, A., V. H., Cambrón-Sandoval, S., Vergara-Pineda y J. A., Obregón-Zúñiga. 2016. Fluctuación poblacional de *Dendroctonus frontalis* Zimmerman, 1868 y *Dendroctonus mexicanus* Hopkins, 1909 (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) y su asociación con variables climáticas en bosques de pino en el municipio de Landa de Matamoros, Querétaro, México. *Entomología Mexicana*, 3(1), 633–638.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza, La Sociedad Entomológica Aragonesa.
- Moser, J. C., B. A. Fitzgibbon, and D. K. Klepzig. 2005. The Mexican Pine Beetle, *Dendroctonus mexicanus*: First record in the United States and co-occurrence with the Southern Pine Beetle – *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae or Curculionidae: Scolytinae). *Entomological news* 116: 235-243.
- Murillo, R. y H. Lezama. 2008. Materiales y técnicas para la confección y preservación de colecciones entomológicas. <https://www.researchgate.net/publication/224937530>
- McNee, W. R., D. L., Wood y A. J., Storer. 2000. Pre-Emergence Feeding in Bark Beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Environmental Entomology*, 29(3), 495–501. doi:10.1603/0046-225x-29.3.495.
- Noriega J. Botero J. Viola M. & Fagua G. 2007. Dinámica estacional de la estructura trófica de un ensamblaje de Coleoptera en la Amazonia Colombiana. *Revista Colombiana de Entomología*, 33(2): 157-164.
- Palma T., A. 1996. Tipología del uso forestal de la tierra de la región norte de la Sierra Nevada y su cartografía. Tesis, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. 103 p.
- Pérez De la Cruz M, Equihua-Martínez A, Romero-Nápoles J, Sánchez-Soto S, GarcíaLópez E. 2009a. Diversidad, fluctuación poblacional y plantas huésped de escolitinos (Coleoptera: Curculionidae) asociados con el agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80: 779-791.
- Pérez, M., A. Equihua, J. Romero, S. Sánchez, E. García, and H. Bravo. 2009. Scolitids (Coleoptera: Scolytidae) associated to the cocoa agroecosystem in Tabasco, Mexico. *Neotropical Entomology* 38: 602–609.

- Pérez De la Cruz, M., Valdéz Carrasco, J. M., Romero Nápoles, J., Equihua Martínez, A., Sánchez Soto, S. y Perez, C. 2011. Fluctuación poblacional, plantas huéspedes, distribución y clave para la identificación de Platypodidae (Coleoptera Curculionidae) asociados al agroecosistema cacao en Tabasco, México *Acta Zoológica Mexicana*, 27(1) 129-143.
- Pérez-De la Cruz, M., M. A. Hernández-May, A. De la Cruz-Pérez y S. Sánchez-Soto. 2015. Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) de dos áreas de conservación en Tabasco, México. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744)* Vol. 64 (1): 319-326.
- Pérez-Miranda R., A., González-Hernández, E., Velasco-Bautista, M. E., Romero-Sánchez, V. J., Arriola-Padilla, M., Acosta-Mireles, y F., Carrillo Anzures. 2021. Análisis temporal de la distribución de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins (1905) en México (2009-2018). *Revista mexicana de ciencias forestales*, 12(67), 27-55.
- Pérez-Silva, M., A. Equihua Martínez, E. G. Estrada Venegas, A. L. Muñoz Viveros, J. M. Valdez Carrasco, J. Sánchez Escudero y T. H. Atkinson. 2015. Sinopsis de especies mexicanas del género *Xyleborus* Eichhoff, 1864 (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Acta zoológica mexicana*, 31(2), 239-250.
- Pérez-Venero, Yusnabi., C. G., Flores-Galano, J. Lescaille- Acosta. 2020. Entomofauna associated to *Pinus cubensis* G. in areas of the Cupeyal del Norte Conservation Department. *Hombre, Ciencia y Tecnología*, vol. 24.
- Pérez Y., G. Flores y J. Lescaille. 2020. Entomofauna asociada a *Pinus cubensis* G. en áreas del Departamento de Conservación Cupeyal del Norte. *Hombre, Ciencia y Tecnología*. 24, No. Especial: 107-114.
- Perusquía, O. J. 1978. Descortezador de los pinos *Dendroctonus* spp. taxonomía y distribución. Boletín técnico, Instituto Nacional de Investigación Forestal, México. 55: 5-28.
- Piña L. I y V. R. Muñiz. 1981. Los escolitidos como plagas forestales. Monografía III. Publicada por los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial (LANFI). México, D. F. 177 p.
- Pye, J.M, T.P. Holmes, J.P. Prestemon and D.N. Wear. 2011. Economic impacts of the southern pinebeetle. Asheville, NC: U.S. Southern Pine Beetle II. Gen. Tech 140: 213–222.
- Raffa KF, Gregoire JC, Lindgren BS. 2015. Natural history and ecology of bark beetles, pp. 1–40 In Vega FE, Hofstetter RW [eds.], *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. Elsevier Inc., San Diego, California, USA.

- Rabaglia, R. J., R. A. Beaver, A. J. Johnson, M. A. Schmaedick y S. M. Smith. 2020. The bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae and Platypodinae) of American Samoa. *Zootaxa* 4808 (1): 171–195. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4808.1.11>
- Ramírez-Espinoza, B., G. Flores-Galano, A. Montoya-Ramos, A. Martínez-Nieves. 2021. Inventory of entomofauna in *Pinus cubensis* G. forests of the Sierra Cristal Agroforestry Company. *Hombre, Ciencia y Tecnología*, 25(2).
- Rangel, R., M. Pérez, S. Sánchez y S. Capello. 2012. Fluctuación poblacional de *Xyleborus ferrugineus* y *X. affinis* (Coleoptera: Curculionidae) en ecosistemas de Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, 60(4), 1577-1588.
- Raty, L., Drumont, A., De Windt, N., Gre´goire, J.-C., 1995. Mass trapping of the spruce bark beetle *Ips typographus* L.: traps or trap trees? *For. Ecol. Manag.* 78, 191– 205.
- Reid M.L., 2004. Bark beetles. 119-126 pp. En: J. Burley, J. Evans, J. A. Youngquist (Eds.). *Encyclopedia of Forest Sciences*. Elsevier.
- Requena-Lara, G. N., P. E., Ochoa-Sandoval, J. F., Morales-Pacheco, H. A., Garza-Torres, C., Zamora-Tovar, C. E., González-Romo, A., Guerra-Pérez, J. I., Manzano-Banda y J., Treviño-Carreón 2020. Distribución y condiciones ecogeográficas del bosque relicto de *Abies* en zonas montañosas de Tamaulipas. *Polibotánica*, (49), 50-73.
- Rodríguez Flores, O. R. 2016. Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera Curculionidae) Ecología de la comunidad en la isla Barro Colorado y aportes al conocimiento de su composición faunística en el área del canal de Panamá. Tesis presentada como uno de los requisitos para optar al grado de Maestro en Ciencias con especialización en entomología. Universidad de Panamá.
- Robertson L., García-Álvarez, Arcos S.C., Díez-Rojo M.A., Mansilla J.P., Sanz R., Martínez C., Escuer M., Castresana L., Notario A., Bello A., Arias M. 2008. Potential insect vectors of *Bursaphelenchus* spp. (Nematoda: Parasitaphelenchidae) in Spanish pine forests. In: *Pine wilt disease: a worldwide threat to forest ecosystems*. - Springer, Dordrecht, pp. 221-234.
- Rubin-Aguirre A., C. Saenz-Romero, R. Lindig-Cisneros, A. A. del-Rio-Mora, C. A. Tena-Morelos, R. Campos-Bolaños, E. del-Val. 2015. Bark beetle pests in an altitudinal gradient of a Mexican managed forest. *Forest Ecology and Management* 343 (2015) 73–79.
- Rudinsky LA. 1962. Ecology of Scolytidae. *Annual Review of Entomology* 7: 327-348.

- R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/> (consultado junio de 2022).
- Ruiz-González, Cecilia G., J. Méndez-González, V. H., Cambrón-Sandoval, M. A., García-Aranda, J.C., Montoya-Jiménez y L., Sosa-Díaz. 2018.. DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL Y ESTACIONAL DE *Dendroctonus adjunctus* Blandford y *Dendroctonus brevicomis* Leconte EN COAHUILA, MÉXICO. *Revista fitotecnia mexicana*, 41(4a), 519-526.
- Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México) *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 8: 59-129.
- Sáenz-Romero C., Rehfeldt G.E., Duval P. y Lindig-Cisneros R.A. 2012. *Abies religiosa* habitat prediction in climatic change scenarios and implications for monarch butterfly conservation in Mexico. *Forest Ecology and Management* 275:98-106.
- Saarenmaa H., 1985. Within-tree population dynamics models for integrated management of *Tomicus piniperda* (Coleoptera, Scolytidae). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 128: 1-56.
- Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Wall, D.H., 2000. Biodiversity – global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287, 1770–1774.
- Salinas-Moreno, Y., M. G. Mendoza, M. A. Barrios, R. Cisneros, J. Macías-Samano, y G. Zúñiga. 2005. Areography of the genus *Dendroctonus* (Coleoptera:Curculionidae:Scolytidae) in Mexico. *Journal of biogeography*. 31: 1163-1177.
- Salinas–Moreno Y., Vargas, C. F., Zúñiga, G., Víctor, J., Ager, A. & Hayes, J. L. 2010. Atlas de distribución geográfica de los descortezadores del género *Dendroctonus* (Curculionidae: Scolytinae) en México. (Instituto Politécnico Nacional–Comisión Nacional Forestal, 2010a).
- Sanders J, S. E. 2011. Evaluación de tres compuestos simuladores de alfa pineno y sinérgicos de frontalín para la captura de gorgojos descortezadores de pino y fauna asociada en trampas de embudo múltiple en el municipio de San Fernando, Nueva Segovia. Tesis Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. 48 pp.
- Sangüesa-Barreda, G., Linares, J.C. y Camarero, J.J. 2015. Reduced growth sensitivity to climate in bark-beetle infested Aleppo pines: connecting climatic and biotic drivers of forest dieback. *Forest Ecology and Management*, 357: 126-137.

- Samman, S. y J. Logan. 2000. Assessment and response to bark beetle outbreaks in the Rocky Mountain area. Report to Congress from Forest Health Protection, Washington Office, Forest Service, USDA. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS-GTR-62, 46 pp.
- Sánchez, G. A. y L. López M. 2003. Clasificación y Ordenación de la Vegetación del Norte de la Sierra Nevada, a lo Largo de un Gradiente Altitudinal. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica* 74(1): 47-71.
- Sandoval R., C., A. I. Cognato y C. Abbud R. 2017. Bark and Ambrosia Beetle (Curculionidae: Scolytinae) Diversity Found in Agricultural and Fragmented Forests in Piracicaba-SP, Brazil. *Environmental Entomology*, 46(6), 1254–1263.
- San Martin G. 2022. Recuperado de <https://envirobites.org/2022/06/03/is-the-bark-stronger-than-the-bite-the-use-of-models-to-predict-bark-beetle-induced-tree-mortality>
- Sauvard D., 2004. General Biology of Bark Beetles. 63-88 pp. En: F Lieutier, KR Day, A Battisti, JC Grégoire, HF Evans (Eds.). *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*. Kluwer Academic Publishers, Dordercht The Netherlands. 569 pp.
- Sanchez-Gonzalez. A., L. Lopez-Mata y H. Vibrans. 2006. Composición y patrones de distribución geográfica de la flora del bosque de oyamel del cerro Tláloc, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 79: 67-78.
- SEMARNAT [Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2007. Anuario Estadístico de la Producción Forestal. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F.
- Seybold, S. J., Huber, D. P. W., Lee, J. C., Graves, A. D. y Bohlmann, J. 2006. Pine monoterpenes and pine bark beetles a marriage of convenience for defense and chemical communication *Phytochemistiy Reviews*, 5 143-178
- Sittichaya, W., S. Permkam, and A. I. Cognato. 2012. Species composition and flight pattern of Xyleborini ambrosia beetles (Col.: Curculionidae: Scolytinae) from agricultural areas in southern Thailand. *Environ. Entomol.* 41: 776–784.
- Sobel, L., Lucky, A. y Hulcr, J. 2015. An ambrosia beetle *Xyleborus affinis* Eichhoff, 1868 (Insecta: Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Entomology and Nematology*, 627: 1-4.
- Soares G., R., O. Peres F., A. Dorval, M. Dias de Souza, D. Arcanjo do Nascimento. 2020.

Use of ethanol in the collector recipiente of ethanolic traps as attractive bait for Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) in eucalyptus stands in region of Cerrado. IDESIA (Chile) Volumen 38, N° 1

- Soto-Correa, J. C., I. Avilés-Carrillo, D. Girón-Gutiérrez y V. H., Cambrón-Sandoval. 2018. Abundancia altitudinal de *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae) en relación a variables climáticas en Hidalgo, México. *Revista de Biología Tropical*, 67(3), 370–379.
- Soto-Correa, J. C., D. Girón-Gutiérrez y V. H., Cambrión-Sandoval. 2020. Coloración y abundancia de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins, 1905 en cuatro regiones de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(59), 163–184.
- Schaffers, A.P.; Raemakers, I.P.; Sýkora, K.V.; Braak, C.J.F. 2008. Arthropod assemblages are best predicted by plant species composition. *Ecology*, 89(3):782-794. <https://doi.org/10.1890/07-0361.1>.
- Schiebe, C., Blaz̄enec, M., Jakuš, R., Unelius, C.R., Schlyter, F., 2011. Semiochemical diversity diverts bark beetle attacks from Norway spruce edges. *J. Appl. Entomol.* 135, 726–737.
- Schwalter, T.D., 2012. Ecology and management of bark beetles (Coleoptera: curculionidae: Scolytinae) in southern pine forests. *J. Integr. Pest Manage.* 3 (2), 1–7.
- Schoeller, E.N; J. D. Allison. 2013. Flight phenologies of the Southeaster Ips species (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) and some associated coleoptera in Central and Southern Louisiana. *Environmental Entomology* 42(6):1226-1239.
- Solano Apuntes, E. H., Belezaca Pinargote, C. E., López Tobar, R. M., y Montiel Plaza, J. S. 2019. Diversidad de escolítidos en plantaciones de *Tectona grandis* L. f. (teca) en la provincia del Guayas, Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 11(5), 507-512
- Stadelmann, G., H., Bugmann y A., Wermelinger. 2013. A predictive framework to assess spatio-temporal variability of infestations by the European spruce bark beetle. *Ecography*, 36: 1208-1217.
- southern pine beetle (Dendroctonus frontalis)*. (2013, enero 3). Invasive.org. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=2108042>
- Stokland, J.N., J. Siitonen and J. Bengt G. 2015. Biodiversity in dead wood. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp. 25-57.
- Smith L.R. 2001. *Ecología*. Madrid, Pearson Educación, 62 – 64.
- Tamura K., G. Stecher, and S. Kumar. 2021. MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 11. *Molecular Biology and Evolution* 38:3022-3027.

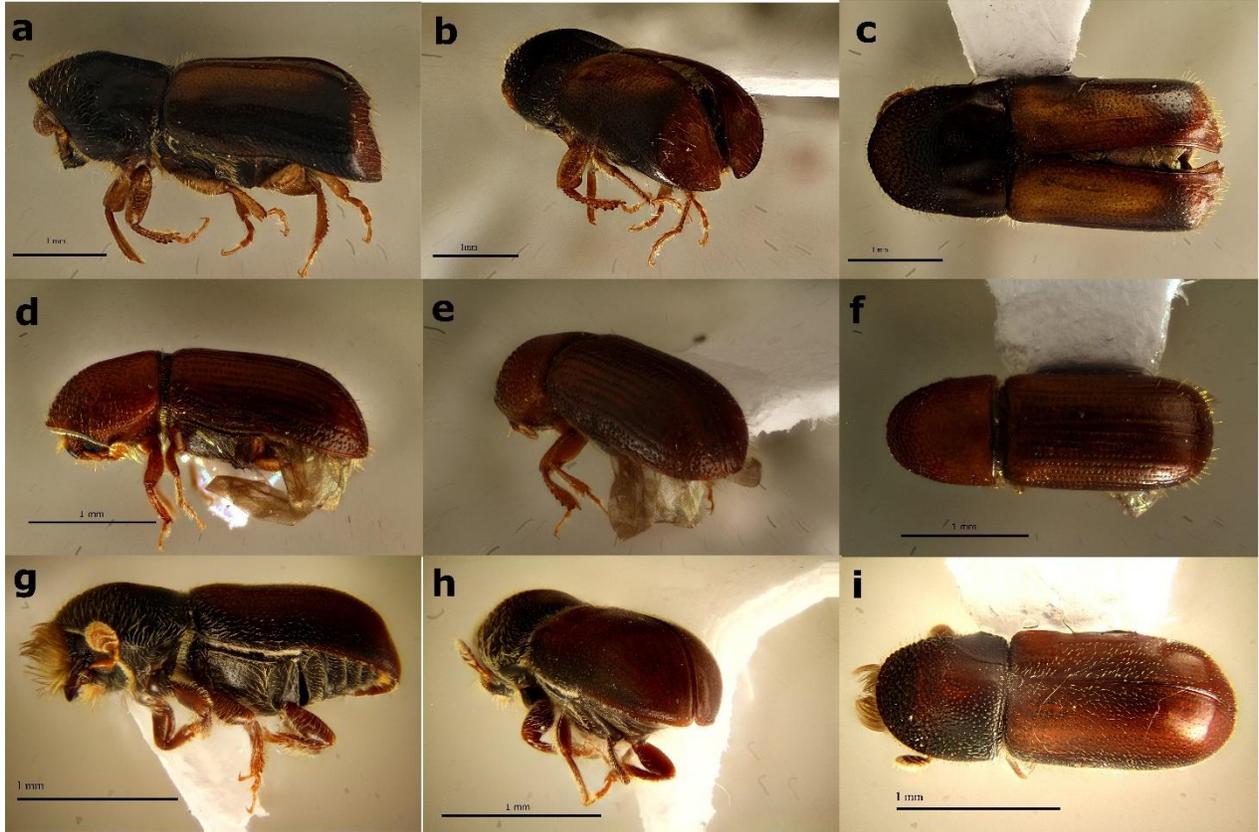
- Tarno H., Y. Setiawan, R. A., Alvin P., A. Nardo, F. G., Tsamarah, J. Asri y J. Wang. 2022. Effect of Pine Forest Management on the Diversity of Ambrosia Beetles (Curculionidae: Platypodinae and Scolytinae) in East Java, Indonesia. *a. Diversity* 2022, 14, 484. <https://doi.org/10.3390/d14060484>.
- Tews, J., U. Brose, V. Grimm, K. Tielbörger, M. C. Wichmann, M. Schwager, and F. Jeltsch. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity diversity: The importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* 31: 79–92.
- Torres B., V. 2010. Estructura filogeográfica e historia demográfica de *Dendroctonus rhizophagus* Tomas y Bright (Curculionidae: Scolytinae) reveladas con datos mitocondriales y microsatélites. Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias Químico-biológicas. México, D.F. 78 pp.
- Touyilia, S., Garrido, J., Bejaoui, M., Boumaiza, M., 2011. Altitudinal distribution of aquatic beetles (Coleoptera) in northern Tunisia: relationship between species richness and altitude. *Coleopt. Bull.* 65, 53–62.
- Thompson, R. T. 1992. Observations on the morphology and classification of weevils (Coleoptera, Curculionoidea) with a key to major groups, *Journal of Natural History*, 26:4, 835-891, DOI: 10.1080/00222939200770511
- Thom, D., Seidl, R., 2015. Natural disturbance impacts on ecosystem services and biodiversity in temperate and boreal forests. *Biol. Rev.*
- Tykowski, P., 2006. Beetles associated with scolytids (Coleoptera, Scolytidae) and the elevational gradient: Diversity and dynamics of the community in the Tatra National Park, Poland. *Forest. Ecol. Manag.* 225, 146–159.
- Vega, F.E. y Hofstetter, R.W. (2015) *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. Academic Press, London, 620 pp.
- Vega R., D. 2017. Diversidad de Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) de dos comunidades áridas de Baja California Sur. Requisitos para obtener el grado de Maestro en Ciencias. 120 pp.
- Vega-Badillo V, Zaragoza-Caballero S, Moreno C, Trejo I. 2018. Distribución vertical de Coleoptera (Insecta) en un bosque tropical subcaducifolio en Jalisco, México. *Rev. Mex. Biodiv.* 89(3):836-846. doi: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2215>
- Víctor, J., y G. Zúñiga. 2016. Phylogeny of *Dendroctonus* bark beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) inferred from morphological and molecular data. *Syst. Entomol.* 41, 162–177.

- Villareal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236.
- Waring, K.M., Reboletti, D.M., Mork, L.A., Huang, C.-H., Hofstetter, R.W., Garcia, A.M., Fulé, P.Z., Davis, T.S., 2009. Modeling the impacts of two bark beetle species under a warming climate in the southwestern USA: ecological and economic consequences. *Environ. Manage.* 44 (4), 824–835.
- Wood, S. L. 1963. A revision of bark beetle genus *Dendroctonus*. Erichson (Coleoptera: Scolytidae). *The Great Basin Naturalist*. 23: 1-117.
- Wood, S.L. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. *Great Basin Naturalist Memoirs*, (6): 33-44.
- Wood, S. L. 1982. The Bark and Ambrosia Beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a Taxonomic Monograph. *Great Basin Naturalist Memoirs*, 6. Ed. Board. Provo, UT, USA. 1359 p.
- Wood, S.L. 1986. A reclassification of the genera of Scolytidae (Coleoptera). *Great Basin Naturalist Memoirs* (10). Provo, Utah: Brigham Young University.
- Wood, S.L. y D. E., Bright. 1987. A catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), part 1: bibliography. *Great Basin Nat. Mem.* 11: 1833.
- Wood S. L., G. C. Stevens y H. J. Lezama. 1992. Los Scolytidae (Coleoptera) de Costa Rica: Clave de la subfamilia Scolytinae, Tribu Corthylini. *Rev. Biol. Trop.*, 40(3): 247-286.
- Wood, S.L. y D. E., Bright. 1992. A catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), Part 2. Taxonomic Index (Volumes A, B). *Great Basin Nat. Mem.* 13: 11553.
- Wood, S. L. 2007. Bark and Ambrosia Beetles of South America (Coleoptera: Scolytidae). Monte L. Bean Science Museum, Provo, UT. 900 pp.
- Yanxue Yu, Zhihao Chi, Junhua Zhang, Peishan Sun, Cong Wang, y Xubin Pan. 2019. "Assessing the invasive risk of bark beetles (Curculionidae: Scolytinae and Platypodinae)," *Annals of the Entomological Society of America* 112(5), 451-457. <https://doi.org/10.1093/aesa/saz030>.
- Zambrano Barcos, C. L. 2016. Diversidad de insectos Scolytinae del bosque protector Pedro Franco Dávila del recinto Jauneche, cantón Palenque, año 2015 (Master's thesis, Quevedo: UTEQ).

Zeppenfeld, T., Svoboda, M., DeRose, R.J., Heurich, M., Müller, J., Čížková, P., Starý, M., Bače, R., Donato, D.C., Bugmann, H., 2015. Response of mountain *Picea abies* forests to stand-replacing bark beetle outbreaks: neighbourhood effects lead to self-replacement. *J. Appl. Ecol.* 52 (5), 1402–1411.

ANEXOS

Anexo 1



Anexo 1. *G. gemellus*, a) lateral, b) declive c) dorsal; *P. hirtellus*, d) lateral, e) declive f) dorsal; *P. Comosus*, g) lateral, h) declive i) dorsal

Anexo 2



Anexo 2. *H. longipennis*, a) lateral, b) declive c) dorsal; *M. nitidula*, d) lateral, e) declive f) dorsal; *P. pruni*, g) lateral, h) declive i) dorsal, *M. tuberculatum*, j) lateral, k) declive l) dorsal, *M. quercicolens*, m) lateral, n) declive o) dorsal