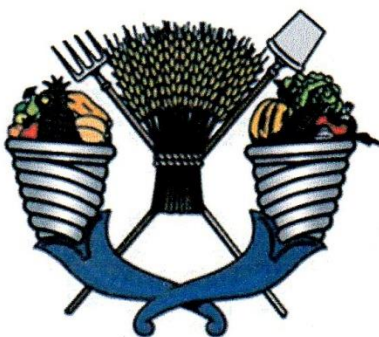




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

"Enseñar la explotación de la tierra, no la del hombre"

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

DIVERSIDAD DE INSECTOS ASOCIADOS A
Dendroctonus mexicanus Hopkins EN *Pinus pseudostrobus*
Lind

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

Presenta:

MACÍAS CORRAL ÁNGEL FABIÁN

Bajo la supervisión de:

DR. DAVID CIBRIAN TOVAR

Chapingo, Estado de México, Enero 2017



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



La presente tesis titulada “**DIVERSIDAD DE INSECTOS ASOCIADOS A *Dendroctonus mexicanus* Hopkins EN *Pinus pseudostrobus* Lind**” realizada por el alumno Ángel Fabián Macías Corral bajo la dirección del Comité Asesor indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

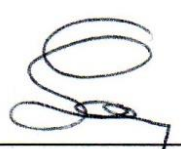
MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR



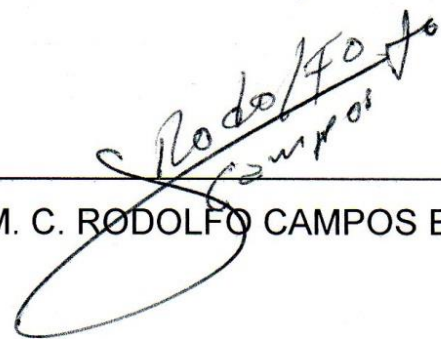
DR. DAVID CIBRIÁN TOVAR

CODIRECTOR



DR. GABRIEL A. RODRIGUEZ YAM

ASESOR



M. C. RODOLFO CAMPOS BOLAÑOS

Chapingo, Estado de México, Enero 2017

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	9
1.1.	Objetivo General.....	11
1.2.	Objetivos específicos	11
1.3.	Bibliografía.....	13
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	15
2.1.	Generalidades de Insectos Descortezadores.....	15
2.2.	Síntomas.....	17
2.3.	El género <i>Dendroctonus spp.</i> en México	18
2.4.	<i>Dendroctonus mexicanus</i> Hopkins.....	19
2.4.1.	Ciclo de vida de <i>Dendroctonus mexicanus</i> Hopkins.....	19
2.5.	Descripción de los principales grupos de insectos asociados a los descortezadores.....	20
2.5.1.	Enemigos naturales.....	21
2.5.2.	Barrenadores, ambrosiales y competidores por espacio.	23
2.5.3.	Parasitoides.....	24
2.6.	Control de descortezadores.....	25
2.6.1.	Métodos para el control directo de <i>Dendroctonus mexicanus</i>	26
2.6.2.	Control mecánico-físico	26
2.6.3.	Control químico	27
2.6.4.	Prioridades de Tratamiento.....	28
2.7.	Bibliografía.....	30
III.	DIVERSIDAD DE INSECTOS ASOCIADOS A <i>Dendroctonus mexicanus</i> Hopkins EN <i>Pinus pseudostrobus</i> Lind	34
3.1.	Resumen	34
3.2.	Abstract	35
3.3.	Introducción	36

3.4. Materiales y Métodos	37
3.4.1. Área de estudio	37
3.4.2. Levantamiento de datos	39
3.4.3. Procesamiento de datos en laboratorio	40
3.4.4. Análisis estadístico	41
3.5. Resultados y Discusión	43
3.5.1. Riqueza de especies	43
3.5.2. Recolección de descortezadores y depredadores	45
3.5.3. Grupo I. Insectos Descortezadores Primarios	48
3.5.4. Grupo II. Insectos Descortezadores Secundarios	49
3.5.5. Grupo III. Insectos Depredadores	51
3.5.6. Grupo IV. Insectos Barrenadores de Madera	53
3.5.7. Grupo V. Insectos Competidores de Espacio	55
3.6. Conclusiones	57
3.7. Literatura Citada	58
IV. ANEXOS	60
Anexo 1.1. Total de Insectos	60
Anexo 1.2. Grupo I Insectos descortezadores primarios	61
Anexo 1.3. Grupo II Insectos descortezadores secundarios	62
Anexo 1.4. Grupo III Insectos depredadores de descortezadores	63
Anexo 1.5. Grupo IV Insectos barrenadores de madera	64
Anexo 1.6. Grupo V Insectos competidores de espacio	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Variables empleadas.	41
Cuadro 2 Grupos de insectos identificados en las muestras del sitio El Piñón.	45
Cuadro 3 Conteo total de Insectos.	47
Cuadro 4 Conteo de <i>Dendroctonus mexicanus</i> .	48
Cuadro 5 Conteos de Insectos descortezadores secundarios.	50
Cuadro 6 Conteo de insectos Depredadores.	52
Cuadro 7 Conteo de insectos barrenadores de madera.	53
Cuadro 8 Conteo de insectos Competidores de espacio.	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del Parque Nacional los Mármoles (PNM), Estado de Hidalgo.....	38
Figura 2 Porcentaje de las abundancias encontradas por familias y subfamilias.	43
Figura 3 Abundancias del total de insectos colectados, por Nivel de Infestación y altura a la que fueron obtenidas.....	47
Figura 4 Abundancias de <i>Dendroctonus mexicanus</i> colectados, por Nivel de Infestación y altura a la que fueron obtenidas.....	49
Figura 5 Abundancias de insectos del Insectos secundarios, por nivel de infestación y altura en que fueron colectados.....	51
Figura 6 Abundancias de insectos Depredadores, por nivel de infestación y altura en que fueron colectados.	52
Figura 7 Abundancias de insectos barrenadores de madera por nivel de infestación y altura en que fueron colectados.....	54
Figura 8 Abundancias de insectos competidores por espacio por nivel de infestación y altura en que fueron colectados.....	56

DEDICATORIAS

Han sido ya dos años llenos de esfuerzos y sacrificios, cerrada esta etapa, quiero dedicar este trabajo principalmente a **Dios** por permitirme llegar a esta instancia del camino, en donde me vuelvo todo un profesional.

A mis padres, Rosa Hilda Corral Rocha y José Macías Segovia por ser los co-autores de todo este proceso. Gracias por todo el apoyo, la fe en mí, la confianza y el amor que a diario me impulsa para alcanzar mis ideales, para muestra la culminación de esta Maestría que me llena de orgullo.

A mis hermanos Azucena, Adrián, Alonso, Humberto, Dalia y Alejandra. Que han sido mi mayor ejemplo, los admiro y siempre los admirare por su forma de ser y de pensar. Gracias por su apoyo incondicional, por ayudarme a salir adelante en momentos difíciles y por haber sonreído conmigo en los felices

De corazón.

Ing. Ángel Fabián Macías Corral

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo por darme la doble oportunidad de prepararme.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico, durante los dos años de maestría.

Al programa de posgrado de la División de Ciencias Forestales.

A la Dirección General de Investigación y Postgrado por su apoyo y facilidades otorgadas en el marco de apoyos de Proyectos convencionales.

A toda mi familia, en especial a mis padres Rosa y José, a mis hermanos Azucena, Adrián, Alonso, Humberto, Dalia y Alejandra y a todos mis sobrinos por darme el aliento necesario en los momentos precisos para concluir esta etapa importante en mi vida.

Al Dr. David Cibrián Tovar por su amistad y sobre todo por orientarme y dirigirme hasta el término del presente trabajo de la manera más profesional.

Al Dr. Gabriel A. Rodríguez Yam por su amistad y por cumplir cabalmente con lo estipulado al aceptar asesorarme para la conclusión de esta etapa.

Al M.C. Rodolfo Campos Bolaños por su amistad y facilidades otorgadas de inicio a fin en este periodo de obtención de grado.

A mis todos mis amigos y compañeros de maestría, por su amistad.

Ing. Ángel Fabián Macías Corral

DATOS BIOGRAFICOS



Datos personales

Nombre: Ángel Fabián Macías Corral

Fecha de nacimiento: 03 de Diciembre de 1989

Lugar de nacimiento: Santiago Papasquiaro, Durango

CURP: **MACA891203HDGCRN08**

Profesión: Ingeniero Forestal

Cédula profesional: **09938343**

Desarrollo académico

Bachillerato: Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo

Licenciatura: División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo.

I. INTRODUCCIÓN

Los insectos descortezadores de los géneros *Dendroctonus* e *Ips* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) son las principales plagas de los bosques de coníferas. Anualmente miles de árboles mueren por ataques de estos insectos (Gillette Rappaport, Donald R. Owen, & John D. Stein, 2001; Holsten, Webb, Shea, & Werner, 2002; Miller & Borden, 2000; Sun et al., 2003)

El género *Dendroctonus* se distribuye de forma natural desde Alaska, en Norteamérica, hasta Nicaragua, en América Central; en el Continente Americano se tienen registradas 17 especies y dos en Asia y norte de Europa (Wood, 1982).

En México se ha corroborado la existencia de 12 especies de las cuales *D. adjunctus*, *D. mexicanus*, *D. frontalis*, *D. pseudotsugae* y *D. rhizophagus* son las de mayor importancia económica y ecológica (Islas Salas, 1980). Recientemente, la incorporación de una nueva especie de descortezador a esta lista fue registrada, *Dendroctonus mesoamericanus* (Armendariz-Toledano, Nino, Sullivan, Kirkendall, & Zuniga, 2015).

El conocimiento de los distintos aspectos biológicos en el ciclo de un insecto es indispensable para llegar a un futuro control, empleando los medios menos perjudiciales para el ambiente. Existen insectos depredadores de insectos descortezadores de los géneros *Dendroctonus* e *Ips*, una característica de estos depredadores, señala Cibrian-Tovar (2014) es, que una vez que sus larvas alcanzan la madurez bajan a la base del árbol a pupar, en este espacio puede haber decenas de estos insectos, y cuando se descorteza y/o quema el tocón o se le aplica insecticida son afectados severamente.

Existen insectos depredadores de gran importancia en cuanto al control biológico de *Dendroctonus* e *Ips* se refiere, una característica de estos depredadores, es que una vez que sus larvas alcanzan la madurez bajan a la

base del árbol a pupar, en este espacio puede haber decenas de estos insectos, y cuando se descortezas y/o quemas el tocón o se le aplica insecticida son afectados severamente (Cibrián Tovar, 2014).

Puesto que las larvas de coleópteros depredadores suelen ser muy grandes, es frecuente que se encuentren en las secciones inferiores de los troncos de los árboles, donde la corteza es más gruesa (Gargiullo & Berisford, 1981; Stephen & Dahlsten, 1976; Wermelinger, 2004)

El MIP puede definirse como una combinación de medidas de prevención, observación y supresión que pueden ser eficientes ecológica y económicamente y aceptables socialmente, para mantener las poblaciones de plagas a un nivel adecuado (FAO, 2012).

En un marco de cambio climático, *Dendroctonus mexicanus* Hopkins puede aumentar aún más su área de distribución altitudinal y modificar hábitos en los que comúnmente se desarrollan así como el número de generaciones por año, lo cual puede incrementar su agresividad; por lo tanto, y partiendo del concepto de MIP, surge la necesidad de evitar prácticas innecesarias en el manejo de este insecto descortezador, minimizando con ello pérdidas económicas en una posible contingencia.

La presente investigación se plantea como metas conocer las abundancias de la diversidad de insectos en tres distintas alturas de árboles de la especie *Pinus pseudostrobus* plagados por *Dendroctonus mexicanus*, dos alturas en el cuello de la raíz comparándola con la abundancia encontrada a una altura fija en el tallo, y con ello respaldar la exclusión de acciones de saneamiento al tocón en la reciente modificación a la normatividad cuando se presenta una contingencia sanitaria causada por este descortezador, modificación realizada a **NOM-019-SEMARNAT-2006** en la que se establecen los lineamientos técnicos de los métodos para el combate y control de insectos descortezadores, este proyecto de modificación fue publicada el día 5 de Agosto de 2016 en el diario oficial de la federación, para quedar como **NOM-019-SEMARNAT-2016**, Que

establece los lineamientos técnicos para la prevención, combate y control de insectos descortezadores. Por lo que se plantean los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo General

- Conocer la abundancia de insectos en el cuello de la raíz de especies del género *Pinus*, posterior a un ataque de descortezadores, comparándola con la abundancia a una altura del tallo definida, colaborando a la toma de decisiones con respecto a la necesidad de acciones de saneamiento en los tocones resultantes en una corta de saneamiento.

1.2. Objetivos específicos

- Colectar e identificar los insectos descortezadores y asociados presentes en *Pinus pseudostrobus* infestados por *Dendroctonus mexicanus* en, considerando tres alturas del tallo.
- Conocer la abundancia de insectos descortezadores y asociados presentes en dos alturas del cuello de la raíz de *Pinus pseudostrobus* en presencia de un ataque de *Dendroctonus mexicanus*, en tres niveles de infestación.
- Conocer la abundancia de insectos descortezadores y asociados presentes a una altura definida de *Pinus pseudostrobus* en presencia de un ataque de *Dendroctonus mexicanus*, en tres niveles de infestación.
- Generar conocimiento que coadyuvé a la toma de decisiones para el caso de la necesidad o no, de las acciones de saneamiento forestal, sobre el tocón, en presencia de un ataque de *Dendroctonus mexicanus* en *Pinus pseudostrobus*.

El presente trabajo se desarrolló en base a la hipótesis nula (H_0), en la que se establece que “No existe diferencia en la abundancia de insectos presentes en arboles infestados por insectos descortezadores de *Dendroctonus mexicanus*

Hopkins, en distintas alturas del árbol con distinto nivel de infestación” en contra de la hipótesis alternativa (H_i) la que plantea que “Existe diferencia en la abundancia de insectos presentes en árboles infestados por insectos descortezadores de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins, en al menos una de las distintas alturas”.

El presente documento, se divide en tres capítulos, en el primero se plantea una Introducción general en la que se esboza a grosso modo los antecedentes y justificación que nos llevó a realizar la presente investigación, así como los objetivos e hipótesis a partir de los cuales se trabajó.

En el segundo capítulo, se plasmó la revisión de literatura que se requirió y sirvió de guía para la presente investigación, en los que se abordaron tanto generalidades de los insectos descortezadores, así como características particulares de la especie *Dendroctonus mexicanus* y de las familias, géneros y especies asociadas a los ataques de este descortezador. Además de hacer mención de los resultados de investigaciones pasadas con cierto grado de relación con la presente.

El último capítulo, titulado “Diversidad de insectos asociados a *Dendroctonus mexicanus* Hopkins en *Pinus pseudostrobus* Lind” enfatiza los pasos necesarios para la realización de la presente investigación, describiendo desde el área de estudio hasta los resultados y conclusiones, presentado en forma de artículo.

1.3. Bibliografía

- Armendariz-Toledano, F., Nino, a., Sullivan, B. T., Kirkendall, L. R., & Zuniga, G. (2015). A New Species of Bark Beetle, *Dendroctonus mesoamericanus* sp. nov. (Curculionidae: Scolytinae), in Southern Mexico and Central America. *Annals of the Entomological Society of America*. <http://doi.org/10.1093/aesa/sav020>
- Cibrian Tovar, D. (2014). Guía para el monitoreo de plagas forestales a nivel comunitario, adecuada al contexto de la Sierra Rarámuri. Mexico, Distrito Federal: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Proyecto de Reducción de Emisiones por la Deforestación y la Degradación de Bosques de México (Alianza México-REDD+).
- FAO. (2012). Guía para la aplicación de normas fitosanitarias en el sector forestal. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Ed.). Rome.
- Gargiullo, P. M., & Berisford, C. W. (1981). Effects of Host Density and Bark Thickness on the Densities of Parasites of the Southern Pine Beetle. *Environmental Entomology*, 10(3), 392 LP-399. JOUR.
- Gillette Rappaport, N., Donald R. Owen, & John D. Stein. (2001). Interruption of Semiochemical-Mediated Attraction of *Dendroctonus valens* (Coleoptera: Scolytidae) and Selected Nontarget Insects by Verbenone. *Environmental Entomology*, 30(5), 837–841. <http://doi.org/10.1603/0046-225X-30.5.837>
- Holsten, E. H., Webb, W., Shea, P. J., & Werner, R. A. (2002). Release rates of methylcyclohexenone and verbenone from bubble cap and bead releasers under field conditions suitable for the management of bark beetles in California, Oregon, and Alaska.

- Islas Salas, F. (1980). Observaciones sobre la biología y el combate de los escarabajos descortezadores de los pinos: *Dendroctonus adjunctus* Blf; *D. mexicanus* Hpk. y *D. frontalis* Zimm., en algunas regiones de la república mexicana. Bol.-Téc.-Inst. Nac.-Invest.-For., 66, 1–27.
- Miller, D. R., & Borden, J. H. (2000). Dose-dependent and species-specific responses of pine bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) to monoterpenes in association with pheromones. The Canadian Entomologist, 132(2), 183–195. <http://doi.org/10.4039/Ent132183-2>
- Stephen, F. M., & Dahlsten, D. L. (1976). The arrival sequence of the arthropod complex following attack by *Dendroctonus brevicornis* (Coleoptera: Scolytidae) in ponderosa pine. The Canadian Entomologist, 108(3), 283–304. JOUR. <http://doi.org/10.4039/Ent108283-3>
- Sun, J. H., Gillette, N. E., Miao, Z. W., Kang, L., Zhang, Z. N., Owen, D. R., & Stein, J. D. (2003). Verbenone interrupts attraction to host volatiles and reduces attack on *Pinus tabulaeformis* (Pinaceae) by *Dendroctonus valens* (Coleoptera: Scolytidae) in the People's Republic of China. Canadian Entomologist, 135, 721–732.
- Wermelinger, B. (2004). Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* - A review of recent research. Forest Ecology and Management, 202(1–3), 67–82. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.07.018>
- Wood, S. L. (1982). The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. Great Basin Naturalist Memoirs, (6), 1123.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

“Los insectos forestales que se alimentan del floema y cambium de árboles de coníferas constituyen el grupo más importante de especies que afectan la productividad de un bosque” (Cibrián, Mendez, Campos, Yates, & Flores, 1995)

2.1. Generalidades de Insectos Descortezadores

Los insectos de la subfamilia Scolytinae, donde se encuentran los descortezadores de los pinos, tienen gran importancia económica, al grado de que se les reconoce como las plagas forestales más dañinas del país. Excavan sus galerías en la parte más interna de la corteza y se alimentan del cambium y floema principalmente; el xilema sufre desgarramientos ligeros en el cambium. En este proceso el árbol sufre destrucción de su sistema de conducción y de los meristemos secundarios, lo que junto con la exudación continúa de savia o resina producida por las heridas, va debilitando al árbol hasta producir su muerte (Perusquia Ortiz, 1982).

Los insectos descortezadores atacan árboles estresados y pueden ocasionarles la muerte. Sin embargo, la alta densidad de algunas especies de insectos descortezadores pueden colonizar y matar árboles sanos (Kausrud et al., 2012).

Los descortezadores pasan la mayor parte de su vida dentro de su planta huésped o en los sitios de hibernación, como la hojarasca. El ciclo biológico del escarabajo descortezador se puede dividir en tres fases principales: la fase de dispersión, la fase de la colonización, y la fase de desarrollo (Wood, 1982)

Durante la fase de dispersión, la nueva generación emerge desde el sitio del árbol de cría o de hibernación y vuela a un nuevo árbol. La fase de la

colonización incluye la selección del anfitrión y un túnel en la corteza. La colonización del árbol comienza cuando un escarabajo pionero entra en la corteza de un árbol sin atacar. Estos llamados escarabajos pioneros, señalan Latty & Reid (2010) deben evaluar la capacidad de la defensiva y calidad nutricional del árbol, pero se sabe muy poco acerca de los mecanismos precisos involucrados en el reconocimiento de acogida y aceptación. Dentro de la corteza, los pioneros emiten feromonas que atraen a los atacantes adicionales, un proceso conocido como la atracción secundaria (Vanderwel & Oehlschlager, 1987; Wood, 1982).

La fase de desarrollo se produce dentro de la corteza e incluye el apareamiento, la construcción de la galería, la oviposición, y el desarrollo de la cría. Para descortezadores que atacan árboles vivos, las defensas en la corteza deben ser neutralizadas cuando comienza el desarrollo de la cría. La mayor parte del cambio vascular luego serán destruidos, y el árbol es irreversiblemente estresado (Lieutier, Yart, & Salle, 2009).

Los descortezadores son minúsculos en tamaño en comparación con sus, a menudo, muy grandes árboles hospedantes. Así, un solo escarabajo no puede infligir mucho daño a un árbol. La clave de la muerte del árbol por descortezadores, es que estos se involucran en ataques masivos coordinados, donde cientos de ellos atacan un solo árbol en un corto tiempo. Este tipo de ataques masivos coordinados pueden desbordar la capacidad de defensa, incluso de árboles vigorosos (Berryman, 1999).

Los ataques masivos de descortezadores son coordinados por las feromonas de agregación que se pueden hacer a partir de precursores en el árbol o producidos “de novo” por los escarabajos (Blomquist et al., 2010).

La feromona emitida por los atacantes iniciales recluta atacantes no pioneras adicionales entre los escarabajos que vuelan en los alrededores. En muchas especies, la atracción de feromonas es sinergizada por monoterpenos emitidos

por los árboles atacados, al menos hasta moderadamente altos niveles de monoterpenos (Miller & Borden, 2000).

2.2. Síntomas

Islas Salas (1980), menciona que los síntomas visibles y distintivos de la plaga de descortezadores en pinos son los siguientes:

- Las hojas que están más o menos erectas o rígidas y de un color verde brillante, se tornan flácidas y su color se vuelve verde mate u opaco; un poco más avanzado el proceso el color se va haciendo verde amarillento (alimonado).
- En muchos casos ramas aisladas de un pino se decoloran completamente y toman un color canela (rojo- café).
- Cuando toda la capa de un pino ya está color canela puede sospecharse que sea muerte por plaga; no obstante, la muerte puede haber sido provocada por quemaduras al tronco, por cinchamiento o por resinación excesiva.
- Se observará si hay escurrimientos o grumos de resina (principio del ataque por descortezadores).
- Si los fustes presentan plastas de resina blanca irregularmente repartidas puede suceder dos cosas: que la resina esté blanda y más o menos transparente o que esté ya dura y blanca; en el segundo caso, que es muy raro, probablemente se trate de un árbol resistente. En el primer caso, los ápices de los grumos de resina se tornarán color rojo-café en menos de veinticuatro horas. Otra variación y muy importante, es que los grumos sean muy pequeños y solamente aparezcan en la porción superior del fuste; este tipo es bastante difícil de observar y corresponde a *Dendroctonus frontalis*.

2.3. El género *Dendroctonus* spp. en México

Dendroctonus Erichson es relativamente un pequeño género (19 especies descritas), pero con un impacto desproporcionado sobre los bosques de coníferas. Su nombre es particularmente apto (árbol Dendro-, destructor -tonus) para un grupo que contiene la mayoría de las escarabajos descortezadores que matan coníferas en el mundo. Varios miembros del género desarrollan brotes que los hacen importantes tanto económica como ecológicamente (Six & Bracewell, 2015).

Todos los miembros del género se limitan a la familia *Pinaceae* como hospedantes. Su distribución es principalmente Neártica con 17 especies en Norte y Centroamérica, una especie en China, y una especie de Eurasia (Wood, 1982).

El origen geográfico de género es claramente Neártico. (Wood, 1982) sugirió un origen mexicano debido a la alta diversidad de *Dendroctonus* en esa región. En contraste, Zuñiga, Cisneros, Hayes, & Macias-Samano (2002) postulan que el género se originó al norte de México con los escarabajos de seguimiento de la dispersión de los principales géneros *Pinus* hospedantes de la región boreal hacia el sur en México y a través del estrecho de Bering hacia Asia.

En México se encuentran 12 especies de este género Salinas-Moreno *et al.*, (2004), aunque recientemente el numero aumento a 13, señalado por Armendariz-Toledano *et al.* (2015) la incorporación de una nueva especie, *Dendroctonus mesoamericanus*. Varias de estas especies tienen gran importancia económica, como lo son *Dendroctonus adjunctus* (Blandford), *D. frontalis* (Zimmermann), *D. mexicanus* (Hopkins), *D. pseudotsugae* (Hopkins) entre otros; se les reconoce como plagas forestales de gran importancia en el país. El reconocimiento específico se fundamenta en características morfológicas de los órganos genitales externos de los machos (Cibrián *et al.*, 1995).

2.4. *Dendroctonus mexicanus* Hopkins

Cibrián *et al.*, (1995) presentan la diagnosis de esta especie:

Los adultos varían en tamaño de 2.3 a 4.5 mm de longitud, con promedio de 3.3 mm. La coloración es café muy oscuro, casi negro y brillante. La frente de la cabeza es convexa, con dos elevaciones separadas por un surco que baja por la parte media de la cabeza.

En la parte media de estas elevaciones se encuentran tubérculos frontales, evidentes en los machos y poco o nada desarrollados en las hembras. Cada uno de los élitros presenta nueve estrías con puntuaciones bien marcadas, aunque poco profundas.

En las interestrías existen pequeñas granulaciones elevadas que portan setas. El declive elital es convexo, con las estrías fuertemente marcadas. Las setas del declive son de más de dos tamaños y son moderadamente abundantes.

El huevecillo es ovalado, algo elíptico, de consistencia suave y lisa, blanco aperlado al principio y más cremoso al madurar; mide 1 mm de longitud. La larva presenta la cabeza bien esclerosada, con un aparato bucal fuerte, de tipo masticador; su cuerpo es cilíndrico, ápedo, de color blanco cremoso, con setas pequeñas casi no visibles.

Los insectos pasan por cuatro instares larvarios. Las pupas son de tipo exorada, de color blanco cremoso en un principio para después pasar a café claro y luego a café más oscuro.

2.4.1. Ciclo de vida de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins

Dendroctonus mexicanus presenta varias generaciones por año. El tiempo de generación (de huevo a huevo) varía de acuerdo a la temperatura y condiciones de desarrollo, desde 42 horas hasta 125 días, por lo que puede haber de 3 a 5 generaciones por año. La variación de números de ciclos por año depende de la altitud y los estados de desarrollo están sobrepuestos (Cibrián et al., 1995).

Cibrián et al., (1995) mencionan que en un ciclo de vida típico se presentan los siguientes eventos:

Las hembras seleccionan al hospedante, en el cuales practican orificios entre la corteza hasta llegar al floema, entonces inician la emisión de feromonas de agregación que atraerá a machos y a hembras. Una vez que las hembras lograron penetrar al floema, llegan a la zona de cambium e inician su alimentación; ellas liberan esporas de hongos manchadores del género *Ophiostoma* sp. Al arribar los machos se produce la cópula y poco después la hembra inicia la oviposición, para lo cual avanza entre el cambium y el floema, ya sea hacia arriba o hacia abajo del fuste. Los huevecillos permanecen en los nichos de oviposición de 5 a 19 días.

Las larvas jóvenes se desplazan por túneles en el floema que ellas mismas practican, al pasar al segundo y tercer instar se desplazan más por la parte interna del floema; en el cuarto instar el desplazamiento está dirigido hacia la corteza externa en donde pupan. El estado larval requiere de 30 a 55 días. El estado de pupa dura de 10 a 14 días y se convierten en adultos que salen en busca de otros hospedantes.

2.5. Descripción de los principales grupos de insectos asociados a los descortezadores.

Las poblaciones de insectos descortezadores se ven afectadas por enemigos naturales y organismos asociados, los cuales actúan directa o indirectamente

en su sobrevivencia, ya sea a través de la depredación, parasitismo, competencia o simbiosis (Thatcher, Searcy, Coster, & Hertel, 1981).

2.5.1. Enemigos naturales

Los enemigos naturales, como los depredadores, parasitoides y patógenos, juegan un papel importante en la dinámica poblacional y la ecología de escarabajos descortezadores (Wegensteiner, Wermelinger, & Herrmann, 2015).

Un número de diferentes grupos de aves se sabe que incluirá escarabajos descortezadores en su dieta, especialmente la captura y consumirlos durante el vuelo cuando los escarabajos están pululando (Otvos & Stark, 1985); sin embargo, son solo las especies de pájaros carpinteros quienes colaboran al colapso de poblaciones de descortezadores, retrasando la aparición de brotes, y ampliando los períodos entre brotes (Otvos, 1979).

Algunos enemigos naturales llegan al mismo tiempo que los insectos descortezadores a los árboles recién atacados; otros siguen una secuencia distinta, los depredadores llegan antes que los parasitoides y colocan sus huevecillos junto a los descortezadores plaga, esto garantiza la sincronía entre las larvas del depredador y los huevecillos de los descortezadores plaga, de los cuales se alimentan las larvas (Raffa, Grégoire, & Lindgren, 2015).

Los depredadores consumen más de una, a menudo muchas, presa durante su desarrollo y etapas de vida adulta (Reeve, Ayres, & Lorio Jr, 1995). Pueden ser muy eficientes debido a que son, a menudo, más móviles que sus presas y pueden permanecer activos durante el invierno o en los días cálidos (Moore, 1972).

Wegensteiner *et al.*, (2015) señalaron que la gama de depredadores que atacan a los descortezadores plaga es muy amplia e incluye, entre otros, a escarabajos (Coleóptera), moscas (Díptera), chinches (Hemíptera), ácaros (Acari).

Entre los insectos que son depredadores se encuentran organismos de las familias Cleridae, Trogositidae, Carabidae, Staphylinidae, Histeridae, entre otros (Islas Salas, 1980).

Algunas especies de la familia Trogossitidae son reportadas como depredadores de descortezadores. En Norte América, *Temnochila virescens* (F) y *T. chlorodia* (Mannerheim) se encuentran con frecuencia en bosques de pino infestados con especies de *Dendroctonus* e *Ips* (Wegensteiner et al., 2015).

Coleópteros de las familias Cleridae y Trogossitidae se alimentan de insectos descortezadores que arriban a un nuevo hospedante, ovipositan en las grietas de la corteza y sus larvas se introducen en las galerías de su presa donde se alimentan de cualquier organismo que se encuentren en el interior, incluyendo organismos de su misma especie (Raffa et al., 2015)

Para el caso de México han existido estudios mediante el uso de semioquímicos en los que se han encontrado que algunos depredadores detectan las mismas feromonas que los descortezadores, exponiendo también que los depredadores que más se capturan en trampas cebadas con feromonas de *Dendroctonus* corresponden a las familias Trogossitidae y Cleridae (Macías-Sámano, Niño-Domínguez, Cruz-López, & Altúzar-Mérida, 2004).

Otro estudio con semioquímicos, evaluaron la diversidad de escarabajos descortezadores y la respuesta de sus coleópteros asociados, encontrando 6 especies de depredadores *T. chlorodia*, *E. ablusus*, *Elacatis* sp., *Corticeus* sp., *Platysoma* sp. y una especie de la familia Staphylinidae (Domínguez-Sánchez, Macías-Sámano, Ramírez-Marcial, & León-Cortés, 2008).

En Los Pescados, Veracruz se realizó un estudio para determinar la fluctuación poblacional de *Dendroctonus adjunctus* y sus depredadores atraídos por frontalina más alfa-pineno; los principales depredadores que encontraron fueron *Enoclerus arachnodes*, *Cymatodera* spp. y *Temnochila virescens* (Cuéllar-Rodríguez, 2013).

2.5.2. Barrenadores, ambrosiales y competidores por espacio.

En los árboles abandonados o atacados por los insectos primarios se desarrollan larvas de insectos xilófagos, principalmente son larvas de los coleópteros cerambícidos y buprestidos; ambas de gran tamaño y con la característica de no estar involucradas en la muerte de los árboles (Cibrián Tovar, 2014).

Estos insectos son aquellos que taladran la madera, lo hacen profundamente y sus túneles son detectados como pequeños orificios circulares, de los cuales, las hembras de estos insectos expelen la madera en forma de polvo blanco o amarillento. Cibrián-Tovar (2014) señala que para la región de la Sierra Raramuri en Chihuahua, el género *Gnathotrichus* es el más representativo seguido de otro menos común que es el género *Platypus*.

El género *Gnathotrichus* Eichhoff, 1869 es originario de Norte y Centroamérica, y engloba a 13 especies (Wood, 1982). Suelen colonizar coníferas de la familia Pinaceae, aunque algunas especies se encuentran en *Quercus spp.* Estos insectos normalmente no tienen una importancia económica elevada, ya que suelen desarrollarse sobre árboles en pie muertos o en troncos recién cortados o caídos. Muestran un comportamiento reproductivo monógamo, en el cual los machos inician la colonización y construyen un túnel de entrada hacia el xilema, donde se aparearán con una hembra (Wood, 1982).

En cuanto a su alimentación, presentan un hábito alimenticio xilomicetófago, denominado así porque tanto los adultos como las larvas se alimentan de un hongo simbiótico que ellos mismos cultivan en el interior de sus galerías. Son precisamente los machos los que portan las esporas de unos hongos denominados “hongos de ambrosía” en unas cavidades coxales llamadas micangios (Farris, 1963).

Existen insectos que compiten por espacio debajo de la corteza, pertenecientes a la familia Curculionidae, como competidores de los descortezadores del pino, están reportados los géneros *Cossonus* y *Tomolips* (Zuffo Nunes & Arce Dávila, 2004)

El género *Cossonus* se caracteriza por ser picudos que se encuentran bajo la corteza, se reconocen por su pico corto y curvado, el cuerpo es negro, cilíndrico y alargado con punteaduras en los élitros (Zuffo Nunes & Arce Dávila, 2004)

El género *Cossonus* es el coleóptero más frecuentemente encontrado en asociación con las galerías de *Dendroctonus frontalis* específicamente *Cossonus corticola*, que varía de un tamaño de entre 4 a 5 mm. Cuando el insecto es visto lateralmente, el hocico esbozado es la característica más representativa. El cuerpo es negro, cilíndrico y alargado con élitros punteados y estriados. Hay una ranura profunda entre y encima de los ojos (Goyer, Lenhard, Nebeker, & Jarrard, 1980).

2.5.3. Parasitoides

El papel de las avispas parasitarias en la regulación de la población del descortezador ha sido el centro de muchas investigaciones, y listas de especies completas y notas sobre su biología se han publicado. Los parasitoides himenópteros son organismos que sólo están parasitarios durante sus etapas juveniles y, durante su desarrollo, matan a su anfitrión. Todas las etapas de los descortezadores, es decir, los huevos, larvas, pupas y adultos, están sujetas al ataque de parasitoides aunque los huevos son comúnmente menos parasitados, tal vez debido a su pequeño tamaño (Wegensteiner et al., 2015).

La mayoría de las especies de las familias Braconidae, Pteromalidae, Eupelmidae, Eurytomidae, viven parasitando larvas o pupas de descortezadores. Para acceder a su anfitrión, las hembras de la mayoría de los parasitoides penetran en la corteza con su ovipositor. Por lo tanto, sus sitios de oviposición se determinan por el espesor de la corteza y la longitud ovipositor.

Por otra parte, las hembras pueden utilizar las grietas en la corteza de acercándose a los anfitriones potenciales. Después de que se han localizado con éxito un anfitrión, lo que primero realizan es paralizar la larva o pupa huésped inyectando veneno y, posteriormente, depositan un huevo en la superficie acogida. Unas pocas especies entran en galerías a través de los orificios de entrada de los descortezadores en busca de ellos. Tras la eclosión, la larva parasitoide come el interior del cuerpo del huésped dejando sólo la cápsula de la cutícula y la cabeza (Wegensteiner et al., 2015).

Una tercera categoría de parasitoides ataca a adultos, la hembra parasitoide oviposita directamente a través del tórax o élitros de su huésped. La larva parasitoide que se desarrolló dentro del escarabajo se alimenta de los tejidos del cuerpo del huésped hasta matarlo. La avispa adulta roe su salida de los restos del escarabajo (Wegensteiner et al., 2015).

2.6. Control de descortezadores

Tradicionalmente, el control empleado cuando se presenta un brote esta plaga ha sido por métodos directos, lo que conlleva un menoscabo en el desarrollo de otros insectos asociados que contrario a dicha plaga, son benéficos, ya que al quemar o exponer al sol y/o asperjar insecticida en los fustes infestados, un alto porcentaje de estos enemigos naturales de los descortezadores son eliminados, principalmente en su estado larval.

El control directo, se remonta hasta mediados del siglo XVIII, cuando Gmelin (1787) describió dos tratamientos, el saneamiento y la quema de material huésped infestado por *Ips typographus*, esto el centro de Europa. En América del Norte, el primer uso documentado de control directo a gran escala se produjo en respuesta a los brotes de *Dendroctonus ponderosae* en Dakota del Sur y Wyoming (Hopkins, 1905).

2.6.1. Métodos para el control directo de *Dendroctonus mexicanus*.

En México la Norma Oficial Mexicana NOM-019-SEMARNAT-2006, establece los lineamientos técnicos para el combate y control de los insectos descortezadores de las coníferas, incluyendo a *Dendroctonus mexicanus*. En dicha norma, se establece que las medidas fitosanitarias se aplicarán cuando se detecten brotes activos por insectos descortezadores y se haya identificado plenamente a la especie plaga y se tenga la notificación correspondiente. Esta ley contempla diversos métodos de control, los cuales se describen a continuación:

2.6.2. Control mecánico-físico

Derribo, troceo, descortezado y quema o enterrado o abandono de la corteza.

Este método de control consiste en el derribo y troceo del arbolado afectado por insectos descortezadores a excepción de *Dendroctonus rhizophagus*, en virtud de que estos insectos en una etapa de su ciclo de vida se ubican en estado de larvas y pupas en la raíz de árboles con diámetros mayores de 5 cm y menores de 15 cm requiriendo otro método de control. El descortezado de las trozas, tocones y ramas, se debe realizar a árboles con evidencias de daño, para posteriormente apilar y quemar el total de la corteza, ramas y fustes de diámetros pequeños que sean difíciles de descortezar. La quema deberá realizarse de conformidad con las disposiciones previstas en la Ley Forestal y su reglamento así como en las normas oficiales mexicanas respectivas. La corteza, ramas y fustes de diámetros pequeños que sean difíciles de descortezar, deberán de ser enterrados, por lo menos a 20 cm de profundidad. Cuando se trate de descortezadores de una generación por año, la corteza podrá ser abandonada.

Derribo y extracción inmediata o abandono.

El derribo del arbolado infestado por insectos descortezadores que presenten una generación al año, y con poblaciones del insecto en estado larvario, deberán ser extraídos inmediatamente hacia aserraderos ubicados fuera del área forestal.

Cuando se determine el abandono del arbolado afectado, su derribo se orienta hacia lugares abiertos donde reciba la luz del sol de manera directa, debiendo permanecer en el sitio por lo menos 10 días naturales. Este método se llevará a cabo en áreas con poca accesibilidad para la extracción del arbolado.

2.6.3. Control químico

Aplicación de plaguicidas.

El arbolado afectado por insectos descortezadores, deberá ser derribado y troceado, para posteriormente ser aplicado con productos plaguicidas con registro de uso forestal o recomendados por la Secretaría para tratamientos fitosanitarios específicos. La aplicación se realizará mediante aspersiones a punto de goteo sobre trozas y ramas. Este tratamiento también se realizará al descortezado de árboles con daño. Los productos tratados no podrán ser removidos del lugar donde fueron asperjados, antes de 10 días naturales, a fin de evitar que el plaguicida sea eliminado de las trozas en el arrastre de los productos maderables aprovechables. El control de desperdicios, las ramas y puntas, deberán picarse o quemarse o apilarse en áreas descubiertas de arbolado.

Uso de polietileno y pastillas fumigantes.

Después del derribo y troceo del arbolado afectado por insectos descortezadores, deberán de ser apilados y cubiertos con polietileno de grueso

calibre y sin aditamentos, para posteriormente depositar y distribuir pastillas de fosforuro de aluminio (56.0 o 56.7% de ingrediente activo), en dosis de 5 pastillas por m³. Para evitar fugas del fumigante, se procederá al sellado del polietileno con tierra en los cuatro costados del apilamiento. Antes de destapar la trocería, tendrá que transcurrir un tiempo mínimo de exposición de 72 horas. El control de desperdicios, ramas y puntas deberán picarse o quemarse o apilarse en áreas descubiertas de arbolado. Los métodos de control químico podrán adecuarse para el combate de insectos que atacan puntas y ramas.

2.6.4. Prioridades de Tratamiento.

Islas Salas (1980), muestra una clasificación de pinos plagados e importancia de derribo, con base a la coloración del follaje y presencia de grumos de resina, con tres niveles de afectación, los cuales a continuación se describen:

1. Muerto y ya sin hojas o agujas.

Si se extrae una placa de corteza al tronco de pinos de este primer tipo, solamente se encuentra insectos distintos, de invasión secundaria, puesto que ya lo abandonaron los descortezadores primarios, este árbol no representa peligro para la plaga y puede dejarse para derribo posterior.

2. Muerto y todavía con aguja seca rojiza-café.

Si al extraer muestras de corteza se encuentra generalmente a los últimos estados del descortezador primario, este pino deberá derribarse a la brevedad posible descortezándolo para impedir la propagación de plaga.

3.

a) Vivo, hoja verde, grumos resinosos blanco amarillento, sin ápices teñidos.

Este tipo de pino, que desgraciadamente es muy escaso, representa a un individuo resistente a la plaga, contiene en su resina una sustancia especial que impide el desarrollo de los microorganismos; dichos árboles son muy valiosos y deben conservarse porque seguirán produciendo individuos resistentes también

b) Vivo, hoja verde, grumos resinosos con ápice color rojo- café.

El pino atacado cuyos grumos resinosos presentan ápices café-rojizo, puede ser inyectado si su madera apenas principia a mancharse; en todo caso, el manchado ya establecido no debe sobrepasar a 1/10 de la superficie muestreada (*D. adjunctus*); si el manchado ya ha progresado más se buscará a las larvitas de este descortezador y si no sobrepasan los 2.5 mm de longitud, el pino debe derribarse y dejarse sin tocar por más de 8 semanas a modo de permitir la llegada de parásitos y depredadores que reducirán la plaga a un nivel mínimo; si las larvas ya son de 5 mm o se encuentran pupas, corresponde al tipo 2. Para regiones de *D. mexicanus* o *D. frontalis* este tipo de pino deberá ser derribado ya que no podría salvarse.

2.7. Bibliografía

- Armendariz-Toledano, F., Nino, a., Sullivan, B. T., Kirkendall, L. R., & Zuniga, G. (2015). A New Species of Bark Beetle, *Dendroctonus mesoamericanus* sp. nov. (Curculionidae: Scolytinae), in Southern Mexico and Central America. *Annals of the Entomological Society of America*. <http://doi.org/10.1093/aesa/sav020>
- Berryman, A. A. (1999). *Principles of population dynamics and their application*. Cheltenham, U.K. : Stanley Thornes.
- Blomquist, G. J., Figueroa-Teran, R., Aw, M., Song, M., Gorzalski, A., Abbott, N. L., ... Tittiger, C. (2010). Pheromone production in bark beetles. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 40(10), 699–712. <http://doi.org/10.1016/j.ibmb.2010.07.013>
- Cibrián, D., Mendez, J. . T., Campos, H. ., Yates, I., & Flores, J. . (1995). *Insectos Forestales de México*. Comisión Forestal de América del Norte. Universidad Autónoma Chapingo.
- Cibrián Tovar, D. (2014). *Guía para el monitoreo de plagas forestales a nivel comunitario, adecuada al contexto de la Sierra Rarámuri*. Mexico, Distrito Federal: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Proyecto de Reducción de Emisiones por la Deforestación y la Degradación de Bosques de México (Alianza México-REDD+).
- Cuéllar-Rodríguez, L. G. (2013). *Dinámica poblacional espacio-temporal de Dendroctonus mexicanus Hopkins (Curculionidae: Scolytinae) en el municipio de Aramberri, Nuevo León*. Colegio de Postgraduados.
- Domínguez-Sánchez, B., Macias-Sámano, J. E., Ramírez-Marcial, N., & León-Cortés, J. L. (2008). Respuesta kairomonal de coleópteros asociados a *Dendroctonus frontalis* y dos especies de *Ips* (Coleoptera : Curculionidae) en bosques de Chiapas , México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79(July), 175–183.
- Farris, S. H. (1963). Ambrosia Fungus Storage in Two Species of *Gnathotrichus* Eichhoff (Coleoptera: Scolytidae). *The Canadian Entomologist*, 95(3), 257–259. <http://doi.org/10.4039/Ent95257-3>

- Gmelin, J. F. (1787). Abhandlung über die Wurmtrocknis. Cruisiusschen, Leipzig.
- Goyer, R. A., Lenhard, G. J., Nebeker, T. E., & Jarrard, L. D. (1980). How to Identify Common Insect Associates of the Southern Pine Beetle. Agriculture Handbook No. 563. United States Department of Agriculture. Combined Forest Pest Research and Development Program.
- Hopkins, A. D. (1905). The Black Hills Beetle. Bureau of Entomology - Bulletin No. 56, (56).
- Islas Salas, F. (1980). Observaciones sobre la biología y el combate de los escarabajos descortezadores de los pinos: *Dendroctonus adjunctus* Blf; *D. mexicanus* Hpk. y *D. frontalis* Zimm., en algunas regiones de la república mexicana. Bol.-Téc.-Lnst. Nac.-Lnvest.-For., 66, 1–27.
- Kausrud, K., Økland, B., Skarpaas, O., Grégoire, J. C., Erbilgin, N., & Stenseth, N. C. (2012). Population dynamics in changing environments: The case of an eruptive forest pest species. *Biological Reviews*, 87(1), 34–51. <http://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00183.x>
- Latty, T. M., & Reid, M. L. (2010). Who goes first? Condition and danger dependent pioneering in a group-living bark beetle (*Dendroctonus ponderosae*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 64(4), 639–646. <http://doi.org/10.1007/s00265-009-0881-8>
- Lieutier, F., Yart, A., & Salle, A. (2009). Stimulation of tree defenses by Ophiostomatoid fungi can explain attack success of bark beetles on conifers. *Annals of Forest Science*, 66(801), 1–22. <http://doi.org/10.1051/forest/2009066>
- Macías-Sámano, J. E., Niño-Domínguez, A., Cruz-López, J. A., & Altúzar-Mérida, R. (2004). Monitoreo de descortezadores y sus depredadores mediante el uso de semioquímicos, 27.
- Miller, D. R., & Borden, J. H. (2000). Dose-dependent and species-specific responses of pine bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) to monoterpenes in association with pheromones. *The Canadian Entomologist*, 132(2), 183–195. <http://doi.org/10.4039/Ent132183-2>

- Moore, G. E. (1972). Southern Pine Beetle Mortality in North Carolina Caused by Parasites and Predators. *Environmental Entomology*, 1(1).
- Otvos, I. S. (1979). The effects of insectivorous bird activities in forest ecosystems: an evaluation. In J. Dickson, R. Conner, R. Fleet, J. Jackson, & J. Kroll (Eds.), *The Role of Insectivorous Birds in Forest Ecosystems*. (pp. 341–374). New York: Academic Press.
- Otvos, I. S., & Stark, R. W. (1985). Arthropod food of some forest-inhabiting birds. *The Canadian Entomologist*, 117, 971–990.
- Perusquia Ortiz, J. (1982). Insectos asociados a los descortezadores *Dendroctonus* spp. de los pinos. *Bol. Div. Inst. Nac. Invest. For.*, 83.
- Raffa, K. F., Grégoire, J.-C., & Lindgren, B. S. (2015). Natural History and Ecology of Bark Beetles. In *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species* (pp. 1–40). <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00001-0>
- Reeve, J. D., Ayres, M. P., & Lorio Jr, P. L. (1995). Host suitability, predation, and bark beetle population dynamics. In N. Cappuccino & P. P.W. (Eds.), *Populations dynamics: New approaches and synthesis*. (pp. 339–357). San Diego, CA.
- Salinas-Moreno, Y., Mendoza, M. G., Barrios, M. A., Cisneros, R., Macías-Sámano, J., & Zúñiga, G. (2004). Areography of the genus *Dendroctonus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Mexico. *Journal of Biogeography*, 31(7), 1163–1177. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2004.01110.x>
- Six, D. L., & Bracewell, R. (2015). *Dendroctonus*. In *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species* (pp. 305–350). <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00008-3>
- Thatcher, R. C., Searcy, J. L., Coster, J. E., & Hertel, G. D. (1981). The Southern Pine Beetle. Retrieved from <http://www.barkbeetles.org/spb/spbbook/Index.html>
- Vanderwel, D., & Oehlschlager, A. C. (1987). Biosynthesis of Pheromones and endocrine regulation of Pheromone Production in Coleoptera. In *Pheromone Biochemistry* (pp. 175–215).
- Wegensteiner, R., Wermelinger, B., & Herrmann, M. (2015). Natural Enemies of Bark

Beetles : Predators , Parasitoids , Pathogens , and Nematodes. In Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species (pp. 247–304). Elsevier.

Wood, S. L. (1982). The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. Great Basin Naturalist Memoirs, (6), 1123.

Zuffo Nunes, C., & Arce Dávila, M. L. (2004). Guía para la identificación de gorgojos descortezadores del pino e insectos asociados. Nicaragua: CENTRO DE INVESTIGACION EN PROTECCION VEGETAL, Universidad Católica Agropecuaria del Trópico Seco.

Zuñiga, G., Cisneros, R., Hayes, J. L., & Macias-Samano, J. (2002). Karyology, geographic distribution, and origin of the genus *Dendroctonus* Erichson (Coleoptera : Scolytidae). Annals Of The Entomological Society Of America, 95(3), 267–275. [http://doi.org/10.1603/0013-8746\(2002\)095\[0267:KGDAOO\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1603/0013-8746(2002)095[0267:KGDAOO]2.0.CO;2)

III. DIVERSIDAD DE INSECTOS ASOCIADOS A *Dendroctonus mexicanus* Hopkins EN *Pinus* *pseudostrobus* Lind

3.1. Resumen

En el presente estudio se comparó la abundancia de *Dendroctonus mexicanus*, así como la de especies de insectos asociadas al ataque de este descortezador, agrupadas por sus hábitos alimenticios, dichas abundancias fueron inspeccionadas en tres alturas de tallos de *Pinus pseudostrobus* plagados, con tres niveles de infestación. Para el análisis de los datos se propuso un modelo lineal generalizado con distribución Poisson, en función de la altura y los niveles de infestación, sugiriendo la existencia de diferencias significativas en cuanto a las abundancias de todos los grupos en los tres niveles de infestación; en tanto a la variable altura las abundancias de los cinco grupos, aluden la presencia de diferencias significativas, existiendo entonces evidencia significativa para el Grupo I Descortezadores primarios ($p < 0.0001$), Grupo II Descortezadores secundarios ($p < 0.001$), Grupo III Depredadores ($p < 0.1$), Grupo IV Barrenadores de madera ($p < 0.05$) y Grupo V Competidores de espacio ($p < 0.01$), así como para el conteo total de insectos ($p < 0.001$) en contra de que dichas abundancias sean iguales en las tres alturas, premisa que permite decidir sean excluidas las acciones de saneamiento para el tocón en un brote plaga de *D. mexicanus* en *P. pseudostrobus*.

Palabras clave: Descortezadores, depredadores, competidores de espacio, Barrenadores de madera, tocón.

3.2. Abstract

This study compared the abundance of *Dendroctonus mexicanus* with that of other insect species associated with the attack of this bark beetle, grouped by their feeding habits; these abundances were inspected in three stem heights of *Pinus pseudostrabus*, afflicted by three levels of infestation. For data analysis, we used a generalized linear model with Poisson distribution, as a function of height and infestation levels. Results suggested the existence of significant differences in the abundances of all groups in the three infestation levels, while for the variable height the abundances of the five groups allude to the presence of significant differences; therefore, there was significant evidence at the time for the Group I primary Bark beetles ($p < 0.0001$), Group II secondary Bark beetles ($p < 0.001$), Group III Predators ($p < 0.1$), Group IV Woodborer insects ($p < 0.05$) and Group V Space competitors ($p < 0.01$), as well as for the total count of insects ($p < 0.001$) in opposition to the fact that the above mentioned abundances are equal in the three heights, a premise that allows deciding to exclude sanitation actions for the stump in a pest outbreak of *D. mexicanus* in *P. pseudostrabus*.

Keywords: Bark beetles, predators, space competitors, woodborer insects, stump.

3.3. Introducción

Dendroctonus es un género de escarabajos de origen neártico (Zuñiga et al., 2002) que en América se extiende desde el Oeste de Canadá hasta Nicaragua (Wood, 1982). En México se localiza en los principales sistemas montañosos, desde la Sierra de Baja California, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Faja Volcánica Transmexicana, Sierra Madre del Sur, hasta la Sierra de Chiapas. A lo largo de su distribución sigue los ambientes templados y templado-fríos, por lo que las altitudes preferentes a las que se encuentran sus especies oscilan entre los 1 700 y 2 500 msnm. Sin embargo, es notable el amplio intervalo altitudinal que la mayoría de ellas ocupan (600 a cerca de 4 000 msnm) (Salinas-Moreno et al., 2004).

El género *Dendroctonus* en México presenta polifagia sobre el género *Pinus*, aunque diversos factores ecológicos, químicos y geográficos determinan que algunas especies de pinos sean preferidas por determinadas especies de insectos (Salinas-Moreno et al., 2004).

El MIP puede definirse como una combinación de medidas de prevención, observación y supresión que pueden ser eficientes ecológica y económicamente y aceptables socialmente, para mantener las poblaciones de plagas a un nivel adecuado (FAO, 2012).

En un marco de cambio climático, *Dendroctonus mexicanus* Hopkins puede amplificar su área de distribución altitudinal y modificar hábitos en los que comúnmente se desarrollan así como el número de generaciones por año, lo cual puede incrementar su agresividad; por lo tanto, y partiendo del concepto de MIP, surge la necesidad de evitar prácticas innecesarias en el manejo de este insecto descortezador, minimizando con ello pérdidas económicas en una posible contingencia.

En México la **NOM-019-SEMARNAT-2006**, establece que se deben realizar acciones de saneamiento en los tocones resultantes de una corta de saneamiento, siempre y cuando se observe la presencia de insectos descortezadores, con la necesidad de evitar acciones innecesarias durante la ejecución del saneamiento en contingencias causadas por estos insectos, el presente proyecto de investigación plantea el hecho de que resulta irrelevante y pernicioso llevar a cabo dichas acciones (tales como descortezado y asperjado de insecticidas) en los tocones.

La presente investigación se plantea como metas conocer las abundancias de la diversidad de insectos en tres distintas alturas de árboles de la especie *Pinus pseudostrobus* plagados por *Dendroctonus mexicanus*, dos alturas en el cuello de la raíz comparándola con la abundancia encontrada a una altura fija en el tallo, y con ello respaldar la exclusión de acciones de saneamiento al tocón en la reciente modificación a la normatividad cuando se presenta una contingencia sanitaria causada por este descortezador, modificación realizada a NOM-019-SEMARNAT-2006 en la que se establecen los lineamientos técnicos de los métodos para el combate y control de insectos descortezadores, este proyecto de modificación fue publicada el día 5 de Agosto de 2016 en el diario oficial de la federación, para quedar como NOM-019-SEMARNAT-2016, Que establece los lineamientos técnicos para la prevención, combate y control de insectos descortezadores.

3.4. Materiales y Métodos

3.4.1. Área de estudio

El Parque Nacional Los Mármoles (PNM) que se localiza en la porción noroeste del estado de Hidalgo, entre 20°45'39" y 20°58'22" de latitud norte y entre 99°08'57 y 99°18'39" de longitud oeste. Tiene una superficie de 23,150 ha y ocupa parte de los municipios de Jacala de Ledesma (7,986 ha), Nicolás Flores

(5,787 ha), Pacula (1,041 ha) y Zimapán (8,334 ha). La principal vía de acceso al parque es por la carretera federal número 85 que va de la ciudad de Pachuca, Hidalgo a Ciudad Valles, S.L.P. (Ramírez-Cruz, Sánchez-González, & Daniel, 2009).

El presente estudio se realizó en el paraje denominado El Piñón, perteneciente al Ejido Agua Fría Chica, dentro del Parque Nacional Los Mármoles, en la región del estado de Hidalgo conocida como Sierra Gorda, dentro de la Sierra Madre Oriental, en el municipio de Jacala de Ledezma. De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificada por (García, 2004), el clima presente en el paraje es templado subhúmedo, con lluvias en verano; el sitio cuenta con una vegetación tipo bosque de coníferas, en el que predomina la especie *Pinus pseudostrobus*, donde se notificó la presencia de dos frentes de ataques por *Dendroctonus mexicanus* en una superficie total inicial de 4.54 hectáreas, en un rango altitudinal de 1850 a 1895 msnm.

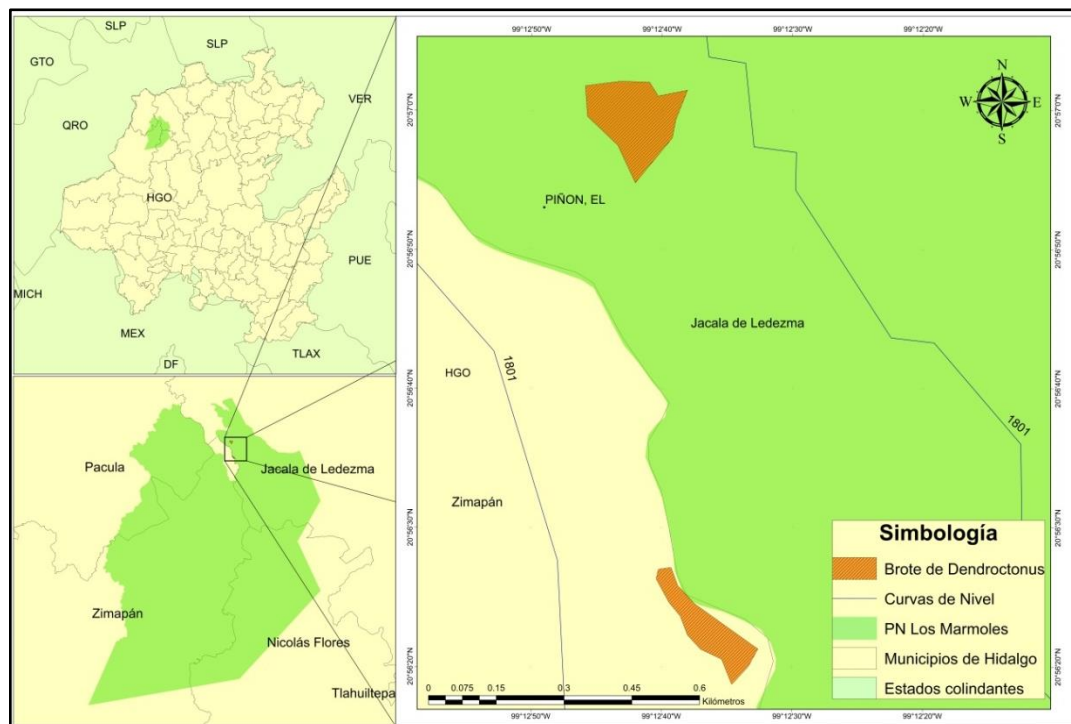


Figura 1 Ubicación del Parque Nacional los Mármoles (PNM), Estado de Hidalgo.

3.4.2. Levantamiento de datos

Para conocer la intensidad de la abundancia de insectos presentes en el tocón, y con ello poder aseverar si son necesarias o no las acciones en los tocones resultantes de cortas de saneamiento derivadas por ataques de insectos descortezadores, en la presente investigación se realizó un muestreo de los insectos (descortezadores, asociados y enemigos naturales) presentes en los arboles atacados, haciendo énfasis en la parte del tocón, donde se pudieran llegar a concentrar la mayor parte de los insectos en un ataque por estos escolítidos, una vez que se ejecuta la corta.

El levantamiento de los datos se llevó a cabo a finales del mes de Mayo del año 2016, encontrando distintos estados de desarrollo de los insectos descortezadores presentes, por la trasposición de generaciones de estos, lo que permitió encontrar tres niveles de infestación bien diferenciados dentro del sitio plagado.

En el sitio, se seleccionaron 30 árboles, los que fueron diferenciados por la edad de la infestación, 10 con coloración del follaje verde brillante (recientemente infestado), 10 de color verde alimonado (característico de un nivel de infestación intermedio), y 10 de color café rojizo brillante (evidencia característica del ataque avanzado de descortezadores).

En cada uno de los árboles, se colectaron los insectos presentes en nueve placas circulares de corteza de 100 cm², tomadas a tres distintas alturas del árbol, para dicha colecta fue necesario separar la corteza del cambium y dejar al descubierto los insectos y sus galerías.

La obtención de cada una de las placas, como se mencionó, se realizó considerando tres alturas del fuste, con respecto al nivel del suelo, extrayendo

tres placas a la altura de un metro, tres más a los 30 cm, y el resto a 30 cm por debajo.

La orientación en que fueron obtenidas cada una de las placas, fue la misma en cada una de las tres alturas, considerando el Norte magnético como el centro de la primera placa, y a partir de este punto en dirección de las manecillas del reloj, con una orientación de 120° se tomó la segunda placa, y a otros 120° en la misma dirección se obtuvo la tercera placa.

Para extraer estas placas, empleamos una sierra de perforación circular de 100 cm², adaptada a un taladro inalámbrico, para delimitar y uniformizar el tamaño de la muestra, además de unas cuñas curvadas y un mazo poder profundizar en la extracción de la muestra con la zona de cambium adherida, penetrando la hasta llegar a la madera.

En el sitio, el número de muestras fue entonces de 270 placas (90 para cada nivel de infestación).

3.4.3. Procesamiento de datos en laboratorio

Las rodajas de corteza fueron llevadas al laboratorio en bolsas de polietileno, en donde se revisaron minuciosamente para separar todos los estados y estadios de *Dendroctonus mexicanus*, así como todos los adultos y larvas de insectos asociados.

Los insectos encontrados en cada placa fueron depositados en BD vacutainer® con alcohol al 96% para que logren ser conservados, y posteriormente contabilizarlos e identificarlos con ayuda de un microscopio estereoscópico (Leica Zoom 2000), pinzas entomológicas y agujas de disección, por familia, género y/o especie. De manera que se puedan agrupar de acuerdo a su importancia en la infestación de árboles.

Para la identificación de los insectos descortezadores se emplearon las claves para identificar a los adultos de las especies de los géneros *Dendroctonus* e *Ips*, que se encuentran en México basadas en características morfológicas externas, para con ellas lograr la identificación a nivel de especie.

Las variables de respuesta consideradas en el presente estudio, son resultado del conteo de insectos descortezadores adultos, asociados y depredadores en todos los estados, agrupados, así como el total de todos los insectos presentes en cada una de las placas.

3.4.4. Análisis estadístico

Para comparar y estudiar las cantidades de los insectos de los grupos presentes en los arboles infestados, se emplearon dos variables, definidas cada una de ellas en el Cuadro 1, así como como las interacciones entre ellas.

Para fines prácticos, la altura bajo el ras del suelo se pondero a 0 para evitar números negativos, quedando tres distintas alturas, con respecto a la altura más baja, 0, 60 y 130 cm.

Cuadro 1 Variables empleadas.

Variable	Definición	Niveles
NI	Nivel de Infestación (Categorías del Avance de la infestación)	1: Recién infestado (Color verde Brillante)
		2: Ataque intermedio (Color verde alimonado)
		3: Ataque avanzado (Color Café-Rojizo)
H	Altura de la muestra (Variable Continua)	1: Muestra tomada a 1 m de altura con respecto al ras del suelo.
		2: Muestra tomada a 0.30 m de altura con respecto al ras del suelo.
		3: Muestra tomada a -0.30 m de altura con respecto al ras del suelo.

Se propuso un modelo lineal generalizado donde la variable respuesta es la distribución Poisson, debido a que este tipo de distribución brinda un modelo para variables aleatorias donde se registra el número de un evento de interés en una unidad de tiempo o espacio (Agresti, 2002).

Para incluir los “efectos” de los niveles de infestación y la altura a la que se obtuvo la muestra, la ecuación del modelo lineal generalizado completo que se consideró es:

$$y_{ik} \sim \text{Poisson}(\lambda_{ik}) \dots \dots \dots (1)$$

$$\log(\lambda_{ik}) = \alpha + \beta_i + \tau_k + \beta_i \tau_k$$

Dónde:

y_{ik} : Número total de insectos presentes en cada unidad muestral con nivel de infestación i , obtenida a una altura j , así como el efecto de la interacción entre ambas variables.

α : Intercepto del modelo

β_i : Efecto del i -ésimo nivel de infestación

τ_k : “Efecto” de la k -ésima altura

$\beta_i \tau_k$: Interacción del efecto del j -ésimo nivel de infestación con la k -ésima altura.

3.5. Resultados y Discusión

3.5.1. Riqueza de especies

Se registró la presencia de 698 individuos, total que estuvo distribuido entre insectos de las familias Curculionidae (78.65 %), Trogositidae (3.87 %), Cerambycidae (8.02 %), Tenebrionidae (0.57 %), Cucujidae (2.72 %), Cecydomidae (3.01 %), Histeridae (1.15 %), Torymidae (0.72 %), Chernetidae (0.72 %), Stratiomyiidae (0.29 %), Colydiidae (0.29 %).

Debido a la importancia que retoman por su alto número de apariciones de las subfamilias Scolitinae (53.30 %), Platypodinae (1.86 %) y Cossoninae (23.50 %) pertenecientes a la familia Curculionidae, se optó por presentarlas por separado, tal y como se observa en la Figura 2.

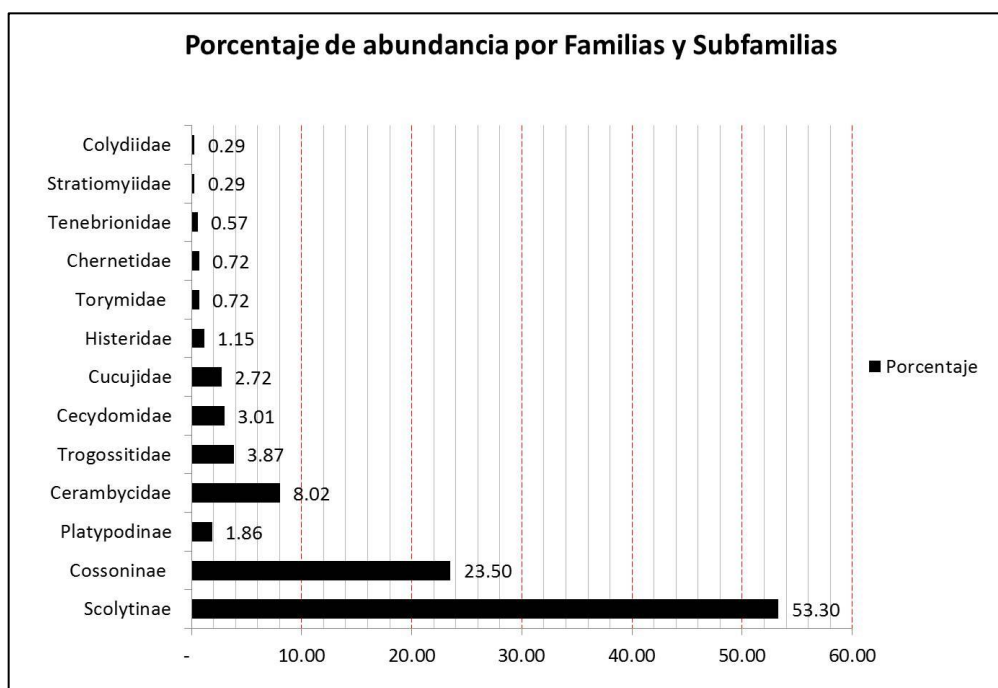


Figura 2 Porcentaje de las abundancias encontradas por familias y subfamilias.

Agrupados con respecto a sus hábitos, se conformaron seis grupos de interés: Grupo I Insectos Descortezadores primarios; Grupo II Insectos Descortezadores secundarios; Grupo III Depredadores de descortezadores; Grupo IV Insectos Barrenadores de madera; Grupo V Competidores de espacio; Grupo VI Otros insectos. (Cuadro 2)

Del total de insectos colectados, se encontraron 302 individuos de una sola especie de descortezador primario *Dendroctonus mexicanus*, especie con mayor conteos en nuestra área de estudio, y única especie del Grupo I; de la misma manera se registraron 3 especies de descortezadores secundarios, *Dendroctonus valens*, *Ips calligraphus* e *Hylastes*, los cuales fueron agrupados para conformar el Grupo II, con un total del 30 individuos y conteos individuales de 3, 1 y 26 respectivamente.

En el Grupo III se obtuvo un total de 60 individuos, distribuidos en 5 familias, el mayor número de insectos depredadores encontrados pertenecen a las familias Trogositidae y Cucujidae, a los géneros *Temnoscheila* y *Silvanus* con 27 y 19 apariciones respectivamente, además en este grupo se contabilizaron individuos de los géneros *Corticeus*, *Plegaderus*, *Platysoma* así como 2 individuos de la familia Colydiidae.

Para el Grupo IV se agruparon insectos cuyos hábitos incluyen barrenar madera, representados por los géneros de insectos ambrosiales *Gnathotrichus*, *Xyleborus* y *Euplatypus* registrando conteos de 39, 1 y 13 respectivamente; así como 56 larvas de la familia Cerambycidae, sumando un total de 109 individuos para este grupo.

Los insectos competidores de espacio se agruparon en el Grupo V, está conformado por coleópteros herbívoros del género *Cossonus* sp, con 164 individuos de este género, y 21 larvas de la familia Cecidomyiidae, familia de Dípteros con hábitos saprófitos (Perusquia Ortiz, 1982).

En el Grupo VI, se agruparon 5 pseudoscorpiones del genero *Chelanops*, 1 picudo de la familia Cossoninae, 2 individuos de la familia Stratiomyidae, y 5

avispa de la familia Torymidae, esta última familia ha sido encontrada como parasitoide de *Dendroctonus frontalis*, tal como lo señala (Dixon & Payne, 1979), aunque (Vázquez, Matienzo, Veitía, & Alfonso, 2008) señalan que algunas especies de esta familia parasitan larvas de insectos de las familias Cecidomyiidae y Cynipidae; en esta investigación el número de apariciones de los géneros que conforman el grupo no fue suficiente para incluirse en el análisis, quedando fuera del mismo.

Cuadro 2 Grupos de insectos identificados en las muestras del sitio El Piñón.

Grupo	Orden	Familia	Género
I: Descortezadores Primarios	Coleóptera	Scolytinae	<i>Dendroctonus mexicanus</i> Hopkins
II: Descortezadores secundarios	Coleóptera	Scolytinae	<i>Dendroctonus valens</i> LeConte <i>Ips calligraphus</i> Germar <i>Hylastes</i> sp Eichhoff
III: Depredadores de descortezadores	Coleóptera	Trogositidae Tenebrionidae Cucujidae Histeridae Histeridae Colydiidae	<i>Temnoscheila</i> Fabricius <i>Corticeus</i> sp LeConte <i>Silvanus</i> sp Fabricius <i>Plegaderus</i> sp Erichson <i>Platysoma</i> sp Leach
IV: Barrenadores de madera	Coleóptera	Scolytinae Scolytinae Platypodidae Cerambycidae	<i>Gnathotrichus</i> sp Eichhoff <i>Xyleborus</i> sp Eichhoff <i>Euplatypus</i> sp Wood
V: Competidores de espacio	Coleóptera Díptera	Cossoninae Cecydomidae	<i>Cossonus</i> sp Say
VI: Otros	Hymenoptera Díptera Pseudoscorpionida Coleóptera	Torymidae Stratiomyiidae Chernetidae Cossoninae	<i>Chelanops</i> Gerv

3.5.2. Recolección de descortezadores y depredadores

La extensión geográfica de *Dendroctonus mexicanus* en México se extiende desde los estados del norte de Chihuahua en la Sierra Madre Occidental y Nuevo León en la Sierra Madre Oriental hasta los estados sureños de Oaxaca

en la Sierra Madre del Sur y Chiapas en la Sierra Madre de Chiapas (Salinas-Moreno et al., 2004).

Dendroctonus mexicanus se considera una especie generalista, es decir, polífaga, porque coloniza 21 de las 47 especies de pino reportadas en México predominantemente de las subsecciones *Leiophyllae*, *Oocarpae* y *Pseudostrobi*. *Pinus leiophylla*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus*, y *P. teocote* son sus anfitriones primarios. Este escarabajo de corteza tiene de dos a cuatro generaciones al año, dependiendo de la temperatura y la elevación, y se encuentra frecuentemente en su distribución en los mismos sitios con *D. adjunctus* LeConte, *D. aproximatus* Dietz y *D. brevicomis* LeConte, *D. vitae* Wood y *D. frontalis* (Salinas-Moreno et al., 2004).

El paraje denominado “El Piñón”, sitio donde fueron colectadas las muestras se encuentra a una altitud que va de 1850 a 1895 msnm, en el Parque Nacional Los Mármoles, ubicado en la Sierra Gorda del Estado de Hidalgo, dentro de la Sierra Madre Oriental, presentando una vegetación de tipo bosque de coníferas, en el que predomina la especie *Pinus pseudostrobus* el cual es uno de los principales arboles hospedantes del genero *Dendroctonus mexicanus*.

Para conocer la distribución de las abundancias de los insectos descortezadores en tres niveles de infestación y en tres distintas alturas de árboles de *Pinus pseudostrobus* infestados por *Dendroctonus mexicanus* se empleó un Modelo lineal generalizado (GLM) con distribución Poisson, considerando el Criterio de información de Akaike (AIC) para determinar que variable tiene más influencia en cuanto a la abundancia de las especies de insectos de cada grupo.

Para explicar la tasa de abundancia del total de los insectos encontrados se empleó el GLM completo (ver Anexo 1.1), encontrando diferencias significativas en los tres niveles de infestación, y en las alturas de las muestras, así como en las interacciones entre ambas variables.

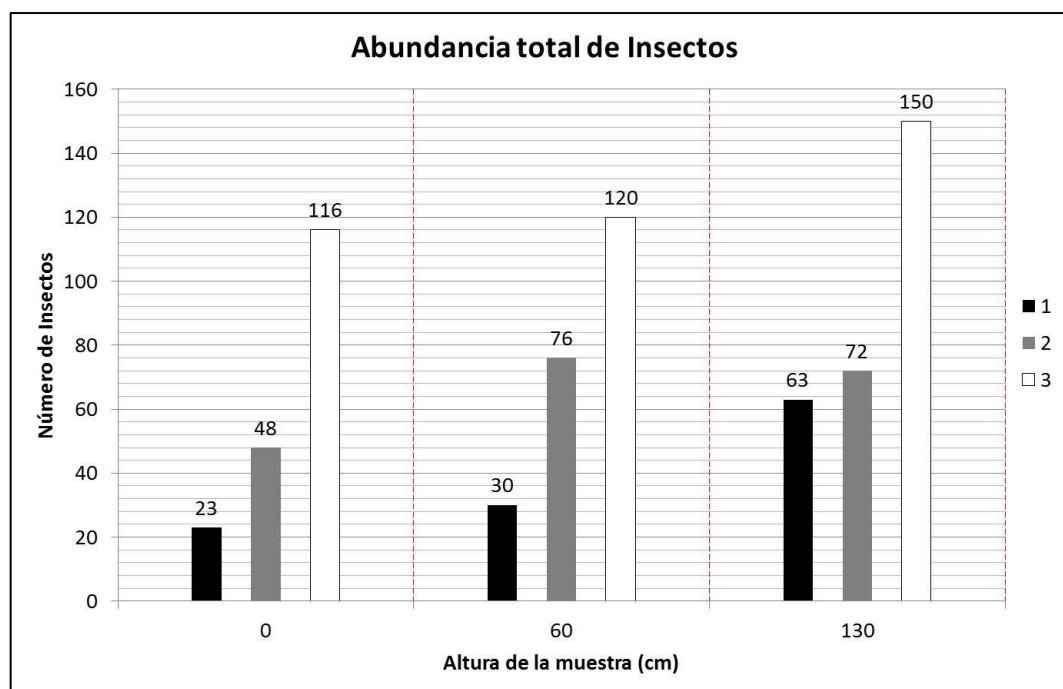


Figura 3 Abundancias del total de insectos colectados, por Nivel de Infestación y altura a la que fueron obtenidas.

El mayor número de insectos se encontró en nivel de infestación más avanzado y de igual manera se concentró un mayor número de insectos en las muestras obtenidas a la altura inspeccionada más alta del tallo.

Cuadro 3 Conteo total de Insectos.

Altura de la muestra (cm)	Nivel de infestación			Total
	1	2	3	
0	23	48	116	187
60	30	76	120	226
130	63	72	150	285
Total	116	196	386	698

A continuación se discute la distribución de cada una de los grupos de especies encontradas en *Pinus pseudostrubos* infestados en el paraje El Piñón, dentro del Parque Nacional Los Mármoles, Hidalgo.

3.5.3. Grupo I. Insectos Descortezadores Primarios

En el caso de este grupo únicamente se encontró una especie principal, *Dendroctonus mexicanus*, el cual fue el insecto con mayor presencia en los tres niveles de infestación, y en las tres alturas inspeccionadas, mostrando que sus abundancias se ven más influenciadas por la altura del tallo donde se obtuvo la muestra que por el avance de la infestación que presentan.

Cuadro 4 Conteo de *Dendroctonus mexicanus*.

Altura de la muestra (cm)	Nivel de infestación			Total
	1	2	3	
0	4	15	5	24
60	26	41	43	110
130	45	58	65	168
Total	75	114	113	302

En cuanto a la cantidad de insectos descortezadores de esta especie, los resultados del GLM (ver Anexo 1.2) arrojan la presencia de diferencias significativas ($p < 0.001$) con respecto a la altura en que fueron tomadas las muestras y en contra de la hipótesis de que la cantidad de *Dendroctonus mexicanus* encontrados sea la misma en las tres alturas evaluadas, ya que se estos fueron encontrados un mayor número de veces en la parte más alta del tallo que fue inspeccionada a comparación con las dos alturas inspeccionadas en la base de árboles infectados.

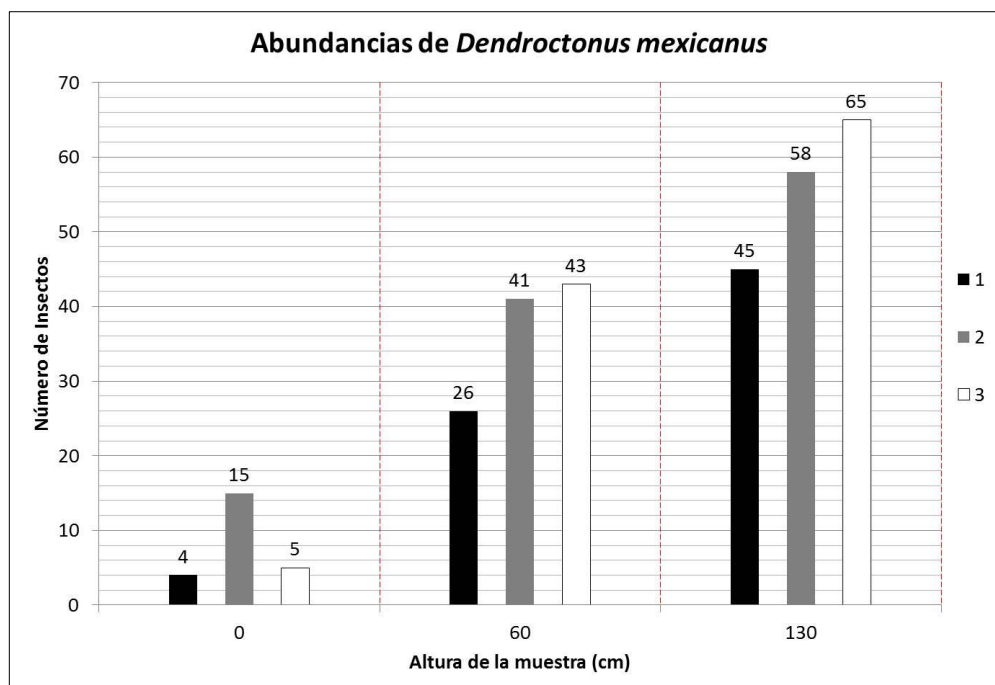


Figura 4 Abundancias de *Dendroctonus mexicanus* colectados, por Nivel de Infestación y altura a la que fueron obtenidas.

En cuanto a los conteos de esta especie encontrados en las distintas edades del avance de la infestación, pudimos observar que las mayores cantidades fueron registradas en los arboles con mayor avance de tal infestación, encontrando diferencias significativas en contra de la idea que la presencia de los insectos descortezadores de la especie *Dendroctonus mexicanus* sea la misma para los tres niveles de avance de la infestación.

3.5.4. Grupo II. Insectos Descortezadores Secundarios

En el caso de los insectos descortezadores secundarios se utilizó un submodelo en el que la altura tiene más efecto en la cantidad de insectos de este grupo, que el nivel de infestación, en este caso no fue necesario considerar la interacción entre ambas variables, con dicho submodelo (ver Anexo 1.3) se encontraron diferencias significativas entre los tres niveles de infestación y en al

menos una de las alturas definidas a las que fueron obtenidas las muestras, recalcando para esta variable una evidencia muy fuerte en contra de la hipótesis nula y en favor de la alternativa.

Cuadro 5 Conteos de Insectos descortezadores secundarios.

Altura de la muestra (cm)	Nivel de infestación			Total
	1	2	3	
0	6	0	21	27
60	0	0	2	2
130	0	1	0	1
Total	6	1	23	30

El registro de las presencias de los insectos de este grupo en el nivel de infestación más avanzado resultó más alto a comparación del nivel de infestación más reciente, en relación a la altura en que fueron tomadas las muestras, la mayor cantidad de insectos de este grupo se encontraron en la altura más baja del tallo de los arboles infestados.

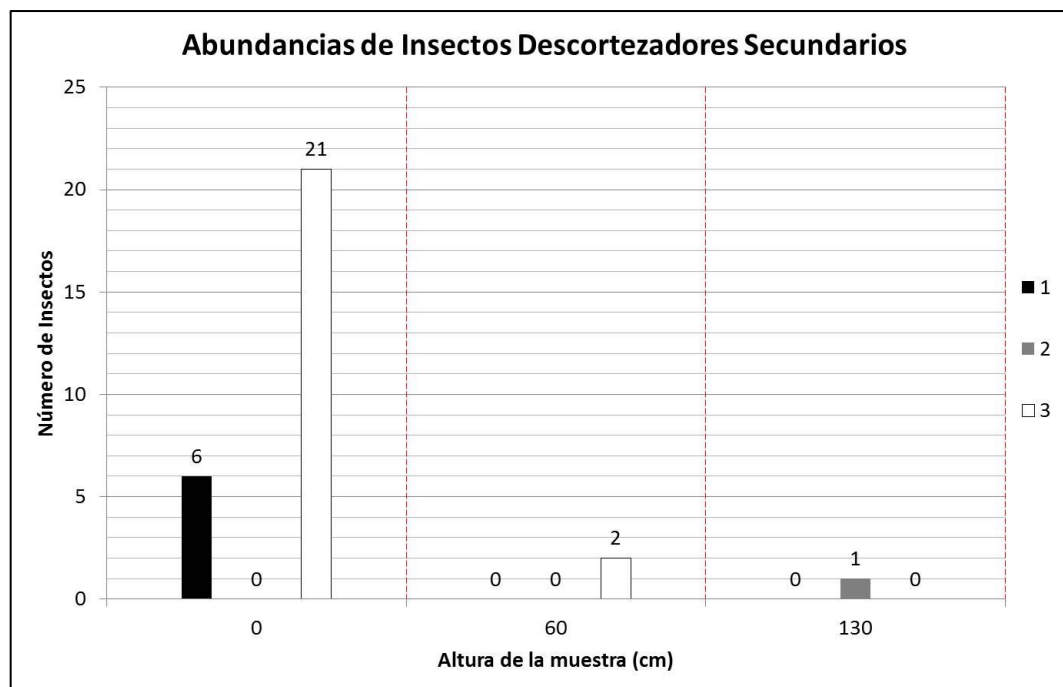


Figura 5 Abundancias de insectos del Insectos secundarios, por nivel de infestación y altura en que fueron colectados.

El género más encontrado en este grupo corresponde al *Hylastes*, con 26 registros, la mayoría de sus apariciones tuvo lugar en la parte baja del tallo, específicamente en arboles con una infestación de edad avanzada, coincidiendo con (Cibrián et al., 1995) que menciona que los géneros *Hylurgops* e *Hylastes* son reportados más bien en la base de árboles adultos recién muertos o moribundos o para tocones.

3.5.5. Grupo III. Insectos Depredadores

El modelo completo propuesto explica la tasa de abundancia en este grupo, con base al criterio AIC se determinó en este caso que el Nivel de Infestación influyo más en la abundancia de las especies de depredadores que la variable altura, además de que existieron diferencias significativas en los tres niveles de infestación y poca evidencia en la altura ($0.05 < p < 0.10$).

Cuadro 6 Conteo de insectos Depredadores.

Altura de la muestra (cm)	Nivel de infestación			Total
	1	2	3	
0	1	5	8	14
60	1	9	16	26
130	5	4	11	20
Total	7	18	35	60

Se observó una mayor presencia de insectos depredadores en los niveles de infestación avanzados, en tanto a su ubicación con respecto al tallo del árbol infestado, se encontró un mayor número de depredadores a una altura aproximada de 30 cm. Se encontraron diferencias significativas en las abundancias presentes en los tres niveles de infestación, no así para la variable altura como se observa en la Figura 6.

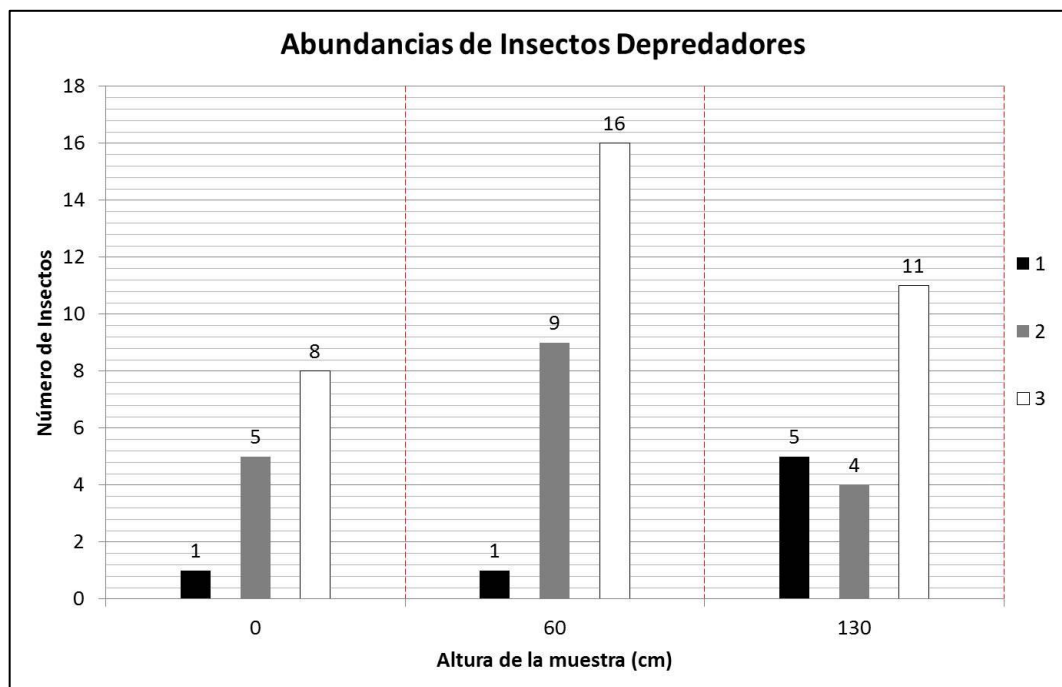


Figura 6 Abundancias de insectos Depredadores, por nivel de infestación y altura en que fueron colectados.

El género más abundante de este grupo fue el género *Tenmoscheila*, el cual fue encontrado en la misma cantidad a un metro de altura del tallo como a 30 cm del mismo sobre el ras del suelo, sus conteos indican que se tiene mayor actividad y presencia de este género en condiciones de árboles plagados con infestación avanzada, en este caso en los arboles con follaje café-rojizo.

El segundo insecto de este grupo con mayores abundancias es el género *Silvanus*, el cual se distribuyó más ampliamente en las muestras tomadas a 30 cm bajo el ras del suelo, y fue más frecuentemente encontrado en arboles con follaje verde alimonado y café-rojizo, indicadores de edades intermedias y avanzadas, respectivamente, del ataque de *Dendroctonus mexicanus*.

3.5.6. Grupo IV. Insectos Barrenadores de Madera

Los insectos de este grupo fueron encontrados de manera casi similar en las dos alturas del cuello de la raíz (a 0 y a 60 cm), ambas en proporción 2:1 con la abundancia encontrada en la altura a 130 cm.

Cuadro 7 Conteo de insectos barrenadores de madera.

Altura de la muestra (cm)	Nivel de infestación			Total
	1	2	3	
0	10	22	14	46
60	1	17	25	43
130	2	5	13	20
Total	13	44	52	109

En este caso el modelo completo no resulto adecuado para explicar la tasa de captura de las especies del Grupo IV, por lo que se empleó un submodelo con él se encontraron diferencias significativas en los tres niveles de infestación, de igual manera que existieron diferencias significativas entre las alturas ($p < 0.5$).

Los insectos barrenadores se encontraron en mayor número en los niveles de infestación tres y dos, con proporciones aproximadas de 4:1 y 3:1 respectivamente con el nivel con menor infestación, prueba de que son insectos de arribo secundario, datos registrados en la Figura 7.

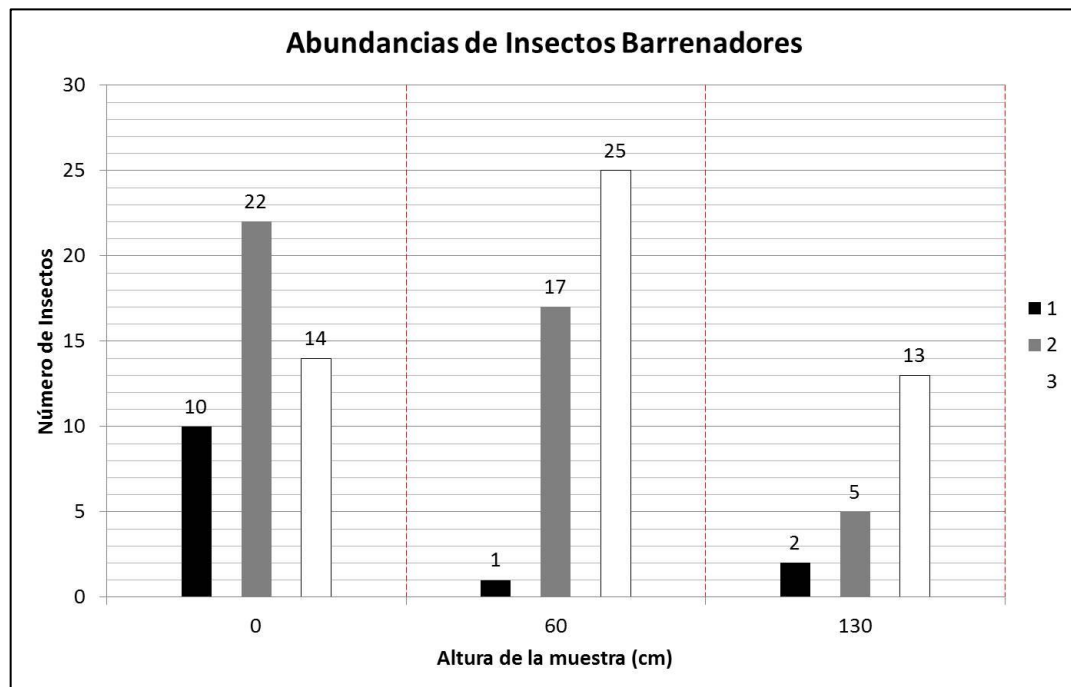


Figura 7 Abundancias de insectos barrenadores de madera por nivel de infestación y altura en que fueron colectados.

El género más representativo de este grupo perteneciente a los insectos ambrosiales fue el género *Gnathotrichus*, el cual fue más frecuentemente encontrado en las muestras tomadas a 30 cm bajo el ras del suelo, registrando un total de 30 individuos a esta altura del tallo, además de haberse colectado más en arboles con follaje café-rojizo, árboles que tenían más tiempo infestados al momento de la toma de muestras.

El segundo ambrosial con más capturas pertenece al género *Euplatypus*, el que mostro una distribución preferencial por la altura de 30 cm sobre el ras del suelo, y fue más veces colectado en arboles con ataque más avanzado.

Las larvas de cerambicidos que fueron encontradas arrojaron la mayoría de individuos en este grupo, con 56 conteos, los cuales mostraron un comportamiento similar en las alturas extremas y una mayor cantidad fue registrada en la altura intermedia (30 cm sobre el ras del suelo); de igual manera los registros indican que estos se desarrollan más en arboles con edad de infestación medio y avanzado.

3.5.7. Grupo V. Insectos Competidores de Espacio

El modelo completo explica la tasa de capturas para los insectos que conforman este grupo, siendo el nivel de infestación la variable con mayor efecto sobre las abundancias de tales especies, concentrándose el mayor número de individuos en el nivel de infestación con mayor avance como se observa en la Figura 8.

Cuadro 8 Conteo de insectos Competidores de espacio.

Altura de la muestra (cm)	Nivel de infestación			Total
	1	2	3	
0	2	3	66	71
60	2	7	32	41
130	11	4	57	72
Total	15	14	155	184

Con este GLM (ver Anexo 1.6) se obtuvieron diferencias significativas en relación a la cantidad de insectos competidores en los tres niveles de infestación, además de diferencias en la variable altura y las interacciones de ella con los niveles dos y tres.

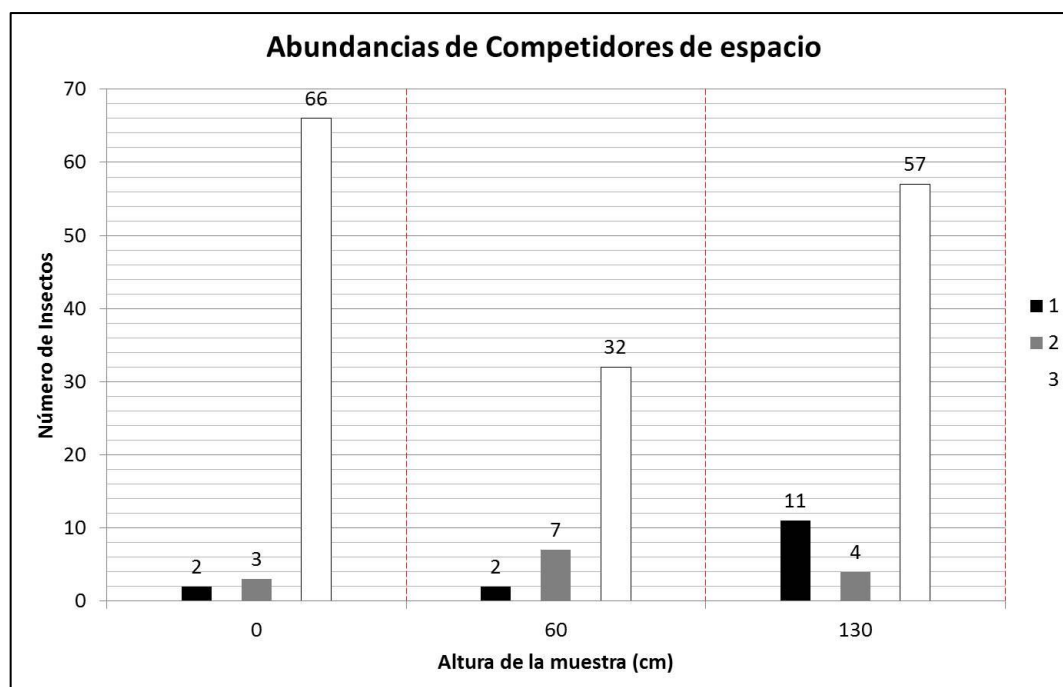


Figura 8 Abundancias de insectos competidores por espacio por nivel de infestación y altura en que fueron colectados.

El género más importante por su gran abundancia en este grupo resulto ser el género *Cossonus*, género que coincide con el del coleóptero más frecuentemente encontrado en asociación con las galerías de *Dendroctonus frontalis* específicamente *Cossonus corticola* (Goyer et al., 1980).

En este caso *Cossonus* se distribuyó de manera similar en las tres alturas evaluadas, aunque el mayor registro se dio en la base del árbol en la altura de 30 cm bajo el ras del suelo. Fue mayormente encontrado en arboles con follaje café-rojizo, con una cantidad de 135 individuos y 14 para cada una de las otras dos edades de infestación.

Otros insectos considerados competidores de espacio en esta investigación, corresponden a las larvas de insectos de la familia Cecydomidae, las cuales se distribuyeron con mayor intensidad en las muestras con altura de un metro sobre el ras del suelo, y prácticamente solo fueron colectadas en arboles con follaje café-rojizo.

3.6. Conclusiones

La cantidad más elevada de individuos de todos los grupos de insectos colectados, se encontró en los arboles con nivel de infestación más avanzado, existiendo siempre en los niveles de infestación diferencias significativas en las cantidades de los individuos que conforman todos los grupos de insectos.

La variable altura expreso diferencias significativas en las cantidades registradas de todos los grupos de insectos, descortezadores primarios ($p < 0.001$); descortezadores secundarios ($p < 0.001$); depredadores ($p < 0.1$); barrenadores de madera ($p < 0.05$); competidores de espacio ($p < 0.01$).

La abundancia más elevada de *Dendroctonus mexicanus* se obtuvo en la altura del tallo más alta, y los registros más bajos en la zona del tocón, que en contraste con los otros grupos fue la zona del árbol donde se presentaron las cantidades más elevadas, incluyendo al grupo de depredadores.

Con la evidencia de diferencias significativas en las cantidades de insectos de todos los grupos, dadas por la altura ala que fueron tomadas las muestras, podemos concluir que las acciones de saneamiento sobre el tocón, a pesar de existir presencia de insectos descortezadores *Dendroctonus mexicanus* en la base de árboles infestados de la especie de *Pinus pseudostrobus*, deben ser distintas a las del resto del árbol, atendiendo esta distinta diversidad de especies, por lo que se sugiere no se lleven a cabo tales acciones sobre el tocón, ya que al realizarse se estaría afectando la diversidad de los grupos presentes en dicha zona del árbol, incluyendo a un grupo relevante en cuanto a control biológico del mismo descortezador, que si bien el conteo de insectos del género *Temnoscheila* tuvo un comportamiento similar en las tres alturas inspeccionadas, existieron géneros de depredadores que su distribución se centró en el tocón.

3.7. Literatura Citada

- Agresti, A. (2002). *Categorical Data Analysis (Second Edi)*. Gainesville, Florida: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Cibrián, D., Mendez, J. . T., Campos, H. ., Yates, I., & Flores, J. . (1995). *Insectos Forestales de México*. Comisión Forestal de América del Norte. Universidad Autónoma Chapingo.
- Dixon, W. N., & Payne, T. L. (1979). *Sequence of Arrival and spatial Distribution of Entomophagous and Associate Insects on southern Pine Beetle-Infested Trees*. Texas: Texas A&M University System.
- FAO. (2012). *Guía para la aplicación de normas fitosanitarias en el sector forestal*. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Ed.). Rome.
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (5ta ed.)*. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Goyer, R. A., Lenhard, G. J., Nebeker, T. E., & Jarrard, L. D. (1980). *How to Identify Common Insect Associates of the Southern Pine Beetle*. Agriculture Handbook No. 563. United States Department of Agriculture. Combined Forest Pest Research and Development Program.
- Perusquia Ortiz, J. (1982). *Insectos asociados a los descortezadores Dendroctonus spp. de los pinos*. Bol. Div. Inst. Nac. Invest. For., 83.
- Ramírez-Cruz, S., Sánchez-González, A., & Daniel, T.-D. (2009). *La pteridoflora del Parque Nacional Los Mármoles, Hidalgo, México*. Boletín de La Sociedad Botánica de México, 84, 35–44.

- Salinas-Moreno, Y., Mendoza, M. G., Barrios, M. A., Cisneros, R., Macías-Sámano, J., & Zúñiga, G. (2004). Areography of the genus *Dendroctonus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Mexico. *Journal of Biogeography*, 31(7), 1163–1177. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2004.01110.x>
- Vázquez, L. L., Matienzo, Y., Veitía, M., & Alfonso, J. (2008). Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba. Ciudad de La Habana. Cuba: Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal.
- Wood, S. L. (1982). The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. *Great Basin Naturalist Memoirs*, (6), 1123.
- Zuñiga, G., Cisneros, R., Hayes, J. L., & Macias-Samano, J. (2002). Karyology, geographic distribution, and origin of the genus *Dendroctonus* Erichson (Coleoptera : Scolytidae). *Annals Of The Entomological Society Of America*, 95(3), 267–275. [http://doi.org/10.1603/0013-8746\(2002\)095\[0267:KGDAOO\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1603/0013-8746(2002)095[0267:KGDAOO]2.0.CO;2)

IV. ANEXOS

1. Modelo/Submodelos del Modelo Lineal Generalizado completo con distribución Poisson.

Anexo 1.1. Total de Insectos

Sintaxis del Modelo completo: $TOTAL \sim NI + H + NI * H$

Sintaxis del Modelo seleccionado: `glm(formula = TOTAL ~ NI + H + NI * H, family = poisson(link = "log"), data = Dendro)`

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-3.1280	-1.5091	-0.6330	0.7039	6.1597

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-0.368194	0.183773	-2.004	0.04512 *
NI2	0.963797	0.219120	4.398	1.09e-05 ***
NI3	1.687472	0.201867	8.359	< 2e-16 ***
H	0.008301	0.001842	4.508	6.55e-06 ***
NI2:H	-0.005582	0.002281	-2.447	0.01441 *
NI3:H	-0.006237	0.002076	-3.005	0.00266 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 902.19 on 269 degrees of freedom

Residual deviance: 709.77 on 264 degrees of freedom

AIC: 1273.2

Number of Fisher Scoring iterations: 6

Anexo 1.2. Grupo I Insectos descortezadores primarios

Sintaxis del Modelo completo: $TOTAL \sim NI + H + NI * H$

Sintaxis del Modelo seleccionado: `glm(formula = Dm ~ H + NI, family = poisson(link = "log"), data = Dendro)`

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.1382	-1.1536	-0.8133	0.4609	4.5319

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-1.106452	0.162323	-6.816	9.34e-12 ***
H	0.011650	0.001211	9.617	< 2e-16 ***
NI2	0.418710	0.148678	2.816	0.00486 **
NI3	0.409900	0.148939	2.752	0.00592 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 581.11 on 269 degrees of freedom

Residual deviance: 466.29 on 266 degrees of freedom

AIC: 805.25

Number of Fisher Scoring iterations: 6

Anexo 1.3. Grupo II Insectos descortezadores secundarios

Sintaxis del Modelo completo: $DESC \sim H + NI + NI * H$

Sintaxis del Modelo seleccionado: `glm(formula = DESC ~ H + NI, family = poisson(link = "log"), data = Dendro)`

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.1575	-0.4206	-0.1291	-0.0659	3.7212

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-1.744356	0.413568	-4.218	2.47e-05 ***
H	-0.033748	0.007935	-4.253	2.11e-05 ***
NI2	-1.791759	1.080103	-1.659	0.09714 .
NI3	1.343735	0.458415	2.931	0.00338 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 176.19 on 269 degrees of freedom

Residual deviance: 107.67 on 266 degrees of freedom

AIC: 155.92

Number of Fisher Scoring iterations: 7

Anexo 1.4. Grupo III Insectos depredadores de descortezadores

Sintaxis del Modelo completo: $\text{DEPRE} \sim \text{NI} + \text{H} + \text{NI} * \text{H}$

Sintaxis del Modelo seleccionado: `glm(formula = DEPRE ~ NI + H + NI * H, family = poisson(link = "log"), data = Dendro)`

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.9329	-0.6638	-0.5989	-0.2096	3.3908

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-3.818130	0.953459	-4.005	6.21e-05 ***
NI2	2.305474	1.016765	2.267	0.02336 *
NI3	2.758441	0.992351	2.780	0.00544 **
H	0.015124	0.008630	1.752	0.07969 .
NI2:H	-0.016708	0.009717	-1.719	0.08554 .
NI3:H	-0.013373	0.009197	-1.454	0.14591

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 232.49 on 269 degrees of freedom

Residual deviance: 207.60 on 264 degrees of freedom

AIC: 314.99

Number of Fisher Scoring iterations: 6

Anexo 1.5. Grupo IV Insectos barrenadores de madera

Sintaxis del Modelo completo: $\text{BARRE} \sim \text{NI} + \text{H} + \text{NI} * \text{H}$

Sintaxis del Modelo seleccionado: `glm(formula = BARRE ~ NI + H, family = poisson(link = "log"), data = Dendro)`

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.0879	-0.8360	-0.5342	-0.2522	3.5391

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-3.448156	0.527062	-6.542	6.06e-11 ***
NI2	2.110213	0.529436	3.986	6.73e-05 ***
NI3	2.302585	0.524404	4.391	1.13e-05 ***
H	0.004776	0.002172	2.199	0.0279 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 284.53 on 269 degrees of freedom

Residual deviance: 242.41 on 266 degrees of freedom

AIC: 362.76

Number of Fisher Scoring iterations: 6

Anexo 1.6. Grupo V Insectos competidores de espacio

Sintaxis del Modelo completo: $\text{COMP} \sim \text{NI} + \text{H} + \text{NI} * \text{H}$

Sintaxis del Modelo seleccionado: `glm(formula = COMP ~ NI + H + NI * H, family = poisson(link = "log"), data = Dendro)`

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.9401	-0.8471	-0.5448	-0.2195	6.3444

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-3.725504	0.839921	-4.436	9.18e-06 ***
NI2	1.776874	0.943753	1.883	0.059731 .
NI3	4.357850	0.848802	5.134	2.83e-07 ***
H	0.020772	0.007192	2.888	0.003874 **
NI2:H	-0.019425	0.008773	-2.214	0.026813 *
NI3:H	-0.024553	0.007380	-3.327	0.000878 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 623.34 on 269 degrees of freedom

Residual deviance: 434.13 on 264 degrees of freedom

AIC: 595.25

Number of Fisher Scoring iterations: 6