



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN BOSQUES NATURALES DEL EJIDO ESTACIÓN OTINAPA Y SAN CARLOS, DURANGO

RAÚL MARRUFO MADRID

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

MAESTRO 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) EN BOSQUES NATURALES DEL EJIDO ESTACIÓN OTINAPA Y SAN CARLOS, DURANGO**, realizada por el estudiante: **RAÚL MARRUFO MADRID**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO (A)



DRA. OBDULIA LOURDES SEGURA LEÓN

ASESOR



DR. ARMANDO EQUIHUA MARTÍNEZ

ASESOR (A)



DRA. EDITH GUADALUPE ESTRADA VENEGAS

Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, abril de 2023

DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN BOSQUES NATURALES DEL EJIDO ESTACIÓN OTINAPA Y SAN CARLOS, DURANGO

Raúl Marrufo Madrid, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2023

RESUMEN

Los escarabajos de la subfamilia Scolytinae, comprende especies consideradas de importancia económica y ecológica. En el estado de Durango la zona serrana se destaca por ser una de las regiones de mayor importancia en el sector forestal en la entidad. Por ello, el objetivo de la presente investigación fue estudiar la diversidad y riqueza de escolitinos a diferente gradiente altitudinal y composición vegetal, así como de conocer la diversidad genética de *Ips lecontei* la cual en los últimos años paso de ser una plaga secundaria a ser una plaga primaria. En el primer caso se registró el número especies e individuos de diciembre del 2019 a noviembre del 2020, se colocaron trampas con etanol en tres sitios (10 por sitio), con diferencias altitudinales de +-100m en el Ejido Estación Otinapa y San Carlos, Durango. Se recolectaron 138 individuos de 22 especies de 12 géneros. Se presentan 9 nuevos registros para el estado; además se encontró un espécimen del género *Tricolus* probablemente sea una nueva especie. La mayor riqueza la presento los géneros: *Monarthrum*, *Pseudopityophthorus*, *Monarthrum*, *Corthylus*, *Gnathotrichus* y *Pityophthorus*. Los índices diversidad señalan que el sitio uno es el más diverso con los valores de (H' : 2.437, D_{MG} : 3.507), así como el de mayor abundancia con un valor de (J' 0.8791) y el sitio1-sitio3 presentan el mayor valor de similitud (I_j : 0.909). Por otro lado, se identificó la diversidad genética de *Ips lecontei* se obtuvo del gen COI el cual se amplificó con dos regiones, una utilizada para la taxonomía de Scolytinae y la otra la región de código de barras. En la primera se confirmó la especie a través de alineamiento pareado con dos secuencias depositadas en el banco de genes y con la reconstrucción de la filogenia, que agrupa a todos los individuos de la especie en un grupo, con esta región también se realizó el análisis de diversidad genética, que señala polimorfismo dentro de la población de *I. lecontei*. Por otra parte, la región de código de barras es un nuevo registro para la base de datos genómicos, que apoyara a la taxonomía moderna, se discute la importancia del uso de marcadores universales y su relación con las nuevas tecnologías en la taxonomía y rápida identificación de especies.

Palabras clave: escolitinos, cambio climático, bosques de coníferas, monitoreo, polimorfismo.

DIVERSITY OF SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) IN NATURAL FORESTS OF EJIDO ESTACION OTINAPA AND SAN CARLOS, DURANGO

Raúl Marrufo Madrid, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2023

ABSTRACT

The beetles of the Scolytinae subfamily comprise species considered to be of economic and ecological importance. In the state of Durango, the mountain area stands out for being one of the most important regions in the forestry sector in the entity. For this reason, the objective of this research was to study the diversity and richness of scolytines at different altitudinal gradients and plant composition, as well as to know the genetic diversity of *Ips lecontei*, which in recent years has gone from being a secondary pest to being a primary pest. In the first case, the number of species and individuals originated from December 2019 to November 2020, ethanol traps were placed in three sites (10 per site), with altitudinal differences of $\pm 100\text{m}$ in the Ejido Estación Otinapa and San Carlos, Durango. 138 individuals of 22 species of 12 genera were collected. 9 new registrations for the state are presented; In addition, a specimen of the genus *Tricolus* was found, probably a new species. The greatest wealth is presented by the genera: *Monarthrum*, *Pseudopityophthorus*, *Monarthrum*, *Corthylus*, *Gnathotrichus* and *Pityophthorus*. The diversity indices indicate that site one is the most diverse with the values of (H' : 2.437, D_{MG} : 3.507), as well as the one with the highest abundance with a value of (J' : 0.8791) and site1-site3 present the highest similarity value (I_j : 0.909). On the other hand, the genetic diversity of *Ips lecontei* was obtained from the COI gene, which was amplified with two regions, one used for the Scolytinae taxonomy and the other the barcode region. In the first, the species was based on of paired alignment with two sequences deposited in the gene bank and with the reconstruction of the phylogeny, which groups all the individuals of the species in a group, with this region the analysis of genetic diversity was also carried out, which indicates polymorphism within the population of *I. lecontei*. On the other hand, the barcode region is a new record for the genomic database, which supports modern taxonomy, the importance of the use of universal markers and their relationship with new technologies in taxonomy and rapid identification are discussed of species.

Key words: scolytins, climate change, coniferous forests, monitoring, polymorphism.

DEDICATORIA

A mis padres:

Raúl Marrufo Ortiz y Lucina Madrid Rivera por su apoyo incondicional para cada día ser mejor persona y poder salir adelante siendo mis pilares, forjándome como una persona de bien. Por ello quiero dedicarles este trabajo y vean a donde he llegado. ¡Hasta el día de hoy! ¡Los amo demasiado con todo mi ser!

A mis abuelos:

Raúl Marrufo López † y Socorro Ortiz Domínguez †, por ser lo más bonito que me ha pasado en la vida; que, aunque no están conmigo, los llevo en el corazón y donde quiera que voy; por ello les dedicó este logro y todo lo que soy. ¡Los amo mucho!

A mis hermanos:

Christhian Alán Marrufo Madrid y Evelyn Marrufo Madrid, por ser una fuente de inspiración, a pesar de ser menores veo muchas cosas en ellos; son mi ejemplo a ser alguien mejor; y vean que también ellos pueden ser mejores en eso y más. Quiero ser su mayor ejemplo a seguir. ¡Los amo mucho y los aprecio!

A mi tío:

José Marrufo Ortiz, por siempre estar para mí como un padre, siempre dándome consejos y apoyándome en todo lo que hago. Con respeto y admiración.

A mi tía:

Socorro Marrufo Ortiz, por siempre apoyarme, escucharme y está en cualquier momento para un consejo. A mis primos *Luis Edgardo Treviño Marrufo y Natalia Treviño Marrufo* por el cariño y aprecio que les tengo. ¡Los quiero!

A toda mi familia:

Por qué siempre han estado conmigo y yo para ellos, siempre siendo una parte importante en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a dios por permitirme terminar esta etapa de mi vida, para así finalizar esta tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada para la realización de los estudios de posgrado.

Asimismo, agradezco al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, en particular al Posgrado de Fitosanidad-Entomología y Acarología, por el tiempo trascurrido, así como maestros y personal que estuvieron a lo largo de mi instancia; por la dedicación y compromiso en el transcurso de mis estudios profesionales e investigaciones.

A mi consejera la Dra. Obdulia Lourdes Segura León, por la disposición, conocimientos, motivación y la paciencia que tuvo conmigo. Además, por su apoyo a lo largo del término de mis estudios y por ser una gran persona.

A mi asesor el Dr. Armando Equihua Martínez, por sus consejos, disposición, experiencia transmitida, así como el apoyo y paciencia en esta etapa de formación. Lo estimo por ser una persona de admiración y respeto.

A mi asesora la Dra. Edith Estrada Venegas, por su apoyo, enseñanzas y asesorías en la realización de esta investigación.

Al Ing. José Luis Aguilar Vitela, por sus asesorías, del mismo modo por la experiencia transmitida y en la logística. Al Ing. Oswaldo Fernández y al Ing. Roberto Montelongo de la Unión de Ejidos y Comunidades Silvícolas de Durango (UNECOSID) por la logística.

Al M.C. Jorge Fernández García, por su apoyo, asesorías y por su amistad en el transcurso de mis estudios.

A mis compañeros, amigos y todas las personas que conocí en el colegio y me acompañaron a lo largo del término de mis estudios, por ser parte de mi vida.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
LISTA DE FIGURAS	x
LISTAS DE CUADROS	xiv
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Caracterización de la zona de estudio	3
Clima	3
Tipo de vegetación.....	3
Generalidades de la subfamilia Scolytinae.....	5
Subfamilia Scolytinae	5
Características morfológicas	5
Hábitos alimenticios de escolitinos	6
Importancia de los escolitinos.....	7
Daños de escolitinos	8
Insectos descortezadores de coníferas	9
Caracteres de diagnóstico de <i>Ips lecontei</i>	10
Distribución de <i>Ips lecontei</i>	10
Hospederos de <i>Ips lecontei</i>	11
Importancia económica de <i>Ips lecontei</i>	11
Ciclo biológico del descortezador de cinco espinas	12
Taxonomía molecular	12
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	14
Objetivo general	14
Objetivos específicos	14
Hipótesis	14

CAPÍTULO I. DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN BOSQUES NATURALES DEL EJIDO ESTACIÓN OTINAPA Y SAN CARLOS, DURANGO.....	15
1.1 RESUMEN	15
1.2 ABSTRACT	16
1.3 INTRODUCCIÓN	17
1.4 MATERIALES Y MÉTODOS	19
1.4.1. Ubicación de área de estudio	19
1.4.2. Establecimiento de sitios de muestreo y colocación de trampas	20
1.4.3. Captura, recolectas y procesamiento de insectos.....	22
1.4.4. Bases de datos.....	22
1.4.5. Identificación taxonómica de material biológico	22
1.4.6. Evaluación de la diversidad.....	23
1.4.7. Toma de fotografías.....	24
1.5 RESULTADOS	26
1.5.1 Escolitinos encontrados en el área de estudio	26
1.5.2. Lista de especies de Scolytinae recolectadas en la zona de estudio	28
1.5.3. Riqueza y abundancia escolitinos.....	53
1.5.4. Hábitos alimenticios	54
1.5.5. Fluctuación poblacional de escolitinos	57
1.5.6. Curvas de acumulación.....	62
1.5.7. Análisis de índices de diversidad.....	65
1.6 DISCUSIÓN	67
1.6.1. Identificación taxonómica de especies de escolitinos.....	67
1.6.2. Diversidad y riqueza de especies de escolitinos en bosque de coníferas en tres gradientes altitudinales	67
1.7 CONCLUSIONES	70
CAPÍTULO II. DIVERSIDAD GENÉTICA DE <i>IPS LECONTEI</i> (CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) EN EL ESTADO DE DURANGO, MÉXICO	71
2.1 RESUMEN	71

2.2 ABSTRACT	72
2.3 INTRODUCCIÓN	73
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS	75
2.4.1. Ubicación de área de estudio	75
2.4.2. Colectas de muestras de insectos	76
2.4.3. Identificación taxonómica de material biológico	78
2.4.4. Selección de información de GenBank.....	78
2.4.5. Estudio molecular amplificación de la región Citocromo Oxidasa I (COI).....	78
2.4.6. Diversidad Genética de <i>Ips lecontei</i> de Gen COImt.....	80
2.4.7. Filogenia	80
2.4.8. Análisis de homología de las diferentes regiones.....	81
2.5 RESULTADOS	82
2.5.1. Identificación taxonómica de <i>Ips lecontei</i> (Swaine, 1924) (Fig. 2.3 A, B, C).....	82
2.5.2. Resultados de la amplificación de la región del Citocromo Oxidasa I.....	83
2.5.3. Resultados de análisis de diversidad genética de <i>Ips lecontei</i> en Durango.....	84
2.5.4. Polimorfismo de <i>Ips lecontei</i> de la región COI-taxonomía.....	86
2.5.5. Diversidad genética de <i>Ips lecontei</i>.....	86
2.5.6. Filogenia de <i>Ips lecontei</i>.....	87
2.5.7. Análisis de homología de las diferentes regiones amplificadas y ensambladas	88
2.6 DISCUSIÓN	90
2.7 CONCLUSIONES	92
CONCLUSIONES GENERALES	93
LITERATURA CITADA.....	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de distribución de <i>Ips lecontei</i> en el continente americano. Tomado de EPPO https://gd.eppo.int	11
Figura 1.1. Ubicación geográfica del muestreo del ejido Estación Otinapa y San Carlos, Municipio de Durango, México.....	20
Figura 1.2. A) Sitio 1) a 2655 msnm; B) Sitio 2) a 2540 msnm; C) Sitio 3) a 2410 msnm; en vegetación de bosque de pino-encino.	21
Figura 1.3. A) Instalación de trampa tipo Ecoiapar en el ciclo de diciembre 2019 a noviembre del 2020 en el municipio de Durango; B) Revisión de trampa y recolección de material biológico; (C) Reposición de líquido conservador y atrayente (cebado) de la trampa.	21
Figura 1.4. A) Trabajo de laboratorio. B) Identificación taxonómica de organismos escolitinos.....	23
Figura 1.5. <i>Amphicranus rameus</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral. La barra corresponde a 1 mm.....	29
Figura 1.6. <i>Conophthorus ponderosae</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.	30
Figura 1.7. <i>Corthylus burgosi</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.....	31
Figura 1.8. <i>Corthylus detrimmentosus</i> en: (A) vista lateral, (B) vista dorsal y (C) vista declive elitral.....	32
Figura 1.9. <i>Corthylus nudus</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.....	33
Figura 1.10. <i>Gnathotrichus dentatus</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.....	34
Figura 1.11. <i>Gnathotrichus nimifrons</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.....	35
Figura 1.12. <i>Hylocurus femineus</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.....	37
Figura 1.13. <i>Ips bonansea</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.....	38

Figura 1.14. <i>Monarthrum dentigerum</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral (C).....	39
Figura 1.15. <i>Monarthrum huachucae</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.....	40
Figura 1.16. Fluctuación poblacional de <i>Monarthrum huachucae</i>	41
Figura 1.17. <i>Monarthrum tuberculatum</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.	42
Figura 1.18. Fluctuación poblacional de <i>Monarthrum tuberculatum</i>	43
Figura 1.19. <i>Monarthrum xalapensis</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.....	44
Figura 1.20. <i>Pityophthorus confusus</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.....	45
Figura 1.21. <i>Pityophthorus delicatus</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.....	46
Figura 1.22. <i>Pityophthorus schwarzi</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.....	47
Figura 1.23. <i>Pityophthorus spadix</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.....	48
Figura 1.24. <i>Pseudopityophthorus granulatus</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.	49
Figura 1.25. Fluctuación poblacional de <i>Pseudopityophthorus granulatus</i>	49
Figura 1.26. <i>Pseudothysanoes quercicolens</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.	50
Figura 1.27. <i>Thysanoes fimbricornis</i> en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.....	51
Figura 1.28. <i>Triculus</i> sp. en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.....	52
Figura 1.29. Riqueza y abundancia total de escolitinos colectados en trampas artesanales tipo Ecoiapar con etanol en el Sitio 1) a 2655 msnm, sitio 2) a 2540 msnm y sitio 3) 2410 msnm, en la localidad del ejido Estación Otinapa y San Carlos, Durango, México.	53

Figura 1.30. Especies de escolitinos más abundantes: A) sitio 1), B) sitio 2), C) sitio 3) y D) total de sitios, con respecto al total de individuos capturados en el muestreo.....	55
Figura 1.31. Porcentaje por hábitos alimenticios de escolitinos: A) sitio 1), B) sitio 2), C) sitio 3) y D) total de sitios, en la localidad de Otinapa y San Carlos, Durango.....	56
Figura 1.32. Fluctuación poblacional de escolitinos capturados con trampas con etanol en los tres sitios del ejido Estación Otinapa y San Carlos, Durango.	58
Figura 1.33. Fluctuación poblacional de especies más abundantes durante un año de los tres sitios de estudio del ejido Estación Otinapa y San Carlos, Durango.....	59
Figura 1.34. Fluctuación poblacional de las especies más abundantes sitio 1 del ejido Estación Otinapa y San Carlo, Durango.	60
Figura 1.35. Fluctuación poblacional de las especies más abundantes sitio 2 del ejido Estación Otinapa y San Carlo, Durango.	61
Figura 1.36. Fluctuación poblacional de las especies más abundantes sitio 3 del ejido Estación Otinapa y San Carlo, Durango.	62
Figura 1.37. Curvas de acumulación de diversidad de especies de la muestra total: A) sitio 1), B) sitio 2) y C) sitio 3), en el ejido Otinapa y San Carlos, Durango.....	64
Figura 1.38. Dendograma de similitud de Jaccard en bosque templado en el sitio (S1), sitio (S2) y sitio (S3) de la localidad de Otinapa y San Carlos, Durango.....	66
Figura 2.1. Mapa de ubicación de sitios con presencia de <i>Ips lecontei</i> en el estado de Durango.....	75
Figura 2.2. A) Árboles derribados por aprovechamiento; B) Árbol derribado por factores abióticos; C) Árboles en pie muertos por afectación y D) Área de saneamiento forestal y E) Cámaras de emergencias en el laboratorio a partir de trozas de brotes activos.	77
Figura 2.3. <i>I. lecontei</i> en vista dorsal (A), vista lateral (B) y vista declive elitral (C).	83

- Figura 2.4. Red de haplotipos generada a partir del gen COI-taxonomía, con el algoritmo de TSC máxima parsimonia de *Ips lecontei*. *AGM1*: Agustín Melgar; *CEN3*: Centenario; *CLP4*: Comunidad Lobos y Pescadores; *FLR5*: La Flor; *NAV6*: Navajas; *NPA7*: Nueva Patria; *TEC8*: Parque Ecológico El Tecuán y *ARIZ**: Arizona (*Ips lecontei* (H1 y H2))..... 87
- Figura 2.5. Reconstrucción de la filogenia de genero *Ips*, con base en el análisis evolutivo Bayesiano del gen COI-taxonomía. Los círculos representan el soporte de ramas mayor al 80% de probabilidad. 88

LISTAS DE CUADROS

Cuadro 1.1. Diversidad de la riqueza y abundancia de especies colectadas con trampas con etanol en bosque templado en tres zonas: Sitio 1 (S1), Sitio 2 (S2) y Sitio 3 (S3) del ejido Estación Otinapa y San Carlos, Durango, México.	27
Cuadro 1.2. Hábitos alimenticios de especies de Scolytinae de tres sitios del Ejido Estación Otinapa y San Carlos Durango, México.....	54
Cuadro 1.3. Hábitos alimenticios de los géneros representados en los tres sitios de muestreo con porcentajes del ejido Estación Otinapa y San Carlos, Durango.....	57
Cuadro 1.4. Índices de diversidad de Scolytinae en tres lugares sitio 1 (S1), Sitio 2 (S2) y sitio 3 (S2), ejido Estación Otinapa y San Carlos Durango, México.	65
Cuadro 2.1. Especímenes empleados para la identificación molecular de <i>Ips lecontei</i> , presentes para el estado de Durango.	76
Cuadro 2.2. Cebadores de PCR utilizados para amplificar el gen COI del ADN.....	79
Cuadro 2.3. Resultado de BLAST-NCBI de la región del código de barras del COI mt de <i>Ips lecontei</i> en el estado de Durango.	84
Cuadro 2.4. Resultado de BLAST en NCBI, base de datos de referencia del GenBank de las especies del género <i>Ips</i>	85
Cuadro 2.5. Polimorfismo de <i>Ips lecontei</i> en la región del gen COI mt-taxonómia, de siete sitios de Durango y uno de Arizona.	85
Cuadro 2.6. Diversidad genética de la región del COI-taxonómia en <i>Ips lecontei</i> del estado de Durango.	86
Cuadro 2.7. Mejores alineamientos de las regiones amplificadas del gen COI mt, de <i>Ips lecontei</i> del estado de Durango.	89

INTRODUCCIÓN GENERAL

La Subfamilia Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) comprende especies de insectos consideradas plagas de importancia económica y ecológica en México; debido al impacto potencial que pueden llegar a tener algunas de las especies sobre áreas forestales y agrícolas (Burgos y Equihua, 2007; Krokene *et al.*, 2015). Los Scolytinae incluye dos grupos importantes por sus hábitos alimenticios; son los escarabajos descortezadores, que se alimentan en el interior de la corteza en el floema (fleófagos) y los escarabajos ambrosiales que cultivan y se alimentan de hongos ectosimbióticos que crecen sobre todo en el xilema (xilomicetófagos) (Kirkendall *et al.*, 2015; Atkinson, 2017). Además, hay varias especies que mantienen su alimentación a través de semillas y conos (espermatófagos), plantas herbáceas (herbívoros), raíces leñosas o tallos (xilófagos) y de la medula pequeños tallos (mielófagos) (Wood, 1982; Burgos y Equihua, 2007). Además, juegan un papel fundamental en la estabilidad de las comunidades vegetales en los ecosistemas de bosques de coníferas (Wood, 1982).

En el mundo se han registrado más de 6,000 especies Scolytinae (escolitinos), en México se tienen registradas 1,053 especies de escolitinos agrupadas en 91 géneros y 26 subtribus (Kirkendall *et al.*, 2015; Atkinson 2023). En el estado de Durango se han registrado un total de 110 especies; lo que corresponde al 10.4 % a nivel nacional (Wood, 1982; Burgo y Equihua, 2007; Atkinson, 2023). Sin embargo, las especies que ocasionan mayor daño son pertenecientes a los géneros *Dendroctonus*, *Ips*, *Scolytus* y *Pityophthorus*; mientras que otros géneros como *Xyleborus*, *Gnathotrichus* y *Corthylus* dañan la madera (Cibrían *et al.*, 1995; Krokene, 2015).

En años recientes se han observado cambios en la agresividad y adaptaciones a gradientes altitudinales de muchos insectos. Es importante la toma correcta de decisiones en el combate de especies, que puedan estar presentes y ocasionar daños en el Sector Forestal. En años anteriores se reportó afectaciones en los bosques templados de Durango, presentando afectaciones de hasta un 25% en ecosistemas forestales en el estado (Del-Val y Sáenz, 2017). Las especies que se ha reportado que provocan mayores daños son principalmente los géneros *Dendroctonus* e *Ips*; durante el periodo que correspondió de 2011 a 2013 provocaron afectaciones de aproximadamente

60 mil ha. de vegetación arbórea en bosques de coníferas en el estado (SEMARNAT, 2017).

Dentro de las metodologías que se utilizan para el monitoreo de escolitinos está el uso de trampas cebadas con etanol en diferentes concentraciones siendo eficaz e importante en el muestreo en ambientes nativos (Bastos *et al.*, 2018). Sobre todo, porque las trampas cebadas con etanol tienen la capacidad de capturar muchas especies, lo cual permite la captura de una mayor diversidad; algunas se han probado en vegetación de bosque mixto de pino-encino (Reding *et al.*, 2011; Castorena *et al.*, 2020).

Sin embargo, a pesar que Durango es uno de los estados donde se conoce una diversidad media respecto al grupo de escolitinos (Atkinson, 2013). La mayoría de los estudios de escolitinos se han enfocado en determinar la dinámica poblacional de unos cuantos géneros en los bosques templados y se tiene poco conocimiento sobre su biología y ecología; por ello es importante conocer la diversidad de especies de la región. Por lo que, el objetivo del estudio fue conocer la diversidad de especies de la Subfamilia Scolytinae en el ejido Estación Otinapa y San Carlos, municipio de Durango, Dgo, México.

REVISIÓN DE LITERATURA

Caracterización de la zona de estudio

En el estado de Durango tiene una extensión territorial de 123,451.29 km², equivalentes al 6.3% de la superficie del territorio nacional. Sus rangos altitudinales varían de entre los 150 a 3440 msnm (CONABIO, 2021). El área de estudio se localiza al sur de la ciudad de Durango en el Municipio de Durango, a una distancia de 70 Km., por carretera federal Durango-Mazatlán en el 50 Km a la altura del soldado, se desvía por un camino que va hacia al poblado de Otinapa se recorren 20 km al poblado. Los sitios de muestreo se encuentran al oeste en el P.P. Mesa del Oso del Ejido Estación Otinapa y San Carlos, Dgo. Se encuentra en las coordenadas geográficas punto 1, 23°59'46" N y 104°57'26" O; punto 2, 24°06'46" N y 105°04'59" O (INEGI, 2021).

Clima

El clima de Durango, corresponde a clima templado húmedo, semiseco templado, muy seco semicálido, semifrío subhúmedo; temporada de lluvias en verano con precipitación pluvial invernal. Temperatura media anual es de 11.5°C con una máxima promedio de 33°C en el mes de junio y una mínima promedio de -8°C en diciembre. Los días más fríos se presentan en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero. La precipitación va de los 500mm a los 1500mm anuales (INEGI, 2021).

Tipo de vegetación

Presenta una vegetación bosques de coníferas y arboles latifoliados en asociaciones, con encinos en la zona serrana. Los individuos arbóreos más comunes son pinos, encinos, y en menor abundancia cedros, madroños y pastizales. Los bosques son un fundamento para el incremento de servicios ecosistémicos. En Durango la Sierra Madre Occidental (SMO) representa complejo montañoso. Es una zona donde confluye la región Madrense, en el macizo de la sierra, incluye bosque de pino, bosque mixto de coníferas, bosque de pino-encino, bosque de encino y manchones de bosque mesófilo de montaña, además de comunidades como chaparral (primario y secundario) y vegetación de claros de bosque. La vegetación predominante que presenta está

constituida por: 24 especies de *Pinus* (46%), 54 especies de *Quercus* (34%) y 7 especies de *Arbutus* (100%) (González *et al.*, 2012).

Bosque de pino: presentan una amplia dominancia (80%). Están entre los 1000 a 3320 msnm. presentan diferentes condiciones ambientales, como el clima templado, semifríos, semisecos y húmedos. Se presentan asociaciones de *P. arizonica*, *P. engelmanni* y *P. strobiformis*, en sitios de mayor humedad. Al Sur de Durango *P. arizonica* se asocia a *P. teocote* y *Arbutus* spp entre 2200 y 2300 msnm. *P. cooperi* se encuentra abundante y es endémica de la SMO entre los 2400 y 2750 msnm; además se acompaña de *P. leiophylla* siendo dominante en ocasiones hacia las laderas, se combina también con *Q. sideroxylla*. En cuanto al estrato arbustivo se presentan *Juniperus deppeana*, *Arctostaphylos pungens* y *Q. striatula* (González *et al.*, 2012).

Bosque de pino- encino: presentan el 30% de la superficie. Se presentan entre los 1250 y 3200 msnm. están asociados en climas semifríos con *P. chihuahuana*, *P. leiophylla*, *P. cooperi*, *P. durangensis*, *P. strobiformis* con *Q. rugosa*, *Q. sideroxylla*, *Q. crassifolia*, *Juniperus deppeana* y *Arbutus* spp., se asocian en laderas entre 2380 y 2900 msnm. En clima templado y frío es común *A. bicolor* y *A. madrensis*; en cuanto a templado húmedo *A. xalapensis*. En las mesas y laderas entre 2500 y 2700 msnm con *P. teocote*, *P. engelmannii*, *P. leiophylla*, *Q. sideroxylla*, *Q. mcvaughii*, *Q. laeta*, así como *A. madrensis*, *A. arizonica* y *A. tessellata* (González *et al.*, 2012).

Bosque de encino: se caracterizan por especies arbóreas del género *Quercus*. En climas fríos se presentan especies como *Q. sideroxylla* y *Q. rugosa*; otra especie como *Q. durifolia* está entre los 1900 a 2600 msnm. además, se conforma por un estrato arbustivo de especies de *Arbutus* y *Arctostaphylos* (madroños y manzanitas) y estrato herbáceo por gramíneas (González *et al.*, 2012).

Chaparral: presenta clima semiseco templado, entre los 1900 y 2500 msnm. son matorrales donde domina la manzanita *Arctostaphylos pungens*, *Q. depressipes*; otros arbustos como *Garrya wrightii*, *Cercocarpus montanus*, *Comarostaphylis polifolia* y *Amelanchier*.

Generalidades de la subfamilia Scolytinae

Subfamilia Scolytinae

La subfamilia Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) se conocen 26 subtribus en el mundo, agrupando aproximadamente 6,000 especies los cuales viven y se reproducen en plantas hospederas (Equihua y Burgos, 2002; Raffa *et al.*, 2015; Kirkendall *et al.*, 2015). En México se conocen 88 géneros de 1053 especies (Morrone, 2014, Atkinson, 2023) Las especies del grupo están asociadas con angiospermas y algunas pocas están relacionadas con gimnospermas sobre todo de las diversas coníferas de las pináceas.

Los descortezadores se alimentan en el interior del árbol en el floema, son atraídos por compuestos generados a partir de la fermentación y muerte de la madera en forma de oleorresinas volátiles, terpenos, hidrocarburos, alcoholes u otros compuestos (Pérez *et al.*, 2009). En su ciclo de vida, las especies emergen de la corteza como adulto en busca de su nuevo hospedero que colonizar; localizado el hospedero barrenan, construyen galerías donde ovipositan sus huevos hasta convertirse en larvas donde provocan el mayor daño por su voraz alimentación (Kirkendall *et al.*, 2015).

Los escarabajos de ambrosia (xilomicetófagos) ocasionan daños en los bosques de coníferas o en la industria de la madera. Algunas especies llevan hongos ectosimbiontes patógenos de alta virulencia; dentro de éstos se encuentra el complejo ambrosial *Xyleborus glabratus* y *Rafaella lauricola* atacando a *Persea borbonia* L. en Norteamérica. Otras especies colonizan hospederos débiles o estresados en ataque masivo, a través de los hongos de la ambrosía invaden el tejido. Además, los daños se pueden dar en la madera cortada por medio de hongos del azulado que la transmiten (Hulcr y Stelinki, 2017). Depende de la densidad de la población de especies y del sistema de retroalimentación puede influir en la dinámica de la población (Weed *et al.*, 2015).

Características morfológicas

Los escolitinos son insectos pertenecientes a la familia Curculionidae del orden Coleoptera son de pequeñas dimensiones que no superan 1 cm. Los estados inmaduros poseen una similaridad en apariencia. Los huevos son pequeños, color blanco aperlado

y de forma ovalada. Las larvas son apodas, con el cuerpo curvado y no esclerotizado. La cabeza hipognata y subcircular. Tórax es igual de ancho que el abdomen. Las pupas son exaratas, de color blanca y al madurar se tornan amarillentas. Los adultos son de cuerpo cilíndrico, robusto, son esclerotizados. Cabeza visible, antenas geniculadas con escapo variable y funículo de uno a siete segmentos. Los élitros poseen un margen basal recto a procurvo presentando un relieve o crenulación; el declive termina con tubérculos o dentículos en algunos géneros (Wood, 2007).

Hábitos alimenticios de escolitinos

Fleofágia (descortezadores). Incluye escolitinos que se alimentan de los tejidos del floema de la corteza principalmente de coníferas; a pesar de ello, menos de la mitad de las especies son fleófagas. En zonas templadas los géneros con este hábito realizan galerías en el interior de la corteza de sus hospederos. Las especies que tienen este hábito corresponden a la tribu Hylesinini y algunas especies Scolytini, Ctenophorini, Dryocoetini e Ipini (Wood, 1982).

Xilomicetofágia (ambrosiales). Son escarabajos conocidos como “ambrosiales”; cultivan y se alimentan de hongos simbiótico. La mitad de todas las especies de escolitinos tropicales comprenden este hábito, (Wood 1982). El daño que produce los escarabajos que cultivan hongos en las galerías de los árboles, impide el paso de nutrientes, hongos asociados a las galerías; los síntomas son visibles como hojas marchitas y aserrín alrededor de las perforaciones que causa el insecto.

Mielofágia (médulas). Tiene su alimentan en la médula de pequeños tallos, siendo este hábito más común en los trópicos de América. Especies de *Pytiophthorus* e *Hypothenemus*. Así como todas las especies de *Cryptocarenum* y *Micracisella*, entre otras especies de *Araptus*, *Chramesus*, *Scolytodes*, *Tricolus*, etc., exhiben este hábito. Además, algunas comportan de manera agresiva y destructiva (Wood, 1982).

Xilofágia (madera). Son escolitinos que se alimentan y del xilema o tejidos de madera. Los escarabajos ambrosia pueden ser parcialmente xilófagos. Las especies que tienen este hábito de xilofagia incluye *Chramesus xylophagus* Wood, dos especies de *Chaetophloeus*, todos *Dendrosinus*, *Hylucurus*, *Micracis* y *Thysanoes*, entre otras

especies aisladas de otros géneros (Wood 1982). Otras especies como *Crioposopus magnificus* que tiene como hospedero ha especies del género *Quercus* sp. y su ciclo puede durar hasta 3 años.

Herbifágia (plantas herbáceas). El hábito es raro en los escolitinos; las especies se alimentan de plantas no leñosas. Especies como *Hylastinus obscurus* se reproduce en las raíces de tréboles y puede convertirse en parásito. *Hypothenemus pubescens* se reproduce en la fructificación de tallos de hierbas. Las especies del *Dendrocranulus* spp. son exclusivas de tallos de cucurbitáceas (Wood, 1982).

Espermatofágia (conos y semillas). El alimento consta de semillas y partes del fruto que los recubre. El hábito es conocido en el género *Conophthorus* que ataca conos de *Pinus* sp., teniendo preferencia por las semillas más grandes. Común en los géneros tropicales, también ataca algunas otras coníferas (Wood, 1982).

Importancia de los escolitinos

La importancia de los escolitinos ocurre de manera natural en los bosques de coníferas, son parte fundamental del ecosistema forestal. Tienen un papel importante en la composición de las comunidades de plantas, del suelo, en los patrones de sucesión y la biodiversidad. Cumplen un papel ecológico en contribuir en la descomposición de madera y simbiosis con microorganismos (Návar, 2015; Raffa *et al.*, 2015).

No obstante, son insectos de importancia ecológica, algunas especies pueden ser de importancia económica en regiones templadas (Beaver *et al.*, 2016). Además, algunas especies de escolitinos se han vuelto invasivos y han causado grandes daños ecológicos y costos económicos convirtiéndose en problemas severos (Lantschner *et al.*, 2020). Los escolitinos incluyen especies consideradas dentro de las plagas más dañinas de los bosques de coníferas en el mundo (Weed *et al.*, 2015; Biedermann *et al.*, 2019).

Los escolitinos tienen generalmente mayor diversidad en la zona tropical comparada con los bosques templados (Pistone *et al.*, 2017). Estos insectos son clave en la dinámica de los bosques de coníferas y mixtos, en zonas templadas y boreales (Procházka *et al.*,

2018). Por ello es importante conocer su diversidad en cada región; además de conocer sus patrones de distribución

Los cambios en el clima, con algunas tendencias silvícolas fomentan el monocultivo extensivo y coetáneo de determinadas especies, pueden potenciar el aumento de plagas de escolitinos, a través de los efectos de sequía y viento, poniendo en riesgo los servicios ecosistémicos de regiones forestales (Hlásny *et al.*, 2019). Además, los escolitinos son insectos los cuales presentan estados larvales y pupas que se desarrollan en el interior de la corteza de los árboles hospederos, representan una de las principales perturbaciones en los ecosistemas forestales; ocasionando efectos ecológicos y económicos importantes (Kirkendall, *et al.*, 2015).

Daños de escolitinos

En México se tiene como antecedentes que en el 2019 las plagas de escarabajos descortezadores afectaron 45,774 hectáreas, (CONAFOR, 2020). La afectación por brotes activos por insectos descortezadores de enero a septiembre de 2016, en Durango (41.8 ha) (CONAFOR, 2016).

Los escarabajos escolitinos afectan arboles muy débiles o incluso muertos. Cuando buscan nuevos hospederos atacan arboles vivos. Algunas especies de escolitinos son muy agresivas, ya que pueden atacar a árboles sanos y están consideradas como una gran amenaza para los bosques de coníferas, debido a las pérdidas económicas que ocasionan (Ayres and Lombardero 2000). En los bosques de México los escarabajos descortezadores colonizan a 25 especies de *Pinus*, como son las especies *P. engelmannii*, *P. durangensis*, *P. leiophylla*, *P. hartwegii* y *P. oocarpa* (Salinas *et al.*, 2010).

Las especies que se comportan como primarias (colonizan y matan a su hospedero) son *Dendroctonus adjunctus*, *D. frontalis*, *D. Mexicanus*, y *D. rhizophagus* (Cibrian *et al.*, 1995). En cuanto a las especies del género *Ips* se comportan como secundarias, colonizan, pero generalmente no matan a su hospedero (Castellanos *et al.*, 2013).

Los escarabajos descortezadores y los escarabajos ambrosiales son dos de los grupos de insectos que dañan más a los bosques de coníferas a nivel mundial. La mayoría de especies dañan arboles muertos; otros géneros atacan y matan arboles vivos *Dendroctonus*, *Ips*, *Scolytus* y *Pityophthorus* (Cibrian *et al.*, 1995). Los géneros *Dendroctonus* e *Ips* son las principales plagas de bosques de coníferas los escarabajos descortezadores construyen galerías en el cambium y la porción interna de la corteza para reproducirse y depositar los huevos; afectando el desarrollo del árbol (Lindgren y Raffa, 2013).

Los escarabajos ambrosiales dentro de galerías inoculan los hongos que sirven de alimento a las larvas en desarrollo. En los géneros *Raffaelea* o *Ambrosiella*, las esporas de los hongos se transportan en invaginaciones cuticulares en el exoesqueleto llamadas micangios (Lindgren y Raffa, 2013). Los hospederos que son de la preferencia de los escolitinos son algunos que se encuentran en estado de deficiencia fisiológica (débiles o enfermos) a través de heridas, sequía, incendio, derribados por el viento o cortas. Para detectar los árboles los insectos a través de las antenas las mezclas de sustancias complejas presentes en la resina; compuesto como terpeno y derivados alcohólicos. Las generaciones anuales son variables y están determinadas por la temperatura, presentando ciclos cortos en climas templados o cálidos y ciclos largos en climas fríos (López *et al.*, 2007).

Insectos descortezadores de coníferas

Los insectos descortezadores son escarabajos de tamaño pequeño pertenecientes a la subfamilia Scolytinae; los cuales se alimentan y desarrollan en el interior de la corteza del árbol en el xilema y floema. En poblaciones altas pueden llegar a matar de unos cuantos a decenas de plantas. Las especies del género *Ips* se encuentran con frecuencia como plagas secundarias eliminando arboles débiles y enfermos; pero en ocasiones pueden comportarse como primarias, ocasionando grandes pérdidas y suelen estar asociados a *Dendroctonus mexicanus* y *D. adjunctus* (Cibrián *et al.*, 1995).

Caracteres de diagnóstico de *Ips lecontei*

Ips lecontei Swaine (Coleoptera: Curculionidae) esta especie de descortezador se distingue de otras especies de *Ips*, por la ausencia de un tubérculo frontal mediano mayor en el macho, el cual se sustituye por un par de tuberculos submedios en el epistoma. (Wood, 1982). Los organismos de esta especie (hembras y machos) miden de 4 a 4.7 mm, y son de color marrón oscuro. Los machos presentan la frente ampliamente convexa, débilmente impreso sobre el epistoma; superficie brillante, bastante gruesa, moderadamente granulada. El área central a menudo tiene un par de tubérculos transversales; el epistoma tiene una fila de tubérculos, el par medio esta visiblemente agrandado. En el declive presenta la espina uno en la mitad lateral de las estrías, espina dos en interestriada, la espina tres grandes con una joroba dorsal en su mitad basal, una mueca ventral y un gancho en su mitad distal; las espinas cuatro y cinco se ubican en la cara declivital y margen subapical; además, en el extremo lateral del margen subapical presenta una débil mueca que sugiere una sexta espina (Wood, 1982).

Distribución de *Ips lecontei*

Ips lecontei se distribuye desde el norte de Arizona y el sur de New México hasta honduras. En México se localiza en los estados de Chiapas, Oaxaca, Colima, Jalisco, Sonora, Chihuahua y Durango, y en la parte sur de Estados Unidos en Arizona y Nuevo México. Se localiza en bosques de coníferas con un rango altitudinal de entre 1600 a 2065 msnm (Wood, 1982; Wood y Bright, 1992; Cibrián *et al.*, 1995) (Figura 1).



Figura 1. Mapa de distribución de *Ips lecontei* en el continente americano. Tomado de EPPO <https://gd.eppo.int>.

Hospederos de *Ips lecontei*

Habita en bosques de pino, de los cuales sus principales hospederos son *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite* var. *brachyptera*, *P. cooperi*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. leiophylla*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. ponderosa* y *P. pseudostrobus* (Wood y Bright, 1992; Cibrián *et al.*, 1995).

Importancia económica de *Ips lecontei*

El descortezador *Ips lecontei*, es una plaga que ataca diversas especies de pino. Este escarabajo infesta principalmente madera de árboles caídos, sin embargo, pueden atacar arboles vivos bajo condiciones de estrés por factores naturales o antropogénicos; cuando atacan a árboles vivos cambian su coloración de verde a verde amarillento y posteriormente a café claro. Además, es visible la presencia de aserrín café rojizo sobre las grietas de la corteza de las ramas y tronco del árbol infestado. Los daños son causados primordialmente por las larvas, ya que estas construyen minas individuales de alimentación, las cuales están en contacto con el cambium y el floema y reducen el flujo de agua y nutrientes a las hojas, provocando gradualmente, la muerte del árbol. *I. lecontei*, como otros descortezadores, es portador del hongo *Ceratostictis* spp. que produce el

manchado de la madera, reduciendo a su vez, su valor comercial (Cibrián *et al.*, 1995).

Ciclo biológico del descortezador de cinco espinas

El ciclo biológico inicia cuando el macho sale en busca de un nuevo hospedante, donde cava un orificio de entrada y la cámara nupcial, lo cual le lleva en promedio 4 días. Posteriormente libera feromonas para atraer a la hembra. Se presentan varias generaciones de *I. lecontei* por año; los estados de desarrollo están sobrepuestos. Al igual que otras especies del género, el macho de *I. lecontei* es polígamo. Construye sus galerías en forma de “Y”, en cada bifurcación se encuentra una hembra, las cuales ovipositan en ambos lados de su galería (Cibrián *et al.*, 1995).

Los huevos son de forma ovalada y de textura lisa, con una coloración blanco aperlado translúcido, miden aproximadamente 0.5 mm de ancho por 1.0 mm de largo. El huevo tarda una semana promedio en madurar. Las larvas son de color blanco, no presentan apéndices y tienen la cabeza ligeramente esclerotizada. La larva madura mide aproximadamente 6.0 mm y su cuerpo es de forma curva. Las larvas construyen galerías individuales, siempre en contacto con el floema y el cambium. La duración del periodo larval es de 30 a 90 días. Las pupas miden aproximadamente 6 mm, son exaratas y de color blanquecino que permite observar la presencia de alas y antenas que se van tornando oscuras gradualmente. El desarrollo de la pupa en condiciones óptimas dura de 6 a 9 días. El adulto tiene una coloración café oscuro, mide de 4 a 4.7 mm de largo y sus piezas bucales están dirigidas hacia abajo. Como rasgo característico, esta especie presenta cinco espinas en el declive elítral y los machos carecen de tubérculo frontal medio (Cibrián *et al.*, 1995).

Taxonomía molecular

Para la identificación molecular se utiliza el sistema de “código de barras” genético, que permite la determinación precisa de la identificación mediante regiones de genes estandarizados de varias especies. Las secuencias se representan como etiquetas genéticas presentes en las especies que contiene el código de barras genético (Hebert, *et al.*, 2003).

Por otra parte, para la identificación de especies se utiliza el uso de morfología externa, a través de claves dicotómicas que son utilizadas frecuentemente como herramienta para clasificar insecto; no obstante, cuando existe dificultad para la separación de especies muy parecidas morfológicamente, en la actualidad se usa la identificación molecular por medio de secuencias de ADN (Hulcr *et al.*, 2015).

El citocromo oxidasa subunidad I (COI) se utiliza para la identificación de insectos, ya que permite la separación dentro y entre especie (Caterino *et al.*, 2000). Es un gen conservado presente en los organismos, ya que es una región codificante y tiene alta capacidad de cambio. Las secuencias que muestran variabilidad son de importancia para determinar la distancia filogenética entre especies. Es importante resaltar la importancia del gen COI para la identificación de especies, no obstante, muchas especies todavía no están registradas en las bases de datos; lo que provoca obstáculos en el conocimiento y se tenga la tarea en este campo de estudio para fortalecer la diversidad de las especies de escolitinos. Se tienen un claro ejemplo en el estudio a través de análisis polimórficos que se trabajó con diversidad poblacional de especies del género *Xyleborus* (Gohli *et al.*, 2016).

El ADN mitocondrial presenta características distintivas, fácil de aislar, estructura genética simple y repetitiva, transcripción genética directa, proporciona caracteres homólogos con otras especies, permitiendo realizar inferencias filogenéticas y los cambios evolutivos que se desarrollan rápidamente (Caterino *et al.*, 2000). De acuerdo a lo anterior la caracterización de la identificación morfológica y molecular a través del gen de COI permitirá una mejor identificación de las especies del género *Ips*; así como obtener la variabilidad genética dentro de la población de *Ips lecontei* en la región forestal del estado de Durango

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo general

- Estudiar la diversidad Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) en bosques naturales del ejido Estación Otinapa y San Carlos, Durango.

Objetivos específicos

- Conocer la diversidad de Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) en bosques naturales del ejido Estación Otinapa y San Carlos, Durango.
- Identificar la diversidad genética de *Ips lecontei* (Coleoptera: Curculionidae) en el estado de Durango, México.

Hipótesis

El número de individuos y diversidad de especies en los sitios de estudio es influenciado por la variación altitudinal.

CAPÍTULO I. DIVERSIDAD DE SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN BOSQUES NATURALES DEL EJIDO ESTACIÓN OTINAPA Y SAN CARLOS, DURANGO

Raúl Marrufo Madrid, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2023

1.1 RESUMEN

En el estado de Durango la zona serrana se destaca por ser una de las regiones de mayor importancia en el sector forestal en la entidad. En donde se ha reportado el incremento de la población de escolitinos en los últimos años; que se atribuyen a diferentes factores como el cambio climático, y/o actividades antropogénicas que ponen en un riesgo lo ecosistemas forestales. El objetivo de la presente investigación fue estudiar la diversidad y riqueza de escolitinos, se colocaron trampas cebadas con etanol en tres sitios (10 por sitio), con diferente composición vegetal y gradiente altitudinal de +-100m en el Ejido Estación Otinapa y San Carlos, Durango. Las colectas se realizaron de diciembre del 2019 a noviembre del 2020, se evaluaron cada mes. Se registraron 138 capturas pertenecientes a 22 especie de 12 géneros. Para Durango se determinaron 9 nuevos registros; además se encontró un espécimen del género *Tricolus* probablemente es nueva especie. Las especies más abundantes en el estudio son *Monarthrum tuberculatum*, *Pseudopityophthorus granulatus*, *Monarthrum huachucae*, *Corthylus nudus* y *C. burgosi*. La diversidad se evaluó mediante el número de especies por sitio y los índices de diversidad Shannon-Wiener (H') y Margalef (D_{MG}), índice de abundancia de Pielou (J') y el índice de similitud de Jaccard (I_j). Los índices diversidad señalan que el sitio uno es el más diverso (H' : 2.437, D_{MG} : 3.507), de igual forma el índice de abundancia el sitio uno presento el mayor valor (J' : 0.8791) y en cuanto al índice de similitud se determinó que el sitio1-sitio3 ambos presentan el mayor valor (I_j : 0.909).

Palabras clave: escolitinos, cambio climático, bosques de coníferas, monitoreo, dinámica poblacional.

DIVERSITY OF SCOLYTINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) IN NATURAL FORESTS OF EJIDO ESTACION OTINAPA AND SAN CARLOS, DURANGO

Raúl Marrufo Madrid, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2023

1.2 ABSTRACT

In the state of Durango, the mountain area stands out for being one of the most important regions in the forestry sector in the entity. Where the increase in the population of scolytines has been reported in recent years; that are attributed to different factors such as climate change, and/or anthropogenic activities that put forest ecosystems at risk. The objective of the present investigation was to study the diversity and richness of scolytines, traps baited with ethanol were placed in three sites (10 per site), with different plant composition and altitudinal gradient of $\pm 100\text{m}$ in the Ejido Estación Otinapa and San Carlos, Durango. The collections were made from December 2019 to November 2020, they were evaluated every month. 138 captures belonging to 22 species of 12 genera were recorded. For Durango, 9 new records were determined; In addition, a specimen of the genus *Tricolus* was found, probably a new species. The most abundant species in the study are *Monarthrum tuberculatum*, *Pseudopityophthorus granulatus*, *Monarthrum huachucae*, *Corthylus nudus* and *C. burgosi*. Diversity was evaluated using the number of species per site and the Shannon-Wiener (H') and Margalef (D_{MG}) diversity indices, Pielou abundance index (J') and the Jaccard similarity index (I_j). The diversity indices indicate that site one is the most diverse ($H': 2.437$, $D_{MG}: 3.507$), in the same way the abundance index site one presented the highest value ($J': 0.8791$) and regarding the similarity index it was determined that site one-three both present the highest value ($I_j: 0.909$).

Key words: scolytines, climate change, coniferous forests, monitoring, population dynamics.

1.3 INTRODUCCIÓN

En el estado de Durango está localizado al noroeste el Ejido Estación Otinapa y San Carlos, se destaca por su producción de madera; no obstante, se caracteriza por una mediana riqueza de flora y fauna silvestre de la región serrana. Los bosques de coníferas presentan una amplia distribución en México. Son de importancia ecológica y económicamente, como fuente de recursos primario. Son de suma importancia en los servicios ecosistémico como generación de oxígeno, regulación del clima, retención del suelo, etc.

La tendencia que muestran los bosques hacia la fragmentación y deforestación, impacta a los componentes del ecosistema de tal forma que los ecosistemas forestales no logrado una estabilidad en el manejo forestal. Los ecosistemas forestales son afectados por diferentes factores como incendio, sequias, aprovechamiento ilegal, plagas forestales, etc.; lo que provoca una disminución cobertura forestal, biodiversidad presente y sus procesos ecológicos (Challenger, *et al.*, 2009).

Los escolitinos considerados plagas primarias son escarabajos que tienden aumentar sus poblaciones y afectar grandes superficies de bosques (Salinas *et al.*, 2010). Están de manera natural en los ecosistemas forestales, se convierten en importancia cuando las poblaciones de los insectos son consideradas plagas en los bosques. Además, algunas especies de escolitinos son algo destructivas, dañando arboles sanos y son considerados como una gran amenaza para los bosques de coníferas (Lombardero *et al.*, 2000); pero a su vez son de importancia en la sucesión y procesos ecológicos, y sector económico (Ohmart, 1989; Krokene, 2015).

En el estado de Durango, durante el periodo 2011-2013 escolitinos particularmente del género *Dendroctonus* e *Ips* ocasionaron la muerte de arbolado en 60 mil hectáreas aproximadamente en bosque templados de coníferas (SEMARNAT, 2017). Como plagas pueden distribuirse ampliamente en el estado principalmente en la región boscosa de la sierra; las cuales pueden representar en la zona un mayor riesgo en cuando a las condiciones les pueda favorecer y ocasionar daños a la vegetación en especial las coníferas. En el ejido Otinapa y San Carlos, Durango solo se han hecho estudios de

monitoreo mediante la dinámica poblacional de insectos descortezadores particularmente del género *Dendroctonus* mediante la estandarización de combinaciones de semioquímicos para la captura de *D. frontalis* y *D. mexicanus* (Sánchez *et al.*, 2016). Para monitorear diversidad poblaciones de escolitinos, se ha utilizado trampas artesanales agregando como atrayente alcohol etílico en bosque de pino-encino (Castorena *et al.*, 2020).

El objetivo del estudio fue estudiar la diversidad y riqueza de insectos de la subfamilia Scolytinae del ejido Estación Otinapa y San Carlos, Durango en diferentes gradientes altitudinales; se utilizó un sistema de monitoreo con trampas artesanales. Con ello generar un listado de especies mediante la identificación taxonómica morfológica; que constituyan una herramienta para facilitar el diagnóstico y la caracterización de las especies presentes, impulsando la conservación y desarrollo de los recursos forestal de la región del estado de Durango.

1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1. Ubicación de área de estudio

El área de estudio esta localiza a una distancia de 70 km de la ciudad de Durango en el municipio de Durango, que corresponde al ejido Estación Otinapa y San Carlos con una superficie de 15,871 ha. (Fig. 1.1), está enclavado en la región de la Sierra Madre Occidental (SMO) en la subprovincia Gran Meseta y Cañones Duranguenses; en las coordenadas geográficas ($24^{\circ} 3' 14'$ N latitud y $-105^{\circ} 0' 29.998''$ W de longitud). Se seleccionaron tres sitios: el sitio 1) ($24^{\circ} 2' 49.94'$ N - $105^{\circ} 2' 48.53''$ O), el sitio 2) ($24^{\circ} 3' 3.16'$ N - $105^{\circ} 2' 18.16''$ O) y el sitio 3) ($24^{\circ} 3' 3.83'$ N - $105^{\circ} 1' 38.93''$ O) presentando altitudes que van de 2655, 2540 y 2410. La región presenta un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, en los meses de julio y agosto, con una precipitación media de 500 mm al año, con una temperatura media anual de entre los 7 y los 14°C (INEGI, 2021; González *et al.*, 2012).

La cubierta vegetal predominante en la región es de bosque de pino, seguida por bosque de pino-encino y la vegetación secundaria arbustiva. En bosque de pino especies como *P. cooperi*, *P. durangensis*, *Pinus engelmannii* y *P. teocote* con presencia de *Quercus* sp., *Q. arizonica* y *Quercus durifolia*. (Aragón *et al.*, 2010). En el área la vegetación corresponde a bosque de pino encino se encuentra constituida por las especies como son *P. cembroide*, *Pinus cooperi*, *P. durangensis*, *P. leiophylla* y *P. teocote*, especies de *Quercus* sp., en menor cantidad *Juniperus* sp., y *Cupressus*. Por último, en el estrato arbustivo presenta especies como *Arctostaphylos pungens*, *Arbutus* sp., Otras especies de herbáceas Poaceas, Cistáceas y Asteráceas (Aragón *et al.*, 2010; González *et al.*, 2012; INEGI, 2021).

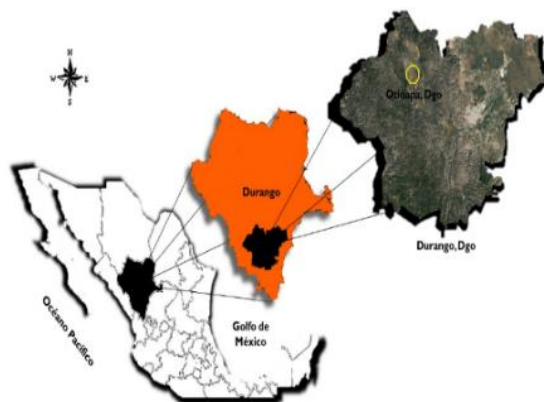


Figura 1.1. Ubicación geográfica del muestreo del ejido Estación Otinapa y San Carlos, Municipio de Durango, México.

1.4.2. Establecimiento de sitios de muestreo y colocación de trampas

En la zona de estudio se seleccionaron tres sitios bien preservados en bosques naturales de coníferas, con diferentes gradientes altitudinales: sitio 1) 2655 msnm. (Fig. 1.2A), sitio 2) 2540 msnm. (Fig. 1.2B) y sitio 3) 2410 msnm. (Fig. 1.2C), y distinta composición vegetal. En cada uno de los sitios se instalarán 10 trampas (30 en total) de fabricación artesanal tipo Ecoiapar descrita por Barrera *et al.*, (2004) (Fig. 1.3A); las cuales se fabricaron con botellas de PET de 2.5 litros, a la que se les hizo una perforación de 3 a 4 cm. en la parte media de la botella. Para el cebado de las trampas se utilizó alcohol etílico al 96° de destilación; el cual se colocó en tubos “Falcon” de 50 ml, con cuatro perforaciones en la parte superior, para permitir la volatilización del atrayente dentro de la trampa. En la parte inferior de la trampa se utilizó propilenglicol como líquido conservador de los insectos.

Las trampas se colocaron a través de una cuerda a una altura de 1.5 m del suelo, con una separación de 50 a 100 m. una de otra; y cada trampa se etiqueto con el número del sitio, no. trampa, fecha y fueron geo-referenciadas a través de un GPS de la marca (GARMIN). Las colectas se revisaron mensualmente durante un año, de diciembre 2019 a noviembre 2020 (Fig. 1.3B); reponiendo el propilenglicol y alcohol durante cada visita (Fig. 1.3C).



Figura 1.2. A) Sitio 1) a 2655 msnm; B) Sitio 2) a 2540 msnm; C) Sitio 3) a 2410 msnm; en vegetación de bosque de pino-encino.



Figura 1.3. A) Instalación de trampa tipo Ecoiapar en el ciclo de diciembre 2019 a noviembre del 2020 en el municipio de Durango; B) Revisión de trampa y recolección de material biológico; (C) Reposición de líquido conservador y atrayente (cebado) de la trampa.

1.4.3. Captura, recolectas y procesamiento de insectos

Las muestras biológicas de insectos se recolectaron mensualmente; los individuos fueron extraídos de la trampa con la ayuda de un vaso colector, un colador y mediante un pincel de forma cuidadosa para preservarse en alcohol al 70% en frascos etiquetados.

Para rotular cada una de las muestras se utilizó tinta indeleble con los datos de no. de sitio, no. de trampa y fecha de recolecta. El material recolectado se trasladó al laboratorio Entomología Forestal del CP-Montecillos para su separación, conteo e identificación.

1.4.4. Bases de datos

El registro de los individuos de escolitinos capturado en el estudio, se llevó a cabo mediante una base de datos en el programa de Microsoft Excel 2010 en una hoja de cálculo. Donde cada uno de los escolitinos colectados se registró con la información que corresponde al estudio de muestreo como no. de sitio, no. de colecta, fecha colecta, no. de trampa, no. de individuos colectados y datos taxonómicos (género y especie).

1.4.5. Identificación taxonómica de material biológico

Los especímenes de la subfamilia de Scolytinae para la separación, conteo e identificación, se realizó en las instalaciones del laboratorio de Entomología Forestal del Colegio de Postgraduados (Figura 1.4A, B). Los especímenes de las muestras se identificaron taxonómicamente basadas en morfología externa a nivel de género y especie. Para la identificación se realizó a través de claves de Wood (1982) y Burgos y Equihua, (2002) y comparaciones con material identificado y depositado en la colección de insectos del Colegio de Postgraduados (CP). La confirmación de las especies se llevó a cabo por el Dr. Armando Equihua Martínez del CP, Campus Montecillo.



Figura 1.4. A) Trabajo de laboratorio. B) Identificación taxonómica de organismos escolitinos.

1.4.6. Evaluación de la diversidad

1.4.6.1. Análisis de la riqueza y abundancia de escolitinos

Para determinar la riqueza y abundancia de escolitinos, se realizó a través de la separación, conteo e identificación taxonómica. Los datos registrados se guardaron en el programa de Microsoft Excel 2010 en una hoja de cálculo, en donde se incorporaron fecha de colecta, y especies encontradas en cada sitio de muestreo. Con los datos obtenidos arrojé el total de especies, porcentaje y hábitos alimenticios de cada uno de los sitios de recolecta.

1.4.6.2. Fluctuación poblacional

La fluctuación poblacional de las especies de mayor abundancia; se obtuvo a través la información del número del promedio de individuos y especies que se colectaron en cada sitio. Se utilizó el software Microsoft Excel para agrupar los especímenes de las recolectas de los tres sitios con los datos de campo, como fecha de recolecta, no. de sitio y no. de trampa. A través de la información recabada se graficó la fluctuación de la dinámica poblacional de las especies de mayor abundancia por mes y especie de estudio.

1.4.6.3. Curvas de acumulación

La curva de acumulación de especies se realizó para graficar el aumento del número de especies en los sitios de colecta, con base en el esfuerzo aplicado en el muestro. Se utilizó el programa *Estimates* para la elaboración de la curva de acumulación con los datos del muestreo; del resultado generado se obtuvo el número de individuos riqueza observada. Se basa el estimador en la abundancia y número de individuos para llegar a la asíntota (riqueza esperada). Después con los resultados obtenidos se graficaron las curvas de acumulación de las especies de los tres sitios de estudio.

1.4.6.4. Evaluación de índices de diversidad de escolitinos

Descripción de los índices de diversidad se realizó a través del programa PAST4.03 (Hammer, *et al.*, 2001): diversidad Shannon-Wiener índice (H'), el cual mide la riqueza y la comunidad estructural; índice de Margalef (D_{MG}), determina la riqueza de especies; y el índice de Pielou (J), toma en cuenta la equidad de la comunidad y el índice de Jaccard (J_j) de similitud (Moreno, 2001).

1.4.7. Toma de fotografías

Las especies presentes en el estudio se fotografiaron a través de un equipo profesional de cámara fotográfica marca Canon T5- conectada a un microscopio; la toma de fotografías se llevó a cabo mediante el programa EOS utility launcher. Para apilar las fotografías se utilizó el programa Zerene stacker (Versión 1.04, 2009-2017). Para la edición de las fotografías se utilizó el programa GIMP (versión 2.10.22-1995-2020). Los individuos se colocaron en un porta objeto en tres posiciones: lado dorsal, lateral y declive elitral; para observar características particulares de las diferentes especies presentes. Se llevo a cabo un listado taxonómico de las especies encontradas en bosque de pino-encino en el ejido Estación Otinapa y San Carlos, que se integran las especies registradas, especies identificadas en las colecciones y muestras entomológicas. La organización de los géneros dentro de su subtribu es alfabéticamente, asimismo las especies dentro de su género.

Cada una de las especies se incluye información sobre el estatus de reporte para Durango, distribución, así como hospederos, hábito alimenticio para la especie, basados en la clasificación de Wood (1982) y de ilustraciones de la página de Atkinson (2023). Además, se agregó la información de sitio, altitud, mes de colecta y características de la especie. El material está depositado en la colección de insectos del CP.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Escolitinos encontrados en el área de estudio

Se recolectaron 138 organismos correspondiente a 22 especies, las cuales se agrupan en 12 géneros de escolitinos. La mayor riqueza se encontró en los géneros *Monarthrum*, *Pityophthorus*, *Corthylus* y *Gnathotrichus*; los demás géneros con una menor representación de al menos una especie. Se encontraron 9 especies como nuevos registros para el estado de Durango de 110 registradas aumentando las cifras actuales a 119 registros para el estado, esto corresponde al 8.18%; se encontró un espécimen del género *Tricolus* que probablemente sea una nueva especie.

En general la mayor abundancia la obtuvieron las especies representadas por *Monarthrum tuberculatum* (19.56%) de 27 capturas, *Pseudopityophthorus granulatus* (15.21%) de 21 capturas, *Monarthrum huachucae* (11.59%) de 16 capturas, *Corthylus nudus* (9.42%) de 13 capturas y *C. burgosi* (8.69%) de 12 capturas en comparación al 35.53% de 49 capturas equivalente a las demás especies colectados; las demás especies con menor valor de 7 capturas hasta un solo ejemplar por recolecta (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1. Diversidad de la riqueza y abundancia de especies colectadas con trampas con etanol en bosque templado en tres zonas: Sitio 1 (S1), Sitio 2 (S2) y Sitio 3 (S3) del ejido Estación Otinapa y San Carlos, Durango, México.

Especies de Scolytinae	Número de especímenes					
	S1	S2	S3	HA	Total	%
<i>Amphicranus rameus</i> (Wood, 1967)	2	0	2	xm	4	2.89
<i>Conophthorus ponderosae</i> (Hopkins, 1915)	0	0	1	es	1	0.72
<i>Corthylus burgosi</i> (Atkinson, 2020) ²	8	2	2	xm	12	8.69
<i>Corthylus detrimentosus</i> (Schedl, 1940)	0	1	0	xm	1	0.72
<i>Corthylus nudus</i> (Schedl, 1940) ²	9	2	2	xm	13	9.42
<i>Gnathotrichus dentatus</i> (Wood, 1967)	3	1	5	xm	9	6.52
<i>Gnathotrichus nimifrons</i> (Wood, 1967)	0	0	1	xm	1	0.72
<i>Hylocurus femineus</i> (Wood, 1959) ²	3	0	0	xl	3	2.17
<i>Ips bonanseai</i> (Hopkins, 1905)	2	1	0	fl	3	2.17
<i>Monarthrum dentigerum</i> (LeConte, 1868) ²	2	0	0	xm	2	1.44
<i>Monarthrum huachucae</i> (Wood, 1959) ²	1	5	10	xm	16	11.59
<i>Monarthrum quercicolens</i> (Wood, 1967)	0	0	1	xm	1	0.72
<i>Monarthrum tuberculatum</i> (Wood, 2007) ²	14	11	2	xm	27	19.56
<i>Monarthrum xalapensis</i> (Wood, 1987) ²	0	0	1	xm	1	0.72
<i>Pityophthorus confusus</i> (Blandford, 1904)	2	0	0	fl	2	1.44
<i>Pityophthorus delicatus</i> (Wood, 1978)	1	0	0	fl	1	0.72
<i>Pityophthorus schwarzi</i> (Blackman, 1928)	2	0	0	fl	2	1.44
<i>Pityophthorus spadix</i> (Blackman, 1942)	7	0	0	fl	7	5.07
<i>Pseudopityophthorus granulatus</i> (Blackman, 1931) ²	11	7	3	fl	21	15.21
<i>Pseudothysanoes quercicolens</i> (Wood, 1956)	4	2	1	fl	7	5.07
<i>Thysanoes fimbricornis</i> (LeConte, 1876)	1	2	0	xl	3	2.17
<i>Trycolus</i> pro. sp. N ¹	0	0	1	xm	1	0.72

Número de Scolytinae	72	34	32	138	100
Número de especies	16	10	13	22	
Número de géneros	10	7	8	12	

¹Posible nuevo registro para el país. ²Nuevos registros para Durango. HA=hábito alimenticio: fl = fleófago; xm: xilomicetófago; xl= xilófago; es= espermatófago. Según la terminología de Wood (1982).

1.5.2. Lista de especies de Scolytinae recolectadas en la zona de estudio

***Amphicranus rameus* (Wood, 1967) (Fig. 1.5A, B, C)**

Descripción: el adulto presenta un cuerpo alargado, tiene un color negro en la parte inicial y final, y parte media color café claro. El declive elitral es convexo, presentan tres pares de espinas en la parte caudal; las espinas están distribuidas en el declive, el tercer par de espinas son robustas. Tiene una longitud de 3.5 mm y de ancho de 1.0 mm (Fig. 1.5).

Distribución: se conoce solo en México en los estados de Durango, México y Michoacán. Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se colecto en el sitio 1 y 3, a una altitud de 2655 y 2410 msnm., se capturo durante los meses de junio a septiembre del 2020; sitio 1 (T7) coordenadas: (24°2'53.03"N y 105°2'49.63"O) y sitio 3 (T9) coordenadas: (24°3'01.73"N y 105°1'40.55"O).

Hospederos: se registra en Fagaceae en especies del género *Quercus* sp.

Hábito alimenticio: cultiva y se alimenta de hongos ectosimbióticos (xilomicetófago) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Nota: especie encontrada rara vez.

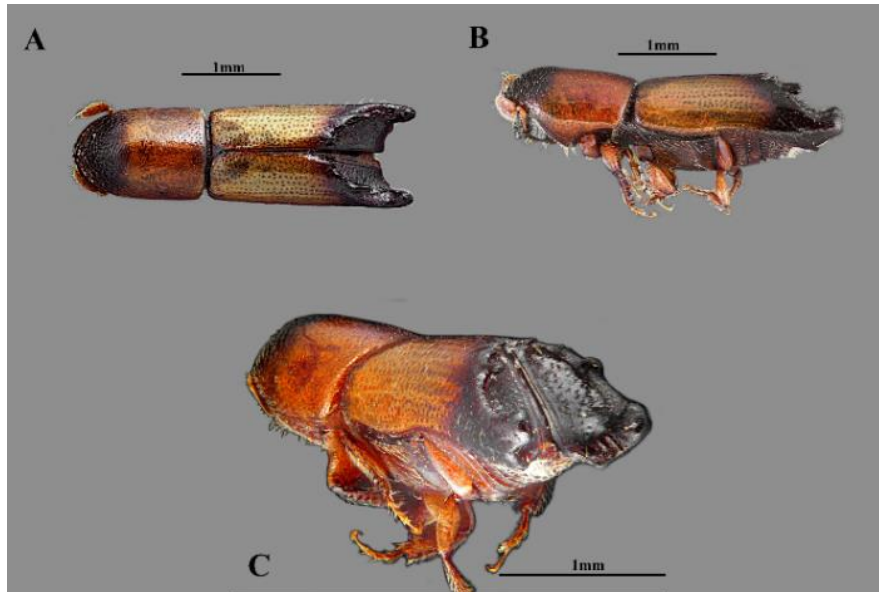


Figura 1.5. *Amphicranus rameus* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral. La barra corresponde a 1 mm.

***Conophthorus ponderosae* (Hopkins 1915) (Fig. 1.6A, B, C)**

Descripción: El adulto es de cuerpo robusto, tiene un color que varía de rojizo a cobrizo. El declive elitral es convexo, tiene un par de espinas poco pronunciadas en la parte interna media de los élitros dispuestas de forma vertical, cubiertos de setas largas y rectas. Tiene una longitud de 2.1 mm y de ancho 0.7 mm (Fig. 1.6).

Distribución: se conoce de Canadá y Estados Unidos. En México se ha registrado en 15 estados: Baja California, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Puebla, Sonora, Tlaxcala, Veracruz. Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se coletó solo en el sitio 3, a una altitud de 2410 msnm, se capturó durante el mes de febrero del 2020; sitio 3 (T7) coordenadas: (24°2'58.67"N y 105°1'43.92"O).

Hospederos: se registra en Pinaceae: *Abies* sp.; *Pinus*: *P. aristata*, *P. arizonica*, *P. contorta*, *P. douglasiana*, *P. duranguensis*, *P. leiophylla*, *P. montezumae*, *P. hartwegii* entre otros. Es especie monófaga (Atkinson *et al.*, 1986).

Hábito alimenticio: se alimenta de semillas y conos, algunas especies también de yemas y brotes (espermatófago) (Cibrián *et al.*, 1995; Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Importancia: es una especie de importancia como plaga de conos, causa daños de 40 a 80% de la cosecha de conos de *P. hartwegii*, *P. montezumae* y *P. rudis*.

Nota: especie encontrada solo una vez.

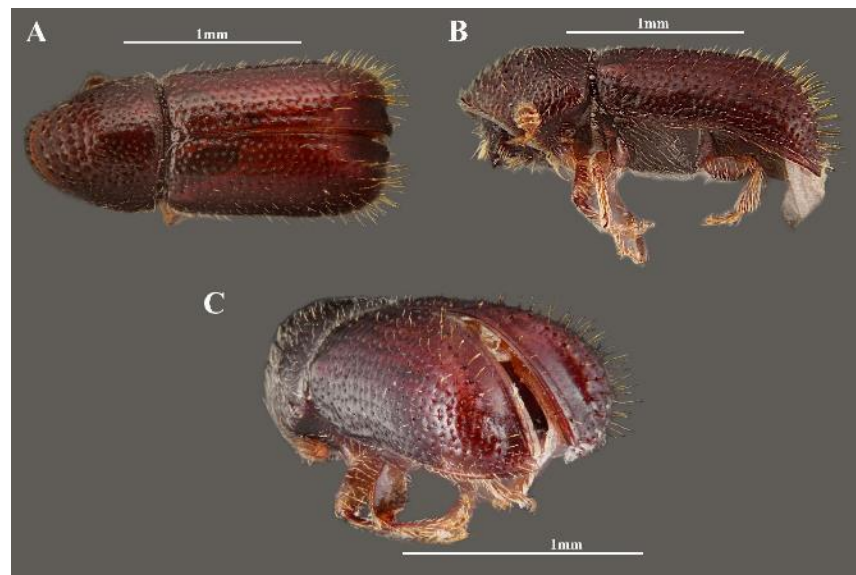


Figura 1.6. *Conophthorus ponderosae* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.

***Corthylus burgosi* (Atkinson, 2020)² (Fig. 1.7A, B, C)**

Descripción: el adulto es de cuerpo robusto, tiene un color negro en parte inicial y final, y parte media café anaranjado. El declive elitral es convexo, presentan un par de crestas en la parte caudal del abdomen en disposición vertical. Tiene una longitud de 2.5 mm y un ancho de 0.9 mm (Fig. 1.7).

Distribución: se conoce en México en los estados de Michoacán y Morelos. **Nuevo registro para Durango.** Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se coletó en los 3 sitios, a una altitud de 2410 a 2655 msnm; se capturó durante los meses de mayo a octubre con excepción del mes de junio del 2020; sitio 1 (T8) coordenadas:

(24°2'54.24"N y 105°2'48.29"O), sitio 2 (T10) coordenadas: (24°3'05.88"N y 105°2'23.79"O) y sitio 3 coordenadas: (T4) (24°3'00.27"N y 105°1'44.98"O).

Hospederos: solo se ha registrado mediante la captura de trampas con alpha-scents 4 vane (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Hábito alimenticio:

Nota: especie encontrada frecuentemente.

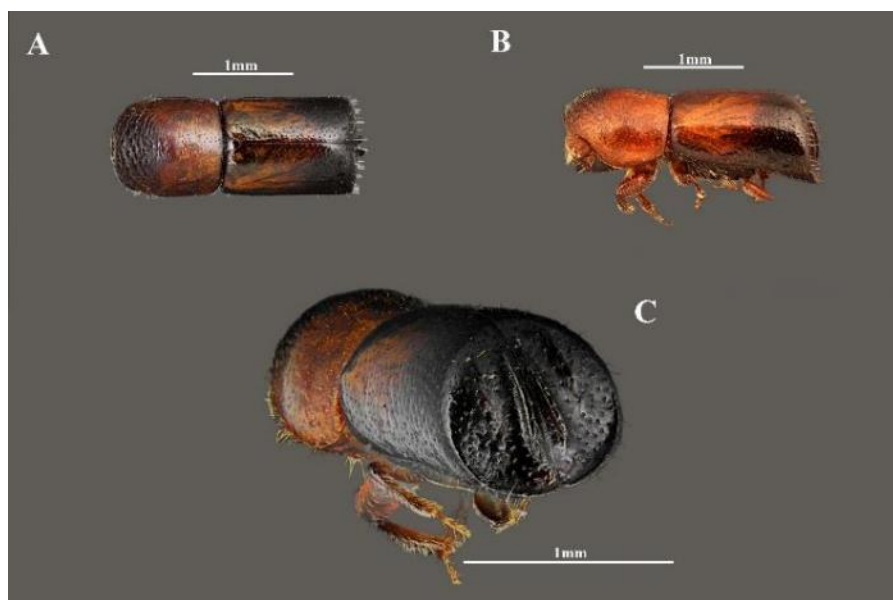


Figura 1.7. *Corthylus burgosi* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.

***Corthylus detrimentosus* (Schedl, 1940) (Fig. 1.8A, B, C)**

Descripción: el adulto es de cuerpo alargado robusto, tiene un color negro en la parte inicial y final, parte media de color café claro, bicolor. La cabeza está cubierta por el pronoto. El declive elitral es convexo, presentan un declive liso. Tiene una longitud de 2.8 mm y de ancho 1.0 mm de (Fig. 1.8).

Distribución: se conoce solo en México en los estados: Durango, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán y Morelos. Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se coleteo en el sitio 2, a una altitud de 2540 msnm, se capturo durante el mes de junio del 2020; sitio 2 (T5) coordenadas: (24°3'03.80"N y 105°2'15.01"O).

Hospederos: se registra en Anacardiaceae, Betulaceae (*Alnus* sp), Compositae, Ericaceae (*Arbutus xalapensis*), Lauraceae, Sapindaceae (*Dodonea viscosa*). Es especie polífaga (Atkinson *et al.*, 1986).

Hábito alimenticio: cultiva y se alimenta de hongos ectosimbióticos (xilomicetófago) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Nota: especie encontrada solo una vez.

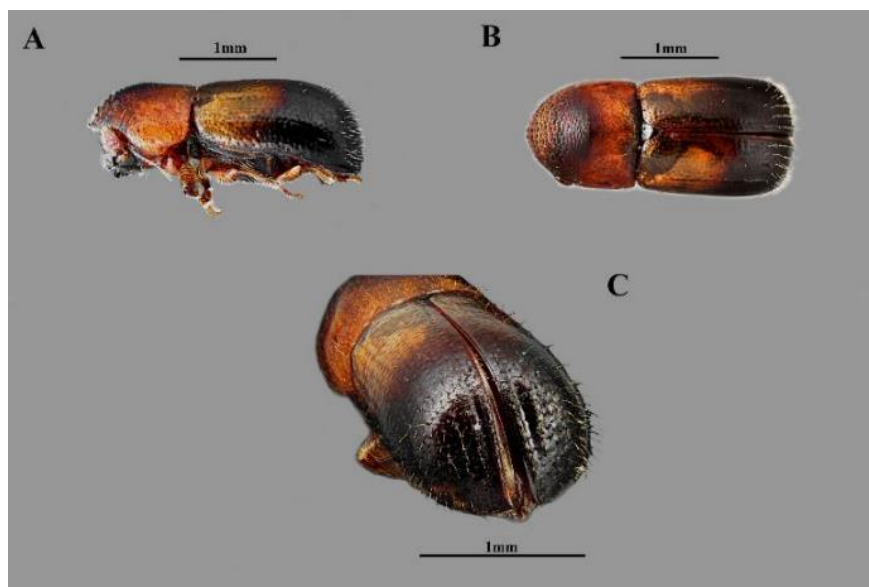


Figura 1.8. *Corthylus detrimentosus* en: (A) vista lateral, (B) vista dorsal y (C) vista declive elitral.

***Corthylus nudus* (Schedl, 1940)² (Fig. 1.9A, B, C)**

Descripción: El adulto es de cuerpo ancho robusto, tiene un color negro. La cabeza está cubierta por el pronoto. El declive elitral es convexo, presenta un declive liso. Tiene una longitud de 5.0 mm y de ancho de 1.9 mm (Fig. 1.9).

Distribución: en la parte del Altiplano central de México a Chiapas. En México se ha registrado en los estados de Chiapas, Distrito Federal, Hidalgo, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla y Veracruz. **Nuevo registro para Durango.** Localidad Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se coletó en los tres sitios, a una altitud de 2410 a 2655 msnm; se capturó durante los meses de mayo a octubre del 2020; sitio 1 (T3)

coordinadas: (24°2'52.68"N y 105°2'45.84"O), sitio 2 (T7) coordinadas: (24°3'04.19"N y 105°2'19.86"O) y sitio 3 (T6) coordinadas: (24°2'57.60"N y 105°1'45.51"O).

Hospederos: se registra en Betulaceae: *Alnus acuminata*; Platanaceae: *Platanus occidentalis* y Salicaceae: *Populus balsamifera*, *P. deltoides*; *Casuarina equisetifolia*; *Salix babylonica*. Es una especie monófaga (Atkinson *et al.*, 1986).

Hábito alimenticio: cultiva y se alimenta de hongos ectosimbióticos (xilomicetófago) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Importancia: Infestan fustes y ramas de árboles en pie; el mayor daño generado por hongos manchadores de madera y hongos que provocan canchales. El hongo *Cytospora chrysosperma* causa la muerte de ramas de su huésped. Provoca daños a árboles de ornato y puede causar la muerte (Cibrián *et al.*, 1995).

Nota: especie encontrada frecuentemente.

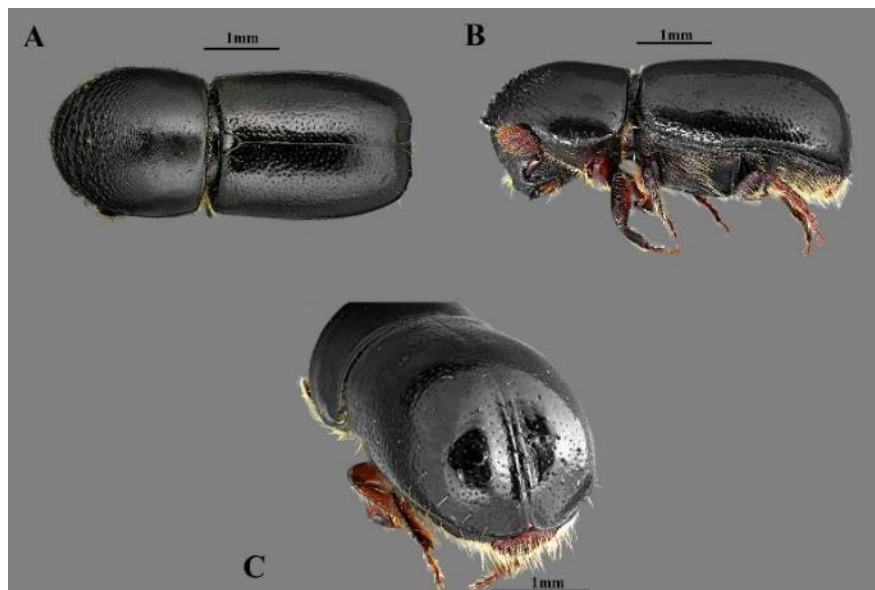


Figura 1.9. *Corthylus nudus* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.

***Gnathotrichus dentatus* (Wood, 1967) (Fig. 1.10A, B, C)**

Descripción: El adulto es de cuerpo cilíndrico alargado, tiene un color café rojizo a cobriza unas partes más oscuras. La cabeza está cubierta por el pronoto. El declive elitral convexo, presentan un par de espinas en el margen caudal, la tercera espina más

pronunciaste que las demás. Tiene una longitud de 3.7 mm y de ancho 1.2 mm (Fig. 1.10).

Distribución: se conoce solo en México, se ha registrado en los estados: Durango, México, Michoacán, Morelos, Querétaro, Tlaxcala. Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se coletó en los tres sitios, a una altitud de 2410 a 2655 msnm; se capturó durante los meses de enero, marzo, mayo, junio, agosto y noviembre del 2020; sitio 1 (T9) coordenadas: (24°2′55.77″N y 105°2′47.23″O), sitio 2 (T6) coordenadas: (24°3′03.16″N y 105°2′18.66″O) y sitio 3 (T7) coordenadas: (24°2′58.67″N y 105°1′43.92″O).

Hospederos: se registra en Betulaceae (*Alnus* sp.), Fagaceae (*Quercus rugosa*) y Pinaceae (*Abies religiosa*). Es una especie polífaga.

Hábito alimenticio: cultiva y se alimenta de hongos ectosimbióticos (xilomicetófago) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Importancia: se presente en áreas templadas barrenador de madera húmeda; transportan hongos manchadores de madera (*Ceratocystis* spp.).

Nota: especie encontrada frecuentemente.

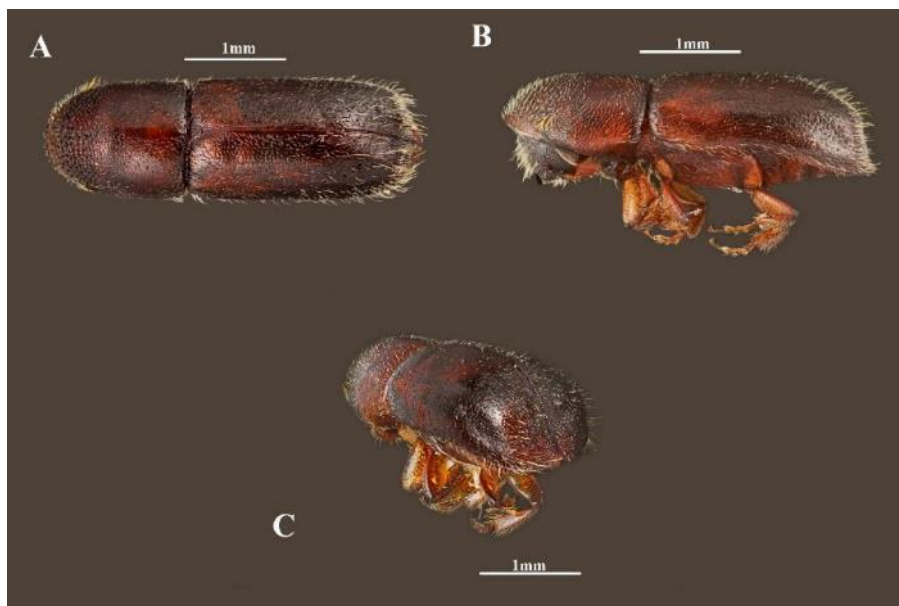


Figura 1.10. *Gnathotrichus dentatus* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.

***Gnathotrichus nimifrons* (Wood, 1967) (Fig. 1.11A, B, C)**

Descripción: el adulto es de cuerpo alargado, tiene un color rojizo algunas partes más oscuras. El declive elitral es convexo, presentan 4 pares de espinas poco pronunciadas en la parte media del declive elitral en disposición horizontal. Tiene una longitud de 2.4 mm y ancho de 0.7 mm (Fig. 1.11).

Distribución: en el suroeste de los Estados Unidos hasta el centro de México. Se conoce en los Estados Unidos: Arizona y California. En México se ha registrado en los estados: Durango, Puebla, Tlaxcala. Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se colecto en el sitio 3, a una altitud de 2410 msnm; se capturo durante el mes de octubre del 2020; sitio 3 (T10) coordenadas: (24°3'01.83"N y 105°1'38.93"O).

Hospederos: se registra en Fagaceae (*Quercus rugosa*).

Hábito alimenticio: cultiva y se alimenta de hongos ectosimbióticos (xilomicetófago) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Nota: especie encontrada solo una vez.

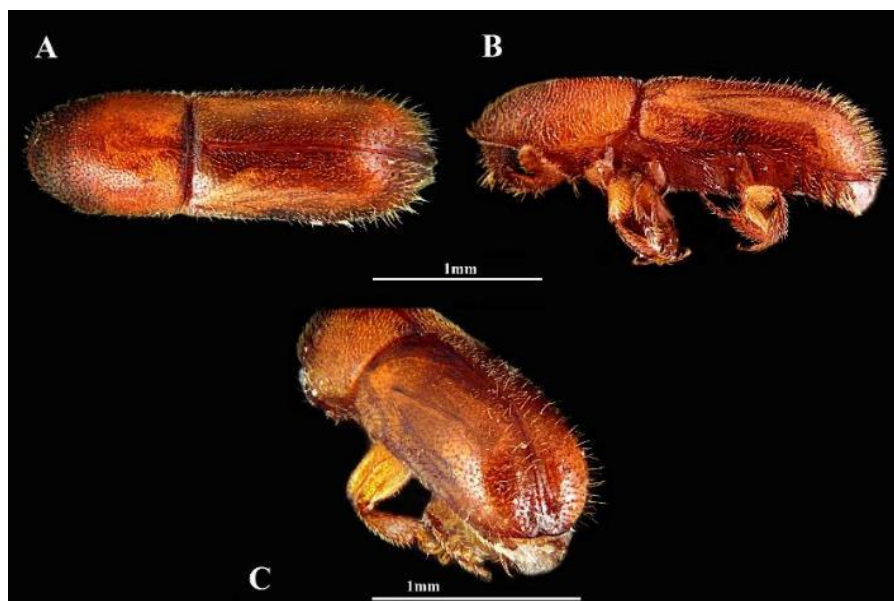


Figura 1.11. *Gnathotrichus nimifrons* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.

***Hylocurus femineus* (Wood, 1959)² (Fig. 1.12A, B, C)**

Descripción: El adulto es de cuerpo robusto, tiene un color negro en la parte final del abdomen es de color rojizo cobrizo; setas cortas y abundantes en el cuerpo. La cabeza esta recubierta por el pronoto. En la parte los élitros el margen terminal es afilado. El declive elitral es convexo, el margen costal aserrado; presentan tres pares de espinas en la parte media del declive elitral en disposición horizontal. Mide de 2.8 mm y 1.1 mm de longitud (Fig. 1.12).

Distribución: en el sureste de Arizona, Sierra Madre Occidental, centro de México en comunidades de pino-encino. Se conoce en Estados unidos: Arizona. En México se ha registrado en los estados: Chihuahua, Michoacán, Morelos, Sonora, Tlaxcala. **Nuevo registro para Durango.** Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se coletó en el sitio 1, a una altitud de 2655 msnm; se capturó durante los meses de agosto y septiembre del 2020; sitio 1 (T7) coordenadas: (24°2'53.03"N y 105°2'49.63"O).

Hospederos: se registra en Cannabaceae, Ericaceae (*Arbustus xalapensis*), Fagaceae (*Quercus* sp.), Leguminosae y Rosaceae (*Prunus pérsica*). Es una especie polífaga (Atkinson et al., 1986).

Hábito alimenticio: se alimentan de madera seca de ramas y arboles muertos o madera de uso comercial (xilófago) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Nota: especie encontrada rara vez.

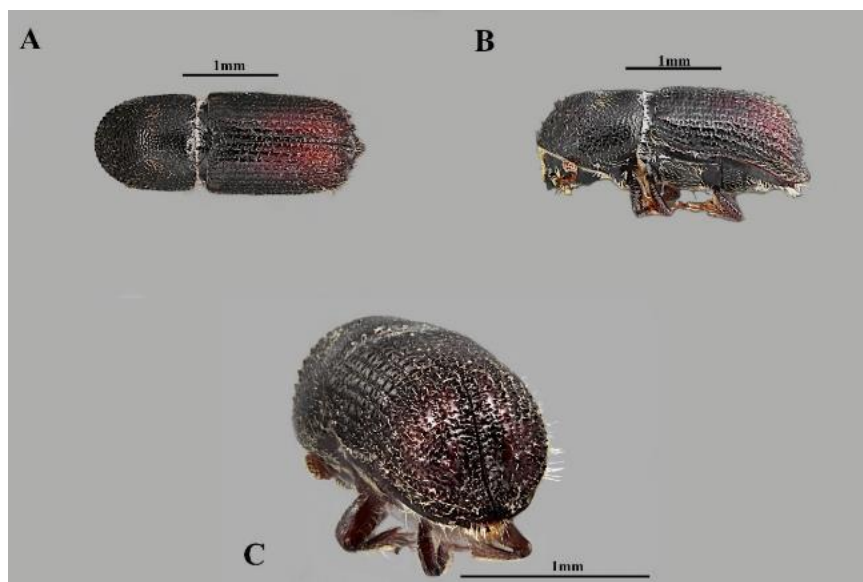


Figura 1.12. *Hylocurus femineus* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.

***Ips bonanseai* (Hopkins, 1905) (Fig. 1.13A, B, C)**

Descripción: el adulto es de cuerpo robusto, tiene un color café a café cobrizo en algunas partes más oscuras. La cabeza está cubierta por el pronoto viéndose de vista dorsal. El declive elitral es convexo, presentan cuatro pares de espinas en cada margen lateral; la tercera espina en machos es más pronunciada que en hembras. Tiene una longitud de 3.8 mm y 1.4 mm de longitud (Fig. 1.13).

Distribución: se conoce en Guatemala: Quetzaltenango, Toponicapán; en Estados Unidos: Arizona. En México se ha registrado en 16 estados: Baja California, Chiapas, Chihuahua, Distrito Federal, Durango, Hidalgo, Jalisco, México, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Tamaulipas, Veracruz, Zacatecas. Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se coleteo en el sitio 1 y 2, a una altitud de 2655 a 2540 msnm; se capturo durante los meses de marzo y junio del 2020; sitio 1 (T5) coordenadas: (24°2'49.94"N y 105°2'48.53"O) y sitio 2 (T7) coordenadas: (24°3'04.19"N y 105°2'19.86"O).

Hospederos: se registra en Pinaceae: *Pinus* (26): *P. arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. cembroides*, *P. chihuahuana*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. hartwegii*, *P. jeffreyi*, *P.*

leiophylla, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. pseudostrobus*. Es una especie monófaga (Atkinson et al. 1986).

Hábito alimenticio: se alimenta en el interior de la corteza (floéfago) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Importancia: causa daños a arboles matando y trasmitiéndole hongos que manchan la madera, son individuos que compiten con especies de descortezadores primarios (Cibrián et al., 1995).

Nota: especie encontrada rara vez.

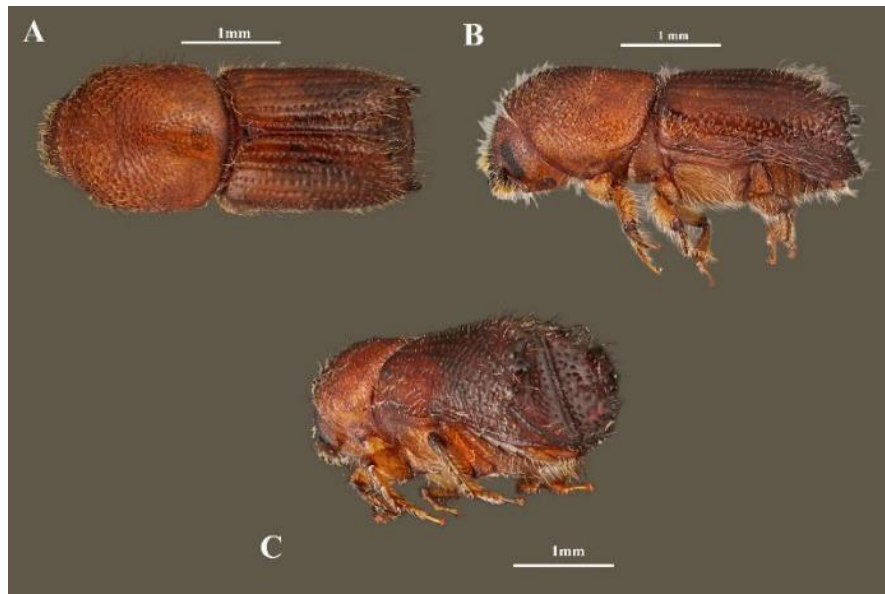


Figura 1.13. *Ips bonanseai* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.

***Monarthrum dentigerum* (LeConte, 1868)² (Fig. 1.14A, B, C)**

Descripción: el adulto es de cuerpo alargado, tiene un color café oscuro en algunas partes un café más claro. El declive elitral es convexo, presenta 2 pares de espinas en el declive elitral; el segundo par más grande. Tiene una longitud de 2.3 mm y ancho de 0.7 mm (Fig. 1.14).

Distribución: se conoce en Estados Unidos: Arizona, California, Oregón, Texas. En México se ha registrado: Baja California, Baja California Sur y Nuevo León. **Nuevo registro para Durango.** Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se

coleto en el sitio 1, a una altitud de 2655 msnm; se capturo durante los meses de mayo y junio del 2020; sitio 1 (T2) coordenadas: (24°2'53.75"N y 105°2'44.50"O).

Hospederos: se registra en Fagaceae: *Lithocarpus densiflora*, *Quercus agrifolia*; Juglandaceae y Lairaceae.

Hábito alimenticio: cultiva y se alimenta de hongos ectosimbióticos (xilomicetófago) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Nota: especie encontrada rara vez.

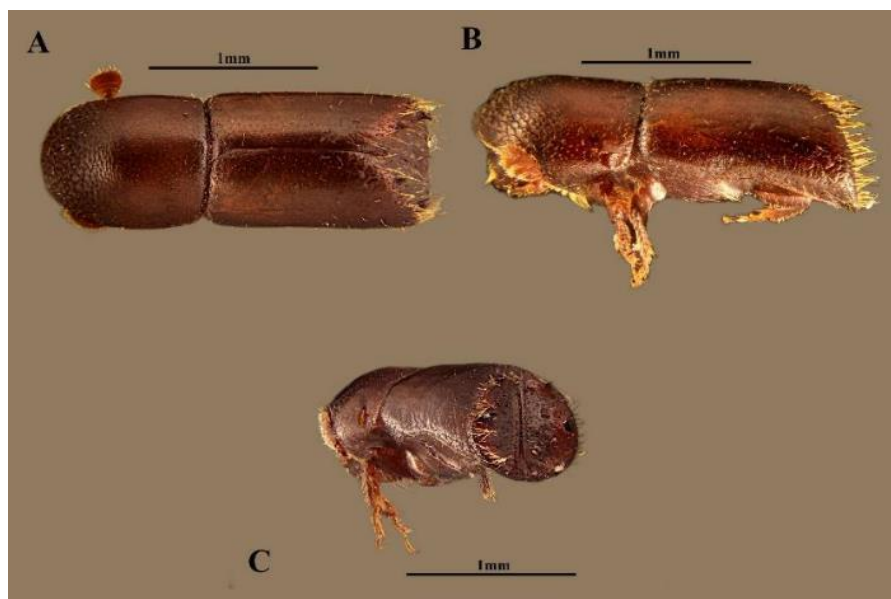


Figura 1.14. *Monarthrum dentigerum* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral (C).

***Monarthrum huachucae* (Wood, 1959)² (Fig. 1.15 A, B, C)**

Descripción: el adulto es de cuerpo alargado, tiene un color café oscuro. El declive elitral es convexo, presenta 3 pares de espinas en el declive elitral. Tiene una longitud de 3.4 mm y ancho de 1.0 mm (Fig. 1.15).

Distribución: se conoce en Estados Unidos: Arizona, Nuevo México. En México se ha registrado: Nuevo León, Sonora. **Nuevo registro para Durango**. Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se coleteo en los tres sitios, a una altitud de 2410 a 2655 msnm; se capturo durante los meses de febrero, marzo, mayo, junio y julio del 2020

(Fig. 1.16); sitio 1 (T10) coordenadas: (24°2'57.16"N y 105°2'46.34"O) y sitio 2 (T7) coordenadas: (24°3'04.19"N y 105°2'19.86"O) y sitio 3 (T8) coordenadas: (24°3'00.30"N y 105°1'42.71"O).

Hospederos: se registra en Fagaceae: *Quercus*: *Q. cupreata*, *Q. hypoleucoides*.

Hábito alimenticio: cultiva y se alimenta de hongos ectosimbióticos (xilomicetófago) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Nota: especie de mayor abundancia.

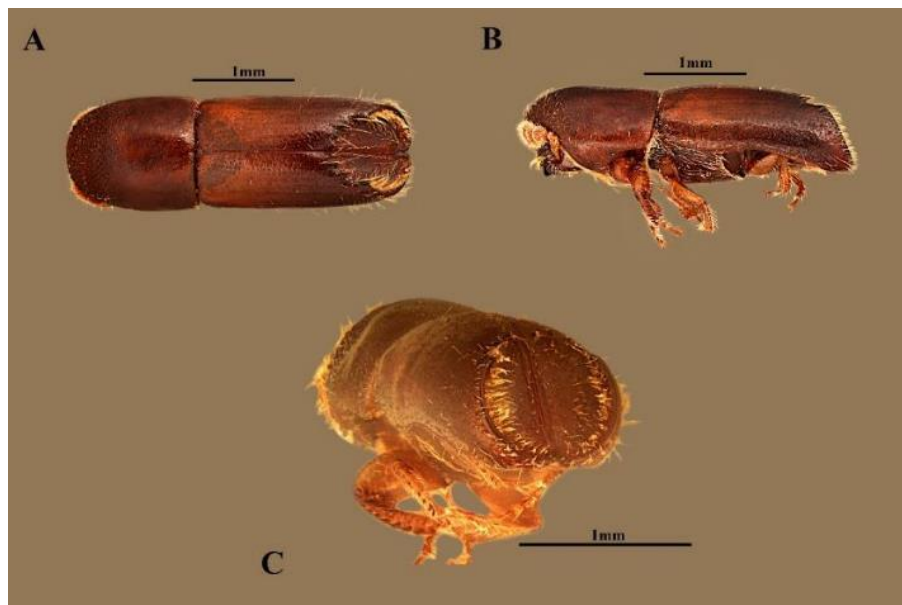


Figura 1.15. *Monarthrum huachucae* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.

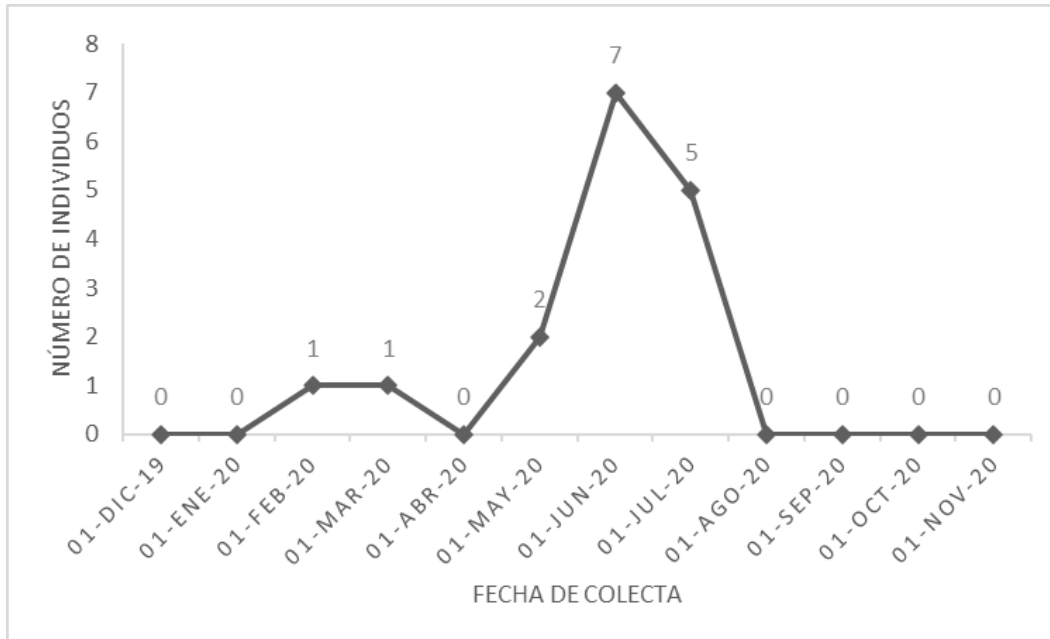


Figura 1.16. Fluctuación poblacional de *Monarthrum huachucae*.

***Monarthrum quercicolens* (Wood, 1967)**

Descripción: el adulto es de cuerpo alargado, tiene un color café oscuro en la parte media del cuerpo de un café más claro. Declive elitral convexo, presentan 3 pares de espinas en la parte media el declive elitral.

Distribución: se conoce en Costa Rica; Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá. En México se ha registrado: Chiapas, Chihuahua, Durango, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca y Tamaulipas. Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se colecto solo en el sitio tres, a una altitud de 2410 msnm; se capturo durante el mes de julio del 2020 (Fig. 20); sitio 3 (T7) coordenadas: (24°2'58.67"N y 105°1'43.92"O).

Hospederos: se registra en Fagaceae: *Quercus*: *Q. laurina*, *Q. sp.* . Es una especie monófaga (Atkinson et al., 1986).

Hábito alimenticio: cultiva y se alimenta de hongos ectosimbióticos (xilomicetófago) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Nota: especie encontrada solo una vez.

***Monarthrum tuberculatum* (Wood, 2007)² (Fig. 1.17 A, B, C)**

Descripción: el adulto es de cuerpo ligeramente robusto, tiene color café cobrizo en la parte media de un café más oscuro. El declive elitral es convexo, presentan 2 pares de espinas el declive elitral. Tiene una longitud de 1.9 mm y ancho de 0.6 mm (Fig. 1.17).

Distribución: en México se ha registrado: Jalisco, México, Michoacán, Morelos y Tlaxcala.

Nuevo registro para Durango. Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se coleteo en los tres sitios, a una altitud de 2410 a 2655 msnm; se capturo durante la mayoría de los meses con excepción de marzo, abril y noviembre del 2020 ninguna captura (Fig. 1.18); sitio 1 (T6) coordenadas: (24°2'51.54"N y 105°2'50.62"O), sitio 2 (T2) coordenadas: (24°3'00.95"N y 105°2'15.50"O) y sitio 3 (T5) coordenadas: (24°2'59.13"N y 105°1'46.01"O).

Hospederos: se ha registrado en trampas de luz ultravioleta, trampas con feromonas, etc. (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Hábito alimenticio:

Nota: especie de mayor abundancia.



Figura 1.17. *Monarthrum tuberculatum* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.

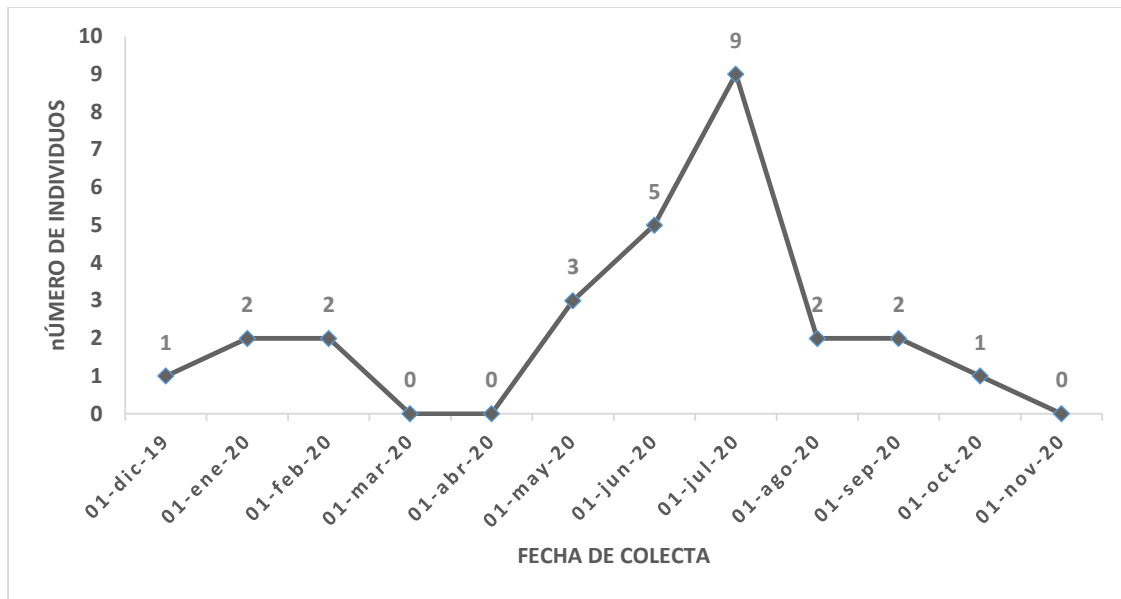


Figura 1.18. Fluctuación poblacional de *Monarthrum tuberculatum*.

***Monarthrum xalapensis* (Wood, 1987)² (Fig. 1.19 A, B, C)**

Descripción: el adulto es de cuerpo alargado, un color café rojizo a café más claro en la parte caudal del abdomen. El declive elitral es convexo con 2 pares de espinas en la parte caudal, más pronunciante en machos. Tiene una longitud de 2.3 mm y ancho de 0.6 mm (Fig. 1.19).

Distribución: se presenta en elevaciones intermedias húmedas en el centro de México. En México se ha registrado en los estados de Hidalgo, México, y Veracruz. **Nuevo registro para Durango.** Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se coletó en el sitio 3, a una altitud de 2410 msnm; se capturó durante el mes de junio del 2020; sitio 3 (T7) coordenadas: (24°2'58.67"N y 105°1'43.92"O).

Hospederos: se registra en Fagaceae: *Quercus* sp.

Hábitos alimenticios: cultiva y se alimenta de hongos ectosimbióticos (xilomicetófago) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Nota: especie encontrada solo una vez.

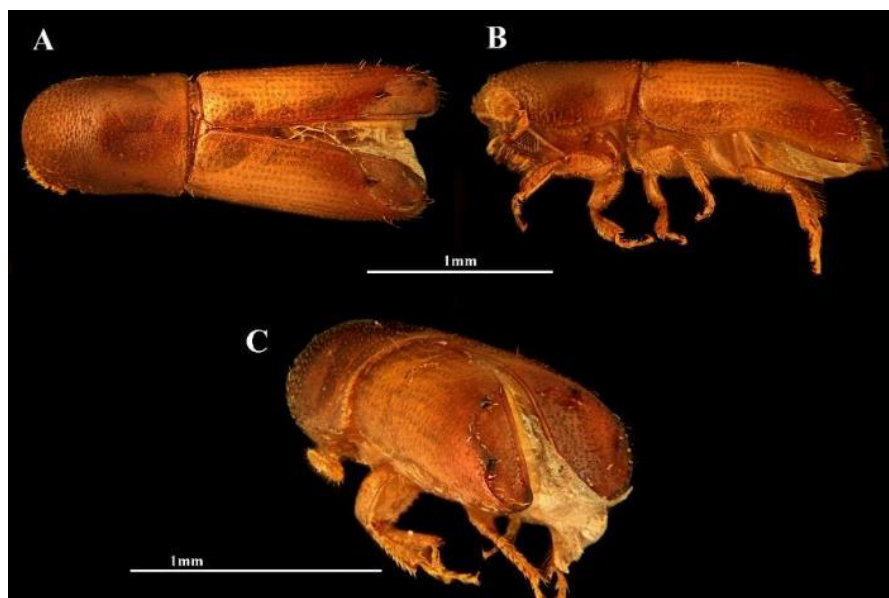


Figura 1.19. *Monarthrum xalapensis* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.

***Pityophthorus confusus* (Blandford, 1904) (Fig. 1.20 A, B, C)**

Descripción: el adulto es de cuerpo cilíndrico alargado, tiene un color de café a cobrizo. De vista dorsal el protórax recubre la cabeza. El declive elitral es convexo, en la parte media del margen caudal presenta un par de espinas poco pronunciadas. Tiene una longitud de 1.7 mm y de ancho 0.5 mm (Fig. 1.20).

Distribución: se conoce en El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua. En el caribe en las Bahamas. Asimismo, en los Estados Unidos: Alabama, Arkansas, Florida, Georgia, entre otros. En México se ha registrado: Chiapas, Durango, Guerrero, Jalisco, México. Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se coletó en el sitio 1, a una altitud de 2655 msnm; se capturó durante el mes de enero y octubre del 2020; sitio 1 (T2) coordenadas: (24°2'53.75"N y 105°2'44.50"O).

Hospederos: se registra en Pinaceae: *Pinus* (47): *P. michoacana*, *P. oocarpa*, *P. remota*, *P. taeda*, *P. teocote*, *P. virginia*.

Hábito alimenticio: se alimenta en el interior de la corteza (floéfago) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Nota: especie encontrada rara vez.



Figura 1.20. *Pityophthorus confusus* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.

***Pityophthorus delicatus* (Wood, 1978) (Fig. 1.21A, B, C)**

Descripción: el adulto presenta un cuerpo alargado, tiene un color café anaranjado. El declive elitral es convexo, presentan el declive elitral liso. Tiene una longitud de 2.0 mm y un ancho de 0.6 mm (Fig. 1.21).

Distribución: se conoce en Guatemala y Honduras. En México se ha registrado: Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Durango, México y Michoacán. Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se coleteo en el sitio 1, a una altitud de 2655 msnm; se capturo durante el mes de noviembre del 2020; sitio 1 (T1) coordenadas: (24°2'54.66"N y 105°2'43.40"O).

Hospederos: se registra en Pinaceae (21) *Pinus* (20): *P. arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. cembroides*, *P. chihuahuana*, *P. cooperi*, *P. englmannii*, *P. leiophylla*, *P. lumholtzii*, *P. teocote*; *Pseudotsuga menziesii*.

Hábito alimenticio: se alimenta en el interior de la corteza (floéfago) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Nota: especie encontrada solo una vez.

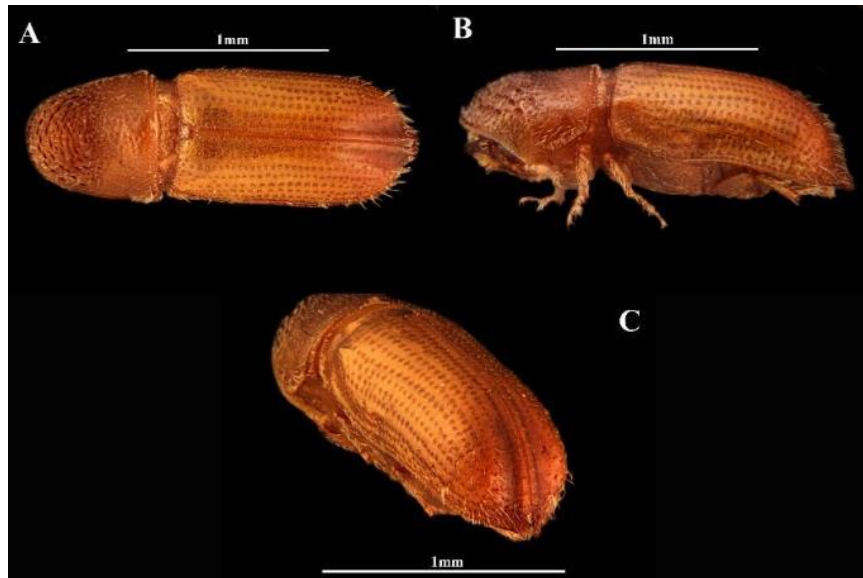


Figura 1.21. *Pityophthrus delicatus* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.

***Pityophthorus schwarzi* (Blackman, 1928) (Fig. 1.22 A, B, C)**

Descripción: el adulto es de cuerpo robusto alargado, tiene un color café oscuro en la parte inicial y un café más claro en la parte final del declive. El pronoto es alargado y cubre la cabeza. Los élitros estriados con puntuaciones. El declive elitral convexo, presentan cinco pares de espinas poco pronunciadas en el margen lateral en el declive elitral. Tiene una longitud de 2.5 mm y 1.0 mm (Fig. 1.22).

Distribución: se conoce en Estados Unidos: Arizona, New Mexico, Oklahoma, Texas, Utah y Wyoming. En México se ha registrado: Chihuahua, Coahuila, Durango, Hidalgo, México, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala y Veracruz. Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se colectó en el sitio 1, a una altitud de 2655 msnm; se capturó durante los meses de octubre y noviembre del 2020; sitio 1 (T9) coordenadas: (24°2'55.77"N y 105°2'47.23"O).

Hospederos: se registra en Pinaceae: *Pinus* (44): *P. cembroides*, *P. chihuahuana*, *P. greggii*, *P. leiophylla*, *P. lumholtzii*, *P. montezumae*, *P. teocote*.

Hábito alimenticio: se alimenta en el interior de la corteza en el floema (floefagó) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Importancia: Son insectos de importancia secundaria; ya que infestan arboles dañados por incendios o por otros agentes como pueden ser enfermedades de la raíz.

Nota: especie encontrada rara vez.

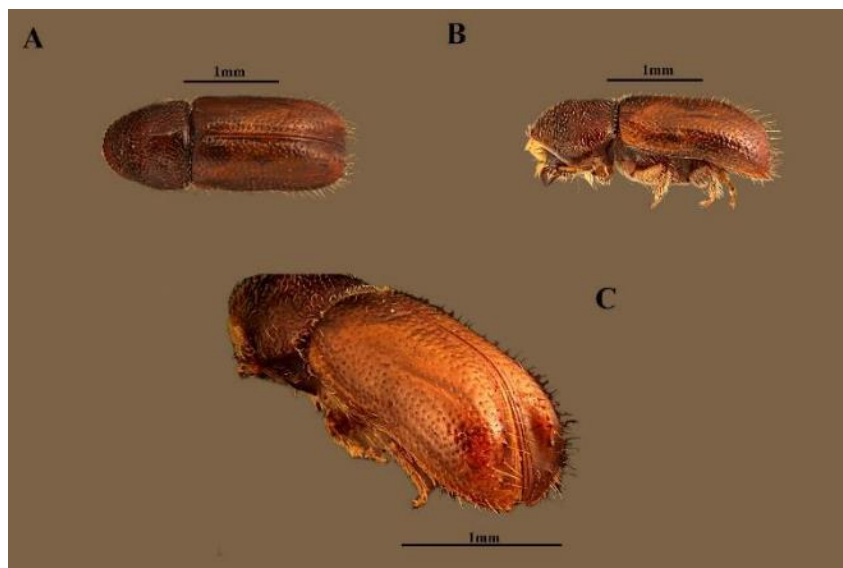


Figura 1.22. *Pityophthorus schwarzi* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.

***Pityophthorus spadix* (Blackman, 1942) (Fig. 1.23A, B, C)**

Descripción: el adulto es de cuerpo alargado robusto, tiene un color rojizo cobrizo en algunas partes poco más oscuras. El declive elitral es convexo, presentan 6 pares de espinas en el declive elitral. Tiene una longitud de 2.2 mm y de ancho de 0.7 mm (Fig. 1.23).

Distribución: solo se conoce en México, se ha registrado: Chihuahua, Durango, Guerrero, Hidalgo, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala. Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se coletó en el sitio 1, a una altitud de 2655 msnm; se capturó durante los meses de abril, mayo y agosto del 2020; sitio 1 (T1) coordenadas: (24°2'54.66"N y 105°2'43.40"O).

Hospederos: se registra en Pinaceae: *Pinus* (13): *P. leiophylla*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus*.

Hábito alimenticio: se alimenta en el interior de la corteza en el floema (floefagó) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Nota: especie encontrada rara vez.

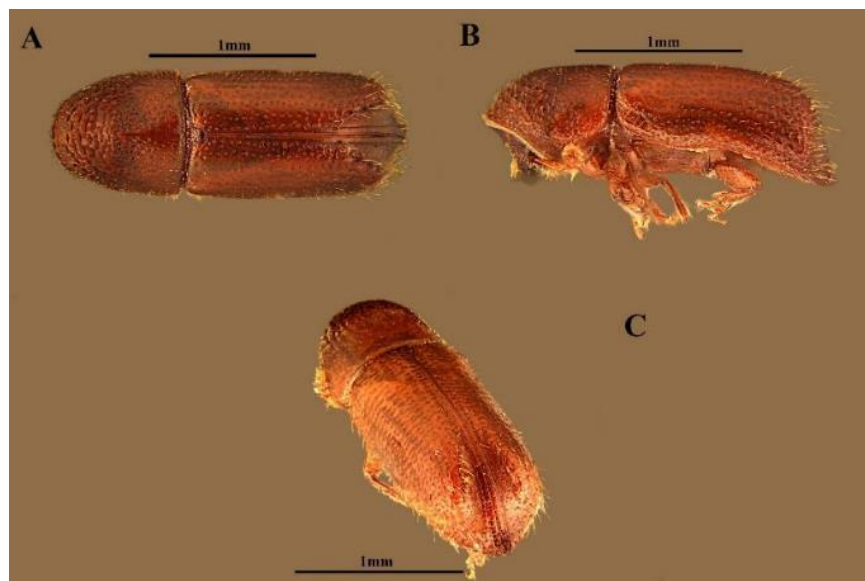


Figura 1.23. *Pityophthorus spadix* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.

***Pseudopityophthorus granulatus* (Blackman, 1931)² (Fig. 1.24 A, B, C)**

Descripción: el adulto es de cuerpo cilíndrico ligeramente alargado, tiene un color de negro a morado en algunas partes más claras que otras. La cabeza está cubierta por el pronoto. El declive elitral es convexo, presentan granulaciones dispersas en el declive elitral. Tiene una longitud de 1.7 mm y de ancho 0.6 mm (Fig. 1.24).

Distribución: solo se conoce en Estados Unidos: Arizona. En México se ha registrado: Sonora. **Nuevo registro para Durango.** Localidad en Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se colecto en los tres sitios, a una altitud de 2410 a 2655 msnm; se capturo durante la mayoría de los meses con excepción de diciembre del 2019, febrero, marzo y mayo del 2020 ninguna captura (Fig. 1.25); sitio 1 (T8) coordenadas: (24°2'54.24"N y 105°2'48.29"O), sitio 2 (T6) coordenadas: (24°3'03.16"N y 105°2'18.16"O) y sitio 3 (T4) coordenadas: (24°3'00.27"N y 105°1'44.98"O).

Hospederos: se ha registrado en Fagaceae: *Quercus*: *Q. griseus*, *Q. hypoleuca*, *Q. hypoleucoides*, *Q. mcvaughii*. *Alnus* spp.

Hábito alimenticio: se alimentan en el interior de la corteza en el floema (floéfago) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Nota: especie de mayor abundancia.

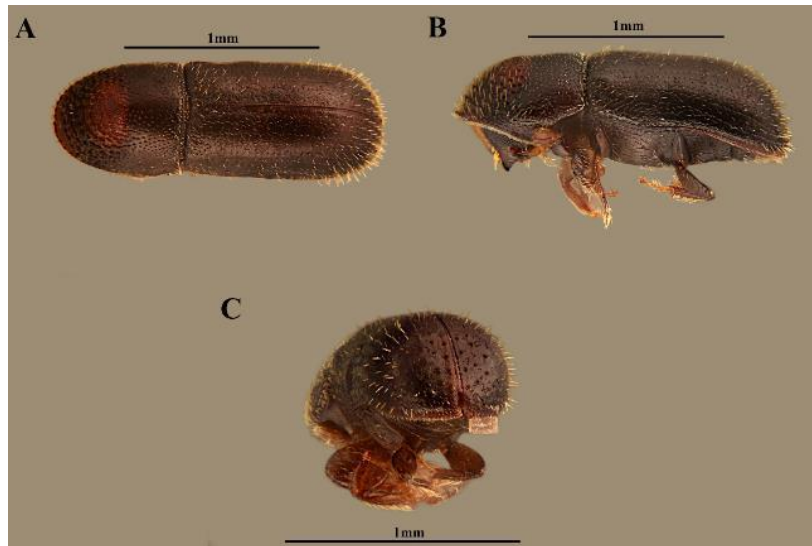


Figura 1.24. *Pseudopityophthorus granulatus* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elital.

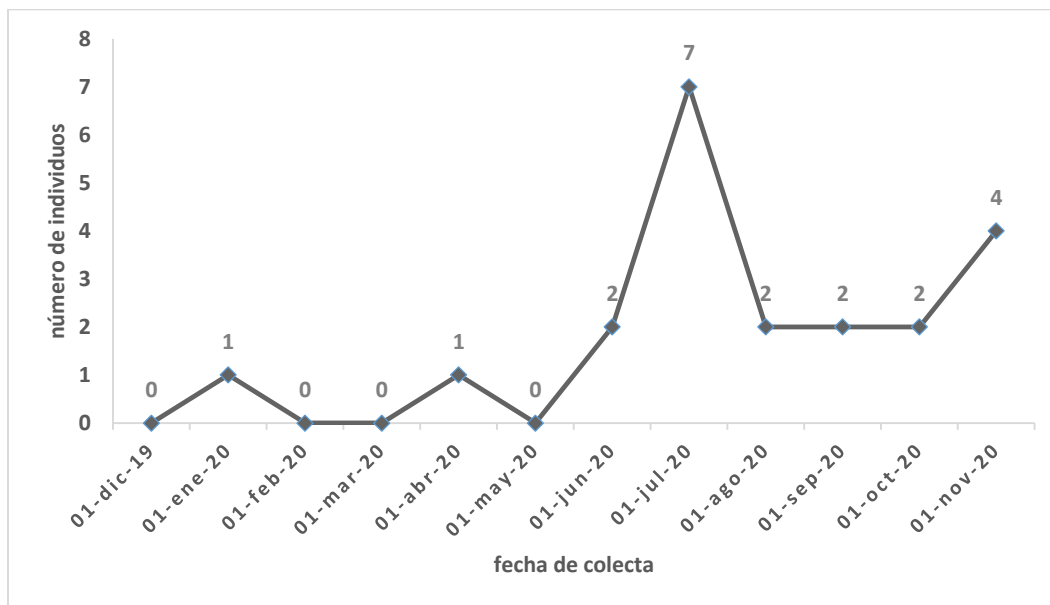


Figura 1.25. Fluctuación poblacional de *Pseudopityophthorus granulatus*.

***Pseudothysanoes quercicolens* (Wood, 1956) (Fig. 1.26A, B, C)**

Descripción: el adulto es de cuerpo robusto, color negro en todo el cuerpo, con setas pequeñas dispersas de color amarillo. El declive elitral es convexo y liso. Tiene una longitud de 1.5 mm y de ancho de 0.6 mm (Fig. 1.26).

Distribución: solo se conoce en México se ha registrado: Chihuahua, Durango, Hidalgo, Michoacán, Sinaloa y Sonora. Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se coleteo en los tres sitios, a una altitud de 2410 a 2655 msnm; se capturo durante los meses de junio a septiembre del 2020; sitio 1 (T3) coordenadas: (24°2'52.68"N y 105°2'45.84"O), sitio 2 (T1) coordenadas: (24°3'02.25"N y 105°2'16.42"O) y sitio 3 (T6) coordenadas: (24°2'57.60"N y 105°1'45.51"O).

Hospederos: se registra en Fagaceae (4) *Quercus mcvaughii*.

Hábito alimenticio: se alimenta en el interior de la corteza en el floema (floefagó) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Nota: especie encontrada rara vez.

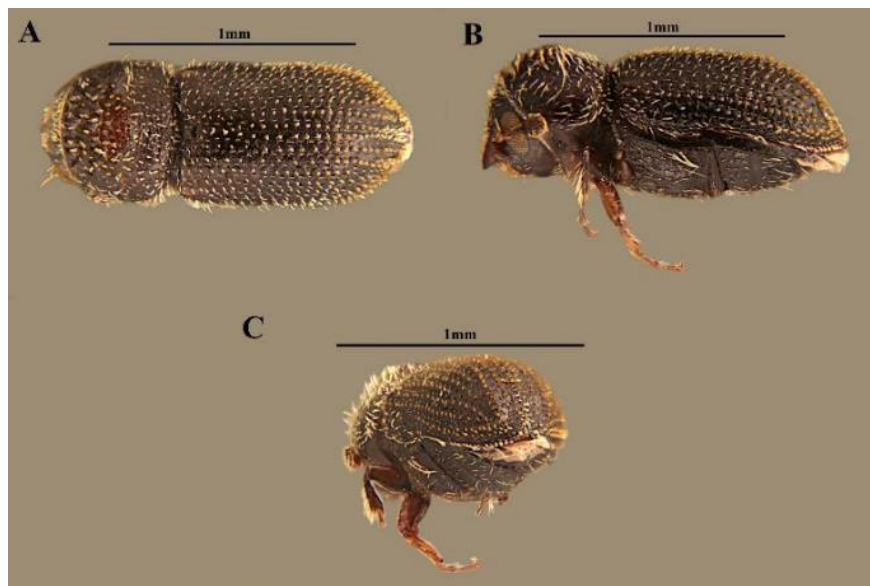


Figura 1.26. *Pseudothysanoes quercicolens* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.

***Thysanoes fimbricornis* (LeConte, 1876) (Fig. 1.27 A, B, C)**

Descripción: el adulto es de cuerpo robusto, tiene un color café oscuro en todo el cuerpo. El declive elitral es convexo, presentan un declive elitral liso. Tiene una longitud de 1.4 mm y de ancho de 0.5 mm (Fig. 1.27).

Distribución: se conoce en Estados Unidos: Alabama, Arkansas, Delaware, Florida, Georgia, Illinois, Indiana, Pennsylvania, entre otros. En México se ha registrado: Durango, Hidalgo, Oaxaca, Tamaulipas y Veracruz. Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se coletó en el sitio 1 y 2, a una altitud de 2655 a 2540 msnm; se capturó durante los meses de mayo, junio y julio del 2020; sitio 1 (T7) coordenadas: (24°2'53.03"N y 105°2'49.63"O) y sitio 2 (T6) coordenadas: (24°3'03.16"N y 105°2'18.16"O).

Hospederos: se registra en Aceraceae, Cannabaceae, Fagaceae: *Quercus geminata*, *Q. virginiana*, Juglandaceae, Leguminosae, Loranthaceae, Moraceae, Rhamnaceae y Solanaceae.

Hábito alimenticio: se alimentan de madera seca de ramas y árboles muertos o madera de uso comercial (xilófago) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Nota: especie encontrada rara vez.

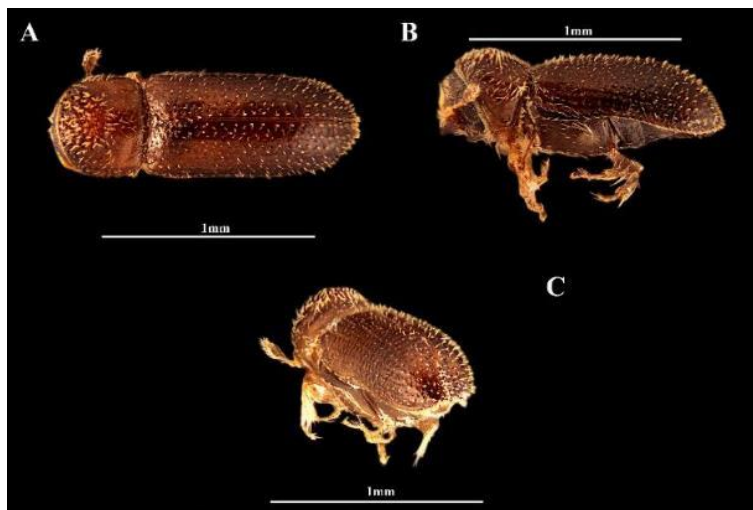


Figura 1.27. *Thysanoes fimbricornis* en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.

***Tricolus* pro. sp. N (Fig. 1.28 A, B, C)**

Descripción: el adulto presenta un cuerpo robusto, tiene un color café oscuro en la parte inicial y final, y en la parte media de un café claro. El declive elitral es convexo, presentan 3 pares de espinas en el declive elitral. Tiene una longitud de 2.6 mm y de ancho de 0.8 mm (Fig. 1.28).

Distribución: **sin definir.** Localidad de Otinapa y San Carlos, Durango. La especie se coletó en el sitio 3, a una altitud de 2410 msnm; se capturó durante el mes de junio del 2020; sitio 3 (T1) coordenadas: (24°3'03.29"N y 105°1'40.59"O).

Hospederos: **sin definir.**

Hábito alimenticio: **sin definir.**

Nota: especie encontrada una vez.

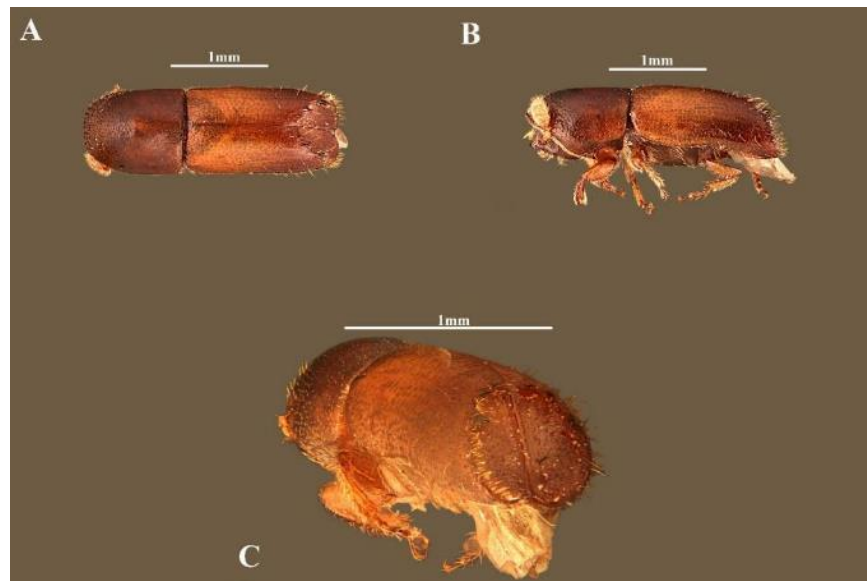


Figura 1.28. *Tricolus* sp. en: (A) vista dorsal, (B) vista lateral y (C) vista declive elitral.

1.5.3. Riqueza y abundancia escolitinos

La riqueza y abundancia total de escolitinos presente en cada sitio de recolecta en la localidad de estudio obtuvo: en el sitio 1: 72 capturas de 16 especies de 10 géneros; seguido del sitio 2: 34 capturas de 10 especies de 7 géneros; y por último el sitio 3: 32 capturas de 13 especie de 8 géneros (Fig. 1.29).

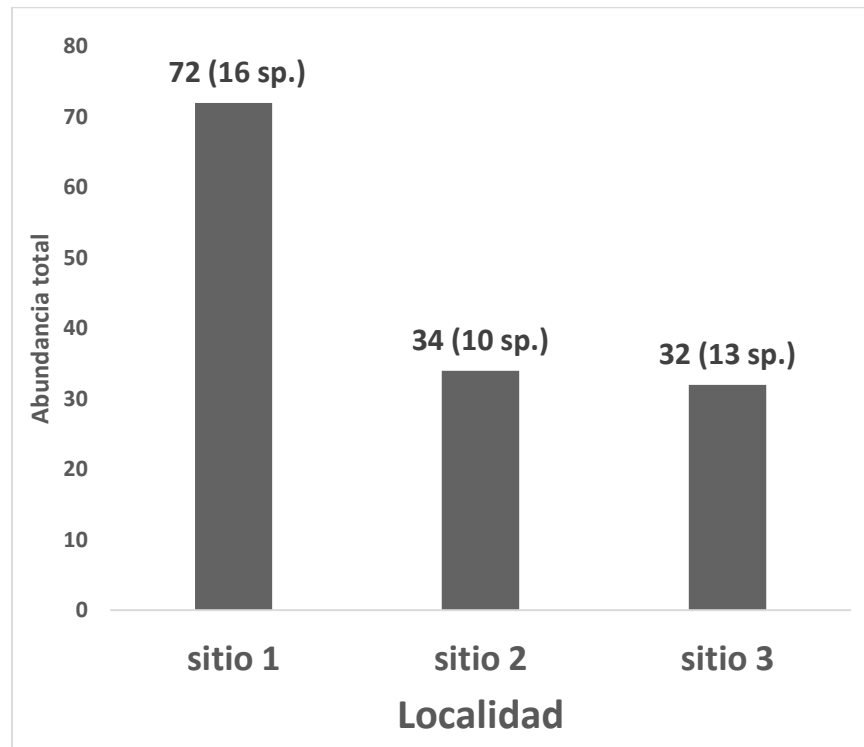


Figura 1.29. Riqueza y abundancia total de escolitinos colectados en trampas artesanales tipo Ecoiapar con etanol en el Sitio 1) a 2655 msnm, sitio 2) a 2540 msnm y sitio 3) 2410 msnm, en la localidad del ejido Estación Otinapa y San Carlos, Durango, México.

De los tres sitios de la localidad de muestreo, en el sitio 1: las especies de mayor abundancia fueron: *M. tuberculatum* (10.14%) de 14 capturas, *P. granulatus* (7.97%) de 12 capturas, *C. nudus* (6.52%) de 9 capturas, *C burgosi* (5.79%) de 8 capturas y *P. spadix* (5.07%) de 7 capturas, en respecto al total de que corresponde (64.51%) de 86 capturas de los escolitinos colectados en el estudio (Fig. 1.30A).

En el sitio 2 las especies más abundantes fueron: *M. tuberculatum* (7.97%) de 11 capturas, *P. granulatus* (5.07%) de 7 capturas, *M. huachucae* (3.62%) de 5 capturas y *C.*

burgosi, *C. nudus*, *P. quercicolens*, *T. fimbriicornis* (5.76%) de 2,2,2,2 capturas, comparando el total (77.34%) de 107 capturas de escolitinos (Fig. 1.30B).

Las especies más abundante del sitio tres fueron: *M. huachucae* (7.97%) de 10 capturas, *Gnathotricus dentatus* (3.62%) de 5 capturas, *P. granulatus* (2.17%) de 3 capturas, y *A. rameus*, *C. burgosi*, *C. nudus* y *M. tuberculatum* con (5.76%) de 2,2,2,2 capturas del total que corresponde (80.24 %) de 112 capturas de escolitinos en el estudio (Fig. 1.30C)

1.5.4. Hábitos alimenticios

En relación a los hábitos alimenticios en el total de las especies capturadas en el estudio, el hábito con mayor presencia fue xilomicetófago (54.54%), seguido de fleófago (31.81%), xilófago (9.09%) y espermatófago (4.54%) (Cuadro 1.2).

Cuadro 1.2. Hábitos alimenticios de especies de Scolytinae de tres sitios del Ejido Estación Otinapa y San Carlos Durango, México.

Habito alimenticio	Especies	Porcentaje
Espermatófago	1	4.54%
Fleófago	7	31.81%
Xilófago	2	9.09%
Xilomicetófago	12	54.54%
Número total	22	100%

Los porcentajes correspondientes en cuanto a los hábitos alimentarios de las especies del sitio 1: obtuvo xilomicetófago (44%) de 7 especies, fleófago con (44%) de 7 especies y xilófago (12%) de 2 especies (Fig. 1.31A). El sitio dos presento los porcentajes de xilomicetófago (60%) de 6 especies, fleófago (30%) de 3 especies y xilófago (10%) de una especie (Fig. 1.31B). El sitio 3 presento los porcentajes de xilomicetófago (77%) de 10 especies, fleófago (15%) de 2 especies y espermatófago (8%) de una especie (Fig. 1.31C). Por último, en el total de sitios presentaron los porcentajes de xilomicetófago (54%) de 12 especies, fleófago (32%) de 7 especies, xilófago (9%) de dos especies y espermatófago (5%) de una especie (Fig. 1.31D).

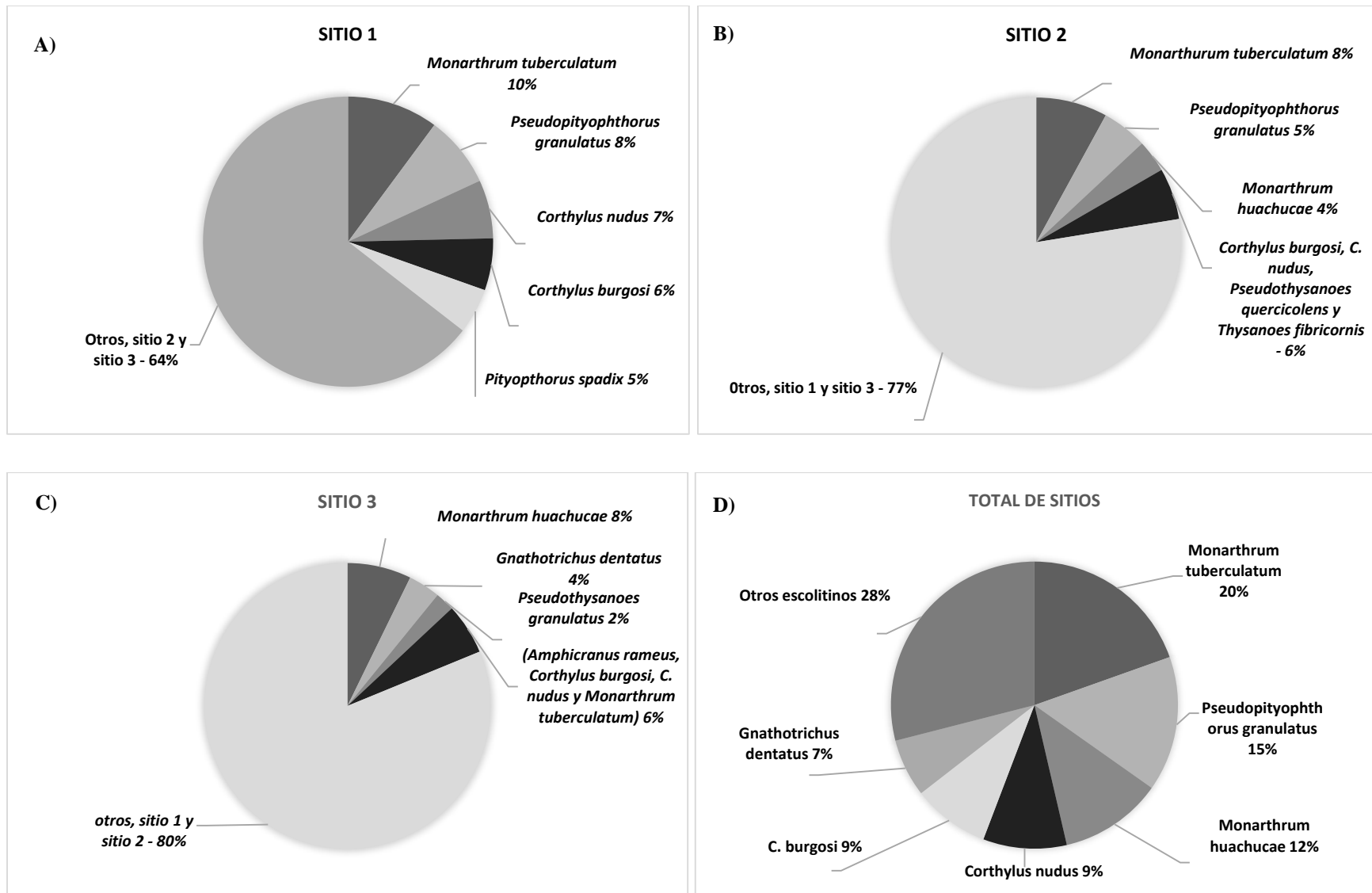


Figura 1.30. Especies de escolitinos más abundantes: A) sitio 1), B) sitio 2), C) sitio 3) y D) total de sitios, con respecto al total de individuos capturados en el muestreo.

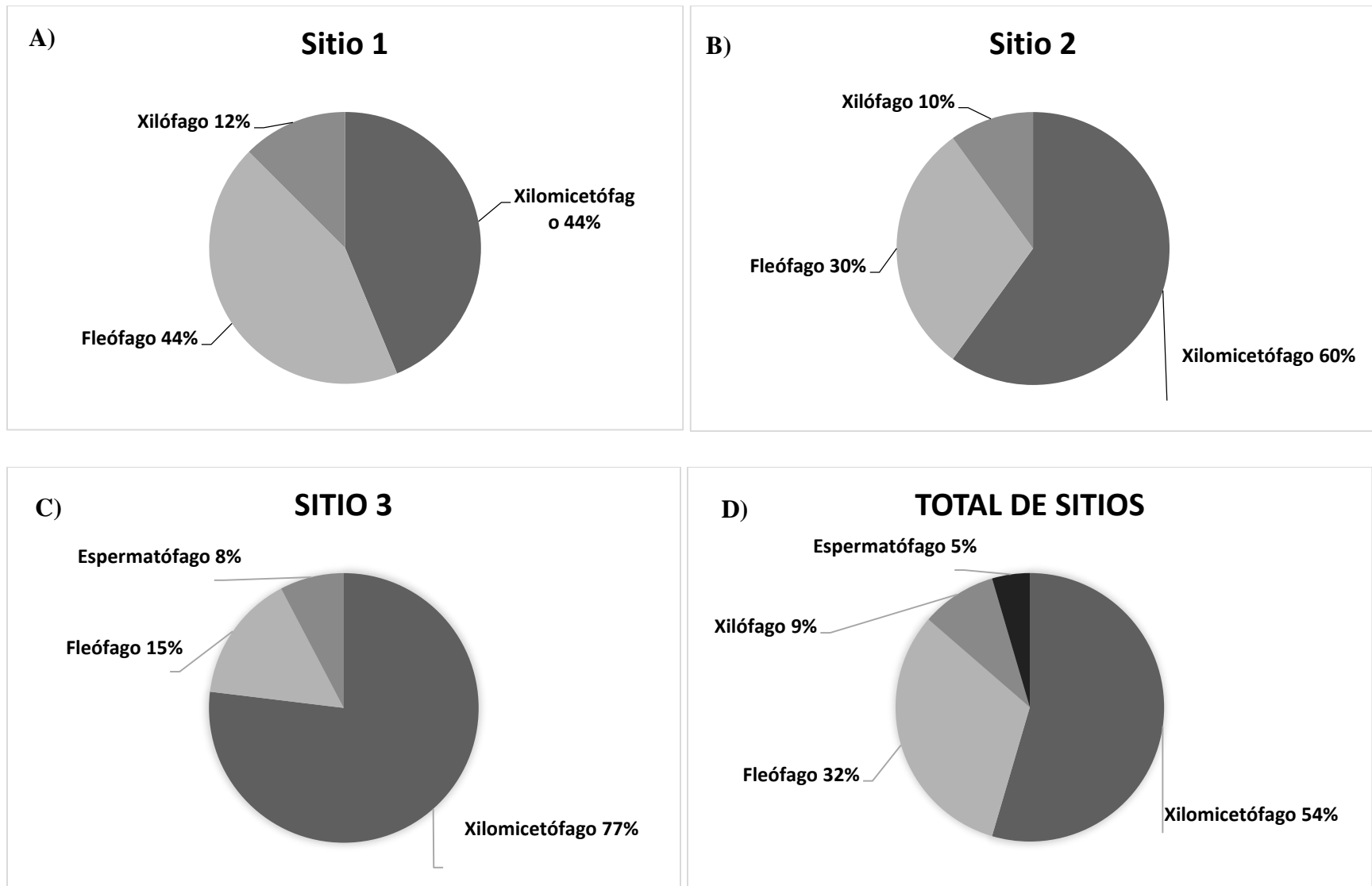


Figura 1.31. Porcentaje por hábitos alimenticios de escolitinos: A) sitio 1), B) sitio 2), C) sitio 3) y D) total de sitios, en la localidad de Otinapa y San Carlos, Durango.

Además, los porcentajes de los hábitos alimenticios se dividieron por género para cada uno de los sitios de colecta (1.3)

Cuadro 1.3. Hábitos alimenticios de los géneros representados en los tres sitios de muestreo con porcentajes del ejido Estación Otinapa y San Carlos, Durango.

Hábito	Género	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
Espermatófago	<i>Conophthorus.</i>	0%	0%	8.33%
Fleófago	<i>Ips, Pityophthorus, Pseudopityophorus y Pseudothysanoes.</i>	43.75%	30%	16.66%
Xilófago	<i>Hylocurus, Thysanoes.</i>	12.5%	10%	0%
Xilomicetofago	<i>Amphicranus, Corthylus, Gnathotricus, Monarthrum, y Tricolus.</i>	43.75%	60%	75%

1.5.5. Fluctuación poblacional de escolitinos

De la colecta total de escolitinos capturados se graficó la fluctuación poblacional de los tres sitios, esta se realizó mensualmente durante un año de muestreo, expresando tres picos poblacionales uno más marcado de los otros dos restantes. El primer pico se presenta al comenzar la estación de verano en junio con 28 capturas (sitio 1: 14; sitio 2: 7 y sitio 3: 7); después un segundo pico coincide con la mayor abundancia se presentó en la estación de verano en el mes de julio con 37 capturas (sitio 1: 17; sitio 2: 11 y sitio 3: 9); y por último el tercer pico declina en la estación de otoño en septiembre con 13 capturas (sitio 1: 9; sitio 2: 3 y sitio 3: 1). En la estación de invierno en el mes de diciembre fue donde se obtuvo la menor abundancia obteniendo un solo individuo colectado en el sitio 2 (Fig. 1.32).

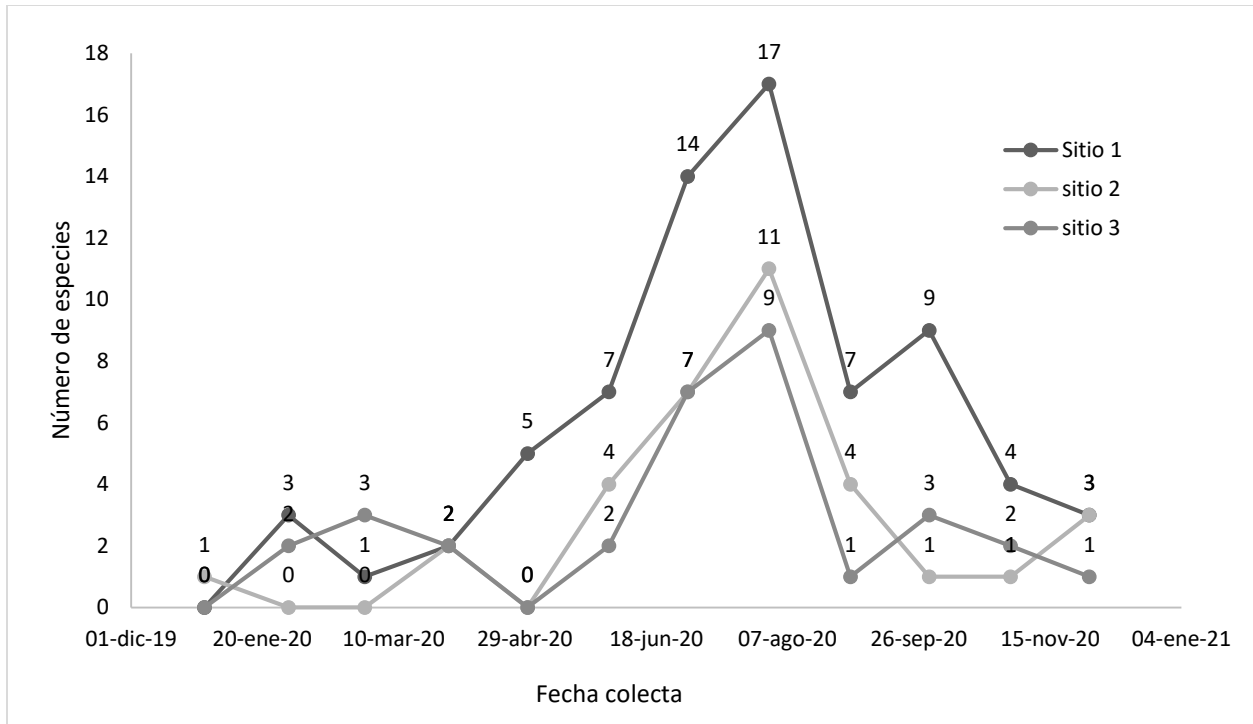


Figura 1.32. Fluctuación poblacional de escolitinos capturados con trampas con etanol en los tres sitios del ejido Estación Otinapa y San Carlos, Durango.

Fluctuación de las especies más abundantes de los tres sitios. La especie más abundante corresponde a *M. tuberculatum* con 27 capturas con el pico más abundante con 9 capturas en el mes de julio. Le sigue *P. granulatus* con 21 capturas con el pico mayor con 7 capturas en el mes de julio. *M. quercicolen* con 17 capturas, con el pico más alto con 7 capturas en el mes de junio. Para *C. nudus* con 13 capturas, con el pico más abundante con 5 capturas en el mes de julio. *C. burgosi* con 12 capturas, con el pico más alto con 6 capturas en el mes de julio. Por último, la especie *G. dentatus* presento 9 capturas, con el pico más alto con 3 capturas en el mes de marzo (Fig. 1.33). Las demás especies presentaron un número menor de capturas y presentan rara vez durante el muestreo.

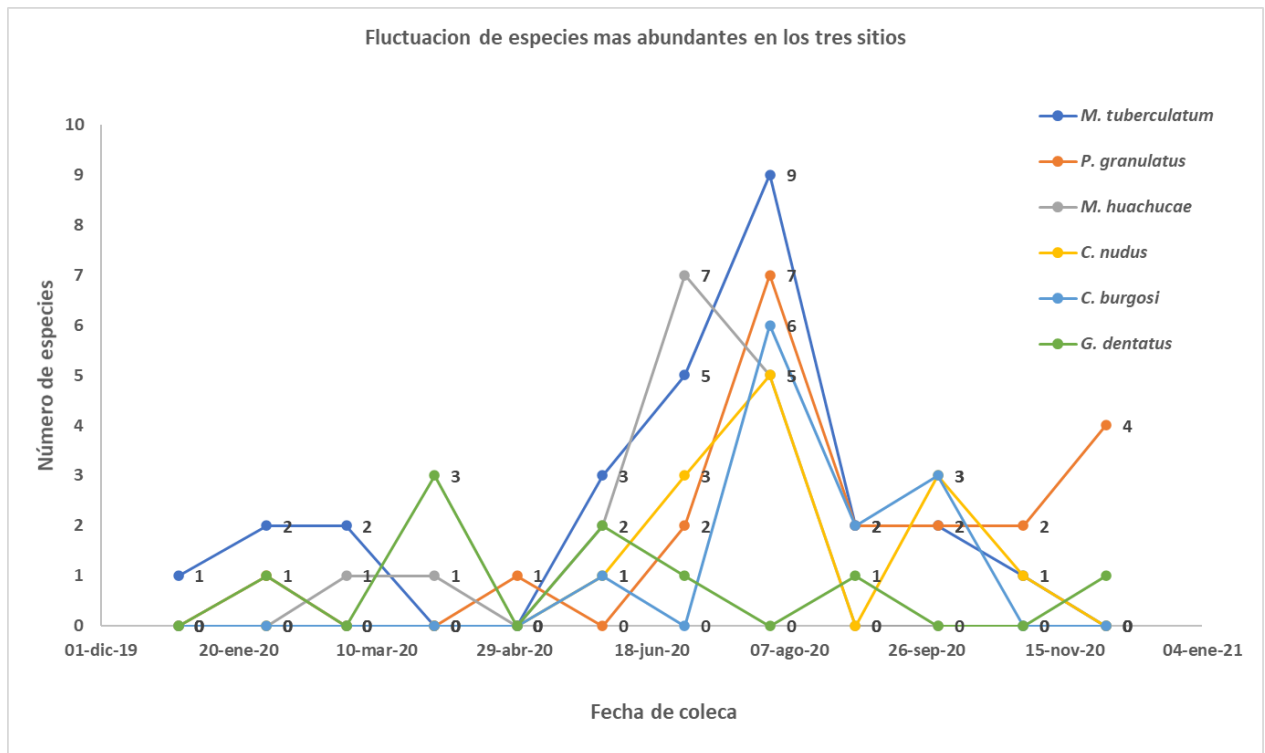


Figura 1.33. Fluctuación poblacional de especies más abundantes durante un año de los tres sitios de estudio del ejido Estación Otinapa y San Carlos, Durango.

La fluctuación para las especies más abundantes del sitio uno fue: *M. tuberculatum* con 14 capturas, *P. granulatus* con 11 capturas y *C. nudus* con 9 capturas, con la mayor abundancia de las especies de 5, 4 y 3 capturas en el mes de julio que coincide con la estación a mediados de verano en tiempos de lluvia (Fig. 1.34).

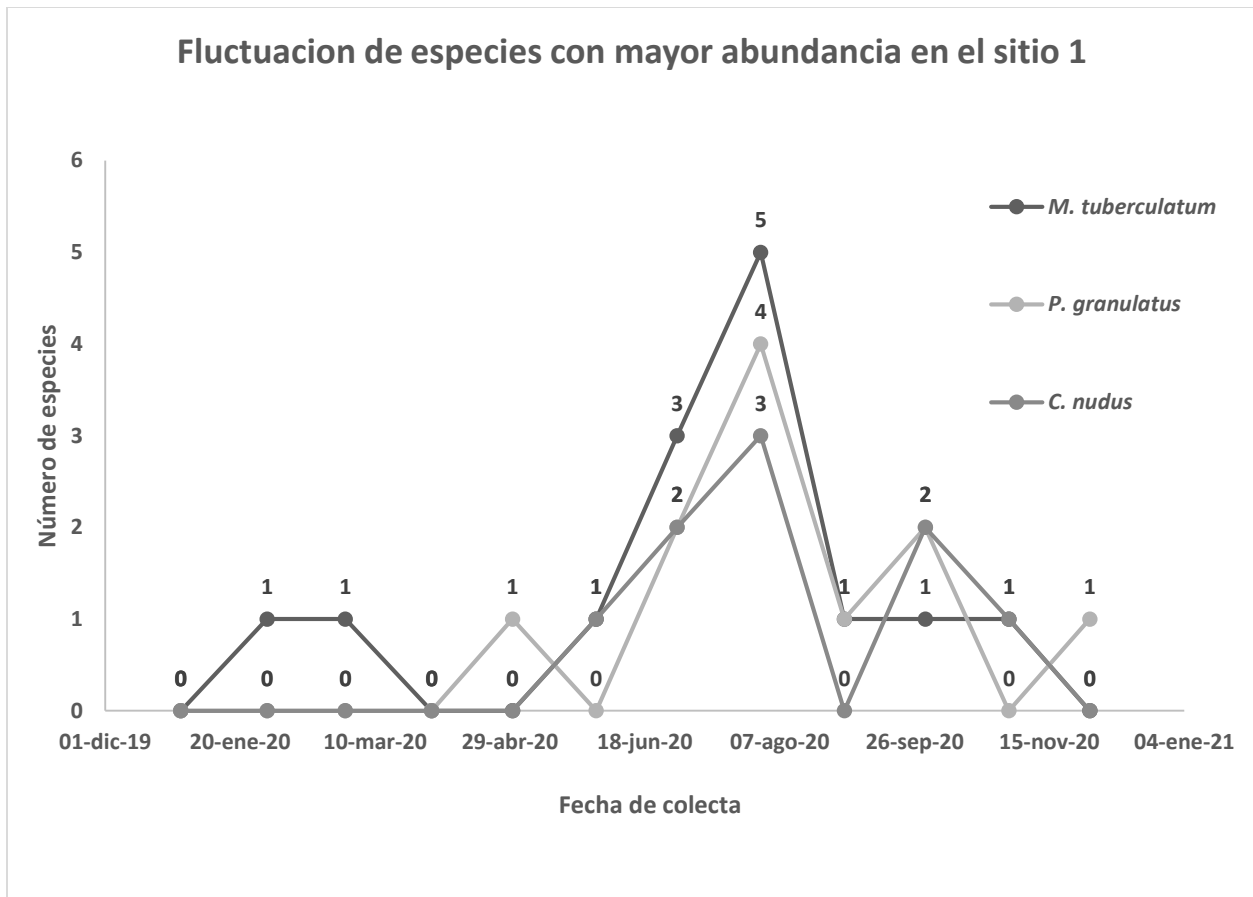


Figura 1.34. Fluctuación poblacional de las especies más abundantes sitio 1 del ejido Estación Otinapa y San Carlo, Durango.

El sitio dos la fluctuación de las especies con la mayor abundancia fue: *M. tuberculatum* con 11 capturas, *P. granulatus* con 7 capturas y *M. huachucae* con 5 capturas, con la mayor abundancia de las especies de 4, 3 y 2 capturas en los meses de julio, noviembre y Junio; relacionadas *M. tuberculatum* y *M. huachucae* en la temporada de verano, y *P. granulatus* en la temporada de otoño (Fig. 1.35).

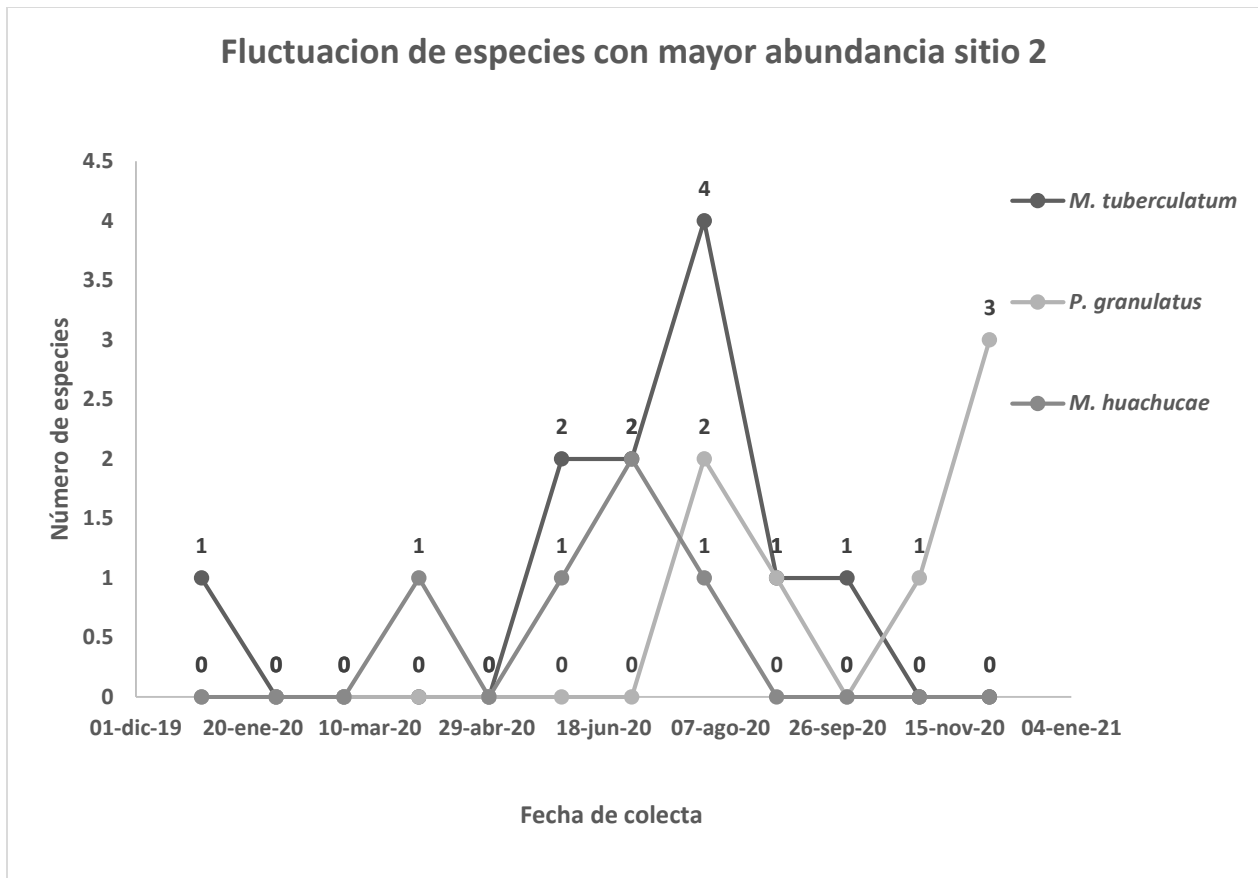


Figura 1.35. Fluctuación poblacional de las especies más abundantes sitio 2 del ejido Estación Otinapa y San Carlo, Durango.

Finalmente, en el sitio 3 la fluctuación de las especies más abundantes fue: *M. huachucae* con 10 capturas, *G. dentatus* con 5 capturas y *P. granulatus* con 3 capturas, la mayor captura fue de 5, 2 y 1 capturas en los meses de junio, marzo y enero; la primera especie relacionada en la estación a principios de verano, la segunda a principios de primavera y por último la tercera especie se presentó en la mayoría de las estaciones menos en primavera Fig. 1.36).

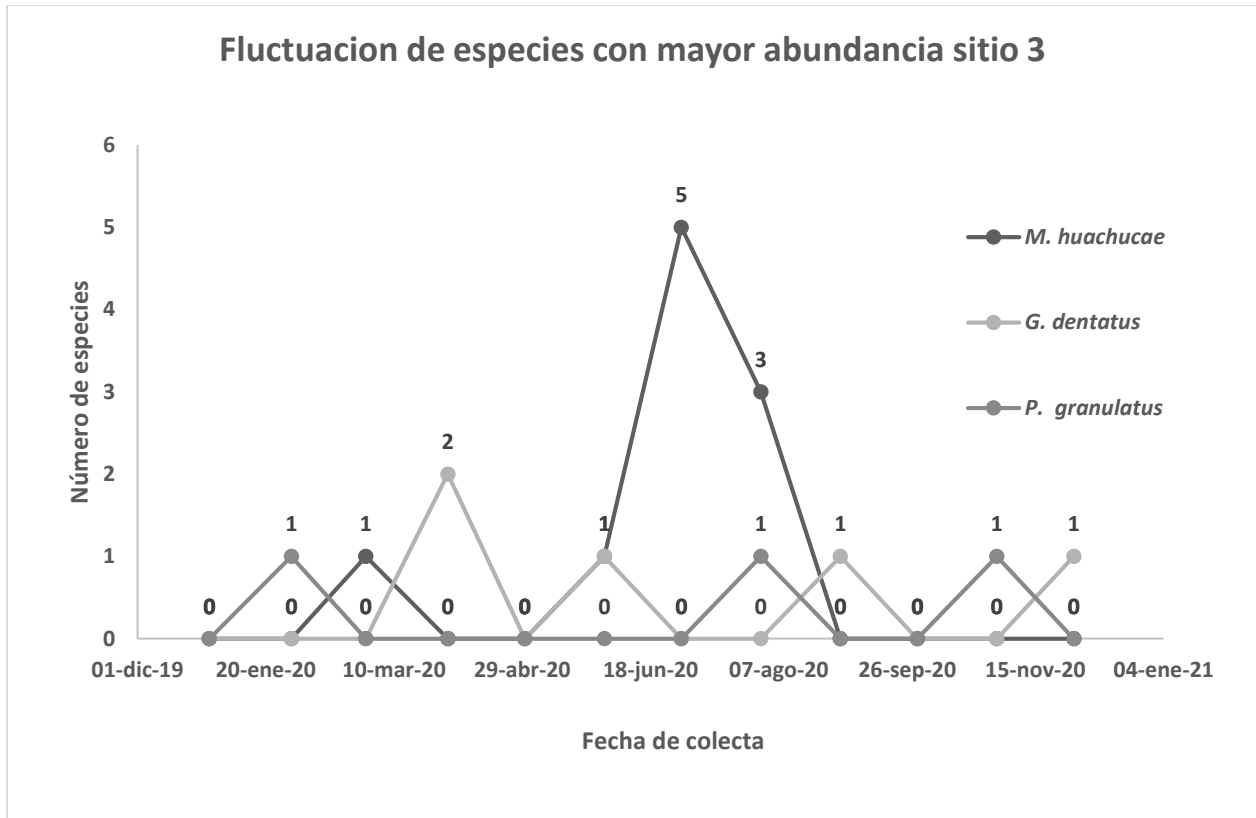


Figura 1.36. Fluctuación poblacional de las especies más abundantes sitio 3 del ejido Estación Otinapa y San Carlo, Durango.

1.5.6. Curvas de acumulación

De los sitios estudiados ninguno pudo obtener la asíntota, esto infiere que el esfuerzo en el muestreo no consiguió la riqueza total esperada de especies de escolinos en ninguno de los sitios.

Al comparar la riqueza observada en los individuos capturados de escolitinos del sitio 1 presento 16 especies representan el 94% de esfuerzo de muestreo, se requiere registrar 1 especie para obtener la asíntota con 17 especies. La curva de acumulación de especies muestra que la riqueza observada se acerca al límite inferior del estimador de Chao1; además se observa un crecimiento que no llega a la asíntota (Fig. 1.37A).

La riqueza observada en los especímenes de escolitinos capturados del muestreo del sitio 2 presento 10 especies representa el 91% de esfuerzo de muestreo, se ocupa el registro de una especie para conseguir la asíntota con 11 especies. La curva de

acumulación de especies muestra que la riqueza observada se acerca al límite inferior del estimador de Chao1; además se observa un crecimiento que no llega a la asíntota (Figura 1.37B).

La riqueza observada de los especímenes de escolitinos capturados del muestreo del sitio 3 presento 13 especies, que equivalen al 80% de esfuerzo de muestreo, es necesario registrar 2 especies para obtener la asíntota con 15 especies. La curva de acumulación de especies muestra que la riqueza observada se acerca al límite inferior del estimador de Chao1; además se observa un crecimiento que no llega a la asíntota (Fig. 1.37C).

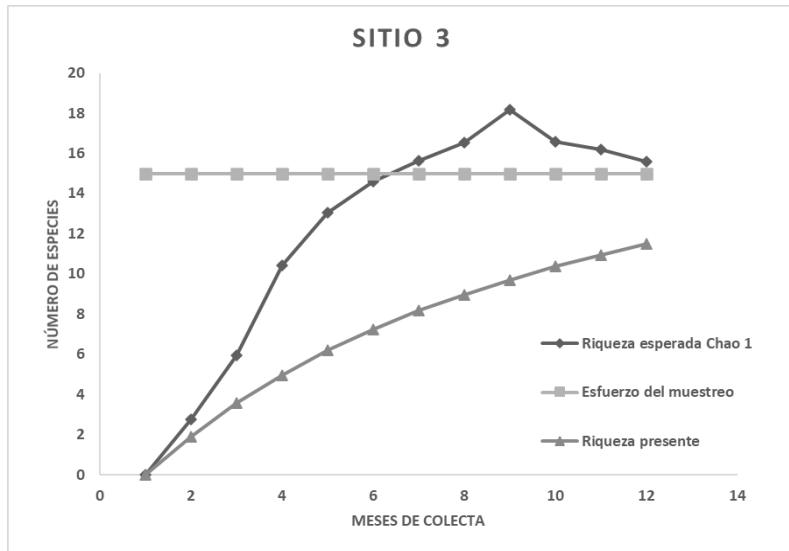
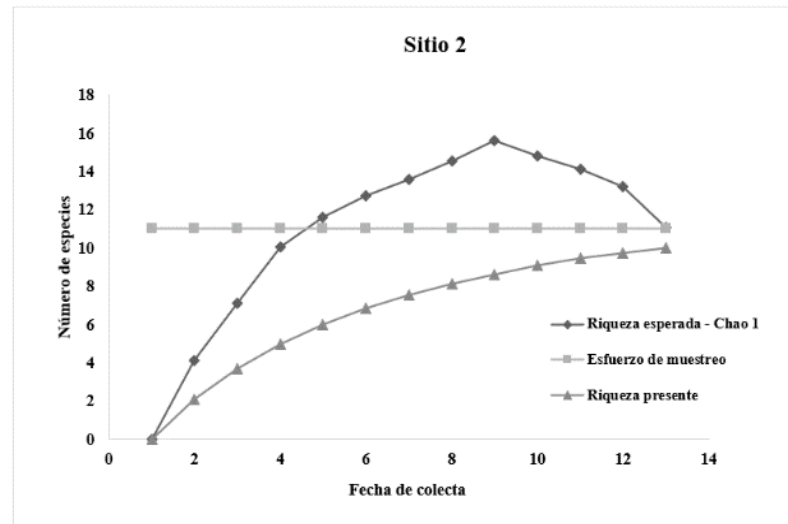
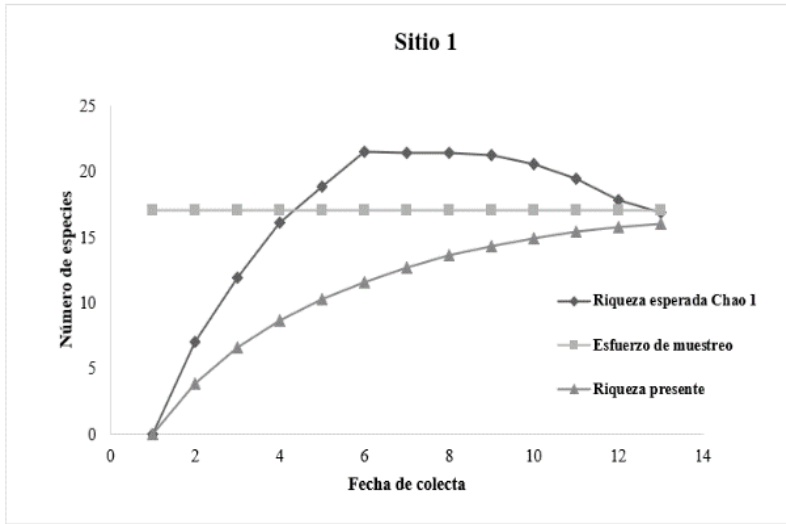


Figura 1.37. Curvas de acumulación de diversidad de especies de la muestra total: A) sitio 1), B) sitio 2) y C) sitio 3), en el ejido Otinapa y San Carlos, Durango.

1.5.7. Análisis de índices de diversidad

De los tres sitios estudiados, los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y Margalef (D_{MG}) indican que los sitios 2 y sitio 3, de la localidad del ejido Estación Otinapa y San Carlos, con vegetación de bosque templado, fueron significativamente similares; la diversidad de especies de escolitinos es equiparable en ambos sitios. El sitio 1 fue el más diverso, ya que registró los niveles más altos de los índices de diversidad (H' : 2.437, D_{MG} : 3.507), seguido del sitio 3: (H' : 2.218, D_{MG} : 3.462) y, finalmente, el sitio 2 registro los niveles más bajos (H' : 1.95, D_{MG} : 2.552) (Cuadro 1.4).

Para el índice de Pielou (J) indica que los tres sitios de estudio de bosque templado muestran diferencias en la equidad de sus abundancias. De acuerdo con los resultados el sitio 1) presento el resultado de mayor valor (J' : 0.8791), seguido del sitio 2 (J' : 0.8506) y el de menor valor el sitio 3 (J' : 0.8469) (Cuadro 1.4).

Cuadro 1.4. Índices de diversidad de Scolytinae en tres lugares sitio 1 (S1), Sitio 2 (S2) y sitio 3 (S2), ejido Estación Otinapa y San Carlos Durango, México.

Sitio	Total, especímenes	Total, de especies	Diversidad de Shannon-Wiener(H')	Diversidad de (D_{MG})	Equidad (J)
S1	72	16	2.437	3.507	0.8791
S2	34	10	1.95	2.552	0.8469
S3	32	12	2.218	3.462	0.8506

Al realizar el análisis de del Índice de Jaccard (I_j) de similitud, se pudo determinar que los resultados del sitio 1-sitio 3 son ambos los que presentan la mayor cantidad de escolitinos con (I_j : 0.909), en comparación del sitio 1-sitio 2 (I_j : 0.666), y sitio 3-sitio 2 (I_j : 0.727) respectivamente (Fig. 1.40).

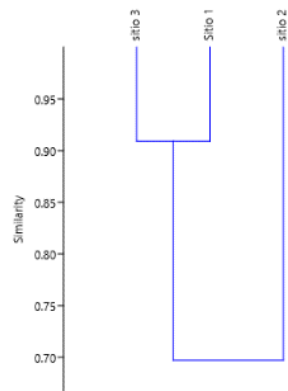


Figura 1.38. Dendrograma de similitud de Jaccard en bosque templado en el sitio (S1), sitio (S2) y sitio (S3) de la localidad de Otinapa y San Carlos, Durango.

1.6 DISCUSIÓN

1.6.1. Identificación taxonómica de especies de escolitinos

En México se han registrado hasta el momento 1,051 especies; de las cuales en Durango se cuenta con 110 especies hasta el momento Atkinson (2023), este trabajo aporta 9 nuevos registros aumentando la lista a 119 escolitinos lo que corresponde al 8.18% incremento para el estado.

La identificación taxonómica de algunas especies de dimensiones pequeñas, especialmente los géneros *Thysanoes*, *Pseudothysanoes*, *Pityophthorus* y *Pseudopityophthorus*; a veces los caracteres importantes de algunos grupos de especies son intermedios, en ocasiones la identificación da como resultado un grado de duda. La determinación morfológica es compleja, pero a través de las fotografías electrónicas, claves taxonómicas y la consulta con los especialistas del grupo ayudan a tener una identificación más clara. Es fundamental revisar los ejemplares además de claves de morfología externa Wood (1982); además de realizar análisis genéticos que puedan dar una mayor validez sobre las características morfológicas constantes y notables de cada taxon, mediante un método de revisión y comparación; como es el caso de análisis molecular del código de barras (Herber *et al.*, 2003).

1.6.2. Diversidad y riqueza de especies de escolitinos en bosque de coníferas en tres gradientes altitudinales

Dada la diversidad de vegetación de la región de estudio, con especies arbóreas principalmente de los géneros *Pinus* y *Quercus* presentes en bosques templados de coníferas, se puede hipotetizar que en la región existe un número alto de escolitinos que no han sido registrados; por lo cual el presente estudio es fundamental al conocimiento de la entomofauna de este grupo en la entidad. Además, existen otras especies de flora que están asociadas como lo son arbustos, juníperos, ciprés, pastos, y algunas otras plantas herbáceas, puesto que las especies vegetales podrían ser más especializadas donde se podrían encontrarse los escolitinos (Aragón *et al.*, 2010; González *et al.*, 2012).

Es claro el potencial daño particularmente económico de los escolitinos en los ecosistemas forestales; pero es fundamental la importancia ecológica en el bosque, siendo degradadores de la madera en el suelo, intervienen en el ciclo de nutrientes del ecosistema, asimismo son alimento de diversa fauna. Además, son considerados como parte natural de los bosques, ya que favorecen la biodiversidad y la capacidad de recuperación del bosque sin intervención humana. Las funciones que desempeñan son importantes en los diversos procesos ecológicos, como el flujo de energía y sucesión vegetal. Tanto los brotes epidémicos, como incendios forestales o vientos atípicos, influyen en la dinámica del medio forestal a nivel paisaje. Lo que ocasiona una diversificación del hábitat forestal de bosques templados, fragmentando el dosel arbóreo que permite la penetración de luz y por ello una menor diversidad de flora y fauna (Hlásny *et al.*, 2019).

En los últimos años en México, se han presentado brotes epidémicos por insectos descortezadores (Del-Val y Sáenz-Romero, 2017). El conocimiento de especies nuevas obliga a generar información importante sobre el grupo de escolitinos. Normalmente no se proponen medidas de protección para este tipo de coleópteros, ya que se desconoce demasiado del tema por técnicos forestales, ejidatarios, legisladores ambientales, etc., siendo considerable el estudio y en cuanto a la relación de las poblaciones escolitinos-huésped sea equilibrada. El entendimiento de la relación de ambas especies es fundamental para generar medidas de combate, como es el uso de semioquímicos que ayuden en la captura de estos organismos.

Menciona Atkinson *et al.*, (1986) que a mayor rango altitudinal se presenta una mayor diversidad de escolitinos en bosques templados. Los géneros *Amphicranus*, *Monarthrum* y *Tricolus*, se encuentran en zonas de clima templados; los géneros como *Corthylus* y *Monarthrum* presenta algunas especies en regiones templadas de Norteamérica aun cuando su distribución es neotropical. Mientras que géneros como *Hylocurus* se encuentra en climas cálidos. En cuanto a las especies capturadas en el estudio, se pudo apreciar que en cuanto al número de géneros domina la región neotropical, seguida del neártico y holártico con un solo género.

La mayor diversidad de especies capturadas en el área de estudio se presentó en el periodo de verano, que coincide con el tiempo de lluvias de los meses de junio, julio y agosto. La menor diversidad se presentó en el mes de diciembre, previo al periodo invernal (INEGI, 2021).

Los nuevos reportes constituyen un avance importante en la investigación de plagas forestales asociadas a bosques de coníferas en Durango. Se deben realizar más estudios para escolitinos en diferentes partes de la sierra, para determinar especies que puedan ser generadoras de daños en el sector forestal aún no registradas.

El manejo de escolitinos se debe orientarse a reducir y mantener las poblaciones en niveles bajos, considerando medidas preventivas como medidas de mitigación. El monitoreo se presenta como una herramienta importante para detectar nuevas introducciones de especies asociadas a un alto daño económico en Durango.

La información generada sobre la subfamilia Scolytinae en Durango permite ajustar calendarios de actividades silvícolas de las especies registradas en el estudio. Además de conocer las especies presentes, así como periodos de actividad para poder tener un entendimiento en el comportamiento de estos escolitinos en los bosques naturales del estado. Es el primer trabajo sistemático que contribuye al conocimiento de diversidad de especies de escarabajos de la subfamilia Scolytinae en la región de bosques templados de coníferas conservados en la región serrana en el estado de Durango, México.

1.7 CONCLUSIONES

La diversidad de la Subfamilia Scolytinae en la región del ejido Estación Otinapa y San Carlos, Durango, Dgo., México, presento un total de 138 especímenes correspondientes a 22 especies de 12 géneros.

Se reportan 9 especies como nuevos registros de escolitinos para el estado. La mayor riqueza se encontró en los géneros *Monarthrum*, *Pseudopityophthorus*, *Corthylus*, *Gnathotricus* y *Pityophthorus*.

La mayor diversidad y riqueza fue el sitio uno con 72 individuos correspondientes a 16 especies; el sitio dos presento 34 individuos de 10 especies y por último el sitio tres con 32 individuos de 13 especies.

Los hábitos alimenticios relacionados con las especies fueron espermatófago con 4.54%, fleófago con 31.81%, xilófago con 9.09% y con mayor frecuencia xilomicetófago con 54.54%.

Se determino la actividad de vuelo para la diversidad de escolitinos presentes en el estudio en mayor abundancia en los meses de junio, julio y agosto; presentan la actividad de vuelo en el periodo de verano-otoño respectivamente.

La información generada sobre escolitinos en el estado permitió conocer las especies presentes, la diversidad y riqueza de la población, así como periodos de actividad; permitiendo tener un mejor conocimiento de la entomofauna de las especies que coexisten en ecosistemas de bosque templado en la región serrana de la identidad.

CAPÍTULO II. DIVERSIDAD GENÉTICA DE *IPS LECONTEI* (CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) EN EL ESTADO DE DURANGO, MÉXICO

Raúl Marrufo Madrid, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2023

2.1 RESUMEN

El género *Ips* se encuentran dentro del grupo de los descortezadores oportunistas, este tiene una amplia distribución en ecosistemas forestales; siendo sus principales hospederos árboles del género *Pinus*. Los estudios de estas especies son principalmente para la determinación de su estatus taxonómica, la obtención de genomas mitocondriales, sin que hasta el momento se encuentre información molecular que permita conocer el polimorfismo dentro de las especies y una rápida y oportuna identificación con marcadores únicos como el código de barras que se pueda utilizar para su diagnóstico. En este trabajo se presenta información del polimorfismo de *Ips lecontei* con base en la región del gen Citocromo Oxidasa I utilizado en la taxonomía de este género, además de información de la región de código de barras que apoyen al diagnóstico rápido y eficiente de esta especie. La detección de polimorfismo se realizó de siete localidades del estado de Durango y fueron depositadas en el banco de genes. Se amplificaron y secuenciaron dos regiones del gen COI. Los resultados se compararon con bases de datos genómicos, se obtuvo información del polimorfismo dentro de la especie, así como los patrones de distribución geográfica con la información disponible. La especie se confirmó a través de caracteres morfológicos y análisis filogenético de la región utilizada en la taxonomía de la especie. Finalmente se obtuvo información de las regiones que se obtuvieron en este estudio en la base de datos, y se señala la importancia del uso de marcadores universales para el diagnóstico de especies de importancia económica.

Palabras clave: escarabajo fleófago, coníferas, secuenciación, variabilidad, haplotipo.

GENETIC DIVERSITY OF *IPS LECONTEI* (CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) IN THE STATE OF DURANGO, MEXICO

Raúl Marrufo Madrid, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2023

2.2 ABSTRACT

The genus *Ips* is within the group of opportunistic bark beetles, it has a wide distribution in forest ecosystems; being its main hosts trees of the genus *Pinus*. The studies of these species are mainly for the determination of their taxonomic status, the obtaining of mitochondrial genomes, without finding up to now molecular information that allows knowing the polymorphism within the species and a rapid and timely identification with unique markers such as the Barcode. For this reason, this paper presents information on the *Ips lecontei* polymorphism based on the region of the Cytochrome Oxidase I gene used in the taxonomy of this genus, as well as information on the barcode region that supports the rapid and efficient diagnosis of this species. The detection of polymorphism was made from samples from seven locations in the state of Durango and those deposited in the gene bank. Two regions of the COI gene were amplified and sequenced. The results were compared with genomic databases, information on the polymorphism within the species was obtained, as well as the patterns of geographic distribution with the available information. The species was confirmed through morphological characters and phylogenetic analysis. Finally, information was obtained from the regions that were obtained in this study in the database, and the importance of the use of universal markers for the diagnosis of species of economic importance is pointed out.

Key words: phleophage beetle, conifers, sequencing, variability, haplotype.

2.3 INTRODUCCIÓN

En México los bosques templados de coníferas son atacados por varias especies de descortezadores. Dentro de las de mayor importancia se encuentra algunas especies del género *Dentroctonus* spp.; sin embargo, existen otras que atacan de manera oportunista pertenecen al género *Ips* spp., donde algunas son consideradas plagas de importancia en los bosques de coníferas en el país (Cibrián *et al.*, 1995). Por ello es importante tomar en cuenta las áreas de presencia de la especie.

Los insectos descortezadores del género *Ips* juegan un papel importante en la dinámica del bosque; sin embargo, cuando las condiciones son desfavorables en el ecosistema, algunas pueden causar mortalidad a los bosques de coníferas. Estos son pequeños escarabajos que se localizan en el interior de la corteza, donde sucede la reproducción de su prole y estos a su vez se alimentan de floema y cambium (Pérez *et al.*, 2009).

En la región forestal de Durango los escarabajos descortezadores del género *Ips* ha ocasionado daños severos, lo que corresponde principalmente a las zonas de bosque templados. Se han reportado la presencia de plagas secundarias comportándose como primarias, afectando los bosques. En donde se ha señalado la presencia de *Ips lecontei*, ocasionando daños severos, la cual se ha visto favorecida por la presencia de sequías o incendios u otros factores abióticos; que debilitan los árboles y favorecen el ataque de estos insectos que finalmente provocan su muerte. Otras no menos importantes pero presentes en la región son *Ips integer* e *Ips bonanseai* que se presentan de manera discreta. *I. lecontei* en los años del 2011-2013 ocasiono la muerte de 500,000 m³ de madera en regiones del norte de México en los estados de Durango y Chihuahua (Atkinson, 2017).

El diagnóstico tradicional de las especies se realiza usando los caracteres morfológicos distintivos, sin embargo, en algunas especies es difícil su identificación, esto se debe al parecido morfológico de algunas especies cercanas del mismo género, o por el mal estado de conservación de los ejemplares. La taxonomía molecular puede representar una herramienta adicional para la identificación y diagnóstico rápido de especies, útil en los programas de manejo de insectos (Hulcr *et al.*, 2015). Actualmente no todas las

especies de este género han sido caracterizadas con los mismos marcadores moleculares o bien se han utilizado diferentes regiones, lo que dificulta el uso de un sistema taxonómico único (Caterino *et al.*, 2000). Un ejemplo de esto es la taxonomía de *Ips*, que utiliza un fragmento de gen Citocromo oxidasa I (COI_{mt}) (Cognato y Sperling, 2000; Cognato 2015) que va de la posición 2183-3014 del genoma mitocondrial (Simón *et al.*, 1994) y se señala que soporta de taxonomía morfológica de la mayoría de especies de *Ips*.

Otros autores se enfocan en obtener la información del mitogenoma de las especies, para resolver las relaciones de filogenia con otros subgéneros (Du *et al.*, 2021). Mientras que, dentro de la mitocondria una región del COI se ha caracterizado como una región altamente polimórfica a la cual se le conoce como “código de barras” que incluye las posiciones 1490-2198 de genoma mitocondrial (Folmer *et al.*, 1994; Herbert *et al.*, 2003); que permite la separación dentro y entre especies de insectos (Herber *et al.*, 2003), región que se ha utilizado con propósitos taxonómicos de diversos ordenes de insectos y de otros coleópteros con marcadores moleculares universales (Raupach *et al.*, 2016, Zaragoza *et al.*, 2017). Además, se ha propuesto como un método de diagnóstico molecular rápido y oportuno de especies de importancia económica (Armstrong *et al.*, 2005), y ha sido incluido dentro de los protocolos de diagnóstico para las plagas reglamentadas en la NIMF27 (FAO, 2016), también, ha sido señalado como un marcador de identificación rápida en Scolytinae (Albo *et al.*, 2019), en el metabarcoding que utilizan las nuevas plataformas de secuenciación, para la identificación de grupos de muestras de insectos (Batovska *et al.*, 2021). Por lo que en este estudio se propuso la amplificación de dos regiones complementarias del gen COI_{mt}, la que se ha utilizado para la taxonomía de este género (1490-2198), para conocer la diversidad genética de *Ips lecontei* de la región forestal de bosques de coníferas en el estado de Durango, así como también la región de código de barras (1490-2198) que permita el diagnóstico rápido y oportuno de la especie con marcadores universales.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1. Ubicación de área de estudio

Las zonas de estudio se localizan en bosques templados de coníferas en el estado de Durango, ubicadas en la parte norte y sur de la región sierra (Fig. 2.1). Esta región se caracteriza por la presencia de una cubierta vegetal que incluye: bosques de pinos, pino-encino, encino y vegetación secundaria arbustiva (González *et al.*, 2012). De la región se seleccionaron siete sitios en ecosistemas forestales para especie de *Ips lecontei* seis en el municipio de Durango: Ejido Agustín Melgar, 23°40'50.94"N - 104°56'22.98"O, 2483 msnm, Ejido Centenario 23°45'31.62"N - 104°56'35.10"O, 2631 msnm; Ejido La Flor, 23°36'7.68"N - 104°44'40.74"O, 2749 msnm, Ejido Navajas, 23°53'20.38"N - 105°08'53.10"O, 2450 msnm; Ejido Nueva Patria, , 24°3'32.25"N - 105°29'11.58"O, 2253 msnm; y Parque Ecológico El Tecuán, , 23°54'30.46"N - 105°1'57.24"O, 2535 msnm y una del Municipio de Mpio. Tepehuanes Comunidad Lobos y Pescadores, 25°13'23.59"N - 105°54'17.33"O, 2523 msnm (Cuadro 2.1).

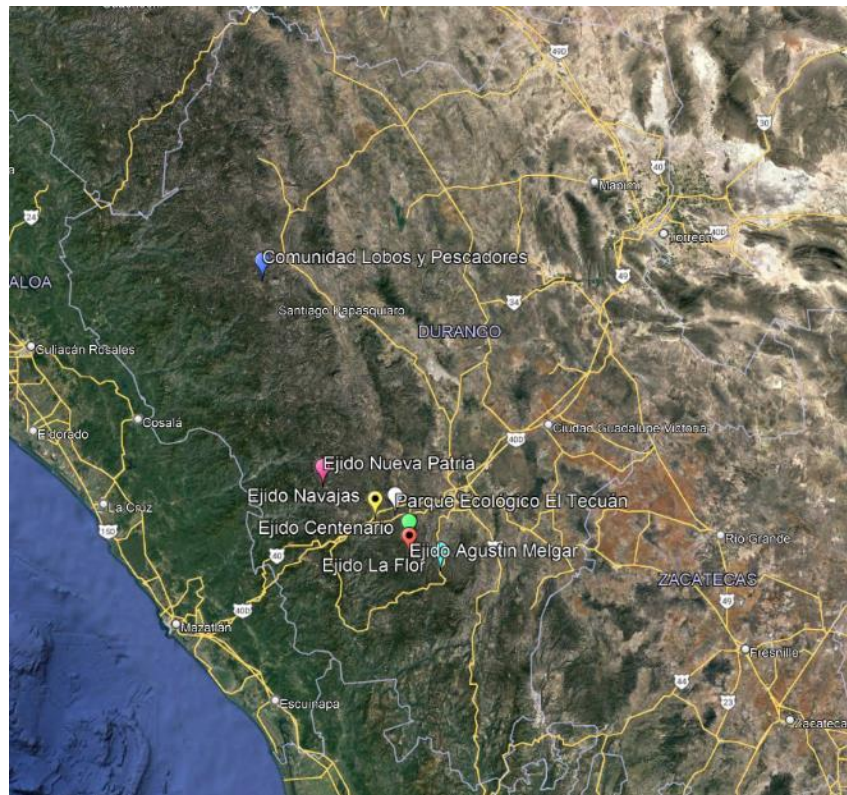


Figura 2.1. Mapa de ubicación de sitios con presencia de *Ips lecontei* en el estado de Durango.

Cuadro 2.1. Especímenes empleados para la identificación molecular de *Ips lecontei*, presentes para el estado de Durango.

Clave	Localidad	Hospedero	Coordenada y Altitud	Fecha
AGM01	Ejido Agustín Melgar, Durango.	<i>Pinus leiophylla</i>	23°40'50.94''N 104°56'22.98''W 2483 msnm	27/01/22
CEN3	Ejido Centenario, Durango.	<i>Pinus leiophylla</i>	23°45'31.62''N 104°56'35.10''W 2631 msnm	27/01/22
CLP4	Comunidad Lobos y Pescadores, Tepehuanes.	<i>Pinus cooperi</i>	25°13'23.59''N 105°54'17.33''W 2523 msnm.	28/01/22
FLR5	Ejido La Flor, Durango.	<i>Pinus leiophylla</i>	23°36'7.68''N 104°44'40.74''W 2749 msnm	27/01/22
NAV6	Ejido Navajas, Durango.	<i>Pinus leiophylla</i>	23°53'20.38''N 105°08'53.10''W 2450	18/09/21
NPA7	Ejido Nueva Patria, Durango.	<i>Pinus leiophylla</i>	24°3'32.25''N 105°29'11.58''W 2253 msnm	21/01/22
TEC8	Parque Ecológico El Tecuán, Durango, Dgo.	<i>Pinus cooperi</i>	23°54'30.46''N 105°1'57.24''W 2535 msnm	21/01/22

2.4.2. Colectas de muestras de insectos

Las colectas se realizaron durante los meses de septiembre del 2021 y enero del 2022. Los individuos colectados se capturaron de manera directa en hospederos del género *Pinus* spp. principalmente de árboles derribados por diferentes causas entre ellas aprovechamiento, áreas de saneamiento forestal, por factores abióticos, árboles en pie

mueritos por afectación y otros en cámaras de emergencias en el laboratorio a partir de trozas de brotes activos (Fig. 2.2). Los insectos se recolectaron fueron depositados a través de pinzas entomológicas en tubos eppendorf de 1.5 ml en RNA^{later}TM Soln, los tubos se etiquetaron y depositaron en bolsas ziploc 17x15 cm etiquetadas con el número de localidad, hospedero, coordenada geo-referenciada (GARMIN), altitud y fecha de colecta para cada uno de los sitios. Las muestras se depositaron en una hielera, después se colocaron a -4 °C y finalmente a -20°C, para su posterior procesamiento. Después el material se trasladó al laboratorio de servicios generales del Posgrado de Fitosanidad - Entomología y Acarología del Colegio de Postgraduados para su posterior separación e identificación taxonómica y al laboratorio de evolución molecular para el análisis molecular.



Figura 2.2. A) Árboles derribados por aprovechamiento; B) Árbol derribado por factores abióticos; C) Árboles en pie muertos por afectación y D) Área de saneamiento forestal y E) Cámaras de emergencias en el laboratorio a partir de trozas de brotes activos.

2.4.3. Identificación taxonómica de material biológico

Para la identificación taxonómica a nivel de género y especie de los especímenes se empleó la clave dicotómica de Wood, (1982); además se realizaron comparaciones con ejemplares de la colección entomológica del Colegio de Postgraduados. Finalmente, los individuos fueron corroborados por el especialista del grupo el Dr. Armado Equihua Martínez del Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo.

2.4.4. Selección de información de GenBank

Para el análisis molecular de *Ips lecontei* se realizó una búsqueda en la base de datos de Taxonomy del NCBI; en donde se obtuvo información sobre el gen analizado para la taxonomía de género y el número de secuencias, con lo que se determinó la región para analizar la especie de estudio, las cuales se pudieran anotar los ejemplares de Durango y generar su código de barras que apoye en el diagnóstico rápido de la especie, estas se compararon con las depositadas en las bases de datos de nucleótidos y proteínas.

2.4.5. Estudio molecular amplificación de la región Citocromo Oxidasa I (COI)

2.4.5.1. Extracción de ADN

Se utilizaron para la extracción de ADN 20 individuos de *Ips lecontei*, la extracción se realizó con el método de CTAB, de acuerdo al protocolo por Rajedrakumar *et al.*, (2007). Posteriormente se examinó la presencia y calidad de ADN por medio de fluorescencia en el nanodrop2000 y electroforesis que permitió visualizar los resultados de la extracción ADN en un fotodocumentador Gene Wizard®. Por último, las muestras positivas se utilizaron para la reacción de cadena de polimerasa (PCR).

2.4.5.2. Amplificación de la región del Citocromo Oxidasa I

Se realizó la amplificación del gen Citocromo Oxidasa I (COI) con dos fragmentos el primero incluye la región utilizada para la taxonomía de género depositada en el Genbank con los iniciadores C1-J-1718 (5'-GGA GGA TTT GGA AAT TGA TTA GTT CC-3') y TL2-N-3014, (5'-TCC AAT GCA CTA ATC TGC CAT ATT A-3') Simón *et al.*, (1994) que amplifican 1215 pb (pares de bases) que lo llamaremos "COI-taxonómia", en 20

individuos; y el segundo fragmento corresponde a la región “código de barras COImt” con los iniciadores LCO1490, (5'-GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G -3') y HCO2198, (5'-TAA ACT TCA GGG TGA CCA AAA AAT CA-3') (Folmer *et al.*, 1994; Herbert *et al.*, (2003) (Cuadro 2.2), los cuales amplifican 680 pb en 3 ejemplares de *Ips lecontei*.

Cuadro 2.2. Cebadores de PCR utilizados para amplificar el gen COI del ADN.

Cebador de sentido C1-J-1718 LCO-1490	5'-GGA GGA TTT GGA AAT TGA TTA GTT CC-3' 5'-GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G-3'
Cebador contrasentido TL2-N-3014 HCO-2198	5'-TCC AAT GCA CTA ATC TGC CAT ATT A-3' 5'-TAA ACT TCA GGG TGA CCA AAA AAT CA-3'

Para la reacción de PCR se realizó con un volumen final de 12.5 µl, para la mezcla de la reacción se utilizó GoTaq® Colorless Master Mix (solución premezclada); se utilizó 6.25 µl de buffer de reacción por muestra (Promega), 1 µl de cada uno de los iniciadores 10µM, 1.75 µl de agua esterilizada y 2.5 µl (50ng/µl) de ADN templado.

Las condiciones de amplificación del primer par cebadores C1-J-1718- TL2-N-3014: se utilizó el programa: 94°C por 2 min, seguido de 35 ciclos a 94°C por 1 min, 52.5°C por 30 segundos (temperatura de alineación), 72°C por 1 min y por último 72°C por 8 min de extensión, para finalizar en 4°C. Las condiciones del segundo par cebadores LCO-1490- HCO-2198: se amplificó bajo las siguientes condiciones: 94° por 5 min, seguido de 30 ciclos a 94 °C por 30 segundos, 50°C por 50.5 segundos (temperatura de alineamiento), 72 °C por 1 minuto y por último 72 °C por 5 minutos de extensión, para finalizar en 4 °C. En ambos casos se utilizó el termociclador Thermo Scientific®. La amplificación se corroboró mediante electroforesis con gel de agarosa al 1%, con buffer TBE al 1% que se corrió a 70 voltios por 70 minutos. Para teñir la muestra en gel se utiliza GelRed® (Biotium); de igual manera para determinar el tamaño de fragmento amplificado se incorpora un marcador molecular de 100 pb. Para registrar presencia de ADN se utilizó un foto-documentador Gene Wizard®. Al obtener las amplificaciones de las muestras,

los resultados positivos se mandaron a secuenciar en ambos sentidos en MacroGene-Korea.

2.4.5.3 Calidad y ensamble de secuencias

Los resultados de cada una de las secuencias se visualizaron para determinar su calidad y los resultados positivos se ensamblaron de forma independiente en el programa BioEdit versión 7.2.5 1997-2013 (Hall, 1999). Los resultados del ensamble se exportaron en formato fasta a MEGA 11 (Tamura *et al.*, 2021).

2.4.6. Diversidad Genética de *Ips lecontei* de Gen COImt

De la región COI-taxonomía amplificadas realizo un BLAST y se obtuvieron secuencias de la misma especie, la longitud de las secuencias se ajustó a la información disponible en la base de datos de nucleotide-NCBI. Las secuencias de cada sitio se agruparon y cada sitio se obtuvo el polimorfismo y después de la población, posteriormente se obtuvieron los patrones de distribución geográfica. Para esto se alinearon todas las secuencias con el algoritmo de Clustal W, después; se confirmó la correcta transcripción de nucleótidos a aminoácidos con el código genético de invertebrados de la mitocondria, enseguida se obtuvo el número de sitios variables, conservados, informativos en parsimonia y mutaciones únicas a nivel de nucleótidos, en MEGA 11 (Tamura *et al.*, 2021). Posteriormente se obtuvieron los índices de diversidad genética dentro y entre sitios de colecta, además se obtuvieron la lista de haplotipos en el programa DNAsp (Librado and Rosas, 2009). Con esta última se generó una red de haplotipos parsimonia, a la cual se incluyó una matriz de frecuencias por sitio de recolecta, y se ubicó en el espacio geográfico en el programa de POPART (Leigh and Bryant, 2015).

2.4.7. Filogenia

Con la región COI-taxonomía se reconstruyo la filogenia del género *Ips* con los haplotipos únicos de *I. lecontei* que se obtuvieron de este trabajo en DNAsp, junto con secuencias de especies de *Ips* resultado del análisis de alineamiento pareado en BLAST-NCBI. La filogenia se realizó con el algoritmo Bayes implementado en Beast 2.5 con el modelo

inicial GTR y distribución gamma (0.9) y 10000000 cadenas de Markov (Bouckaert *et al.*, 2019).

2.4.8. Análisis de homología de las diferentes regiones

Con base en las secuencias únicas de cada fragmento del gen COI se realizó la búsqueda de secuencias homologas en la base de datos de NCBI-GenBank. De cada fragmento se obtuvieron los primeros 100 alineamientos, de donde se seleccionaron especies únicas para determinar su uso en taxonomía y diagnóstico de la especie.

2.5 RESULTADOS

De cada una de las siete zonas de colectas se obtuvieron 2-4 individuos para el análisis de *Ips lecontei*, mismas que se confirmaron con base en caracteres morfológicos descritos por Wood, (1982), y corroboradas por el especialista en el grupo el Dr. Armando Equihua Martínez del CP.

2.5.1. Identificación taxonómica de *Ips lecontei* (Swaine, 1924) (Fig. 2.3 A, B, C).

Descripción: el adulto presenta un cuerpo robusto, tiene un color negro oscuro en partes dispersas café. El declive elitral es convexo, presentan cinco pares de espinas dispuestas de manera vertical en el declive elitral. Presenta un par de tubérculos sobre el epistoma, que dan la apariencia de un tubérculo bífido. Tiene de longitud 5.0 mm y de ancho de 1.8 mm (Fig. 2.3).

Distribución: se conoce en Estados Unidos, Guatemala y Honduras. En México se ha registrado: Baja California sur (1), Chiapas (1), Chihuahua (5), Colima (1), Durango (1), Jalisco (2) Michoacán (1), Oaxaca (1) y Sonora (1). La especie se colectó en el ejido Agustín Melgar, a una altitud de 2483 msnm; durante el mes de enero 2022.

Hospederos: se ha registrado en Pinaceae (12): *Pinus* (12): *P. arizonica* (1), *P. ayacahuite*, *P. cooperi*, *P. engelmannii*, *P. leiophylla*, *P. banksiana* (1), *P. durangensis* (1), *P. montezumae* (1), *P. oocarpa* (1), *P. ponderosa* (4) y *P. pseudostrobus* (1).

Habito alimenticio: se alimenta en el interior de la corteza en el floema (floefagó) (Wood, 1982; Wood, 2007; Equihua y burgos, 2007; Atkinson, 2023).

Importancia: Infesta árboles caídos y daña fustes o ramas; cuando se presentan sequías prolongadas; además mata arboles e introduce hongos manchadores de madera.

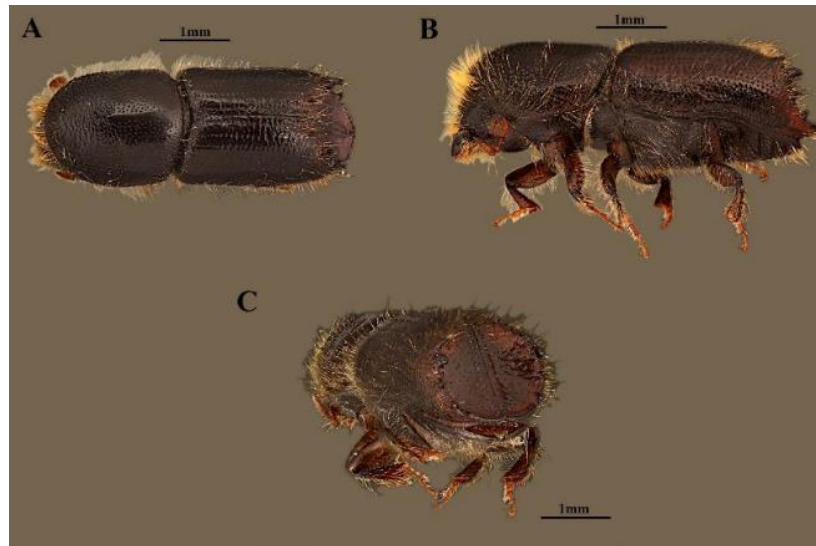


Figura 2.3. *I. lecontei* en vista dorsal (A), vista lateral (B) y vista declive elitral (C).

2.5.2. Resultados de la amplificación de la región del Citocromo Oxidasa I

La extracción de ADN total fue positiva en 20 ejemplares, de donde se amplificaron dos regiones del gen COI de *Ips lecontei*, la primera incluye COI-taxonomía con un tamaño de fragmento de 1215 pb, y la otra a la región del código de barras-COI_{mt} con 680 pb, de la primera se obtuvieron de 20 individuos de las siete zonas de muestreo, mientras que de la segunda fueron 3 individuos cada una de un sitio diferente. Las secuencias que se obtuvieron de las dos regiones de un mismo individuo se ensamblaron en un fragmento de 1469 pb.

El BLAST de la región del código de barras-COI_{mt} resulto en que dentro de la base del NCBI esta región no está presente y la mayor similitud fue con *I. acumitatus* de cobertura 99%, y de identidad de 84%, con valor de E-value de 0 (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3. Resultado de BLAST-NCBI de la región del código de barras del COImt de *Ips lecontei* en el estado de Durango.

Localidad	No. secuencias	Sec. mayor similitud	Longitud	Total, score	E-value	Query cover	Per. identidad
AGM1	1 (R1)	<i>Ips acumitatus</i>	680	675	0.0	99%	84.72%
CEN3	1 (R1)	<i>Ips acumitatus</i>	679	680	0.0	99%	84.87%
CLyP4	1 (R1)	<i>Ips acumitatus</i>	669	675	0.0	99%	84.88%
Total	3						

2.5.3. Resultados de análisis de diversidad genética de *Ips lecontei* en Durango

Se realizó el análisis de la diversidad genética con 20 secuencias resultado de esta investigación de siete localidades de Durango con un tamaño de fragmento inicial de 1215 pb, mas 2 secuencias que se obtuvieron del banco de genes de Arizona (ARIZ) con una longitud de 763 pb (AF113360 y AF113361) (Cuadro 2.4). El Análisis se ajustó a la longitud de las secuencias más cortas. De las ocho localidades evaluadas, cuatro presentaron sitios variables: ARIZ (6), FLR5 (4), NAV (3), TEC8 (1), sitios que corresponden a los ejidos La Flor, Navajas, Parque Ecológico El Tecuán; mientras que los ejidos Agustina Melgar, Centenario, Comunidad Lobos y Pescadores y ejido Nueva Patria: AGM1 (0), CEN3 (0), CLyP4 (0) y NPA7 (0) no se presentaron polimorfismo dentro de las poblaciones. La diversidad de la especie en la región evaluada fue de 11 sitios variables, cuatro informativos para parsimonia y siete cambios únicos (Cuadro 2.5). El polimorfismo que se presenta a nivel de nucleótidos, no representa cambios a nivel de aminoácidos.

Cuadro 2.4. Resultado de BLAST en NCBI, base de datos de referencia del GenBank de las especies del género *Ips*.

Especie	Región Geográfica	Num. acceso	Longitud	E-value	Query cover	Per. identidad
<i>I.lecontei</i> 1	AZ: Arizona	AF113360	766	0.0	100%	100.00%
<i>I.lecontei</i> 2	AZ: Arizona	AF113361	766	0.0	99%	99.48%

* AF113360 y AF113361.

Cuadro 2.5. Polimorfismo de *Ips lecontei* en la región del gen COI mt-taxonómia, de siete sitios de Durango y uno de Arizona.

Localidad	No. Secuencias	Longitud	Sitios			
			C	V	PI	S
AGM1	3	763	763	0	0	0
CEN3	2	763	763	0	0	0
CLyP4	2	763	763	0	0	0
FLR5	3	763	759	4	0	4
NAV6	3	763	760	3	0	3
NPA7	3	763	763	0	0	0
TEC8	4	763	760	1	0	1
ARIZ*	2	763	757	6	0	0
Total	22	763	752	11	4	7

C=conservados, V=variables, PI=informativos para parsimonia, S=únicos

2.5.4. Polimorfismo de *Ips lecontei* de la región COI-taxonomía

Se señala que no hay evidencia de selección en la región COI analizada, los cambios son de tipo sinónimo; por lo que todos los cambios que se generan se asocian a la deriva génica (Cuadro 2.6).

Cuadro 2.6. Diversidad genética de la región del COI-taxonomía en *Ips lecontei* del estado de Durango.

Localidad	N. S.	S/L	Eta	h	Pi	k	θ_s	Prueba de Tajima
AGM1	3	0	0	1	0.00	0.00	0.00	0.00
CEN3	2	0	0	1	0.00	0.00	0.00	0.00
CLyP4	2	0	0	1	0.00	0.00	0.00	0.00
FLR5	3	4	4	2	0.00349	2.667	0.00349	0.00
NAV6	3	3	3	2	0.00262	2.000	0.00262	0.00000
NPA7	3	0	0	1	0.0000	0.000	0.00000	0.00000
TEC8	4	1	1	2	0.00067	0.500	0.00073	0.00067
ARIZ	2	6	6	2	0.00786	6.000	0.00786	0.00000
TOTAL (DGO)	22	11	11	6	0.00205	1.524	0.00406	0.00205

N. S.=Número de secuencias, S/L=Sitios segregantes sobre tamaño de la secuencia, Eta: Número total de mutaciones, h= Número de haplotipos, Pi= Diversidad de nucleótidos, k=número promedio de diferencias, θ_s =Theta por sitio. Localidades: AGM1: Agustín Melgar, CEN3: Centenario; CLyP4: Comunidad Lobos y Pescadores; FLR5: La Flor; NAV6: Navajas; NPA7: Nueva Patria; TEC8: Parque Ecológico El Tecuán y ARIZ*: Arizona (*Ips lecontei* (H1 y H2)), TOTAL (DGO): Durango.

2.5.5. Diversidad genética de *Ips lecontei*

Las 22 secuencias que se utilizaron para conocer la diversidad genética en *Ips lecontei*, se utilizaron para la construcción de una red de haplotipos de la población analizada, que se obtuvo en DNAsp (Librado and Rosas, 2009), resulto en seis haplotipos únicos; señalado que 16 de estas comparten la misma secuencia de nucleótidos y sí que existen una diversidad de haplotipos dentro de la población. El haplotipo con mayor frecuencia fue el haplotipo 3 con 16 secuencias, lo que señala que este haplotipo se distribuye en diferentes localidades de la zona de muestreo de Durango, mientras que las dos secuencias de Arizona cada una fue única. La red de haplotipos se construyó con la aproximación de TSC haplotipos de máxima parsimonia, con la inclusión de las

frecuencias por localidad, señala que el haplotipo 3 se distribuye en los siete sitios de donde se obtuvieron las muestras, solo FLR5 y NAV6 presentaron dos haplotipos por localidad al igual que ARIZ, por lo que se puede señalar como los sitios con mayor diversidad genética de la zona de muestreo, sin embargo los valores de diversidad de nucleótidos fue $n=0.144$, que señalan que los cambios son neutrales (Figura 2.4).

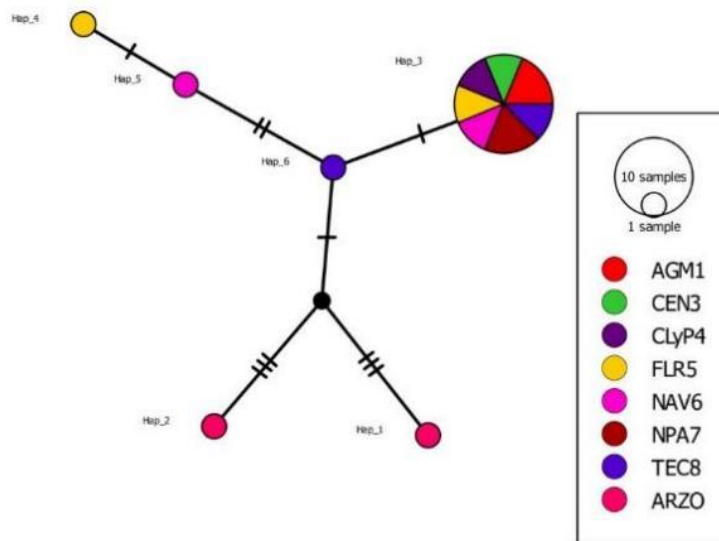


Figura 2.4. Red de haplotipos generada a partir del gen COI-taxonomía, con el algoritmo de TSC máxima parsimonia de *Ips lecontei*. AGM1: Agustín Melgar, CEN3: Centenario; CLP4: Comunidad Lobos y Pescadores; FLR5: La Flor, NAV6: Navajas; NPA7: Nueva Patria; TEC8: Parque Ecológico El Tecuán y ARIZ*: Arizona (*Ips lecontei* (H1 y H2)).

2.5.6. Filogenia de *Ips lecontei*

La filogenia de *Ips lecontei* se realizó con haplotipos únicos junto con los mejores alineamientos del haplotipo 3 de fragmento utilizando para la taxonomía de *Ips* (763) con la aproximación de Bayes. Se generaron 9001 árboles y se ignoraron el 10% inicial para obtener el árbol, en TreeAnnotator v2.7.3, la filogenia final resulto en un árbol en donde las secuencias de *Ips lecontei* de Durango y Arizona se ubican en un mismo grupo, las especies con mayor similitud son *I. grandicollis* y *I. cribicollis*, las cuales se encuentran dentro del grupo I (*Granips*), señalado por Cognato, (2015) (Figura 2.5).

typographus, *Ips perturbatus*, *Ips nitidus*, *Ips apache*, *Ips hauseri*, en todos los casos la cobertura fue mayor al 86% y la identidad del 82.15-84.68% lo que señala que de esta región no se tiene información de *I. lecontei*, por lo que con este trabajo se aporta información correspondiente a esta región (Cuadro 2.7). Finalmente, el resultado del ensamble de las dos regiones amplificadas, se obtuvieron dos secuencias iguales al primer fragmento más *I. typographus* con 83.97% de similitud (Cuadro 2.7). Los valores de E-value en las regiones que incluye el fragmento 1200 pb fue de 0, mientras que en la región de código de barras solo dos secuencias tienen este valor, lo que significa que provienen de un ancestro común.

Cuadro 2.7. Mejores alineamientos de las regiones amplificadas del gen COImt, de *Ips lecontei* del estado de Durango.

MUESTRA	Región amplificada	Especie	Pb	No. Acceso	E- value	Cob %	Ident. %
NPA7 (3)	COI	<i>I. lecontei</i>	1250	AF113360.1	0.0	62%*	99.48
				AF113361.1	0.0	62%*	99.61
		<i>I. calligraphus</i>		NC060365.1	0.0	99%	84.87
		<i>I. acumitatus</i>		MK315157	0.0	96%	85.48
AGM1	CB	<i>I. acumitatus</i>	680	MT985489.1	0.0	98%	84.68
		<i>I. typographus</i>		OK147109.1	0.0	98%	84.43
		<i>I. perturbatus</i>		KU875294.1	2e-167	96%	83.50
		<i>I. nitidus</i>		OK147102.1	1e-158	99%	83.09
		<i>I. apache</i>		MN344271	4e-142	86%	82.15
		<i>I. hauseri</i>		OK147106	2e-142	96%	84.88
CLyP4		<i>I. acumitatus</i>			0.0	99%	84.88
AGM1	CB+COI	<i>I. calligraphus</i>	1469	NC060365.1	0.0	99%	85.1
		<i>I. typographus</i>		OK147100.1	0.0	100%	83.97
		<i>I. lecontei</i>		MZ766131.1	0.0	51%*	99.61

COI (C1-J-1718-TL2-N-3014), CB (LCO1490-HCO2198) Cob = Cobertura, Ident. = Identidad

2.6 DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación señalan que dentro la población analizada en el fragmento COI-taxonomía de 763 pb presenta polimorfismo dentro de la población, por lo que se puede utilizar para conocer la estructura geográfica de la población, en donde los individuos que se colectaron en Durango están más relacionados entre ellas que con las de Arizona. Que el haplotipo 3 está presente en las siete zonas de muestreo, y solo en dos se presenta polimorfismo dentro de la población, por lo que es importante considerar un muestreo más extensivo que incluya el área de distribución de la especie (México-Centro América) en futuros trabajos. La filogenia de esta región del gen mitocondrial agrupa a todos los individuos de *Ips lecontei* en un solo grupo y las especies relacionadas forman parte grupo I (Granips), Señalado por Cognato y Sperling, (2000) y Cognato, (2015).

El análisis comparativo del número de secuencias que se obtuvieron en estos estudios señala que la región COI de 1250 pb (C1-J-1718-TL2-N-3014) y el ensamble de esta región con la del código de barras (1469 pb) solo se obtuvieron tres resultados con especies de *Ips*. Mientras que la región del COI-taxonomía (763 pb), es la que presenta el mayor número de registros, en más de 20 especies de *Ips*, y es la que se ha utilizado para conocer la historia evolutiva del género, por lo que es posible anotación de especies y la reconstrucción de la filogenia del género, la cual se presenta en la filogenia del género *Ips* (Figura 7). Mientras que para la región de código de barras se obtuvieron seis especies de *Ips*, de estas solo dos con valor de E-value de 0, con porcentaje de identidad de 84%, lo que señala que esta región ha sido poco utilizada y que, en caso de querer utilizar este fragmento como herramienta de diagnóstico rápido y oportuno con marcadores universales, difícilmente se podría realizar. Siendo que esta región la que se ha utilizado para taxonomía de otras especies (Miller, 2007), se ha señalado como una herramienta útil en el diagnóstico de especies de importancia económica (Armstrong *et al.*, 2005) está incluida en el diagnóstico de plagas de la NIMF27 (FAO, 2016), que se ha señalado como un marcador para escolitinos (Albo *et al.*, 2019), y se propone para su aplicación con las nuevas tecnologías de secuenciación (Batovska *et al.*, 2021). Debido a que se utiliza iniciadores universales que permite caracterizar un gran número de

especies, si es que la información de estas está disponible en las bases de datos. Por lo que es recomendable generar información confiable con base en caracteres morfológicos y moleculares que han desarrollado expertos en la materia, para generar bases de datos que puedan ser utilizadas en el diagnóstico rápido de especies, que debido a factores como cambio climático o estrés hídrico pueden pasar de ser plagas secundarias a plagas primarias como es el caso de *I. lecontei*.

Finalmente, este trabajo en su conjunto aporta información valiosa sobre la diversidad genética de *Ips lecontei*, de la región norte de su distribución Arizona y Durango, sin embargo, es importante saber si este polimorfismo se mantiene sobre el espacio geográfico en que se distribuye la especie. La amplificación de las dos regiones complementarias del gen COI_{mt} en los mismos individuos soporta que la anotación de las especies en la región de código de barras es correcta, lo que facilitara su identificación con el uso de metabarcoding.

2.7 CONCLUSIONES

Se generó información sobre la diversidad genética de *Ips lecontei* de siete zonas del estado de Durango del gen COI mt-taxonómia, la mayor divergencia se presentó con individuos de Arizona, mientras que un haplotipo se distribuye en las siete áreas de muestreo, tres de las zonas presentaron polimorfismo, siendo el ejido La Flor el que presento mayor cantidad de cambios con 4 mutaciones. Fue posible anotar los individuos identificados con claves morfológicas como *Ips lecontei* en la base de datos de NCBI, la obtención de las dos regiones complementarias del Gen COI mt permite señalar que la región de código de barras que se obtuvo corresponde a la especie, por lo que esta información se podrá utilizar en el diagnóstico de la especie.

CONCLUSIONES GENERALES

En el presente trabajo fue posible conocer la diversidad de la Subfamilia Scolytinae en bosques naturales de pino del ejido Estación Otinapa y San Carlos, a través del monitoreo mensual con base en trampas de alcohol, durante el periodo de muestreo se obtuvo un total de 22 especies de escolitinos, de estos la mayor diversidad y abundancia se registró en la zona de mayor altitud 2655 msnm con 16 especies y 72 individuos, mientras que los otros dos sitios de colecta con una altitud entre ellas de (-+)100m, el número de especies fue de 10 a 13 especies, la especie más abundante en los dos sitios fue *Monarthrum tuberculatum*. La fecha en la que se registró el mayor número de individuos y de especies fue durante los meses de junio-agosto que corresponde a la temporada de lluvias en los tres sitios de colecta. Los índices de diversidad agrupan al sitio 3 con el uno, dejando a un lado al sitio 2. Con la información que se generó en el presente trabajo permitirá realizar una identificación más rápida de las especies de insectos que respondan con el incremento de su población en casos de perturbaciones en el bosque por efectos del cambio climático, quemadas u otros factores.

Por otro lado, se realizó la caracterización del gen Citocromo Oxidasa I (COI) de *Ips lecontei*, en dos regiones, una que se utiliza para la taxonomía de escolitinos y la región del código de barras, el cual se utiliza en la taxonomía moderna. Con la primera se realizó un análisis de polimorfismo de 7 sitios de Durango y dos secuencias de Arizona depositadas en el banco de genes. Un haplotipo es común en los sitios evaluados de Durango y estos son diferente a las de Arizona. En la reconstrucción de la filogenia las secuencias utilizadas para el análisis de polimorfismo se agrupan en clado. De la región del código de barras no se tiene registro en la base de datos por lo que con este trabajo se contribuye a la sistemática moderna con la inclusión de esta especie en el banco de genes.

LITERATURA CITADA

- Albo J. E., J. P. Marelli y A. S. Puig. 2019 Rapid Molecular Identification of Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae). *Int J Mol Sci.* 2019;20(23):5944. Published 2019 Nov 26. <https://doi.org/10.3390/ijms20235944>.
- Aragón P., E. E., A. Galarza H., M. S. González E. y I. Luna V. 2010. Composición y estructura de las comunidades vegetales del rancho el Duranguense, en la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 771-787. Pp. 18.
- Armstrong, K. F., y S. L. Ball. 2005. DNA Barcodes for Biosecurity: Invasive Species Identification. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 360(1462), 1813–1823. <http://www.jstor.org/stable/30040928>.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1713>.
- Atkinson, T. H., E. Saucedo C., E. Martínez F., y A. Burgos S. 1986. Coleópteros Scolytidae y Platypodidae asociados con las comunidades vegetales de clima templado y frío en el estado de Morelos, México. *Acta Zool. Mex. (N.S.)*, 17, 1-58. <https://doi.org/10.21229/azm.1986.13172048>.
- 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. Pp 13-27.
- Atkinson, T. H. 2017. Familia Curculionidae: Subfamilia Scolytinae. *Fundam. Entomol. For. Univ. Autónoma Chapingo* 328–335.
- Atkinson, T. H. 2023. Bark and Ambrosia Beetles (en línea). Disponible en <http://www.barkbeetles.info>
- Ayres, M. P. & M. J. Lombardero 2000. Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens. *Science of the Total Environment* 262: pp. 263-286. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00528-3](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00528-3).
- Barrera, J. F., A. Villacorta, y J. Herrera. 2004. Fluctuación estacional de las capturas de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) con trampas de etanol-metanol e implicaciones sobre el número de trampas. *Entomología Mexicana* 3: 540-544.
- Bastos, E.S.A., A. Dorval, O. Peres F., M. Dias De S, E. Nunes M. y J. Gomes Da S. J. 2018. Influence of ethanol concentration on Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) in a native forest in the municipality of Campo Verde - MT. *Idesia* 36, Pp 9. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/2018nahead/0718-3429-idesia-02501.pdf>.
- Beaver, R. A., H. Ghahari, y S. Sanguansub. 2016. An annotated checklist of Platypodinae and Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) from Iran. *Zootaxa*, 4098 (3), 401-441. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4098.3.1>.

- Batovska, J., A. M. Piper, I. Valenzuela, J. P. Cunningham y M. J. Blacket. 2021. Developing a non-destructive metabarcoding protocol for detection of pest insects in bulk trap catches. *Sci Rep* **11**, 7946 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85855-6>.
- Biedermann, P. H. W., J. Müller, J. C. Grégoire, A. Gruppe, J. Hagge, A. Hammerbacher, R. W. Hofstetter, D. Kandasamy, M. Kolarik, M. Kostovcik, P. Krokene, A. Sallé, D. L. Six, T. Turrini, D. Vanderpooli, M. Wingfield & C. Bassler. 2019. Bark Beetle Population Dynamics in the Anthropocene: Challenges and Solutions. *Trends in Ecology & Evolution*, **34**(10): 914-924. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.06.002>.
- Bouckaert R., Vaughan, T.G., Barido-Sottani J., Duchêne, S., Fourment, M., Gavryushkina A., Heled, J., Jones, G., Kuhnert, D., De Maio, N., Matschiner M., Mendes, F. K. and Drummond A. J. (2019) BEAST 2.5: An advanced software platform for Bayesian evolutionary analysis. *PLoS computational biology*, **15**(4), e1006650. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006650>.
- Burgos, S. A., y A. Equihua M. 2007. Platypodidae y Scolytidae (Coleoptera) de Jalisco, México. *Dugesiana* **14**, 59–82. <https://www.researchgate.net/publication/237283899>.
- Castellanos, B. J. F., Ruiz, M. E. O., Gómez, C. M., y González, C. R. (2013). Fundamentos técnicos para el control de insectos descortezadores de pinos en Oaxaca. INIFAP-Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Folleto Técnico Núm. 24. Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca, México. 40 p.
- Castorena P, A. E., A. Equihua M, E. J. Jardel P., L. E. Rivera C. y R. Cuevas G. 2020. Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionide) de un bosque mixto de pino-latifoliadas de la Sierra de Manantlán, Jalisco, México. *Revista de Entomología DOGESIANA*. ISSN 2007-9133. <https://doi.org/10.32870/dugesiana.v27i2.7103>.
- Challenger, A., R. Dirzo y J. C. López. 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 37-73.
- Cibrián, T. D., J. T. Méndez M., R. Campos B., H. O. Yates III y J. E. Flores, L. 1995. *Insectos Forestales de México*. Universidad Autónoma Chapingo, Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, EE. UU, Recursos naturales Canadá, Comisión Forestal de America del Norte 450-453.
- Cognato, A. I. y F. A. H. Sperling. 2000. Phylogeny of *Ips* Degeer species (Coleoptera: Scolytidae) inferred from Mitochondrial Cytochrome Oxidase I DNA Sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Vol. 14 No. 3. Pp. 445-460. <https://doi.org/10.1006/mpev.1999.0705>.

- Cognato, A. I. y A. P. Vogler. 2001. Exploring Data Interaction and Nucleotide Alignment in a Multiple Gene Analysis of *Ips* (Coleoptera: Scolytinae). *Systematic Biology*. Vol. 50(6):758-780. <https://doi.org/10.1080/106351501753462803>.
- Cognato, A. I. 2013. Molecular phylogeny and taxonomic review of Premnobiini Browne, 1962 (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Frontiers in Ecology and Evolution* 1: 1. Pp-12. <https://doi.org/10.3389/fevo.2013.00001>.
- Cognato, A. I. 2015. Biology, systematics, and evolution of *Ips*. *Bark Beetles, Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. Pp 315-370. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00009-5>.
- CONAFOR, 2016. Alerta Temprana y Evaluación de Riesgo para Insectos Descortezadores octubre 2016, México: SEMARNAT.
- CONAFOR. (2020). El sector forestal mexicano en cifras 2019. Ciudad de México. 104 p
- CONABIO. 2021. La biodiversidad en Durango estudio de Estado. https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/region/eeb/files/DURANGO_resumen.pdf.
- Del-Val, E. y C. Sáenz R. 2017. Insectos descortezadores (Coleoptera: Curculionidae) y Cambio climático: problema actual y perspectivas en los bosques templados. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* vol. 20: 53–60. ISSN 1405-888X. <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2017.04.006>.
- Du, H., Fang, J., Shi, X., Zhang, S., Liu, F., Yu, C., Zhang, Z., & Kong, X. (2021). Comparative Analysis of Eight Mitogenomes of Bark Beetles and Their Phylogenetic Implications. *Insects*, 12(10), 949. <https://doi.org/10.3390/insects12100949>.
- FAO, 2016. Normas Internacionales para medidas fitosanitarias 27. Protocolo de diagnóstico para las plagas reglamentadas. Convención Internacional de Protección fitosanitaria.
- Folmer, O., M. Black, W. Hoeh, R. Lutz, y R. Vrijenhoek. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* 3(5), 294-299.
- Hammer, O., D. A. T. Harper y P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9 pp.
- 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.
- Hebert, N. P. D., A. Cywinska, S. L. Ball, y J. R. deWaard. 2003. Biological Identifications through DNA barcodes. *The royal society. Proceedings Biological Sciences* 270: 313-321. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2218>.

- Hlásny, T., P. Krokene, A. Liebhold, C. Montagné H., J. Muller, H. Qin, K. Raffa, M. J. Schelhass, R. Seidi, M. Svoboda & H. Viri. 2019. Living with bark beetles: impacts, outlook and management options. From Science to policy 8. European Forest Institute. 50 pp.
<http://www.forestiersdalsace.fr/UserFiles/File/PDF/Exemples/Vivre-avec-les-scolytes-19.pdf>.
- Hulcr, J. y L. L. Stelinski. 2017. The ambrosia Symbiosis: From evolutionary ecology to practical management. Annual Review of Entomology, 62:285-303.
<https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035105>.
- Gohli J., T. Selvarajah, L. R. Kinkerdall and B. H. Jordal. 2016. Globally distributed Xyleborus species reveal recurrent intercontinental dispersal in a landscape of ancient worldwide distributions. BMC Evolutionary Biology. 16:37.
<https://doi.org/10.1186/s12862-016-0610-7>.
- González E., M. S., M. González E., J. A. Tena F., L. Ruacho G. y L. López E. 2012. Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una síntesis. Acta Botánica Mexicana no. 100. Pp 351-403. ISSN 2448-7589.
- González E., M. S., M. González E., y M. A. Márquez L. 2007. Vegetación y ecorregiones de Durango. pp. 165. ISBN: 970-95117-0-X.
- INEGI., 2021. Aspectos Geográfico Durango.
https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen_10.pdf.
- Kirkendall, L. R., P. H. W. Biedermann y B. H. Jordal. 2015. Chapter 3.- Evolution and diversity of bark and ambrosia beetles. Bark beetles, Biology and ecology Native and Invasive Species. Edited by Fernando E. Vega and Richard W. Hofstetter. Pp 85–156. ISBN. 978-0-12-417156-5. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00003-4>.
- Kumar S., G. Stecher, M. Li, C. Knyaz, and K. Tamura. 2018. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms. Mol. Biol. Evol. 35(6):1547-1549.
- Krokene, P. 2015. Chapter 5 - Conifer Defense and Resistance to Bark Beetles. Pp 177-207. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-41156-5.00005-8>.
- Ohmart, C. P. (1989). Why are there so few tree-killing bark beetles associated with angiosperms? Oikos, Vol 54, No 2, pp. 242-245.
<https://www.jstor.org/stable/3565273>. <https://doi.org/10.2307/3565273>.
- Lantschner, M.V., J. C. Corley y A. M Liebhold. 2020. Drivers of global Scolytinae invasion patterns. Ecological Applications. Vol. 30, 1–12. <https://doi.org/10.1002/eap.2103>.
- Lázaro D., M. O., A. Equihua M., J. Romero N., H. González H., D. Alvarado R., J. E. Macías S., A. Castañeda V., y T. H. Atkinson. 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. <https://doi.org/10.1649/0010-065X-74.2.454>.
- Leigh, J. W., & Bryant, D. 2015. POPART: full-feature software for haplotype network construction. *Methods in ecology and evolution*, 6(9), 1110-1116. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.12410>.
- Leather, S. R. 2012. W. M. Ciesla: Forest entomology. A global perspective. *J Insect Conserv* 16, 145-146. <http://doi.org/10.1007/s10841-011-9452-1>.
- Librado, P. and J. Rozas. 2009. DnaSP v5: a software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics*, Volume 25, Pages 1451–1452. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btp187> .
- Lindgren, B. S., y K. F. Raffa, 2013. Evolution of tree killing in bark beetles (Coleoptera: Curculionidae): Trade-offs between the maddening crowds and a sticky situation. *The Canadian Entomologist* 145(5): 471-495. <https://doi.org/10.4039/tce.2013.27>.
- Lombardero, M. J., M. P. Ayres, B. D. Ayres, y J. D. Reeve. 2000. Cold tolerance of four species of bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) in North America. *Environmental Entomology*, Vol. 29(3), pp. 421-432. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-29.3.421>.
- López R., S., P. Romón O., J. C. Iturrondobeitia B., y A. Goldaracena L. 2007. Los Escolítidos de las Coníferas del País Vasco - Guía práctica para su identificación y control. Colección Lur N° 11. Pp. 198. ISBN 978-84-457-2650-1.
- Miller S. E. (2007). DNA barcoding and the renaissance of taxonomy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(12), 4775–4776. <https://doi.org/10.1073/pnas.0700466104>.
- Moreno, C. E., 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T. ORCYT/UNESCO/SEA (Ed.). Prim. edición. Vol. 1. Zaragoza, España. pp 84. ISBN: 84-922495-2-8.
- Morrone, J. J. 2014. Biodiversidad de Curculionidae (Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Vol. 85: 312-324. ISSN 1870-3453. <https://doi.org/10.7550/rmb.30038>.
- Návar, J. 2015. Hydro-climatic variability and perturbations in Mexico's north-western temperate forests. *Ecohydrology*, Vol. 8, Pp. 1065–1072. <https://doi.org/10.1002/eco.1564>.
- Pérez D. de C., M., A. Equihua M., J. Romero N., S. Sánchez S., E. García L., 2009. Diversidad fluctuación población y plantas huésped de escolitinos (Coleoptera: Curculionidae) asociadas con el agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Revevista mexicana de biodiversidad*. Vol. 80(3):779-791. ISSN 2007-8706.
- Pistone, D., J. Gohli, y B. H. Jordal. 2017. Molecular phylogeny of bark and ambrosia beetles (Curculionidae: Scolytinae) based on 18 molecular markers. *Systematic Entomology*. Vol. 43, pp. 387-406. <https://doi.org/10.1111/syen.12281>.

- Procházka, J., L. Cizek, y J. Schlaghamerský. 2018. Vertical stratification of scolytinae beetles in temperate forests. *Insect Conservation Diversity*. Vol. 11, pp. 534–544. <https://doi.org/10.1111/icad.12301>.
- Raffa, K. F., J. C. Grégoire, y B. S. Lindgren. 2015. Chapter 1 - Natural history and ecology of bark beetles. *Bark beetles – Biology and ecology Native and Invasive Species*. Edited by Fernando E. Vega and Richard W. Hofstetter. ISBN. 978-0-12-417156-5. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00001-0>.
- Raupach M. J., K. Hannig, J. Morinière, L. Hendrich. 2016. A DNA barcode library for ground beetles (Insecta, Coleoptera, Carabidae) of Germany: The genus *Bembidion* Latreille, 1802 and allied taxa. *ZooKeys* 592: pp. 121-141. <https://doi.org/10.3897/zookeys.592.8316>.
- Rajendrakumar, P., K. Sujatha, K. S. Rao, P. Nataraj K., B. C. Viraktamath, S. M. Balachandran, A. K. Biswal y R. M. Sundaram. 2007. A protocol for isolation of DNA suitable for rapid seed and grain purity assessments in rice. *Rice Genetics Newsletter* 23: 1-3. <https://shigen.nig.ac.jp/rice/oryzabase/asset/rgn/vol23/b25.html>.
- Reding, M.E., P.B. Schultz, C.M. Ranger y J.B. Oliver. 2011. Optimizing ethanol-baited traps for monitoring damaging ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in ornamental nurseries. *Journal Economic Entomology*. Vol. 104, 2017–2024. <https://doi.org/10.1603/EC11119>.
- Salinas M., Y., A. Ager, C. F. Vargas, J. L. Hayes, G. Zúñiga. 2010. Determining the vulnerability of Mexican pine forests to bark beetles of the genus *Dendroctonus* Erichson (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Forest Ecology and Management*, Vol. 260 (1), 52–61. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.03.029>.
- Sánchez M., G., J. F. Reséndiz M. y S. Santana E. 2016. Fundamentos para el uso semioquímicos en el manejo integral de insectos decortezadores de coníferas en México. Folleto Técnico Núm. 74 ISBN: 978-607-37-0848-7. <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/09%20Manuales%20t%C3%A9cnicos/Fundamentos%20para%20el%20uso%20de%20Semioquimicos%20INIFAP%202017.pdf>.
- SEMARNAT, 2017. Superficie afectada por plagas y enfermedades forestales https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores17/conjuntob/indicador/archivos/pdf/07_forestales/indicadores/7-4.pdf (Fecha de consulta 20 de mayo de 2022).
- Simon, C., F. Frati, A. Beckenbach, B. Crespi, H. Liu, y P. Flook. 1994. Evolution, Weighting, and Phylogenetic Utility of Mitochondrial Gene Sequences and a Compilation of Conserved Polymerase Chain Reaction Primers. *Annals of the Entomological society of america*. Vol 87(6), pp. 651-701. <https://doi.org/10.1093/aesa/87.6.651>.

- Tamura K, G. Stecher, K Kumar. 2021. MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11, *Molecular Biology and Evolution*, Volume 38, Issue 7, July 2021, Pages 3022–3027, <https://doi.org/10.1093/molbev/msab120>.
- Weed, A. S., M. P. Ayres & B. J. Bentz. 2015. Chapter 4. - Population Dynamics of bark beetles. Bark beetles – Biology and ecology Native and Invasive Species. Edited by Fernando E. Vega and Richard W. Hofstetter. Pp. 157-176. ISBN. 978-0-12-417156-5. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00004-6>..
- Wood, S. L. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. Great Basin Nat. Mem 6: 1-1356.
- Wood, S. L. 2007. Bark and Ambrosia Beetles of south america (Coleoptera: Scolitinae). Monte L. Bean Science Museum, Provo, UT. 900p. <https://scholarsarchive.byu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1005&context=mlbm>.
- Wood, S. L. y D. E. Bright. 1992. A catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), Part 2: Taxonomic Index. Great Basin Naturalist Memoirs 13: 1-1553.
- Zaragoza-Ortega, M., Segura-León, O. L., Hernández-Cruz, J., Valdez-Carrasco, J., & Sánchez-Soto, S. (2017). The response of *Phyllophaga brevidens* and *Phyllophaga lenis* (Coleoptera: Scarabaeidae) to methyl 2-(methylthio) benzoate and light. *Florida Entomologist*, 100(3), 546-550. <https://doi.org/10.1653/024.100.0309>.