



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL

TESIS

“MONITOREO DE DESCORTEZADORES
MEDIANTE FEROMONAS EN TRES
CONDICIONES DE VEGETACIÓN EN EL
ASERRADERO, CUAUTEPEC, HIDALGO”

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA FORESTAL

PRESENTA

KEVIN OSVALDO GALINDO HERNÁNDEZ

DIRECTORA

DRA. JUANA FONSECA GONZÁLEZ

CODIRECTOR

DR. RAMÓN RAZO ZÁRATE

TULANCINGO DE BRAVO, HGO., MÉXICO., NOVIEMBRE 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL

TESIS

“MONITOREO DE DESCORTEZADORES
MEDIANTE FEROMONAS EN TRES
CONDICIONES DE VEGETACIÓN EN EL
ASERRADERO, CUAUTEPEC, HIDALGO”

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA FORESTAL

PRESENTA

KEVIN OSVALDO GALINDO HERNANDEZ

DIRECTORA

DRA. JUANA FONSECA GONZÁLEZ

CODIRECTOR

DR. DR. RAMÓN RAZO ZÁRATE

COMITÉ TUTORIAL

DR. RODRIGO RODRÍGUEZ LAGUNA

DR. JOSÉ JUSTO MATEO SÁNCHEZ

DR. ALFONSO SUÁREZ ISLAS

TULANCINGO DE BRAVO, HGO., MÉXICO., NOVIEMBRE 2025



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Agropecuarias

Institute of Agricultural Sciences

Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales

Academic Area of Agricultural and Forestry Sciences

Tulancingo de Bravo, Hidalgo; a 14 de noviembre de 2025

Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado

Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado al pasante de Licenciatura en Ingeniería Forestal, **Kevin Osvaldo Galindo Hernández**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **"MONITOREO DE DESCORTEZADORES MEDIANTE FEROMONAS EN TRES CONDICIONES DE VEGETACIÓN EN EL ASERRADERO, CUAUTEPEC, HIDALGO."** que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

PRESIDENTE: Dr. José Justo Mateo Sánchez

SECRETARIO: Dr. Rodrigo Rodríguez Laguna

VOCAL 1: Dr. Alfonso Suárez Islas

SUPLENTE 1: Dr. Ramón Razo Zárate

SUPLENTE 2: Dra. Juana Fonseca González

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

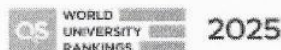
Dr. José González Ávalos
Coordinador del Programa Educativo de
Ingeniería Forestal

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"

Dr. Armando Peláez Acero
Director del ICAP

Avenida Universidad #133, Col. San Miguel Huatengo,
Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo,
México, C.P. 43775.
Teléfono: 7717172001 Ext. 42173
profe_5566@uaeh.edu.mx

"Amor, Orden y Progreso"



uaeh.edu.mx

La presente tesis titulada: "MONITOREO DE DESCORTEZADORES MEDIANTE FEROMONAS EN TRES CONDICIONES DE VEGETACIÓN EN EL ASERRADERO, CUAUTEPEC, HIDALGO" realizada por el pasante **Kevin Osvaldo Galindo Hernández**, bajo la dirección de la Dra. Juana Fonseca González y como Codirector el Dr. Ramón Razo Zárate y el comité asesor indicado, ha sido aprobada por los mismos y aceptada como requisito parcial para obtener el título de:

LICENCIADO EN INGENIERÍA FORESTAL

Comité asesor



Dra. Juana Fonseca González
Directora



Dr. Ramón Razo Zárate
Codirector



Dr. Rodrigo Rodríguez Laguna
Asesor



Dr. José Justo Mateo Sánchez
Asesor



Dr. Alfonso Suárez Islas
Asesor

Ciudad Universitaria, Tulancingo, Hidalgo, México. Noviembre, 2025.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a la vida por haber podido concluir con éxito una carrera universitaria además de coincidir con personas especiales desde mi familia hasta mis amistades más cercanas.

Agradezco principalmente a mis papás que durante en este trayecto tan largo siempre me brindaron todo su apoyo por lo que con sus palabras de aliento y buenos deseos día a día me impulsaron a continuar y culminar con éxito esta carrera.

Agradezco a mi directora de tesis por haber confiado en mí y darme el apoyo incondicional durante este proceso de investigación.

Agradezco al comité tutorial por el apoyo brindado para complementar la investigación.

Agradezco a mis amistades de la carrera por haber compartido esta etapa de mi vida.

DEDICATORIA

Quiero dedicar mi tesis a cada una de las personas que estuvieron presentes conmigo y me ayudaron a concluir una carrera universitaria con unas palabras de ánimo y su apoyo incondicional, a mis amistades de la carrera Jair, Vivian, Danna y Sandy, mi amiga Diana, mi hermana Frida, mi hermana Fany, Mi prima Liz y mi abuela Nico, hasta las personas que me llevaron cada dos semanas al lugar de estudio durante un año como lo fue mi hermano Mike, mi papá y mi madre.

“Lo que dios tiene destinado para ti, ni la envidia lo para, ni el destino lo aborta, ni la suerte lo cambia” (Fátima Bosch, 2025).

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
1. Introducción	vi
2. Objetivos	3
2.1. General.....	3
2.2. Específicos	3
3. Hipótesis	3
4. Marco Teórico	4
4.1. Generalidades de los insectos descortezadores	4
4.2. Descripción y distribución del género <i>Dendroctonus sp.</i>	5
4.2.1. <i>Características morfológicas</i>	6
4.2.2. Ciclo biológico de <i>Dendroctonus mexicanus</i>	7
4.3. Descripción y distribución del género <i>Ips sp.</i>	7
4.3.1. <i>Características morfológicas de Pseudips mexicanus</i>	8
4.3.2. Ciclo biológico de <i>Pseudips mexicanus</i>	9
4.3.3. <i>Características morfológicas de Ips bonanseai</i>	9
4.4. Factores relacionados con los brotes de descortezadores.....	10
4.5. Descortezadores primarios y secundarios.....	11
4.6. Depredadores de descortezadores	13
4.7. Semioquímicos	14
4.7.1. Feromonas de descortezadores.....	16
4.7.2. Trampas multiembudo.....	19

4.8. Métodos de control de insectos descortezadores	20
4.8.1. Métodos físicos:	21
4.8.2. Métodos químicos:	22
4.9. Prácticas para la restauración de ecosistemas y tipos de aprovechamiento forestal.....	23
4.9.1. Función de las plantaciones forestales	23
4.9.2. Sistemas agroforestales.....	24
5. Materiales y Métodos	25
5.1. Descripción del área de estudio	25
5.2. Colocación de trampas y recolecta de insectos	27
5.3. Clasificación de las áreas de estudio	28
5.4. Análisis de datos	31
6. Resultados	33
6.1. Fluctuación de la población de los descortezadores	34
7. Discusión	40
8. Conclusiones	42
9. Literatura citada	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Número total de insectos recolectados por condición de sitio en el rancho Agrosilvicultores, Cuautepec, Hgo.....	33
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Secuencia de colonización de los insectos descortezadores Tomado de Macías-Sámano <i>et al</i> (2021).	4
Figura 2. Espécimen de <i>Dendroctonus mexicanus</i> tomada de Bark and Ambrosia Beetle Image T.H. Atkinson & S.M. Smith	6
Figura 3. Espécimen de <i>Pseudips mexicanus</i> tomado de Bark and Ambrosia Beetle Image Gallery T.H. Atkinson & S.M. Smith	8
Figura 4. Espécimen de <i>Ips bonansea</i> tomado de Bark and Ambrosia Beetle Image Gallery T.H. Atkinson & S.M. Smith	10
Figura 5. Kairomona alfa-pineno en la trampa multiembudos	16
Figura 6. Clasificación de las feromonas según Sánchez <i>et al.</i> , (2017).	17
Figura 7. Feromona Frontalina sintetizada en laboratorio como atrayente para capturar insectos descortezadores en la trampa multiembudos en el rancho Agrosilvicultores.	18
Figura 8. Trampa de embudos Lindgren tomada (Sánchez-Martínez <i>et al.</i> 2017).....	20
Figura 9. Croquis de ubicación del Rancho Agrosilvicultores, Cuautepéc de Hinojosa, Hidalgo.	25
Figura 10. Distribución de las nueve trampas en las tres diferentes condiciones.....	27
Figura 11. Recolección de insectos en las trampas multiembudo.	28
Figura 12. Zona de conservación (condición 1).....	29
Figura 13. Zona agroforestal (condición 2).....	30
Figura 14. Zona de plantación forestal (condición 3).....	31
Figura 15. Patrón de dispersión estacional de <i>Dendroctonus mexicanus</i> entre zonas de octubre 2022- septiembre 2023 en el rancho Agrosilvicultores.	35
Figura 16. Patrón de dispersión estacional de <i>Pseudips mexicanus</i> entre zonas de octubre 2022- septiembre 2023 en el rancho Agrosilvicultores.	36
Figura 17. Patrón de dispersión estacional de <i>Ips bonansea</i> entre zonas de octubre 2022- septiembre 2023 en el rancho Agrosilvicultores.	37
Figura 18. Patrón de dispersión estacional de <i>Pityophthorus sp.</i> entre zonas de octubre 2022- septiembre 2023 en el rancho Agrosilvicultores.	38

Figura 19. Gráfica comparativa entre géneros <i>Hylurgops</i> sp., <i>Hylastes</i> sp. y <i>Gnathotrichus</i> sp. Entre zonas durante el año de investigación octubre 2022-septiembre 2023.....	39
Figura 20. Insecto descortezador en la corteza de un ejemplar de <i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl y Cham.....	39

RESUMEN

Los insectos descortezadores han coexistido con los bosques durante mucho tiempo cumpliendo una función como reguladores naturales al eliminar árboles débiles y enfermos dejando únicamente a los más fuertes y sanos, pero en la actualidad se han percibido como un problema al tener una mayor presencia de estos con más frecuencia en plantaciones forestales o ecosistemas naturales de modo que los géneros más conocidos en el país son *Dendroctonus sp.* e *Ips sp.* llegando a convertirse en plagas por árboles debilitados a causa de la sequía o incendios, interfiriendo con los objetivos del manejo forestal y complicando su control, teniendo como control biológico a los depredadores de estos insectos para la regularización de sus poblaciones. El estudio se llevó a cabo en el rancho Agrosilvicultores localidad del Aserradero municipio de Cuautepec de Hinojosa, capturando e identificándolos por géneros y especies con el propósito de analizar la fluctuación estacional además de registrar e identificar su abundancia en cada uno de las distintas condiciones, de insectos descortezadores e insectos asociados y respuesta de atracción por semioquímicos en tres tipos de cobertura vegetal del rancho. Se colocaron trampas tipo Lindgren cebadas con la feromona frontalina y la kairomona alfa-pineno durante un año de muestreo (octubre 2022–septiembre 2023) en donde se colocaba collar antipulgas como insecticida para que los insectos no logaran salir, las capturas fueron recolectadas cada 15 días y los especímenes identificados mediante claves taxonómicas especializadas, mientras que el cambio de atrayentes se realizaba cada mes. Las especies más representativas fueron *Dendroctonus mexicanus*, *Pseudips mexicanus* e *Ips bonansea*, con una clara predominancia en la zona de plantación forestal, donde la densidad de pinos fue mayor y la diversidad vegetal menor. Entre los insectos asociados se registraron los géneros *Hylastes*, *Gnathotrichus*, *Hylurgops* y *Pityophthorus*. La mayor incidencia se observó en los meses de verano, particularmente en agosto, coincidiendo con la temporada de altas temperaturas y humedad. Se evidenció una tendencia a la mayor abundancia de descortezadores en sitios con menor heterogeneidad de especies arbóreas.

ABSTRACT

Bark beetles have coexisted with forests for a long time, acting as natural regulators by eliminating weak and diseased trees, leaving only the strongest and healthiest ones. However, they are now perceived as a problem due to their increased presence in forest plantations and natural ecosystems. The most well-known genera in the country are *Dendroctonus* sp. and *Ips* sp. They have become pests due to trees weakened by drought or fire, interfering with forest management objectives and complicating their control. Predators of these insects are used as biological control to regulate their populations. The study was carried out on the Agrosilvicultores ranch in the town of Aserradero, municipality of Cuauhtémoc de Hinojosa, capturing and identifying them by genus and species in order to analyze seasonal fluctuations, as well as recording and identifying their abundance in each of the different conditions, of bark-stripping insects and associated insects and their response to semiochemicals in three types of vegetation cover on the ranch. Lindgren traps baited with frontalin pheromone and alpha-pinene kairomone were set up for a year of sampling. (October 2022–September 2023) where flea collars were placed as insecticide to prevent insects from escaping, captures were collected every 15 days and specimens were identified using specialized taxonomic keys, while attractants were changed every month. The most representative species were *Dendroctonus mexicanus*, *Pseudips mexicanus*, and *Ips bonansea*, with a clear predominance in the forest plantation area, where pine density was higher and plant diversity lower. Among the associated insects, the genera *Hylastes*, *Gnathotrichus*, *Hylurgops*, and *Pityophthorus* were recorded. The highest incidence was observed in the summer months, particularly in August, coinciding with the season of high temperatures and humidity. There was a tendency for bark beetles to be more abundant in sites with less tree species heterogeneity.

1. Introducción

Los bosques templados de pino, encino o mezclados son ecosistemas forestales de amplia extensión en México, los cuales representan cerca del 19.2 % del territorio nacional con aproximadamente 38.4 millones de hectáreas. Estos ecosistemas se distribuyen a lo largo de las cadenas montañosas en altitudes que varían entre 1,200 y 2,800 msnm. Y que han sido fuertemente impactados debido a la deforestación por cambios de uso de suelo (Pavón *et al.*, 2012), siendo las actividades agrícolas una de las principales causas de estos cambios que propician la pérdida de cubierta vegetal y degradación ambiental (Galicia *et al.*, 2007). Uno de los principales métodos para revertir estos daños son las plantaciones de restauración la cual es un método de regeneración artificial, el cual consiste en el establecimiento de árboles en la superficie que se desea repoblar, para la que se requiere la intervención del hombre en la fase de establecimiento; para que una plantación sea exitosa deben contemplar las características del lugar seleccionado principalmente la topografía, exposición, altitud, la temperatura, humedad, precipitación y evaporación (Mariscal *et al.*, 2000).

En México la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (DOF, 2018), define a la restauración forestal como el conjunto de actividades para la rehabilitación de un ecosistema forestal con el propósito de una recuperación parcial o total de sus funciones originales, las acciones incluyen obras de conservación y restauración de suelos, protección de áreas reforestadas, reforestación, mantenimiento y el establecimiento de sistemas agroforestales como una opción en la reconversión productiva (CONAFOR, 2023). Estos sistemas son una forma de uso de la tierra en donde las especies leñosas interactúan con los cultivos y/o animales, con la finalidad de diversificar y optimizar la producción de manera sostenida. Sin embargo, estos sistemas agroforestales (SAF) o plantaciones agroforestales suelen tener limitantes por varios factores, entre ellos, una combinación inadecuada de las diferentes especies, lo que resulta en competencia entre ellas. Por lo tanto, la incorporación de especies arbóreas dentro de los cultivos requiere de objetivos bien planteados, es decir, conocer el papel que desempeñarían cada uno dentro del sistema (Casanova *et al.*, 2007).

Existen muchos factores que pueden afectar los objetivos de las plantaciones agroforestales donde se utilizan pinos, entre ellos los insectos descortezadores que de acuerdo con Atkinson (2012), en el mundo hay alrededor de 3000 especies descritas de estos escarabajos. En México se encuentran 870 de estas distribuidas en 87 géneros. Por lo general, la mayoría de las especies de escarabajos descortezadores atacan árboles debilitados por varios motivos entre los que destacan, sequías, incendios, enfermedades o incluso daño mecánico (Cibrián-Tovar *et al.*, 1995).

Estos descortezadores también poseen una función en la dinámica de los bosques templados ya que permiten la regeneración y el recambio de las especies forestales a través de la selección de árboles viejos y enfermos. No obstante, cuando los insectos se dispersan hacia árboles sanos o de diferentes edades pueden provocar daños a gran escala y convertirse o llegar a considerarse plagas debido al impacto económico en el comercio nacional e internacional de la madera, estos daños, se miden en términos económicos de acuerdo con la superficie afectada por los insectos o las tasas de mortalidad de los hospederos (FAO, 2012).

En el rancho Agrosilvicultores en el año 2014 se realizó una plantación de restauración bajo un sistema agroforestal con *Pinus leiophylla* y *Pinus patula* con el propósito de preservar este ecosistema como un Área Natural Protegida por las condiciones de densidad y homogeneidad de la plantación se han observado afectaciones esporádicas por descortezadores por lo que, para obtener mayor información de la identidad y comportamiento de las especies e insectos asociados presentes en el área, se diseñó este estudio ubicado en la localidad El Aserradero, municipio de Cuautepéc de Hinojosa.

2. Objetivos

2.1. General

- Analizar la fluctuación del patrón de dispersión estacional de descortezadores e insectos asociados mediante feromonas con trampas multiembudos en tres condiciones de sitio distintas para determinar la condición de vegetación más susceptible.

2.2. Específicos

- Identificar y registrar la abundancia de los descortezadores e insectos asociados presentes en el rancho Agrosilvicultores.
- Identificar la época de vuelo de los descortezadores e insectos asociados en cada una de las condiciones para diseñar estrategias de manejo.
- Reconocer si existen diferencias en el patrón de captura de los descortezadores entre las distintas áreas del rancho Agrosilvicultores.

3. Hipótesis

Se presenta una recolecta mayor de insectos descortezadores primarios e insectos asociados en las trampas multiembudo en la condición donde hay menor diversidad vegetal y mayor densidad de árboles.

4. Marco Teórico

4.1. Generalidades de los insectos descortezadores

Los descortezadores son pequeños escarabajos de la familia Curculionidae ubicados en la sub familia Scolytinae, que habitan y se reproducen debajo de la corteza de los árboles, donde se alimentan del tejido que conduce los nutrientes que el árbol produce (floema) para su propia sobrevivencia (García-Villafuerte, 2023). En México las principales especies de descortezadores pertenecen a los géneros *Dendroctonus* e *Ips* en pinos, *Scolytus* y *Pseudohylesinus* en *Abies*, que colonizan diversas especies de árboles, especialmente coníferas que se encuentran en los bosques templados de nuestro país (Armendáriz-Toledano *et al.*, 2018).

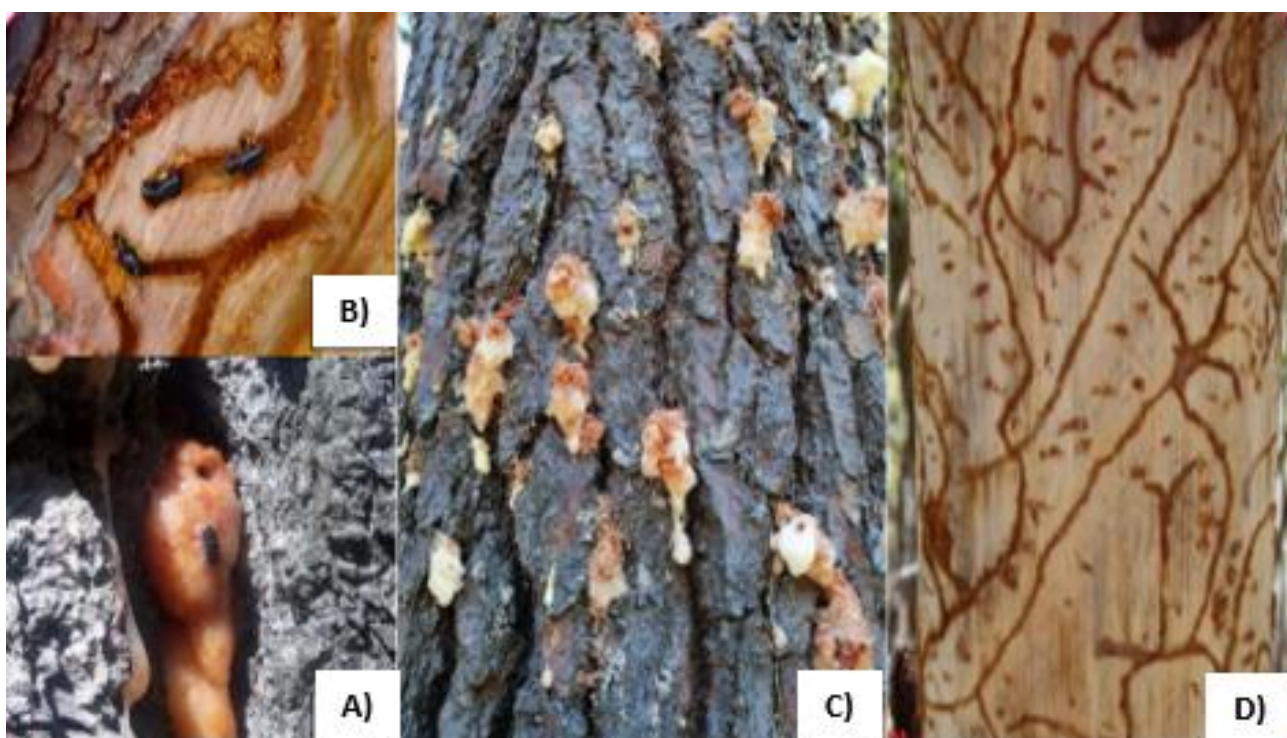


Figura 1. Arribo de los insectos descortezadores al hospedero, A) macho entrando al árbol a través del orificio hecho por la hembra pionera, B) hembras alimentándose dentro del tronco, C) grumos de resina a lo largo del tronco atracción masiva, D) galerías individuales hechas por las larvas (tomado de Macías-Sámano *et al.*, 2021)

Adaptabilidad de los descortezadores al cambio climático

En la actualidad los brotes de estos insectos ocurren con mayor frecuencia, provocando daños severos al bosque, esta alteración se debe principalmente a los efectos del cambio climático y para que las larvas de los descortezadores se conviertan en adultos, es necesario que la temperatura no baje de los 0 °C. En ciertas especies de descortezadores, cuando la temperatura desciende por debajo de los 0 °C, las larvas de estos insectos reducen su ritmo de desarrollo y, si la temperatura cae por debajo de los -5 °C, mueren por congelamiento. En el caso de los adultos, estos frenan su reproducción y desarrollo, e incluso pueden morir cuando la temperatura alcanza los -12 °C (Lombardero *et al.*., 2000). Por lo que se puede decir que las bajas temperaturas han sido uno de los controles poblacionales más efectivos al evitar que todas las larvas y los adultos sobrevivan. Sin embargo, debido a que la temperatura media del planeta se ha elevado más de 1° C, ahora los inviernos son más calientes, provocando una mayor sobrevivencia de las larvas. Además, el incremento de las temperaturas en verano acelera el desarrollo de los adultos y aumenta su capacidad reproductiva, lo que incrementa su fecundidad y los lleva a tener más generaciones al año (Raffa *et al.*, 2008).

4.2. Descripción y distribución del género *Dendroctonus* sp.

Las especies del género *Dendroctonus* son parásitos en los bosques de coníferas por lo que su distribución geográfica está asociada con comunidades boscosas, indicando la relación entre estos insectos con su importancia en la renovación y saneamiento de los bosques, no obstante, se pueden convertir en plagas, debido al aumento de brotes o daños que provocan en los árboles, En México están presentes 12 especies de las cuales 9 poseen una mayor relevancia en nuestro país por el daño que pueden causar al iniciar la colonización de los árboles estresados o enfermos siendo; *Dendroctonus mexicanus*, *Dendroctonus frontalis*, *Dendroctonus adjunctus*, *Dendroctonus rhizopagus*, *Dendroctonus pseudotsugae*, *Dendroctonus ponderosa*, *Dendroctonus jeffreyi*, *Dendroctonus brevicornis*, *Dendroctonus vitei* (Zúñiga *et al.*, 1999). En el país algunas de las especies de este género se ubican dentro de los bosques de coníferas (SEMARNAT, 2005), manifestándose desde la Sierra de Baja California, Sierra Madre

Occidental, Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur, hasta la Sierra de Chiapas. *Dendroctonus frontalis* Zimmermann y *Dendroctonus mexicanus* Hopkins son especies que se han reportado en gran parte del territorio mexicano siendo en los estados de Chiapas, Guerrero, Hidalgo, México, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro y San Luis Potosí, considerando a *Dendroctonus mexicanus* una de las especies con mayor distribución geográfica en México (Zúñiga, G et al., 1995).

4.2.1. Características morfológicas

Los adultos de *D. mexicanus* varían en tamaño de 2.3 a 4.5 mm de longitud, la coloración es café muy oscura, casi negra 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 (Figura 2), los machos presentan en la cabeza dos elevaciones (tubérculos frontales) bien desarrolladas y las hembras poco o nada desarrolladas, en los élitros presenta nueve estrías con puntuaciones bien marcadas poco profundas, el declive elitral es convexo con las estrías fuertemente marcadas, las setas del declive son de más de dos tamaños y son moderadamente abundantes (Cibrián-Tovar et al., 1995).



Figura 2. Especimen de *Dendroctonus mexicanus* imagen, tomada de Bark and Ambrosia Beetle Image T.H. Atkinson & S.M. Smith 2005, consultado el 01/11/2025

4.2.2. Ciclo biológico de *Dendroctonus mexicanus*

El ciclo de vida de *Dendroctonus mexicanus*, es el tiempo de generación de huevo a huevo varía de acuerdo a la temperatura y condiciones de desarrollo, desde 42 hasta 125 días, por lo que puede haber de 3 a 5 generaciones por año, por lo que depende de la altitud y que los estados de desarrollo estén sobrepuestos. En un ciclo de vida típico las hembras seleccionan al hospedante, en el cual practican orificios entre la corteza hasta llegar al floema, entonces inician la emisión de feromonas de agregación que atraerá a machos y a hembras. 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 (Wood, 1982).

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 (Leal, 2014).

4.3. Descripción y distribución del género *Ips* sp.

La forma general del cuerpo es más larga que ancha y su coloración va del amarillo hasta el negro, su talla va de los 2.1 a los 6.5 mm. En la cabeza presentan frente con o sin un tubérculo medio, parcialmente cubierta por el pronoto en vista dorsal y más estrecha que este pronoto casi igual de largo que ancho, ligera o fuertemente inclinado anteriormente y áspero, ojos finamente facetados, menos anchos que la longitud del escapo y más pequeños que dos veces la longitud del escapo y aplanados, las antenas son de cinco segmentos, el mazo antenal es de circular a suboval y fuertemente aplanada con dos suturas en la cara anterior bisinuadas o fuertemente anguladas estados del país (Camacho, 2012).

El género *Ips*, en nuestro país se ubican en los estados de Baja California, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Durango, Hidalgo, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Puebla, San Luis Potosí, Tlaxcala, Veracruz y la Ciudad de México (Wood, 1982).

Dentro del género existen varias especies, pero *Pseudips mexicanus* tuvo modificaciones taxonómicas puesto que en el año 2000 se actualizó el nombre del escarabajo de la corteza conocido como *Ips mexicanus* a *Pseudips mexicanus* por el entomólogo estadounidense Anthony I. Cognato estableciendo un nuevo género “*Pseudips*” basándose en un análisis de la morfología de estos escarabajos (Cognato, 2000).

4.3.1. Características morfológicas de *Pseudips mexicanus*

Los adultos de *Pseudips* llegan a medir entre 3.6 a 5 mm de longitud, son cilíndricos y alargados, de color café oscuro casi negro brillante, el declive elitral cuenta con tres espinas en cada uno de sus lados (Figura 3). En los machos la tercera espina es estrecha y capitada. En las antenas, el mazo o clava tiene las suturas fuertemente arqueadas (Cibrián-Tovar *et al.*, 1995).



Figura 3. Especimen de *Pseudips mexicanus* imagen tomada de Bark and Ambrosia Beetle Image Gallery T.H. Atkinson & S.M. Smith, consultado el 01/11/2025

4.3.2. Ciclo biológico de *Pseudips mexicanus*

El ciclo biológico de *Pseudips mexicanus*, comienza con los huevos, que son muy pequeños, de poco más de 1 mm de longitud transparentes o aperlados, de forma redonda, oval o algo alargados, la larva: es de cuerpo grueso, ápora, de forma cilíndrica, de color blanco o crema, con la cabeza y las mandíbulas bien definidas y de color más oscuro. Carecen de ojos y tienen espinas. El tórax, es generalmente tan ensanchado como el abdomen, patas ausentes, sin embargo, con lóbulos corpulentos y ventrales, la pupa es de color blanco cuando está recién transformada, pero de manera gradual va tomando son color amarillento a medida que se aproxima su época de transformación en adulto, existen varias generaciones por año de 3 a 7 generaciones aproximadamente, aunque el número varía según la altitud a la que se encuentren los insectos (Hernández, 2010).

4.3.3. Características morfológicas de *Ips bonanseai*

Dentro del mismo género "*Ips*" encontramos también a la especie de *Ips bonanseai*. Las características de los adultos son que miden de 2.9 a 3.8 mm de longitud, con promedio de 3.5 mm. Son de color café rojizo oscuro, con tarsos y antenas café claro. Su declive elitral cuenta con cuatro espinas en cada margen lateral; la primera espina es muy pequeña, cónica y aguda en la punta; la segunda y tercera espinas en la hembra son del doble del tamaño que la primera, cónicas y subagudas en la punta; la cuarta es tan larga como la primera, pero más gruesa y obtusa en la punta. En el macho la tercera espina es notablemente más larga que las demás y es capitada o subcapitada. Disco del pronoto y detrás de la cima con puntuaciones tupidas; la distancia entre ellas frecuentemente es menor que su diámetro. En la figura 4 se muestra a *Ips bonanseai* el cual habita en varios estados del país (Cibrián-Tovar *et al.*, 1995).

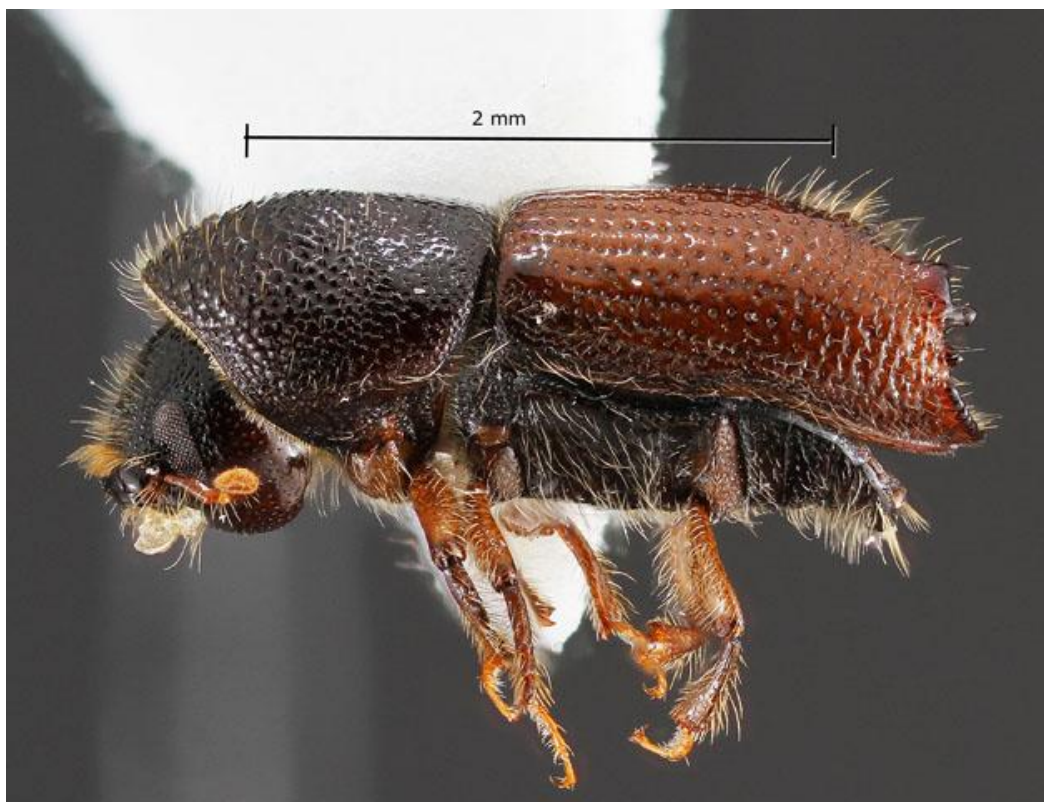


Figura 4. Especimen de *Ips bonanseai* imagen tomada de Bark and Ambrosia Beetle Image Gallery T.H. Atkinson & S.M. Smith, consultado el 01/11/2025

4.3.4. Ciclo biológico

Su ciclo biológico dura de 28 a 30 días, en el centro del país se presentan de 6 a 8 generaciones por año. Los huevecillos recién ovipositados son de color blanco transparente, tornándose gradualmente hacia un blanco opaco; su forma es casi oval. La longitud es de 1 mm. La larva es de tipo curculioniforme. La pupa es de tipo exarada, de color blanco uniforme; su tamaño promedio es de 3.7 mm de longitud y 1.6 mm de anchura (Wood, 1982).

4.4. Factores relacionados con los brotes de descortezadores

Se ha observado que el crecimiento poblacional de los descortezadores, a veces limitado en ocasiones por variables ambientales como la temperatura y la humedad (del-Val y Sáenz-Romero., 2017). Las poblaciones de *Dendroctonus* dependen

directamente de temperaturas elevadas para su desarrollo y pueden verse favorecidas por los efectos del calentamiento global, principalmente por el aumento de la temperatura, incrementando su tamaño poblacional al punto de convertirse en plagas forestales (Morales-Rangel *et al.*, 2018).

Con el incremento de la temperatura y cuando los descortezadores logran una colonización exitosa algunas especies liberan una feromona de antiagregación con el propósito de evitar la sobrepoblación de insectos y que esta pudiera resultar en una alta competencia intraespecífica por el alimento (Byers, 1989).

Sin embargo, existen los depredadores, parasitoides y patógenos que tienen un papel importante en la dinámica poblacional y el control biológico de los insectos descortezadores (Wegensteiner *et al.*, 2015).

Concepto de plaga forestal

Una plaga forestal es cualquier organismo vivo que puede causar daños a los árboles, bosques y productos forestales, estos pueden ser insectos, hongos, bacterias etc, trayendo consigo consecuencias para el objetivo del ser humano y frustrando muchos años de esfuerzos ya que alteran el resultado de los objetivos de la gestión forestal. Las plagas pueden incidir negativamente en el crecimiento, el vigor y la supervivencia de los árboles y disminuir el rendimiento y la calidad de los productos madereros y no madereros. Los daños causados por las plagas pueden degradar el hábitat silvestre, reduciendo así la biodiversidad local, y pueden tener además efectos negativos importantes en valores recreativos, estéticos y socioculturales (FAO, 1995).

4.5. Descortezadores primarios y secundarios

Insectos descortezadores primarios

Se identifican como descortezadores primarios a los escarabajos que inician la infestación de un árbol sano al perforar la corteza y alimentarse del tejido vascular “floema” interrumpiendo el flujo de nutrientes, siendo capaces de matar estos árboles aparentemente sanos (Cibrián-Tovar *et al.*, 2015).

Insectos descortezadores secundarios o insectos asociados

Son insectos que de acuerdo a la función que realizan dentro de un árbol infestado no participan en la muerte del árbol, por lo que dichos insectos son especies que conviven con las plagas primarias, son numerosas y se pueden confundir con ellas (Cibrián-Tovar *et al.*, 2015).

Hylastes sp.

De una a varias generaciones por año dependiendo de la altitud en donde se encuentre. Los insectos infestan la parte baja de los fustes o la raíz de árboles moribundos, las larvas hacen galerías individuales en el floema, pupan en la corteza externa. Ninguna especie tiene importancia económica, ya que existen pocos estudios sobre ellos (Cibrián-Tovar *et al.*, 1995).

Pityophthorus sp.

El género se compone en su mayoría por especies consideradas plagas secundarias teniendo importancia cuando se presentan sequías prolongadas o daños por incendio en árboles jóvenes, además existen varias generaciones por año, los insectos hacen galerías rectas y perpendiculares al fuste del árbol, los huevecillos son puestos en ambos lados de las galerías. Al nacer, las larvas hacen galerías individuales que se alejan perpendicularmente de la galería materna (Cibrián-Tovar *et al.*, 1995).

Insectos asociados

Hylurgops sp. “Insecto de raíz”

Su ciclo de vida se presenta en varias generaciones por año, los adultos atacan la base de árboles moribundos o recién muertos y pueden iniciar su ataque varios centímetros abajo del cuello de la raíz. Los huevos se depositan en nichos contiguos, en la mayoría de los casos en un solo lado de la galería. Las larvas hacen galerías individuales, aunque algunas se entrecruzan. Las larvas maduras practican cámaras de pupación en la parte distal de su galería. Estos insectos requieren áreas con humedad elevada y de hecho requieren ambientes casi acuosos, en los que no pueden vivir otras especies de

descortezadores, además no poseen importancia económica (Cibrián-Tovar *et al.*, 1995).

Gnathotrichus sp. “Barrenador de madera húmeda”

Este género puede presentar de tres a cuatro generaciones por año. El inicio de ataque se da por la atracción que ejercen los árboles moribundos, recién muertos en pie, los tocones y las trozas. Después de nacer, las larvas se alimentan del micelio del hongo. Las larvas siempre están dentro de una cámara cilíndrica en la que pasan al estado de pupa y posteriormente al de adulto. Los nuevos adultos salen por las galerías de los padres y vuelan para atacar otros hospedantes. En las áreas templadas es una de las más importantes especies de barrenadores de la madera húmeda. Sus daños pueden provocar pérdida de calidad que se traduce en menores precios de venta de la madera aserrada. En algunos aserraderos se requiere la aplicación de medidas de control (Cibrián-Tovar *et al.*, 1995).

4.6. Depredadores de descortezadores

Los depredadores de los descortezadores son diversos y con una amplia variedad de insectos, incluyen especies de las familias Cleridae (*Enoclerus* y *Elacatis* principalmente+), Trogositidae (*Temnochila*) e Histeridae. Estos organismos desempeñan un papel crucial en el control biológico de las plagas de descortezadores al alimentarse de sus larvas, pupas y adultos, ayudando a regular sus poblaciones en los bosques (Macías-Sámano *et al.*, 2014). Existen insectos que depredan a los descortezadores al alimentarse de las larvas o incluso adultos, estos depredadores pueden llegar a consumir a más de una presa, durante todo su desarrollo y en etapas de vida adulta (Reeve *et al.*, 1995). Suelen ser eficientes debido a que son, más móviles en comparación a sus presas y pueden permanecer activos durante el invierno o en los días cálidos (Moore, 1972).

Los cleridos son coleópteros de gran importancia como depredadores de larvas y adultos de *Dendroctonus* e *Ips*. Los adultos del género *Enoclerus* tienen la capacidad de detectar los nuevos árboles infestados por los descortezadores primarios y llegar al mismo tiempo que los insectos atacantes, para depredarlos antes de que entren al

árbol, otros depredadores de menor importancia son los falsos cleridos del género *Elacatis* (Othnidae); los adultos y larvas de *Corticeus* (Tenebrionidae); las larvas de la mosca Medetera y las larvas y adultos de escarabajos de las familias Staphilinidae e Histeridae; otras son larvas de insectos parasitoides como las de *Coeloides* siendo depredadores de larvas de los géneros *Dendroctonus* e *Ips* (Cibrián *et al.*, 2015).

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).

El consumo de insectos descortezadores adultos por cléridos es muy importante; *Thanasimus formicarius* consume 50 presas larvales durante su desarrollo larval (Mills, 1985) y *Enoclerus lecontei* (Wolcott) hasta 158 presas durante toda su vida (Berryman, 1966).

De acuerdo con Macias *et al.*, (2004), señalan que los depredadores que más se capturan en trampas cebadas con feromonas de *Dendroctonus* corresponden a las familias Trogossitidae y Cleridae.

4.7. Semioquímicos

El término “semioquímico”, se refiere a un compuesto químico volátil que sirve como señal de comunicación entre organismos, estos compuestos se volatilizan con facilidad a temperatura ambiente y se dispersan en el espacio donde son detectados por los animales receptores (Price, 1997).

Los semioquímicos se clasifican y reciben nombres acordes al tipo de comunicación que desempeñen, por lo tanto, una “feromona”, es un compuesto que sirve para la comunicación entre individuos de una misma especie, mientras que un aleloquímico es un compuesto que interviene en la comunicación entre individuos de diferentes especies (Reinhard, 2004). La comunicación mediante semioquímicos es muy importante para los insectos descortezadores, porque al concluir su maduración dentro de la corteza de un árbol muerto, estos emergen, vuelan y se dispersan hacia otro

hospedero vivo mediante señales visuales y la detección de volátiles liberados por los árboles “kairomonas” (Vité y Francke, 1976).

El proceso de colonización de los árboles por estos insectos se da cuando las hembras adultas cavan una perforación en la corteza del tronco y se establecen en el floema, que es de donde se alimentan. Cuando es atraído por las feromonas que esta libera, el macho sigue a la hembra a través del grumo de resina que el árbol produce como defensa ante el ataque de las hembras. Dentro del árbol, estos escarabajos se reproducen y la hembra deposita sus huevos a cada lado de la galería el nombre que se le da a los surcos que hacen dentro del árbol que va formando mientras se alimenta. Cuando las larvas salen de los huevecillos, a medida que estas se alimentan, van formando más galerías individuales hasta convertirse en adultos y salir del árbol. Durante todos los días del año, siempre y cuando las temperaturas excedan los 15 °C, los adultos vuelan en búsqueda de nuevos hospederos que atacar (Atkinson, T. H., 2017).

Resistencia de los árboles ante presencia de descortezadores

Los mecanismos de resistencia dependen tanto de factores genéticos, como de factores ambientales abióticos y bióticos e incluso de complejas interacciones que involucran a múltiples componentes del ecosistema. Esta enorme variabilidad abre las puertas a la investigación de nuevas formas de gestión forestal sostenible orientada a maximizar la expresión de resistencia y tolerancia en las masas existentes o en las nuevas plantaciones forestales. En particular los pinos, llevan en la tierra decenas de millones de años, y desde su aparición, conviven con multitud de organismos que utilizan los tejidos vegetales como fuente de recursos (Pelz, 2012).

Existen sustancias como la resina de pino que se caracteriza por ser el método principal de defensa contra insectos (descortezadores) y patógenos, esta es un Producto Forestal No Maderable (PFNM), que se obtiene de la exudación de árboles principalmente de “coníferas”, en el país algunas las especies de mayor producción resinera son *Pinus oocarpa*, *P. leiophylla*, *P. lawsonii*, *P. teocote*, *P. herrerae*, *P. tenuifolia*, *P. montezumae* y *P. pringlei* (Ovalle et al., 2013).

4.7.1. Feromonas de descortezadores

Aleloquímicos

Estos compuestos se clasifican de acuerdo con el efecto que provoquen en la especie que envía y en la especie que recibe la señal. De esa manera se tienen los siguientes tipos;

Kairomona: es un compuesto volátil liberado por una especie de un nivel trófico (Figura 5), que tiene un efecto en la comunicación de otra especie de otro nivel trófico y resulta de beneficio para la especie que detecta la señal, (Anaya y Espinosa, 2009).



Figura 5. Kairomona alfa-pineno en la trampa multiembudos

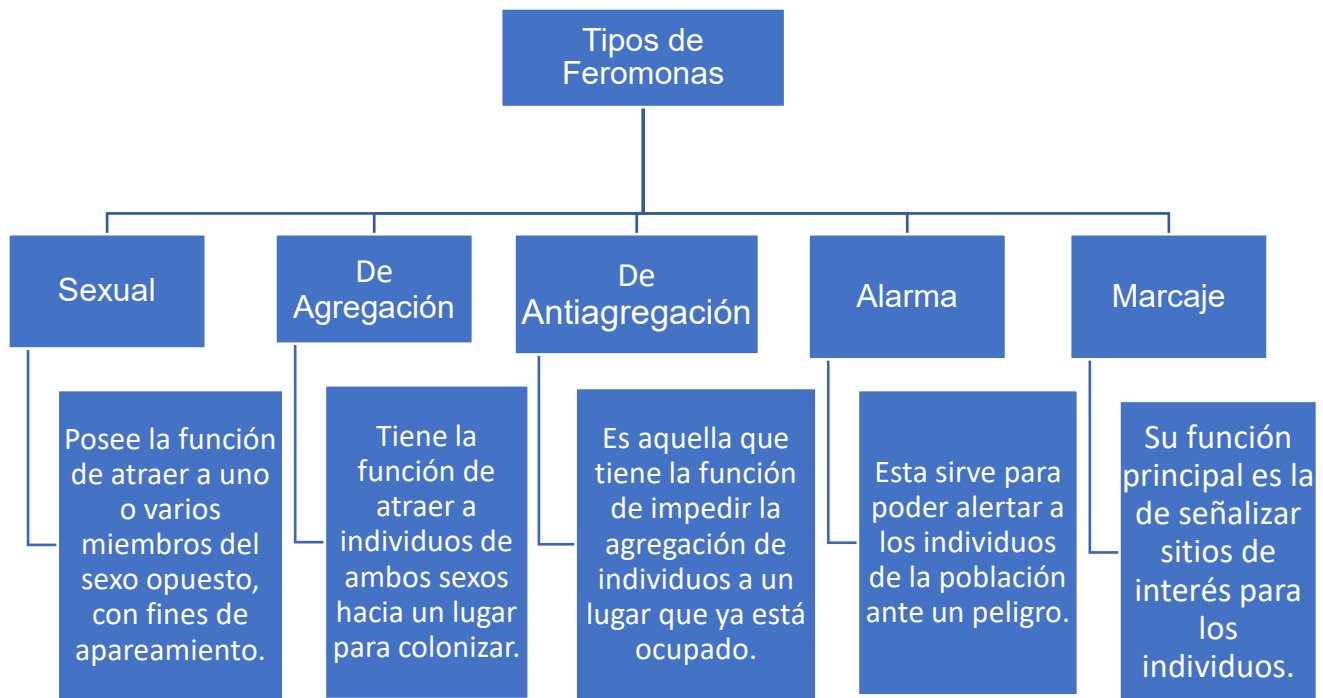
Sinomona: compuesto liberado por una especie que provoca una respuesta en otra especie, pero que resulta favorable para el emisor y el receptor (Whitman, 1988); (Price, 1997).

Alomona: esta es un compuesto volátil liberado por una especie que también tiene un efecto en la comunicación de otra especie, (Whitman, 1988; Mathews y Mathews, 2010) y en este caso resulta de beneficio para la especie emisora (Sánchez *et al.*, 2017).

Las feromonas son señales químicas emitidas por los insectos para comunicarse entre sí, han sido empleadas como herramientas de control en las campañas de manejo integrado de plagas, son esencialmente utilizadas como atrayentes en las trampas para la vigilancia de las poblaciones, para la confusión sexual, así como para los trampeos sexual y masivo (Ramirez, 1996).

En un estudio realizado por el entomólogo Guillermo Sánchez Martínez nos menciona que la presencia de descortezadores del género *Dendroctonus* varía según la combinación de atrayentes semioquímicos, es decir, que los insectos se ven atraídos hacia cierto tipo de combinaciones de feromonas con otros compuestos volátiles (Sánchez-Martínez y Reséndiz-Martínez, 2020).

Figura 6. Clasificación de las feromonas según Sánchez *et al.*, (2017).



La feromona Frontalina es considerada la feromona de congregación primaria para *Dendroctonus frontalis* (Figura 7), pero esta ha atraído a más miembros del género *Dendroctonus* y asociados (Villa, 1992).



Figura 7. Feromona Frontalina sintetizada en laboratorio como atrayente para capturar insectos descortezadores en la trampa multiembudos en el rancho Agrosilvicultores.

Síntesis de feromonas

Los estudios sobre muchas especies de insectos han demostrado que estos químicos no solo provienen del abdomen sino también de la cabeza y tórax y son almacenados en glándulas exocrinas, la recepción de estos químicos en insectos se produce en células llamadas sénsilas, las cuales las rodean estructuras características como pelos, cerdas, placas, hendiduras, presentes en la epidermis del insecto (Matthews y Matthews, 2010).

Contenedores para feromonas

Para la diseminación de las feromonas se han diseñado diferentes dispositivos como son: fibras huecas de plástico de polivinilo las cuales emiten la feromona por los extremos; fibras huecas selladas, bolsas de un plástico que permite la emisión por las paredes; flecos de plástico laminado: emiten por las paredes y los bordes expuestos. Normalmente estos cebos están ligados a una estructura que hace las veces de una trampa para que los insectos que se aproximan puedan ser capturados en ellas (Flint y Doane, 1996).

4.7.2. Trampas multiembudo

Las trampas de embudos múltiples o multiembudos son aquellos dispositivos que se encargan de la captura de insectos forestales que fue diseñada por el entomólogo canadiense Dr. B. Staffan Lindgren, utilizando feromonas u otros atrayentes, el cual contiene el vaso recolector y en estas existe de 8, 12 y 16 embudos una vez plegada ocupa 30 cm de alto por 30 cm de diámetro y el recipiente colector es desmontable, con 12 cm de alto por 10 cm de diámetro, facilitando así el transporte (Lindgren, 1983).

Estas trampas se complementan utilizando feromonas de agregación, con el propósito de atraer a los insectos, por lo tanto, dependiendo de la especie es que se da el arribo ya sea primero la hembra después el macho o viceversa, y si es requerida una detección temprana de escarabajos, estas trampas constituyen una excelente herramienta para así poder tener una detección, un seguimiento y la captura masiva (Figura 8). Los escarabajos adultos son atraídos hacia las trampas tan pronto perciban el semioquímico y capturando los primeros insectos una vez inician su vuelo (Martínez *et al.*, 2017).



Figura 8. Trampa de embudos Lindgren (tomada Sánchez-Martínez *et al.* 2017)

4.8. Métodos de control de insectos descortezadores

Dada la presencia de descortezadores de forma natural en los bosques desde tiempo atrás, en la actualidad han incrementado su población y que de acuerdo con la NOM-019-SEMARNAT-2017 que establece los lineamientos técnicos para la prevención, combate y control de insectos descortezadores en México se encuentran diversas especies de insectos descortezadores, de los géneros *Dendroctonus*, *Ips*, *Pseudips*, *Orthotomicus*, *Pityophthorus*, *Pseudopityophthorus*, *Phloeosinus* y *Scolytus*, entre otros, por lo que el combate y control de descortezadores se realiza mediante la remoción y destrucción de los insectos a través de los métodos físico-mecánicos y químicos (DOF, 2017).

4.8.1. Métodos físicos:

Derribo, troceo y descortezado

Este método consta de realizar el derribo, seccionado o troceo del fuste, descortezado total de trozas, tocón y de ramas, control de residuos con la quema o enterrado de toda la corteza y ramas infestadas. Este método se utiliza para el control de géneros como *Dendroctonus* e *Ips* (Vázquez *et al.*, 2022).

Derribo y extracción inmediata

Este método es exclusivo para algunas especies de *Dendroctonus*; solo para aquellas que tienen una generación al año, incluyendo en esta categoría a *Dendroctonus adjunctus* y *D. pseudotsugae*. Este proceso consta en el derribo y extracción inmediata del arbolado, el fuste infestado debe ser extraído de los terrenos forestales y ser llevado fuera, a otro tipo de vegetación. Este método se puede utilizar solo donde el ataque sea realizado por *Dendroctonus adjunctus* y *D. Pseudotsugae*, nunca en donde también existan *Ips* actuando como plaga primaria (DOF, 2017).

Derribo y abandono

Consiste en el derribo y abandono del arbolado, solo se justifica para el control de *Dendroctonus adjunctus*, no así para otras especies de *Dendroctonus* como *D. mexicanus* o *D. brevicornis*; "de igual manera no se justifica para el control de especies de *Ips*, debido a que estos insectos continúan su desarrollo en árboles derribados, donde normalmente se encuentran cuando no hay condiciones de sequía presentes" químicos (DOF, 2017).

Extracción de raíz

Esta consiste en la extracción del arbolado afectado con todo y raíz cuando el insecto se encuentra en estado larvario o de pupa. Se deberá realizar el troceo, picado y quema inmediatamente después de extraer el arbolado, en este método se aplica para combate y control de la especie *Dendroctonus rhizopagus* y se realiza al extraer la raíz (DOF, 2017).

4.8.2. Métodos químicos:

Consiste en la remoción y destrucción de los insectos plaga a través de actividades manuales, mecánicas y aplicación de químicos.

Derribo, troceo y aplicación de químicos

En métodos químicos se comienza con el derribo, seccionado o troceo del fuste, se aplica en el fuste y ramas el insecticida registrado ante la autoridad competente para este fin. La aplicación del insecticida se debe realizar de manera inmediata al derribo del arbolado, el cual se debe girar para cubrir la totalidad de la superficie, los insecticidas permitidos son carbofuran 5%, malathion 50%, dimetoato 4%, carbaril 80% y deltametrina 2.8%, este método es apropiado para el control de adultos que emerjan del tronco y ramas y que caminen sobre la superficie asperjada. El árbol y ramas deben permanecer sin movimiento al menos 24 horas contadas a partir de que fue aplicado el insecticida, se recomienda para los siguientes géneros de insectos descortezadores: *Dendroctonus*, *Ips*, *Phloeosinus*, *Pseudohylesinus*, *Pityophthorus*, *Hylesinus*, *Pseudopityophthorus* y *Scolytus*. (DOF, 2017).

Derribo, troceo, descortezado y aplicación de químico

Este método consiste en el derribo, seccionado o troceo del fuste, descortezado de trozas, tocón y ramas infestadas. Asperjado del fuste y ramas con un insecticida registrado ante la autoridad competente para este fin, la aspersion del insecticida se debe realizar de manera inmediata al derribo del arbolado, el cual se debe girar para cubrir la totalidad de la superficie. El control de residuos se complementa con la aspersion de insecticidas en la concentración indicada. Las trozas descortezadas pueden ser extraídas en cualquier momento. "Este método es apropiado para el control de adultos o de larvas y pupas que se descubran al descortezar, ya que el insecticida entrará en contacto directo con los individuos, recomendado para los géneros de insectos descortezadores: *Dendroctonus*, *Ips*, *Phloeosinus*, *Pseudohylesinus*, *Pityophthorus*, *Hylesinus* y *Pseudopityophthorus*. (DOF, 2017).

Derribo, troceo y fumigación

Consiste en derribo, seccionado o troceo del fuste, cubrir trozas y ramas con plástico PVC calibre 600 o su equivalente, sellando con tierra los costados para evitar el escape del gas fumigante. Aplicación del gas fumigante, fosfuro de aluminio, registrado ante la autoridad competente para este fin. El material fumigado deberá permanecer al menos 72 horas cubierto con el plástico. Se recomienda para las especies de los géneros de insectos descortezadores: *Dendroctonus*, *Ips*, *Phloeosinus*, *Pseudohylesinus*, *Pityophthorus*, *Hylesinus*, *Pseudopityophthorus* y *Scolytus*, con excepción de la especie *Dendroctonus rhizophagus*. El descortezado de tocones con evidencia de daños y control de residuos "Este método, aunque está en la norma, no se aplica en Hidalgo por la extensión de las superficies forestales y por los costos involucrados" (DOF, 2017).

4.9. Prácticas para la restauración de ecosistemas y tipos de aprovechamiento forestal

4.9.1. Función de las plantaciones forestales

Para contrarrestar la pérdida del arbolado existen las plantaciones forestales cuyo propósito consiste en el establecimiento de especies arbóreas en un terreno determinado de plántulas, semillas o ambos, en el proceso de forestación o reforestación. Para que esto ocurra, previamente se debe llevar a cabo un proceso de planificación en donde deben considerarse los siguientes factores: la elección de las especies, el sitio de la plantación (propiedad, clima, agua, suelos, topografía, la calidad de las plantas y las técnicas utilizadas. Existen tipos de plantaciones por ejemplo, Plantaciones con fines de producción, es el establecimiento de bosques, realizados con el propósito de obtener bienes tales como madera, leña, carbón, resinas, frutos, corteza, hojas, miel y otros en forma continua y sostenida mientras que, las plantaciones con fines de protección, son el establecimiento de árboles y bosques con el fin de mantener la estabilidad del medio (en laderas, valles o riberas), de acuerdo a la capacidad de uso mayor del terreno "protección", con fines de rehabilitación de áreas degradadas y, combinadas con arbustos y otras plantas en fajas o barreras cortavientos, para la protección de cultivos y propiedades; Por ultimo plantaciones con

finés de servicios ambientales, tales como captura de carbono, mejora de la calidad del agua y mantenimiento o incremento de la biodiversidad local natural. Este tipo de plantaciones se ha visto favorecido luego de que en el Protocolo de Kioto se planteara como uno de los “mecanismos de desarrollo limpio” las plantaciones forestales como sumideros de carbono (Pinto *et al.*, 2007).

4.9.2. Sistemas agroforestales

Otro método para contrarrestar las pérdidas forestales son los sistemas agroforestales (SAF) los cuales integran la introducción de la diversidad silvestre o forestal en coexistencia con cultivos y animales en formas de manejo de la tierra predominantemente agrícolas con el objetivo de obtener beneficios ecológicos, económicos y sociales (Garrity, 2012).

Este tipo de plantaciones integra estrategias de uso múltiple además de aportar beneficios ambientales a los seres humanos a escala local, regional y global, por ejemplo, con éstas se atenúan los efectos de las heladas y la erosión aportando sombra y protección, mientras que para el suelo incrementa su fertilidad, participa en el control de las quemas, proporcionan servicios hidrológicos, por lo que se constituyen en alternativas importantes para la mitigación y adaptación al cambio climático (Jose, 2009; Montagnini *et al.* 2015).

En México, estos sistemas se ven reflejados como terrazas, campos elevados y milpas agroforestales donde se conservan la mayoría de la riqueza de los maíces, frijoles, calabazas y quelites nativos, así como de especies de frutales locales; huertos familiares para la autosuficiencia alimentaria; agrobosques donde se realiza la producción de café, canela, vainilla, piña y cacao para la obtención de ingresos a través de los mercados locales, regionales y globales (Moreno *et al.*, 2020).

5. Materiales y Métodos

5.1. Descripción del área de estudio

El presente trabajo se realizó en el rancho “Agrosilvicultores” localidad el Aserradero, el cual se encuentra en el municipio de Cuauhtepic en las coordenadas geográficas 19° 57' 17.549" de latitud norte y 98° 19' 35.871" de longitud oeste, además de poseer un clima que con base a la clasificación de los climas que fue elaborada por W. Köppen, se determina que en la localidad el Aserradero predomina el clima Templado subhúmedo con lluvias en verano (Cw) con altitud de 2616 msnm (Figura 9), el sitio cuenta con un rango de 500 a 1,100 mm de precipitación media anual, mientras que la temperatura media anual es de 13.8 °C. (INEGI, 2018).

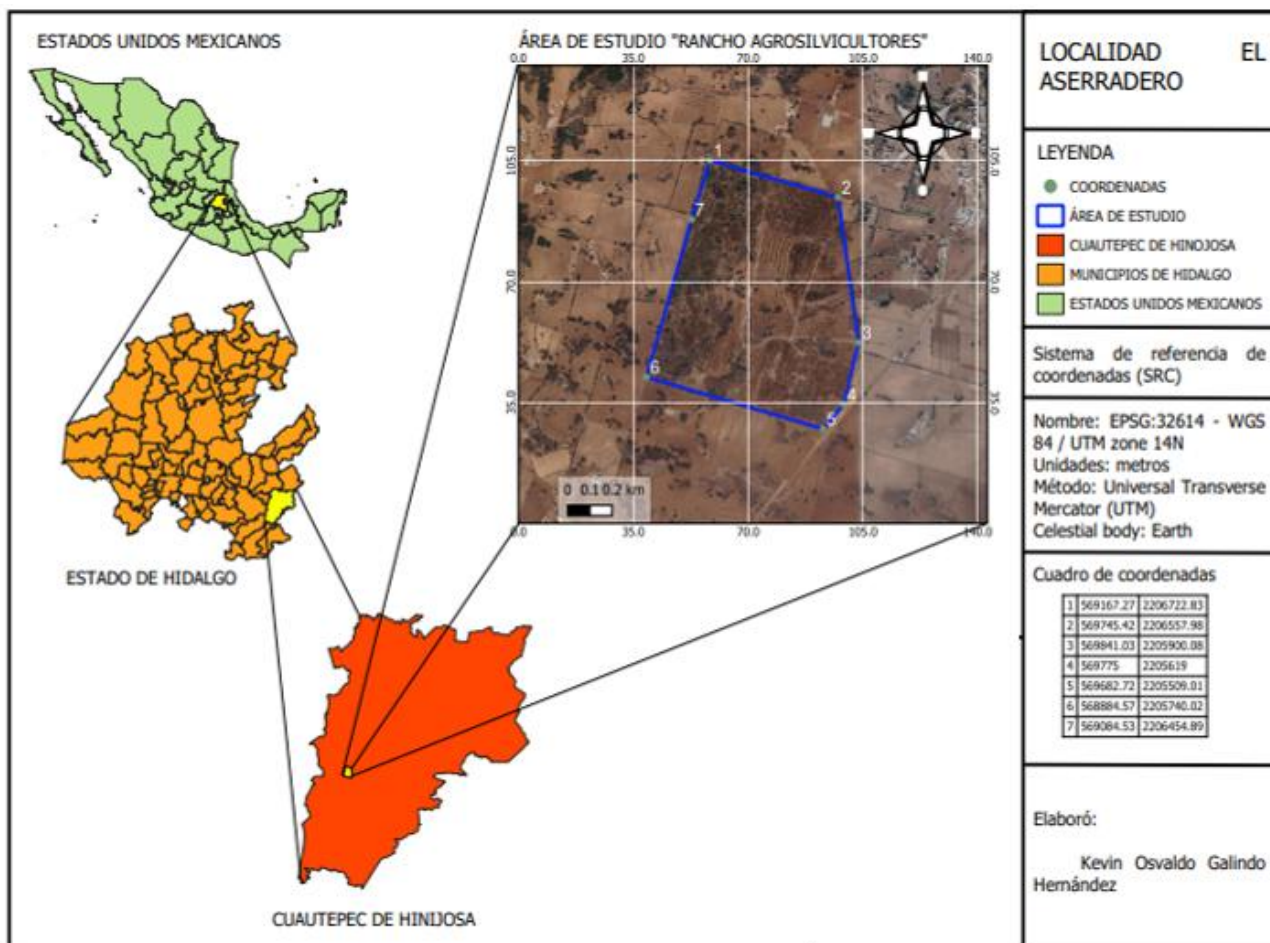


Figura 9. Croquis de ubicación del Rancho Agrosilvicultores, Cuauhtepic de Hinojosa, Hidalgo.

Clasificación y uso del suelo

El lugar de estudio cuenta con los siguientes tipos de suelos; Phaeozem (35.61%), Umbrisol (15.75%), Luvisol (15.42%), Vertisol (8.43%), Regosol (6.94%), Cambisol (5.07%), Andosol (4.02%), Leptosol (0.72%) y suelo aluvial (6.96%). Las actividades agrícolas se realizan aproximadamente en el 50% de la superficie, en el otro 50% se llevan a cabo en actividades forestales pecuarias y otras (INEGI, 2010).

Hidrografía

Se encuentra dentro de las provincias del Eje Neovolcánico, dentro de la subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac; su terreno es de llanura y lomerío. En lo que respecta a la hidrografía se encuentra posicionado en la región del río Panuco, dentro de la cuenca del río Moctezuma, en la subcuenca del río Metztitlán. Cuenta con un clima templado (INEGI, 2018).

Vegetación

Se pueden encontrar especies arbóreas como *Pinus teocote*, *Pinus montezumae*, *Quercus crassipes*, *Quercus microfila*; y de encontrar especies arbustivas como *Arbutus xalapensis*, *Ageratina glabrata* y *Baccharis conferta*.

5.2. Colocación de trampas y recolecta de insectos

En el rancho Agrosilvicultores se identificaron tres condiciones de vegetación, se colocaron tres trampas Lindgren de ocho embudos por cada condición siendo nueve en total (Figura 10), que fueron ubicadas a en diferentes condiciones de vegetación, siendo estas colocadas a una altura de aproximadamente 1.50 m, cebadas con feromona frontalina y por kairomona alfa-pineno, además de poner un trozo de collar antipulgas en el vaso colector con la finalidad de cumplir como un insecticida para evitar que los insectos salieran una vez cayendo en las trampas, el tamaño aproximado es de 1 cm a 1.5 cm para posteriormente cambiar los semioquímicos una vez al mes.



Figura 10. Distribución de las nueve trampas en las tres diferentes condiciones.

Estos insectos fueron recolectados en pequeños recipientes de plástico a los cuales se le agrego alcohol al 70% con un trozo de papel que contenía los datos correspondientes a la fecha y número de trampa. Empezando en la fecha 30 de septiembre del 2022 y finalizando el 29 de septiembre del 2023 (Figura 11).



Figura 11. Recolección de insectos en las trampas multiembudo.

5.3. Clasificación de las áreas de estudio

Las primeras trampas 1,2 y 3 se establecieron dentro de la condición uno, la cual se puede identificar como área de conservación por poseer vegetación nativa encontrando especies arbóreas como *Pinus teocote* Schied. ex Schltdl. y Cham, *Pinus montezumae* Lamb. con alrededor de 25 metros de altura y 50 años de edad, también *Quercus crassipes*, *Quercus microfila*; con 18 metros de alto, 70 cm de diámetro, además de encontrar especies arbustivas como *Arbutus xalapensis*, *Ageratina glabrata* y *Baccharis conferta* (Figura 12). Se colocaron las trampas sobre especies encontradas en el sitio.



Figura 12. Zona de conservación (condición 1).

Por otro lado, en la condición número dos se encuentran las trampas 4, 5 y 6 en la cual se encuentra la plantación agroforestal, estando compuesta por especies arbóreas en densidad del 5% *Pinus patula* y 95% *Pinus leiophylla* a una distancia de 3.30 x 5.6 m, entre árboles y una altura aproximada de 3.5 metros, 10 centímetros de diámetro y edad de 10 años con plantación de girasol de temporal, (Figura 13). También se aplicó el insecticida Malathion en el mes de agosto del 2023 de uso agrícola para disminuir la población de chapulines.



Figura 13. Zona agroforestal (condición 2).

Para finalizar en la condición número tres con las trampas 7,8, y 9 se encuentra una plantación forestal de *Pinus leiophylla* con una altura de 3 metros, 15 cm de diámetro de 11 años, con una distancia de 3.80x 4.0 metros, para posteriormente convertirse en una plantación mixta de marco real de pino con maguey "*Agave salmiana*" de 4 años, teniendo 1.5 m de distancia entre planta, colocando las trampas entre dos ejemplares de *Pinus* (Figura 14).



Figura 14. Zona de plantación forestal (condición 3).

Identificación de insectos

Para identificar los insectos recolectados en frascos de cristal con alcohol fueron trasladados al Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAp), en donde con el apoyo de un microscopio y con ayuda de claves especializadas, se logró conocer la especie de los insectos descortezadores, se utilizaron las claves propuestas por Cibrián *et al* (1995) para el género, (Núñez Z., y Dávila C., 2004), así como también se utilizó la guía ilustrada de identificación de especies de *Ips*, *Orthomicus* y *Pseudips* de James R. La Bonte (2011).

5.4. Análisis de datos

Los datos que fueron obtenidos se capturaron en Excel para que se obtuviera un conteo total por especie dependiendo de cada condición, fueron analizados en el programa MINITAB ver. 18 en donde se realizó un análisis de varianza y prueba de medias Tukey.

Una vez transformados los conteos de insectos, se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias, mediante el método de Tukey ($p \leq 0.05$), esto para saber si los valores medios del número de insectos difieren en términos estadísticos por cada fecha de muestreo.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = es el valor de la variable respuesta para el tratamiento i y la repetición j

μ = Media general

T_i = Efecto específico del tratamiento i

E_{ij} = Error aleatorio o experimental.

6. Resultados

Los insectos que se recolectaron durante un año de muestreo pertenecían a las familias Cleridae, Trogossitidae, Staphylinidae y Curculionidae (subfamilia Scolytinae), además, se recolectaron insectos de díptera, hemíptera, homópteros, himenópteros, ortópteros, lepidópteros y collembola pero no se incluyeron en el análisis por no ser el objetivo del presente estudio.

Cuadro 1. Número total de insectos recolectados por condición de sitio en el rancho Agrosilvicultores, Cuauhtémoc, Hgo.

Especies y/o géneros	Condición 1 (Zona de conservación)	Condición 2 (Zona agroforestal)	Condición 3 (Zona de plantación)
Especies			
<i>Dendroctonus mexicanus</i> Hopkins.	81	21	309
<i>Pseudips mexicanus</i> (Hopkins).	4	15	58
<i>Ips bonansea</i> (Hopkins)	0	2	7
Géneros			
<i>Hylastes</i> sp.	0	2	5
<i>Gnathotrichus</i> sp.	4	3	10
<i>Hylurgops</i> sp.	0	3	2
<i>Pityophthorus</i> sp.	2	18	15

En el cuadro 1 el cual representa los valores totales de cada especie y género que se logró registrar nos va indicando que especies de descortezadores se identificaron; *Dendroctonus mexicanus*, *Pseudips mexicanus* e *Ips bonanseai*, cada uno de estos insectos tuvieron presencia significativa en la condición 3 atribuyéndole al conjunto de árboles de una misma especie de 11 años.

Los insectos asociados fueron: *Hylastes* sp., *Gnathotrichus* sp. Son géneros que tuvieron mayor índice en la condición 3, por otro lado, *Hylurgops* sp. es un género que se comportó diferente por tener un máximo total en la condición 2.

Mientras que *Pityophthorus* sp. presentó mayor incidencia en la condición 2.

En el análisis estadístico (prueba de medias), no se observaron diferencias estadísticas entre las áreas, el cual nos indica que grupos con la misma letra "a" no son estadísticamente diferentes entre sí.

6.1. Fluctuación de la población de los descortezadores

Se realizaron graficas comparativas entre condiciones por géneros y especies mostrando la variabilidad que presentaban cada una de estas siendo que en la (Figura 15) se muestra la variación del patrón de dispersión de *Dendroctonus mexicanus* en un año de muestreo. Se puede observar que en la zona de plantación de pino tuvo una mayor captura de esta especie, mostrando las máximas recolectas en el mes de agosto de 2023 siendo el mes donde más captura hubo con 127 ejemplares seguido por el mes de noviembre en 2022 donde se lograron capturar 46 insectos, la atracción se puede atribuir a la mayor disponibilidad de alimento, ya que la densidad de pinos es 1000/ha, mientras que en las otras áreas son menor.

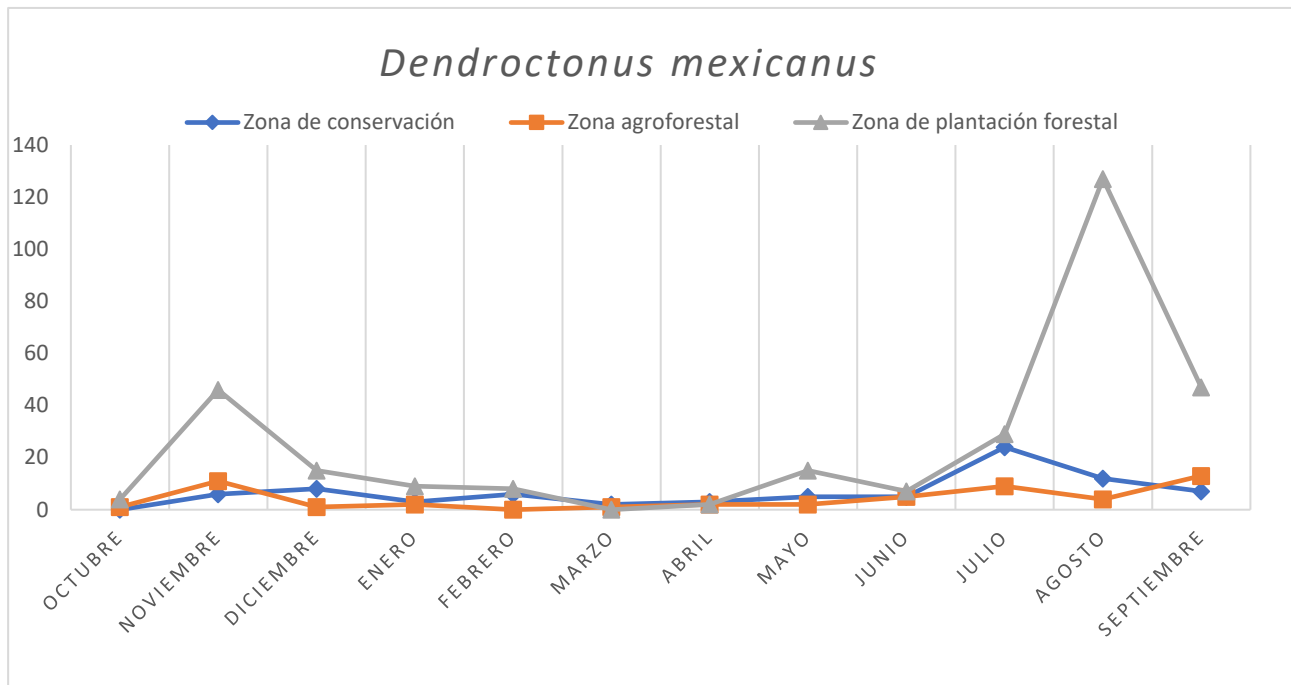


Figura 15. Patrón de dispersión estacional de *Dendroctonus mexicanus* entre zonas de octubre 2022- septiembre 2023 en el rancho Agrosilvicultores.

La figura 16 muestra la variación de la población para *Pseudips mexicanus*, se observa en la condición 3 que corresponde a la plantación con pino, mostrando los máximos totales en enero y febrero 2023 y para agosto 2023, mientras que en las otras condiciones no se presentaron más de 4 insectos por zona. A pesar de la diferencia en totales de insectos capturados los valores medios para las trampas no presentaron diferencia estadísticamente significativa debido a la variabilidad de capturas entre las trampas.

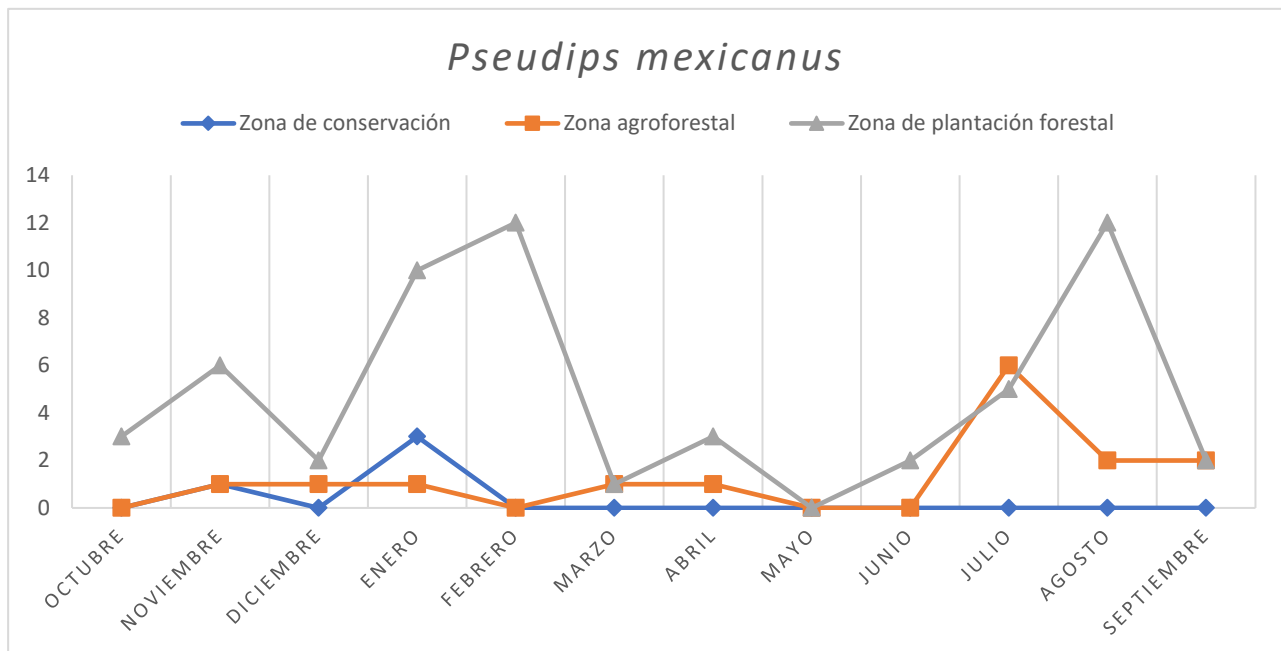


Figura 16. Patrón de dispersión estacional de *Pseudips mexicanus* entre zonas de octubre 2022- septiembre 2023 en el rancho Agrosilvicultores.

En la siguiente figura 17 se muestra la variación tras un año de muestreo, lo cual representa que para la especie *Ips bonansea* en los totales máximos se puede ver los picos significativos en la zona de plantación en los meses de enero, febrero y agosto en el 2023, mientras que en las otras dos condiciones su presencia fue nula o sin registro alguno es probable a que esta especie no haya completado su ciclo debido a las constantes lluvias y precipitaciones que se presentaron durante el año, pero estadísticamente para la media de insectos no se presenta diferencias aparentes.

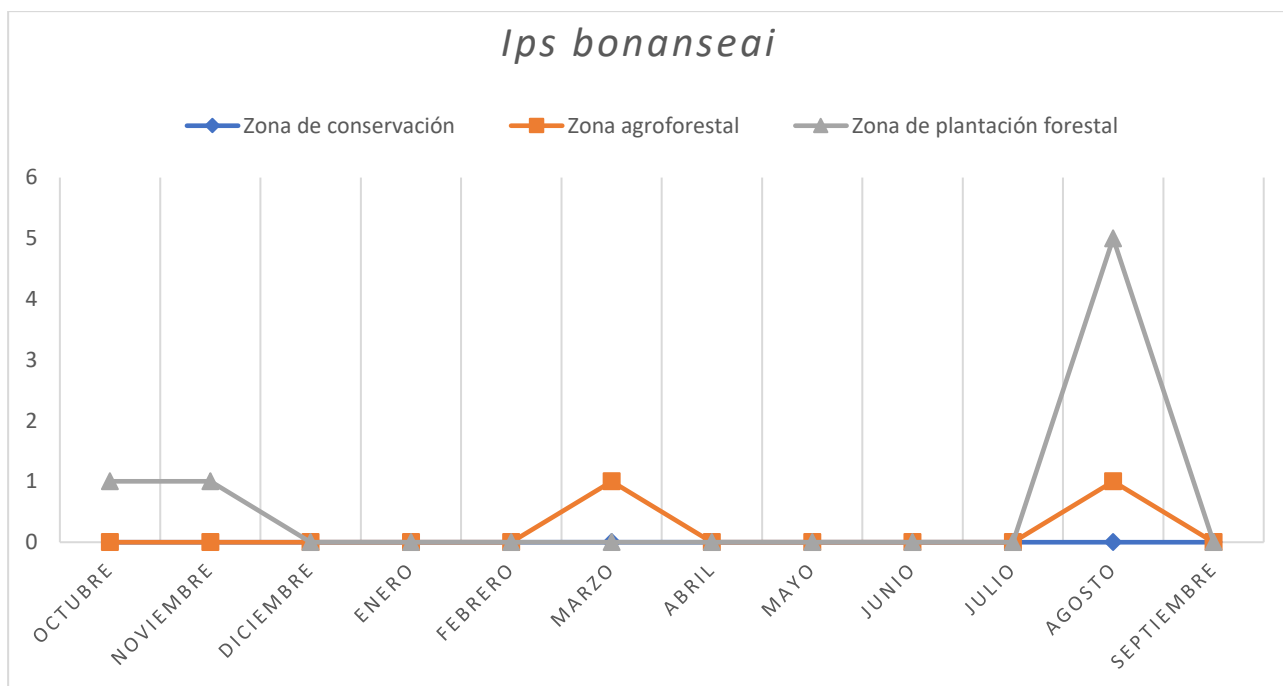


Figura 17. Patrón de dispersión estacional de *Ips bonansea* entre zonas de octubre 2022- septiembre 2023 en el rancho Agrosilvicultores.

En la figura 18 para el género *Pityophthorus sp.* se muestra el máximo total en el mes de agosto del 2023 en la zona de plantación, sin embargo, se puede observar presencia de insectos con variabilidad en la zona agroforestal mostrando los máximos en febrero y agosto del 2023 sin embargo en la zona de conservación no presento mucha abundancia para este género es probable a los diferentes tipos de vegetación que presento esta zona.

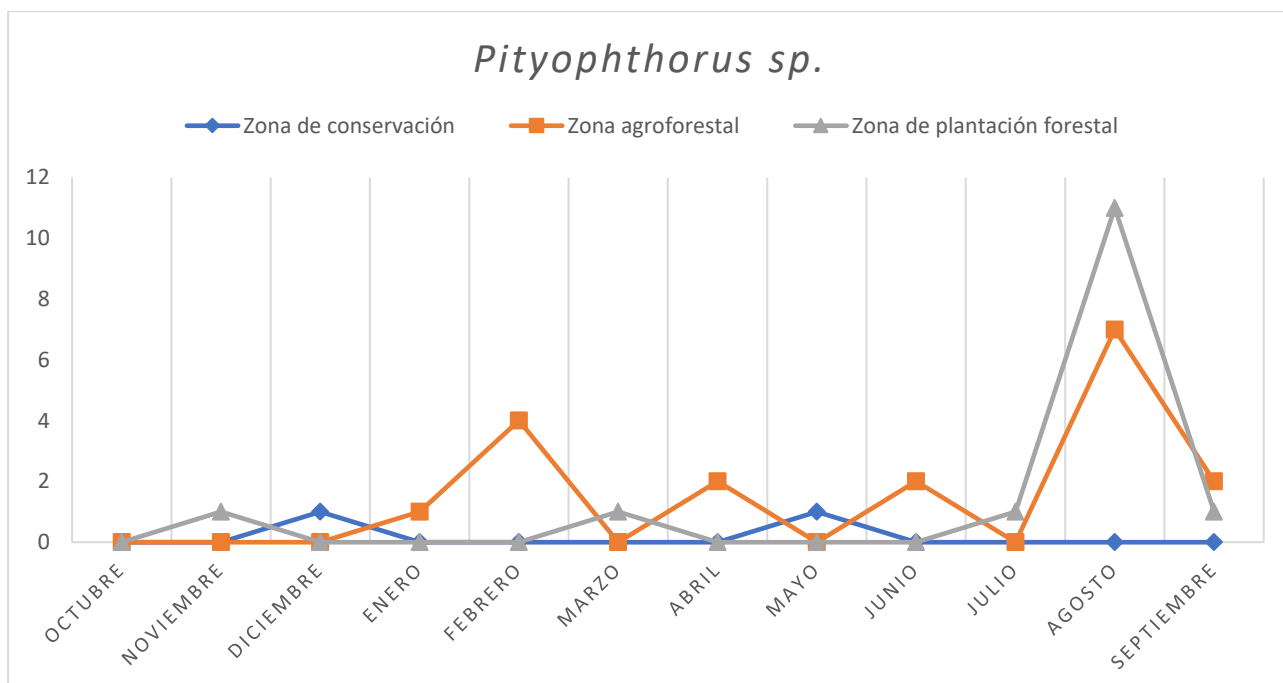


Figura 18. Patrón de dispersión estacional de *Pityophthorus sp.* entre zonas de octubre 2022- septiembre 2023 en el rancho Agrosilvicultores.

En la figura 19 se muestra la comparación de géneros de insectos asociados a descortezadores entre las diferentes condiciones siendo *Gnathotrichus* el de mayor abundancia en los meses de junio y agosto, continuando con *Hylastes* que este solo presento un pico de máximo total en el mes de agosto, asimismo *Hylurgops* mantuvo un rango constante en los meses de diciembre 2022, marzo y agosto 2023.

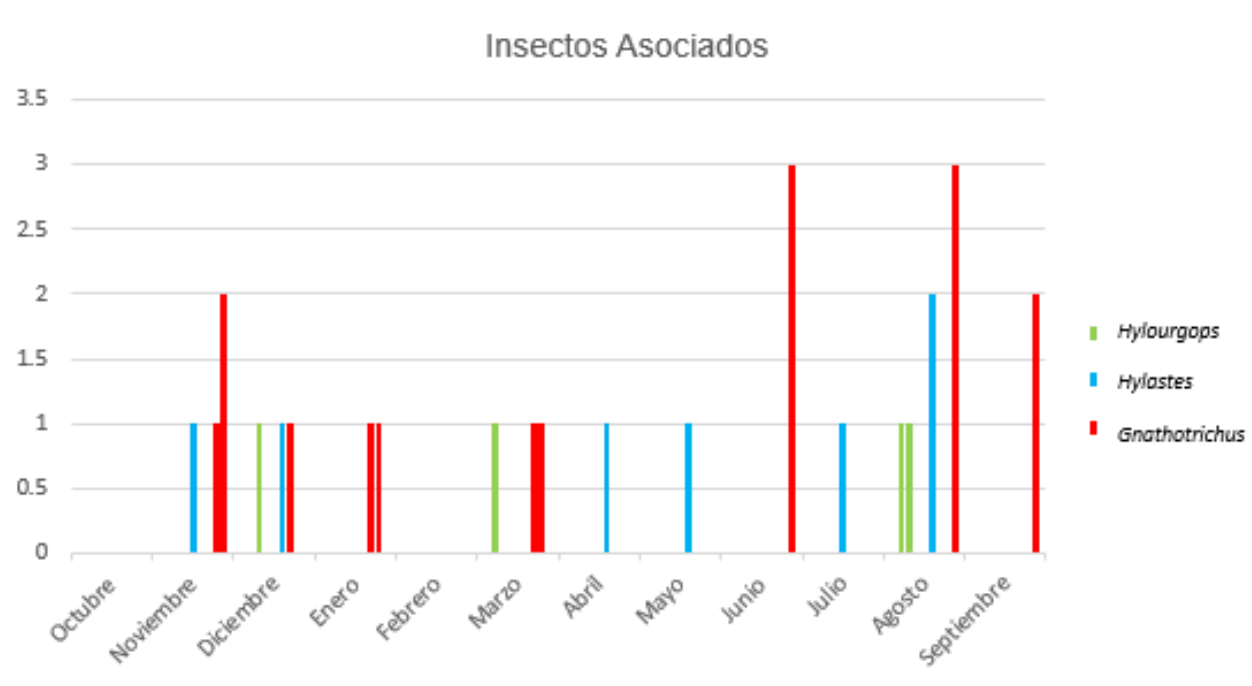


Figura 19. Gráfica comparativa entre géneros *Hylourgops* sp., *Hylastes* sp. y *Gnathotrichus* sp. Entre zonas durante el año de investigación octubre 2022-septiembre 2023.



Figura 20. Insecto descortezador en la corteza de un ejemplar de *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl y Cham

7. Discusión

Villa Castillo (1992) reporta que las feromonas que obtuvieron mayor promedio de insectos atraídos por la trampa, fue frontalina + alfa-pineno, siendo *D. mexicanus* y *D. adjunctus* los insectos con mayor presencia, coincidiendo con el presente estudio en el que se utilizó la feromona frontalina junto con la Kairomona alfa-pineno teniendo como resultado una amplia abundancia de *Dendroctonus mexicanus* en la zona de plantación con pino, asimismo, no se utilizaron los semioquímicos correspondientes a otros géneros en el presente estudio pero se distinguió por tener la presencia de otros como lo es *Ips* sp.

Macías-Sámano *et al.*, (2014) mencionan sobre la respuesta de descortezadores y asociados con semioquímicos (frontalina+alfa pineno, ipsenol+ alfa pineno) siendo la primera combinación en donde más presencia de *Dendroctonus frontalis* hubo, en el presente estudio al solo utilizar una combinación de semioquímicos Frontalina +alfa pineno, no se pudo observar la especie mencionada obteniendo como resultado otras la presencia de otras especies.

Vázquez Collazo *et al.*, (2007) mencionan que la población de *Dendroctonus mexicanus* es mayor en el área bajo aprovechamiento, debido a que se dejaron árboles residuales de una misma especie además de causar daños por el propio manejo como lo son heridas, en comparación con el área donde no existe manejo silvícola, coincidiendo con el estudio en donde se obtuvo mayor presencia de este tipo de insectos en donde se han establecido plantaciones forestales de una misma especie.

Fonseca-González *et al.*, (2014) reportaron que recolectaron 1576 especímenes, de los cuales el, 99.7% fueron del orden Coleóptera (familias Curculionidae y Cleridae,). De los coleópteros que emergieron, 99% eran descortezadores secundarios (*Ips integer*, *Ips. bonanseai*, *Ips. cribricollis*, *Pseudips mexicanus* y *Pityophthorus* sp.) y un género de barrenador ambrosial (*Gnathotrichus* sp), en el presente estudio solo coincidieron una especie y dos géneros, las especies encontradas fueron *Dendroctonus mexicanus*, *Pseudips mexicanus* e *Ips bonanseai*, además de géneros de insectos asociados como

Hylastes sp. e *Hylurgops* sp. y un barrenador ambrosial *Gnathotrichus* sp. coincidiendo en ambos estudios.

Rubio-Ugalde *et al.*, (2017) compartieron que en el mes de junio tuvieron mayor presencia de *Dendroctonus frontalis*, *Temnoscheila chlorodia*, además de mucha abundancia y diversidad de depredadores, pero pocos meses después en agosto registraron mayor abundancia para *Dendroctonus mexicanus* y también la del género *Elacatis*; indican que las especies registradas son consideradas generalistas u oportunistas, mientras que en el presente estudio solo coincide *Dendroctonus mexicanus* para el mes de agosto, difiriendo con el estudio mencionado debido a la presencia de otro tipo de descortezadores como insectos asociados.

García-Navarrete *et al.*, (2021) indican que existe una relación de factores bióticos (hospederos) y abióticos (clima), permitiendo conocer las condiciones favorables para la presencia de ciertos descortezadores, así como las especies de hospederos con los que podrían estar interactuando en dichas regiones, en el presente estudio mediante los resultados se verifico que si hay una relación debido a que si existe una mayor población de árboles de una misma especie mayor será la densidad de estos insectos.

8. Conclusiones

Se registró e identificó la abundancia de los insectos descortezadores e insectos asociados capturados que se presentaron en el rancho, siendo *Dendroctonus mexicanus* uno de los más reportados en la zona de plantación con pino debido a la alta densidad de árboles de una misma especie y por poseer una menor diversidad vegetal.

Se da indicio a que la época de vuelo es en los meses de julio a septiembre teniendo mayor incidencia en el mes de agosto para la mayoría de las especies, coincidiendo con la estación de verano y otoño, los insectos descortezadores y asociados, se presentaron más en la zona de plantación respecto a las otras, sin embargo, en la zona agroforestal también se reportó presencia de estos en cantidades menores.

Se reconoce que si existieron diferencias en el patrón de captura de los insectos descortezadores entre las distintas áreas del rancho Agrosilvicultores siendo la condición 3 la de plantación forestal la más susceptible a presencia de estos insectos resaltando a la especie de *Dendroctonus mexicanus*.

9. Literatura citada

- Anaya Lang, A. L., & Espinosa García, F. J. (2009). La química que entreteje a los seres vivos. *Ciencias*(83).
- Armendáriz-Toledano, F., Zúñiga, G., García-Román, L. J., Valerio-Mendoza, O., & García-Navarrete, P. G. (2018). Guía ilustrada para identificar a las especies del género *Dendroctonus* presentes en México y Centroamérica. *Red Temática de Salud Forestal.*, 14-117.
- Atkinson, T. H. (2012). Estado de conocimiento de la taxonomía de los escarabajos descortezadores y ambrosiales de México (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). In *Memorias del XVI Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Comisión Nacional Forestal*, pp. 13-27.
- Atkinson, T. H. (2017). Familia Curculionidae: Subfamilia Scolytinae. *Fundamentos de Entomología Forestal*, 306-313.
- Berryman, A. A. (1966). Studies on the Behavior and Development of *Enoclerus lecontei* (Wolcott), a Predator of the Western Pine Beetle¹. *The Canadian Entomologist*, 98(5), 519-526.
- Byers, J. A. (1989). Chemical ecology of bark beetles. *Experientia*, 45(3), 271-283.
- Camacho, Pantoja, A. (2012). *El género Ips (Coleóptera: Curculionidae: Scolytinae) en México*. Montecillo, Texcoco: Colegio de Postgraduados. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10521/1682>
- Casanova, F., Ramírez, L., y Solorio, F. (2007). Interacciones radiculares en sistemas agroforestales: mecanismos y opciones de manejo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 11(3), 41-52. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/837/83711304.pdf>
- Cibrián-Tovar, D., Quiñonez F, S. A., Quiñonez B, S., Olivo M, J. A., & Aguilar V, J. L. (2015). *Manual para la identificación, manejo y monitoreo de insectos*

descortezadores del pino. Zapopan Jalisco: CONAFOR. Recuperado el 21 de 10 de 2024, de <https://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/09%20Manuales%20t%C3%A9cnicos/Manual%20identificacion%20descortezadores%20del%20pino.pdf>

Cibrián-Tovar, D; Méndez, J T; Campos, R; III, Yates; Flores, J. (1995). *Insectos Forestales de México/ Forest Insects of México*. Universidad Autónoma de Chapingo. SARH.USDA. Natural Resources Canada. Comisión Forestal de América del Norte. FAO.

Cognato, A. I. (01 de 04 de 2000). Phylogenetic analysis reveals new genus of Ipini bark beetle (Scolytidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 93(3), 362-366. doi:[https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2000\)093\[0362:PARNGO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2000)093[0362:PARNGO]2.0.CO;2)

CONAFOR. (2023). *Manual de RESTAURACIÓN FORESTAL*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/921747/Manual_de_restauracion_forestal_version_digital_compressed__2_.pdf

del-Val, E. y Sáenz-Romero, C. (2017). Insectos descortezadores (Coleoptera: Curculionidae) y cambio climático: problemática actual y perspectivas en los bosques templados. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 20(2), 53-60. doi:<https://doi.org/10.1016/j.recqb.2017.04.006>.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (05 de 06 de 2018). *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*. . Ciudad de México, México.

FAO. (1995). A guide to the identification of diseases and pests of neem (*Azadirachta indica*). 71 pp.

FAO. (2012). Guía para la aplicación de normas fitosanitarias en el sector forestal. 164 p.

Flint, HM, y Doane, CC. (1996). *Understanding Semiochemicals with Emphasis on insects sex pheromones in integrated pest management programs*. Radcliffe's IPM world textbook.

- Fonseca, G. J., de los Santos-Posadas, H. M., Rodríguez-Ortega, A., & Rodríguez-Laguna, R. (2014). Efecto del daño por fuego y descortezadores sobre la mortalidad de *Pinus patula* Schl. et Cham en Hidalgo, México. *Agrociencia*, 48(1), 103-113.
- Galicia, Leopoldo; García Romero, Arturo ; Gómez-Mendoza, Leticia ; Ramírez, M. Isabel. (2007). Cambio de uso del suelo y degradación ambiental. *Ciencia*, 58(4), 50-59.
- García-Navarrete, P. G., Soria-Ortiz, G. J., & González-Salazar, C. (2021). Interacciones potenciales parásito-hospedero entre el escarabajo *Dendroctonus* (Coleoptera: Scolytidae) y *Pinus* (Pinaceae) en México. *Revista de Biología Tropical*, 69(3), 1004-1022.
- García-Villafuerte, M. Á. (2023). LOS ESCARABAJOS DESCORTEZADORES (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) EN LOS BOSQUES DE PINO (PINALES: PINACEAE: *Pinus*) DE CHIAPAS, MÉXICO. *LUM*, 4(2), 81-88. Obtenido de https://lum.chiapas.gob.mx/lum/publicaciones/vol_4_2/04_Los_escarabajos_de_scortezadores.pdf
- Garrity, D. (2012). Agroforestry The Future of Global Land Use. *Springer Netherlands*, pp. 21-27.
- Hernández, L. R. (2010). *Dinámica poblacional de especies de IPS (Curculionidae: Scolytinae) y sus depredadores empleando trampas cebadas con feromonas en La Calera, Cd Guzmán; Las Coloradas y Corralitos en Tecalitlán, Jalisco*. Texcoco: COLEGIO DE POSTGRADUADOS.
- INEGI. (2010). *Compendio de información geográfica municipal 2010 Cuautepec de Hinojosa Hidalgo*.
- INEGI. (2018). *Microrregiones. El Aserradero. Secretaría de Desarrollo Social. Gobierno de México*.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (16 de 04 de 2021). *INEGI*. Obtenido de INEGI:
<https://www.inegi.org.mx/app/descarga/ficha.html?tit=325911&ag=0&f=csv>
- Jose, S. (07 de 04 de 2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry systems*, 76(1), 1-10.
doi:<https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>
- La Bonte, J. R y S. A. Valley. (2011). Illustrated Key to the Species of *Ips*, *Orthotomicus*, and *Pseudips* of North America (or spines, spines, and more spines). *Oregon Dept Agriculture Salem, OR Version 05-04-11*.
- Leal Olivera, N. (2014). *Fluctuación poblacional de Dendroctonus mexicanus Hopkins y variación estacional de la temperatura y humedad relativa, en San Juan del estado, Etla, Oaxaca*. Montecillo: COLEGIO DE POSTGRADUADOS. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10521/2459>
- Lindgren, B. S. (1983). A multiple funnel trap for scolytid beetles (Coleoptera). *The Canadian Entomologist*, 115(3), 299-302.
- Lombardero, M. J., Ayres, M. P., Ayres, B. D., & Reeve, J. D. (2000). Cold tolerance of four species of bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) in North America. *Environmental Entomology*, 29(3), 421-432.
- Macías-Sámano, J. E., Rivera-Granados, M. L., Jones, R., e Ibarra, G. (2014). Respuesta de insectos descortezadores de pino y de sus depredadores a semioquímicos en el sur de México. *Madera y bosques*, 20(3), 41-47.
- Macías-Sámano, J., Ortiz, P., García-Ochaeta, J. F., Masaya, L., Billing, R. (2021). Los insectos descortezadores de los pinos en Guatemala: biología, ecología y manejo en la salud y la sanidad forestal. *INAB. Serviprensa. Guatemala*, 88 pp.
- Mariscal, E., Martínez, R., & Takano, K. (2000). *Manual de Manejo de Bosques Naturales*. Republica de Panamá: Proyecto Desarrollo Técnico de la Conservación de Bosques- CEMARE.

- Martínez, G. S., Martínez, J. F. R., & Espinoza, S. S. (2017). Fundamentos para el uso semioquímicos en el manejo integral de insectos descortezadores de coníferas en México.
- Matthews, R. W., & Matthews, J. R. (2010). *Chemical communication. Insect Behavior* (2nd Edition ed.). Springer Nature.
- Mills, N. J. (1985). Some observations on the role of predation in the natural regulation of *Ips typographus* populations. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 99(1-5), 209-215.
- Montagnini, F., Somarriba, E., Fassola, H., & Eibl, B. (2015). Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. *Serie técnica. Informe técnico*.
- Moore, G. E. (1972). Southern pine beetle mortality in North Carolina caused by parasites and predators. *Environmental Entomology*, 1(1), 58-65. doi:<https://doi.org/10.1093/ee/1.1.58>
- Morales-Rangel, A., Cambrón-Sandoval, V. H., Soto-Correa, J. C., Jones, R. W., & Obregón-Zúñiga, J. A. (2018). Efecto de la temperatura en poblaciones de *Dendroctonus frontalis* Zimmerman y *Dendroctonus mexicanus* Hopkins (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) bajo un escenario de cambio climático en la Sierra Gorda Queretana. *Acta zoológica mexicana*, 34. doi:<https://doi.org/10.21829/azm.2018.3412141>
- Moreno Calles, A. I., Soto Pinto, M. L., Cariño Olvera, M. M., Palma García, J. M., Moctezuma Pérez, S., Rosales Adame, J. J., y López Martínez, W. (2020). Los Sistemas Agroforestales de México: Avances, experiencias, acciones y temas emergentes.
- Núñez Z., y Dávila C. (2004). Guía para la identificación de gorgojos descortezadores del pino e insectos asociados. *UCATSE (Universidad Católica Agropecuaria del Trópico Seco)*, 19, 2-27.

- Ovalle, L., Martínez, V., Guerrero, G., y Hernández, M. (2013). *La producción de resina de pino en México* (Primera edición ed.). México: CONAFOR.
- Pavón, N. P., Moreno, C. E., & Ramírez-Bautista, A. (2012). Biomasa de raíces en un bosque templado con y sin manejo forestal en Hidalgo, México. *Revista Chapingo*, 18(3), 304-312. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v18n3/v18n3a4.pdf>
- Pelz, K. A. (2012). Thirty year change in lodgepole and lodgepole/mixed conifer forest structure following 1980s mountain pine beetle outbreak in western Colorado, USA. *Forest Ecology and Management*, 280, 93-102.
- Perez-Miranda, R., González-Hernández, A., Velasco-Bautista, E., Romero-Sánchez, M. E., Arriola-Padilla, V. J., Acosta-Mireles, M., & Carrillo Anzures, F. (2021). Análisis temporal de la distribución de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins (1905) en México (2009-2018). *Revista mexicana de ciencias forestales*, 12(67), 27-55. doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i67.1079>
- Pinto, C. A. L., Espezúa, R. M. H., & Bermúdez, L. M. L. (2007). Plantaciones forestales, agua y gestión de cuencas. *Debate agrario*, 42, 79-110.
- Price, P. (1997). *Insect Ecology. 3rd Edition. John Wiley & Sons, New York.*
- Raffa, K. F., Aukema, B. H., Bentz, B. J., Carroll, A. L., Hicke, J. A., Turner, M. G., y Romme, W. H. (2008). Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: the dynamics of bark beetle eruptions. *Bioscience*, 58(6), 501-517.
- 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 an invasive species*. F.E. Vega and R.W. Hofstetter (Eds). *Academic Press*, 1-40.
- Ramirez de Lucas, P. (1996). Las feromonas de insectos y su aplicación en agricultura. *Palmas*, 17(3), 27-32.
- Reeve, J. D., Ayres, M. P., & Lorio, P. L. (1995). Host suitability, predation, and bark beetle population dynamics. *Population Dynamics*, 339-357.

- Reinhard, J. (2004). *Insect chemical communication*. (Vol. 6). Chemosense.
- Rubio-Ugalde, D. J., Cambrón-Sandoval, V. H., & Vergara-Pineda, S. (2017). Coleópteros depredadores asociados al sistema de monitoreo de escarabajos descortezadores (Curculionidae: Scolytinae) en el Tepozán, Arroyo Seco, Querétaro. *Entomología Mexicana*, 4, 186-191.
- Sánchez, . Martínez, G., Hernández, Hernández, A., Reséndiz, Martínez, J., F., Arriola Padilla, V., J, Santana, Espinoza, S. (2017). *GUÍA TÉCNICA PARA EL USO DE SEMIOQUÍMICOS PARA EL MONITOREO Y TRAMPEO MASIVO DE Dendroctonus mexicanus y Dendroctonus frontalis EN MÉXICO*. Zapopan: CONAFOR.
- Sánchez-Martínez, G., & Reséndiz-Martínez, J. F. (2020). Respuesta de Dendroctonus frontalis Zimmerman y Dendroctonus mexicanus Hopkins1 a Dos Atrayentes Semioquímicos en la Sierra Gorda de Querétaro, México. *Southwestern Entomologist*, 45(2), 511-520. doi:<https://doi.org/10.3958/059.045.0219>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2005). Capítulo 5. Aprovechamiento de los recursos forestales, pesqueros y de la vida silvestre. Recuperado el 21 de 10 de 2025, de <https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/situacion05/cap5.pdf>
- SEMARNAT. (2017). *NOM-019-SEMARNAT-2017: Que establece los lineamientos técnicos para la prevención, combate y control de insectos descortezadores*. Ciudad de México: DOF.
- Vázquez Collazo, Ignacio; Sánchez-Martínez, Guillermo; Madrigal Huendo, Salvador. (2007). Fluctuación poblacional de Dendroctonus mexicanus Hopk. Bajo dos condiciones de manejo forestal en Michoacán,. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 32, 57-77.
- Vázquez Gordillo, F., Flores Flores, J. D., García Mosqueda, G. E., & Méndez González, J. (2022). Cantidad de insectos descortezadores de dendroctonus frontalis, presentes en árboles de fase ii, en pinus oocarpa, seleccionados para ser

derribados en un programa de saneamiento, en el parque Nacional Lagunas de Montebello.

- Villa, Castillo; J. (1992). Atrayentes quimicos en escarabajos descortezadores *Dendroctonus mexicanus* y *D. adjunctus* (Col: Scolytidae). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 17(71), 104-121. Obtenido de <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/1100>
- Vité, J. P. & W. Francke. (1976). The aggregation pheromones of bark beetles: progress and problems. *The Science of Nature*, 63, 550-555.
- Wegensteiner, R., Wermelinger, B., & Herrmann, M. (2015). Natural enemies of bark beetles: predators, parasitoids, pathogens, and nematodes. In *Bark beetles . Academic press*, pp. 247-304.
- Whitman, D. W. (1988). Allelochemical interactions among plants, herbivores, and their predators. *Novel aspects of insect-plant interactions*, 11-64.
- Wood, S. L. (1982). The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. *Great Basin Naturalist Memoirs*, 6, 1-1359.
- Zúñiga, G., Cisneros, R., & Salinas, Y. (1995). Coexistencia de *Dendroctus frontaus* Zimmerman y *D. mexicanus* Hopkins (Coleoptera: Scolytidae) sobre un mismo hospedero. *Acta Zoológica Mexicana (NS)*(64), 59-62.
- Zúñiga, G., Mendoza, G., Cisneros, R., y Salinas, Y. (1999). Zonas de sobreposición en las áreas de distribución geográfica de las especies mexicanas de *Dendroctonus* Erichsson (Coleoptera: Scolytidae) y sus implicaciones ecológico-evolutivas. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*(77), 1-22.