



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL

T E S I S

**DESCORTEZADORES Y SUS DEPREDADORES
EN TRES CONDICIONES DE SITIO EN EL
ASERRADERO, CUAUTEPEC, HIDALGO.**

Para obtener el grado de
LICENCIADA EN INGENIERÍA FORESTAL

PRESENTA

Anaemilia Lechuga Mellado

Director (a)

Dra. Juana Fonseca González

Codirector

Dr. Ignacio Esteban Castellanos Suteremark

Comité tutorial

Dr. Rodrigo Rodríguez Laguna

Dr. Ramón Razo Zárate

Dr. José Justo Mateo Sánchez

TULANCINGO DE BRAVO HIDALGO, ENERO 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Instituto de Ciencias Agropecuarias

School of Forestry and Environmental Studies

Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales

Department of Agricultural Sciences and Forestry

Tulancingo de Bravo, Hidalgo; a 10 de enero 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 a la pasante de Licenciatura en Ingeniería Forestal, **Anaemilia Lechuga Mellado**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado "**DESCORTEZADORES Y SUS DEPREDADORES EN TRES CONDICIONES DE SITIO 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. Ramón Razo Zárate

VOCAL 1: Dr. Rodrigo Rodríguez Laguna

SUPLENTE 1: Dra. Juana Fonseca González

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

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"

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

Dr. Armando Peláez Acero
Director del ICAP



Avenida Universidad Km. 1 s/n,
Exhacienda Aquetzalpa Tulancingo
de Bravo, Hidalgo, México; C.P. 43600
Teléfono: 771 71 72000 ext 2461
alfredo_madariaga@uaeh.edu.mx



www.uaeh.edu.mx

La presente tesis titulada: "Descortezadores y sus depredadores en tres condiciones de sitio en el Aserradero, Cuautepec, Hidalgo" realizada por la pasante Anaemilia Lechuga Mellado, bajo la dirección de la Dra. Juana Fonseca González y como Codirector el Dr. Ignacio Esteban Castellanos Sturemark y el comité asesor indicado, ha sido aprobada por los mismos y aceptada como requisito parcial para obtener el título de:

LICENCIADA EN INGENIERÍA FORESTAL

Comité asesor



Dra. Juana Fonseca González
Directora



Dr. Ignacio Esteban Castellanos
Sturemark
Codirector



Dr. José Justo Mateo Sánchez
Asesor



Dr. Rodrigo Rodríguez Laguna
Asesor



Dr. Ramón Razo Zárate
Asesor

AGRADECIMIENTOS

Agradezco este trabajo de investigación a mi mamá Martha Alicia Mellado Pérez, que a lo largo de la carrera ha financiado gran parte de mi carrera y que me ha impulsado a terminarla.

A mi pareja de vida, Alejandro Acuña Hernández que me ha apoyado mucho durante el proceso, por su paciencia, por su amor y por el interés hacia lo relevante que es esta investigación para mí.

A mi comité agradezco su paciencia, su dedicación, su tiempo y el apoyo que me han brindado, pero sobre todo a mi directora agradezco la forma que me ayudaba a comprender cada detalle sobre el ramo y que estuvo todo el tiempo al pendiente, por resolver cada problema que se presentaba.

A mi perrita, pelusa, que se desvelaba y me hacía compañía cada tarde o cada noche que me tomaba escribiendo e inspirándome para esta tesis.

Y finalmente a todas las personas que se involucraron conmigo en el tema que me aportaban alguna opinión y fueron acompañándome.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a la memoria de mi padre **Marco Antonio Lechuga Juárez**, por educarme, por el gran amor que me dio en vida, por su confianza, por tener fe en que un día tendría una carrera, por mostrarme el camino hacia el bien, por darme valores junto con mi madre y sobre todo porque sé que me amaba mucho y en estos momentos estaría muy orgulloso de mi.

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS	iii
INDICE DE TABLAS	iii
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVO GENERAL	3
III. OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
IV. HIPÓTESIS	3
V. MARCO TEÓRICO	4
1. Manejo forestal de los ecosistemas y su influencia en las poblaciones de insectos.....	4
1.1. Defensas de los árboles	4
2. Importancia de los descortezadores	8
2.1. Feromonas de agregación	9
2.2. Asociación de los pinos y los descortezadores.....	10
2.3. Relación del cambio climático y los descortezadores.....	11
2.4. Fenología de los coleópteros.....	12
2.5. Género <i>Dendroctonus</i>	12
2.5.1 <i>Dendroctonus mexicanus</i>	13
2.6. Insectos asociados a <i>Dendroctonus</i>	15
2.7. Género <i>Ips</i>	16
2.7.1 <i>Pseudips mexicanus</i>	16
3. Depredadores de los descortezadores	18
3.1. Familia Trogossitidae.....	19
3.2. Familia Cleridae	20
3.2.1 <i>Enoclerus sp.</i>	21
3.2.2 <i>Tenebroides sp.</i>	21
4. Métodos de control de descortezadores	22
4.1 Físicos	23
4.2 Químicos	23
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	26
1. Descripción del área de estudio.....	26
2. Clasificación y uso del suelo	27
3. Colocación de trampas.....	27
4. Clasificación de las áreas de estudio.....	28

5.	Recolección de insectos de las trampas	30
6.	Identificación de insectos	31
7.	Análisis de datos	31
VII.	RESULTADOS	33
1.	Especies de insectos recolectados	33
2.	Patrones de dispersión estacional	35
3.	Comparación de las recolectas entre las áreas de estudio	35
VIII.	DISCUSIÓN	38
IX.	CONCLUSIONES	40
X.	LITERATURA CITADA	40

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Espécimen de <i>Dendroctonus mexicanus</i> tomada de Bark and Ambrosia Beetle Image T.H. Atkinson & S.M. Smith	14
Figura 2. Ciclo biológico de <i>Dendroctonus mexicanus</i>	15
Figura 3. Espécimen de <i>Pseudips mexicanus</i> tomado de Bark and Ambrosia Beetle Image Gallery T.H. Atkinson & S.M. Smith	17
Figura 4. Galerías formadas por <i>Pseudips mexicanus</i> , tomado de Bark and Ambrosia Beetle Image Gallery T.H. Atkinson & S.M. Smith	18
Figura 5. Vista dorsal de <i>Enoclerus sp.</i>	21
Figura 6. Ubicación de la plantación que se encuentra en Rancho El Aserradero, Cuautepec de Hinojosa, Hidalgo.	26
Figura 7. Polígono de la distribución de las 9 trampas en las tres zonas diferentes.	27
Figura 8. Área de conservación en “El Rancho el Aserradero”	28
Figura 9. Área agroforestal en el “Rancho el Aserradero”	29
Figura 10. Área de plantación de pino en El Rancho el Aserradero.	30
Figura 11. Revisión de las trampas multiembudo en “El Aserradero, Cuautepec de Hinojosa”.	31
Figura 12. <i>Enoclerus sp.</i> (A), <i>Tenebroides sp.</i> (B), <i>Dendroctonus mexicanus</i> (C) y <i>Pseudips mexicanus</i> (D)	33
Figura 13. Gráfica comparativa entre depredadores y escolítidos durante el muestreo mensual de octubre de 2022 a septiembre 2023	35
Figura 14. Variación de número de descortezadores por área a lo largo de un año de muestreo	36
Figura 15. Variación de número de depredadores por área a lo largo de un año de muestreo	37

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Feromonas detectadas en especies de insectos descortezadores de coníferas (Sánchez, 2007)	10
Tabla 2. Fuente: Cibrian, 2017.	22
Tabla 3. Número de insectos recolectados	34

RESUMEN

En los bosques de clima templado del estado de Hidalgo habitan de manera natural diversas especies de insectos descortezadores, entre las que destacan los de géneros *Dendroctonus spp.* e *Ips spp.* los cuales se pueden convertir en plaga cuando los árboles se debilitan a causa de la presencia de periodos prolongados de sequía o incendios forestales, resultando complicado el control de la misma y afectando los objetivos de manejo de diversas áreas. Los enemigos naturales de los descortezadores desempeñan un papel importante en la disminución poblacional de su presa. El estudio se realizó en el Rancho el Aserradero ubicado en Cuautepec de Hinojosa evaluando la respuesta de atracción de los principales depredadores asociados a descortezadores mediante trampas multiembudo cebadas con la feromona frontalina + alfa-pineno en tres condiciones distintas: área de conservación, área de plantación agroforestal y área de plantación de pino. El monitoreo se realizó desde octubre del 2022 hasta septiembre del 2023, los insectos se recolectaron cada 2 semanas, el cambio de atrayentes se realizó cada cuatro semanas. Los principales géneros de descortezadores recolectados fueron *Dendroctonus* y *Pseudips*, y los depredadores asociados fueron *Tenebroides* y *Enoclerus* ambos en etapa adulta. Se recolectó una mayor abundancia de descortezadores en agosto y depredadores al mes siguiente en el área agroforestal, por lo que se observó que estos se encuentran en sincronía con su presa. Este trabajo reconoce que el número de los depredadores varía de acuerdo con las condiciones de manejo y que existe una sincronía en el periodo de vuelo de los depredadores de acuerdo con sus presas.

ABSTRACT

There are many species of bark insects naturally inhabit the temperate forests of the state of Hidalgo, among which those of the genus *Dendroctonus spp* stand out. and *Ips spp*. which can become a pest when the trees are weakened due to the presence of prolonged periods of drought or forest fires, making its control difficult and affecting the management objectives of various areas. The natural enemies of bark beetles play an important role in the population decline of their prey. The study was carried out at Rancho el Aserradero located in Cuautepec de Hinojosa, evaluating the attraction response of the main predators associated with bark beetles using multifunnel traps baited with the pheromone frontalina + alpha-pinene in three different conditions: conservation area, plantation area agroforestry and pine plantation area. The monitoring was carried out from October 2022 to September 2023, the insects were collected every 2 weeks, the change of attractants was carried out every four weeks. The main genera of bark beetles collected were *Dendroctonus* and *Pseudips*, and the associated predators were *Tenebroides* and *Enoclerus*, both in the adult stage. A greater abundance of bark beetles was collected in August and predators the following month in the agroforestry area, so it was observed that they were in synchrony with their prey. This study recognizes that the number of predators varies according to management conditions and that there is synchrony in the flight period of predators according to their prey.

I. INTRODUCCIÓN

Los bosques templados abarcan el 16% del territorio nacional y proporcionan tanto servicios ambientales como riqueza forestal y bienes materiales. Conocidos también como bosques de coníferas que reúnen comunidades vegetales en su mayoría siempre verdes (CONAFOR, 2018), los cuales pueden tener diversos esquemas de manejo, entre ellos los sistemas agrosilvopastoriles, que son una opción tanto para diversificar el aprovechamiento como para restaurar áreas degradadas por los monocultivos agrícolas. Estos sistemas buscan la conservación o el aumento consciente de la diversidad forestal coexistiendo con cultivos agrícolas y en ocasiones con ganado, con la finalidad de lograr beneficios ecológicos y económicos (Nair y Garrity, 2012). En el centro del país, las especies leñosas más utilizadas en estos sistemas son del género *Pinus* (Palacios, 2017).

Cuando estos sistemas se establecen sobre áreas degradadas por la actividad agrícola, los árboles pueden presentar estrés derivado de carencias nutrimentales o hídricas. Un árbol estresado siempre tendrá una disminución en la capacidad de llevar a cabo sus procesos fisiológicos de manera apropiada, y será más susceptible a ser afectado por plagas y enfermedades ya que su sistema de defensa se ve mermado. Uno de los grupos de insectos más comunes sobre árboles estresados son los descortezadores, los cuales son pequeños escarabajos pertenecientes a la subfamilia Scolytinae que viven debajo de la corteza, se alimentan del tejido que conduce los nutrientes del árbol, provocando en ocasiones su muerte por estar asociados con hongos que inducen marchitamientos vasculares y están entre las principales plagas de las coníferas (Cibrián *et al.*, 1995). No todos los árboles son atractivos para los descortezadores, solo aquéllos que se encuentran en estado de deficiencia fisiológica a causa de heridas, sequias, incendios u otros factores (CONAFOR, 2021; Dajoz, 2001).

Estos insectos juegan un papel regulador en los bosques templados, ya que son agentes biológicos que se encargan de eliminar aquellos árboles débiles o enfermos, dejando así, los individuos más fuertes que darán paso a árboles con mejor genética y por ende con mayores adaptaciones a las condiciones climáticas (CONAFOR, 2021).

Las acciones para llevar a cabo el control de los insectos descortezadores están

reguladas por la Norma Oficial Mexicana NOM-019-SEMARNAT-2017 (DOF, 2017), que establece los lineamientos técnicos para la prevención, combate y control de insectos descortezadores, menciona que invariablemente se debe derribar el árbol plagado, a fin de asegurarse que estos insectos no migren a los árboles cercanos y se pueda contener el brote. Dependiendo de la situación y la especie de descortezador en algunos casos también se debe trozar, descortezar, quemar, astillar o aplicar un químico en puntas, ramas y tronco para evitar su proliferación (CONAFOR, 2021).

En un ecosistema sin disturbios las poblaciones de descortezadores son controladas tanto por factores ambientales como por sus enemigos naturales, principalmente parasitoides, patógenos y depredadores (Palomares *et al.*, 2021). Estos últimos pueden tener un gran impacto sobre las poblaciones de los descortezadores, llegando a disminuirlas en más de un 70% ya que cada depredador puede consumir hasta 107 presas durante su desarrollo larval hasta llegar a pupa (Romero, 1993), entre las principales familias de coleópteros reportadas depredando descortezadores se menciona a Trogostidae, Cleridae, Cucujidae, Histeridae y Staphylinidae (Fonseca *et al.*, 2009; Jiménez *et al.*, 2005). Por la importancia que tienen los enemigos naturales sobre el control de insectos que pueden ser plagas, es que las prácticas de manejo forestal deberían contemplar acciones para mantener las poblaciones de los enemigos naturales y evitar dañarlos (Burke *et al.*, 2011). Aún está poco estudiada la estrategia de control biológico en plagas de descortezadores, por lo que no está bien entendida la influencia de las condiciones del sitio sobre el papel de los depredadores de los descortezadores.

En el rancho el Aserradero se estableció en 2014 una plantación con fines de restauración en aproximadamente 80 ha, en esa superficie se han observado a lo largo de varios años afectaciones esporádicas por descortezadores, por lo que con el propósito de generar mayor información tanto de la identidad de las especies de descortezadores así como otros insectos asociados y sus depredadores presentes en el área, y tratar de dilucidar la influencia de las condiciones de sitio en la capacidad de los depredadores de encontrar a sus presas, se diseñó este estudio.

II. OBJETIVO GENERAL

Analizar la abundancia de los depredadores de descortezadores en tres condiciones de manejo mediante la colocación de trampas multiembudo para generar información de la dinámica poblacional de los descortezadores y sus enemigos naturales.

III. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Identificar las especies de depredadores de los descortezadores presentes en el ecosistema forestal de las tres condiciones de estudio.
2. Determinar la diversidad y abundancia de los depredadores y descortezadores en relación con las tres condiciones de estudio.

IV. HIPÓTESIS

En el presente trabajo se plantea la siguiente hipótesis:

Las condiciones ecológicas como diversidad vegetal y densidad de arbolado de las áreas de estudio determinan la dinámica de arribo de los descortezadores y sus depredadores.

V. MARCO TEÓRICO

1. Manejo forestal de los ecosistemas y su influencia en las poblaciones de insectos

El manejo forestal tradicional tiende hacia el manejo de ecosistemas forestales, esto es, hacia el logro y mantenimiento de la condición ecológica y forestal deseadas, dentro de las cuales se consigue el rendimiento sostenido de productos para satisfacer necesidades humanas. El manejo tradicional atiende básicamente la densidad de recursos (volumen de madera, densidad de fauna, infraestructura, etc.), así como el rendimiento de los mismos; el manejo de ecosistemas enfatiza sobre la condición o estado forestal, evaluando de manera adicional o con mayor detalle parámetros como: diversidad biológica, tipo de paisaje, productividad del suelo, edad, estructura, vigor, composición florística, fauna, residuos maderables, etc (Hunter, 1990). Un ejemplo de la respuesta de los fitófagos a la condición de su hospedero es el que nos reportan Zas *et al.*, (2008) quienes observaron un claro aumento del consumo de plantas fertilizadas y de mayor crecimiento de *Pinus pinaster* y *P. radiata* por el curculiónido *Hylobius abietis*. La tasa de consumo fue hasta 3 veces mayor en las plantas fertilizadas, siendo el efecto especialmente patente cuando el tratamiento de fertilización incluía fósforo, el elemento más limitante en la zona de estudio, en su formulación. En este sentido, las técnicas de optimización de la fertilización en vivero, buscando un mayor crecimiento y mejor relación altura-diámetro, podrían no ser óptimas desde el punto de vista sanitario.

1.1. Defensas de los árboles

Considerando el alarmante aumento de problemas sanitarios durante las últimas décadas en los ecosistemas forestales, el estudio científico de los mecanismos de resistencia innatos de las especies forestales a plagas y enfermedades adquiere una especial relevancia. Tras millones de generaciones, la convivencia con múltiples organismos nocivos ha desencadenado la evolución de complejos y eficaces mecanismos de resistencia (Pelz y Smith, 2012).

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. Los insectos herbívoros y los hongos patógenos son los más frecuentes y dañinos (Pelz y Smith, 2012).

Los factores como el cambio climático también favorecen la migración y expansión de plagas y enfermedades a nuevas zonas, alterando de nuevo el equilibrio entre los árboles y sus enemigos naturales (Santini *et al.*, 2013).

1.2. Densidad del rodal

El rodal es un sistema dinámico donde los árboles compiten por los factores de crecimiento y a medida que ocurren los procesos de competencia y diferenciación en tamaños, ocurren los procesos de mortalidad (Urzúa, 1975; Zunino, 1996). El ámbito de la silvicultura es precisamente el control de estos procesos naturales dinámicos de manera de conseguir los resultados propuestos.

La relación diámetro volumen cambia con la densidad. El crecimiento en diámetro disminuye con el incremento en densidad. El crecimiento en altura no se ve afectado por la densidad.

En relación con la cantidad de árboles, un indicador objetivo de densidad es el número de árboles existentes en una cierta área, así como con el tamaño de los árboles debe especificarse el componente del rodal que se trate. Los componentes básicos de la ocupación del espacio del árbol y del rodal son el fuste, la copa y sus raíces. En general y dado lo difícil de su medición, es que se utiliza el DAP de los individuos para hacer su caracterización.

El diámetro a la altura de pecho y la altura son las principales variables medidas en los inventarios forestales, ya que ayudan en el proceso de toma de decisiones para el manejo de plantaciones forestales y en investigaciones sobre modelos de crecimiento (Osman *et al.*, 2013)

De tal forma, el espacio de crecimiento depende de características bióticas y abióticas muy específicas que permiten el crecimiento de las plantas: el suelo, el agua disponible para el crecimiento, la exposición, la temperatura, los nutrientes, etc. (Donoso,1981) Todo ese conjunto de factores incide en la capacidad de albergue para permitir el desarrollo de las plantas las cuales se traducen finalmente en una cierta “densidad”.

La realización de aclareos permite incrementar el diámetro remanente y aprovechar los rollizos de diámetro menor obtenidos, para uso como leña y carbón.

El régimen de aclareos deberá ser específico para cada rodal, en función de su diámetro cuadrático promedio y del número de árboles por hectárea, así como del tipo de productos al que esté destinado el arbolado por remover. El número de aclareos está condicionado por el tamaño de los árboles a obtener, que se define de acuerdo con las variables Diámetro Promedio de Copa (DCM) y densidad (Navarro y Pinares, 2013).

Para alcanzar el rodal meta se determina el límite superior e inferior de ocupación de sitio con el objetivo de evitar la mortalidad relacionada a la densidad, mantener la copa viva con buen vigor y evitar la caída por viento (Navarro y Pinares, 2013).

Se conoce que los insectos descortezadores son sensibles a cambios ambientales y a factores que causan estrés al arbolado. Varios estudios han demostrado que un rodal muy denso padece más deficiencias de agua durante temporadas de sequía que un rodal con densidad apropiada, de esta forma, estos insectos cumplen un papel de silvicultor, en un rodal donde no cuente las buenas prácticas silviculturales, puede resultar en forma natural por los insectos descortezadores aclareos de los rodales. Por otro lado, la alta densidad disminuye los medios de defensa del árbol y los predispone para la colonización de los descortezadores (Sánchez *et al.*, 2007).

1.3. Diversidad vegetal

La relación entre la diversidad de la vegetación y la de los insectos es directa. La heterogeneidad de especies vegetales determina la variedad de herbívoros presentes la que a su vez determina la abundancia y diversidad de depredadores y parásitos. Los enemigos naturales colonizan en forma lenta y además son menos abundantes, porque los ambientes simplificados no proporcionan fuentes

alternativas adecuadas de alimentación, refugio, reproducción (Bosch *et al.*, 1973). En estas situaciones las áreas no cultivadas, tienen un papel muy importante como reservorio de enemigos naturales, los cuales podrán ingresar rápidamente al cultivo disminuyendo el tamaño de la población plaga (Emden, 1965).

El incremento de la población de enemigos naturales se debe a las mejores condiciones de supervivencia (hábitat y alimento). Los policultivos ofrecen más fuentes de néctar y polen y ello aumenta su potencial reproductivo (Altieri y Liebman, 1988). Las malezas también influyen en la diversidad y abundancia de los insectos herbívoros y enemigos naturales asociados a los sistemas de cultivos.

La expansión de la agricultura, que trae como resultado monocultivos extensivos o patrones de rotación cortos con poca diversidad de especies y la siembra homogénea de especies y/o variedades similares reduce la diversidad a nivel regional y favorece la presencia de insectos plaga. Por el contrario, en una región agrícola ganadera coexisten cultivos y áreas sin cultivar con praderas artificiales y campo natural que permanecen con pocas modificaciones durante varios años. Este sistema proporciona continuidad de huéspedes vegetales a algunas especies fitófagas, pero también ejerce el mismo efecto sobre los enemigos naturales (Andow, 1983).

1.4. Sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales son parte fundamental del proceso integral de la conservación y mejoramiento del suelo, tiene como objetivo reforzar y establecer la sostenibilidad en las parcelas de los agricultores, mediante la promoción de la diversificación productiva, lo cual permite mejorar la productividad de las fincas y al mismo tiempo mejorar el bienestar de las comunidades rurales (Michon *et al.*, 1983).

Sin embargo, cuando carecen de un manejo adecuado en lo que respecta a espacio, nutrientes, luz, plagas y simbiosis entre las especies asociadas no obtienen buenos rendimientos en las cosechas de productos agrícolas y forestales, así como se obtiene pérdidas.

Entre los cultivos agrícolas que se integran con los pinos en la parte del altiplano

es el girasol los cuales también llegan a ser afectados por diversos insectos en sus diferentes estadios de desarrollo vegetativo (Vincini, *et al.*, 2009). Entre estos insectos se encuentra un complejo de coleópteros del género *Listroderes Schoenherr*, conocidos vulgarmente como “gorgojos del girasol”, que afectan al cultivo durante las primeras etapas de su desarrollo.

Algunos insectos asociados hacia el cultivo del girasol son:

- *Agriotes sp.*, *Lacun sp.*, *Elater sp.* (Gusanos de alambre, doradillos, orovivos, alfilerillo, herrete, magranola)
- *Agrotis Segetum Denis & Schiffermüller*, *Agrotis ypsilon Hufnagel*, *Agrotis exclamationis Linnaeus*, *Noctua pronuba Linnaeus* (Gusanos grises, rosquillas, malduermes, gusano cortador, dormidor)
- *Melolontha melolonta Linnaeus*, *Anoxia villosa Fabricius*, *Rhizotrogus sp.*, *Amphimallon sp.*, *Pentodon sp.* (Gusano blanco y chapulines) (Sosa y Viti, 2011).

Según INFOAGRO (2010) si el agricultor no combate bien las malezas, no regula la sombra, no fertiliza ni mantiene limpias las acequias o canales de drenaje en su plantación, existe el ambiente propicio para el desarrollo y expansión agresiva de plagas.

2. Importancia de los descortezadores

Los descortezadores son coleópteros herbívoros que pertenecen a la familia Curculionidae, cavan galerías por debajo de la corteza de los árboles para alimentarse, tienen una función primordial en la dinámica de los bosques templados, al promover el recambio de especies vegetales permitiendo el establecimiento de otras que son menos competitivas cuando eliminan a algunos individuos dominantes. Sin embargo, son pocas las especies de insectos que pueden causar la mortalidad de los árboles por sí mismas, la mayoría no matan al árbol hospedero y se mantienen en poblaciones pequeñas como agentes de saneamiento natural del bosque (Christiansen y Bakke, 1988). Los principales géneros de descortezadores en México son: *Dendroctonus*, *Ips*, *Scolytus*, *Hylesinus*, *Pityophthorus*, *Phloeosinus*, *Pseudohylesinus*, y *Pseudopityophthorus*

(CONAFOR, 2018).

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

En México, el número de especies de escarabajos descortezadores que causan mortalidad de las coníferas se reduce a menos de 20, la mayoría pertenecen al género *Dendroctonus* y algunas especies al género *Ips* (Cibrián-Tovar *et al.*, 1995).

2.1. Feromonas de agregación

Las feromonas de agregación provocan la reunión de diversos individuos de la misma especie en un lugar dado, en proximidad de los individuos que las han emitido. Sólo se conocen las feromonas de agregación de una forma en los Escolítidos y en algunos Curculiónidos. El estudio de las feromonas de agregación, de su composición química, de su modo de acción y su síntesis han sido emprendidos sobre todo a fin de establecer métodos de lucha biológica por captura masiva de insectos que son grandes destructores de los bosques (Dajoz, 2001).

Los escarabajos descortezadores han desarrollado sistemas de comunicación química mediada por feromonas que promueven la agregación de individuos, lo que les permite colonizar y evitar las defensas de sus hospederos. Esta comunicación feromonal la perciben como kairomonal las especies de enemigos naturales de los descortezadores (Wood, 1982; Birch, 1984).

Las hembras de *Dendroctonus frontalis* liberan frontalina, la cual atrae a machos y hembras de esta especie. Además, se conoce que el α -pineno incrementa el efecto de atracción de la frontalina; por lo tanto, el atrayente diseñado para atraer a esta especie se compone de frontalina+ α -pineno. Existe evidencia del mecanismo de atracción de los depredadores de los descortezadores hacia las feromonas de agregación (Islas, 1980).

Tabla 1. Feromonas detectadas en especies de insectos descortezadores de coníferas (Sánchez, 2007).

Especie	Sexo emisor	Feromona producida	Función	Referencias
<i>Dendroctonus frontalis</i>	♂	Verbenona	Anti agregación	Vité y Francke (1976).
<i>Dendroctonus frontalis</i>	♀	(S)-(-)Frontalina	Agregación de machos principalmente y algunas hembras	Vité et al. (1974). Vité y Francke (1976).
<i>Dendroctonus frontalis</i>	♂	(+)-endo-brevicomina	Agregante y anti agregante en función de la cantidad del compuesto y la región del insecto	Lanier et al. (1988). Vité et al. (1974).
<i>Dendroctonus mexicanus</i>	♂♀	Frontalina	Agregación de machos principalmente.	Vité et al. (1974).
<i>Dendroctonus pseudotsugae</i>	♀♂	3,2-MCH	Anti agregación	Matthews and Matthews (2010).

2.2. Asociación de los pinos y los descortezadores

Como especies longevas, los pinos se caracterizan por una gran capacidad de adaptar su fenotipo a las condiciones ambientales particulares donde se desarrollan, sin embargo, los pinos, como la mayoría de las plantas y en especial las especies leñosas, también pueden presentar mecanismos de tolerancia mediante los cuales reducen el efecto negativo de los daños causados por el agresor sobre la eficacia biológica de la planta. Este tipo de estrategia puede resultar especialmente relevante en especies longevas, de gran tamaño, y con reproducción retrasada, como los pinos (Strauss, 1999).

Cabe citar el claro aumento del consumo por el curculiónido *Hylobius abietis* en plantas fertilizadas y de mayor crecimiento de *Pinus pinaster* y *P. radiata*. La tasa de consumo fue hasta 3 veces mayor en las plantas fertilizadas, siendo el efecto especialmente patente cuando el tratamiento de fertilización incluía fósforo, el elemento más limitante en la zona de estudio, en su formulación (Zas *et al.*, 2006). En este sentido, las técnicas de optimización de la fertilización en vivero, buscando un mayor crecimiento y mejor relación altura-diámetro, podrían no ser óptimas desde el punto de vista sanitario.

2.3. Relación del cambio climático y los descortezadores

El principal mecanismo de defensa de los árboles contra el ataque de descortezadores es la resina, cuando los árboles son atacados, el aumento en la temperatura ha estado acompañado de la disminución en la precipitación, con lo que se producen sequías más calientes, severas y frecuentes, que dejan poca humedad disponible en el suelo y que a la vez aumentan la evapotranspiración de los árboles. Esto genera un estrés fisiológico en los árboles que poco a poco los debilita hasta verse comprometida su actividad fotosintética y, por lo tanto, la producción de resina. Sin su mecanismo de defensa, los árboles son más vulnerables al ataque y colonización de una creciente población de escarabajos descortezadores (Kolb *et al.*, 2019).

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). Es decir, las temperaturas invernales 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. A su vez, 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).

Los factores climáticos más importantes son la iluminación, la temperatura, la pluviosidad y la humedad relativa. El viento y algunos otros elementos del clima también tienen influencia sobre la fauna forestal. La presión atmosférica puede de igual modo considerarse como un factor climático porque actúa, por ejemplo, sobre la respuesta de escolítidos y lepidópteros a las feromonas (Dajoz, 2001).

En los viveros y en el momento de las operaciones de aclareo, estas condiciones climáticas cambian y los insectos, así como los árboles, se encuentran más

expuestos al medio abierto, lo que influencia sus posibilidades de sobrevivir, de forma favorable o desfavorable según las especies (Dajoz, 2001).

2.4. Fenología de los coleópteros

La actividad de los escolítidos está en función de la temperatura. El vuelo de dispersión que les permite colonizar nuevos árboles se hace a temperaturas muy determinadas (Dajoz, 2001).

Al aumentar la temperatura, las poblaciones naturales de descortezadores incrementan el número de individuos y su capacidad de infestación, mientras que los árboles se ven estresados por la sequía y disminuyen su capacidad de defenderse del ataque de estos insectos (Logan *et al.*, 2003).

2.5. Género *Dendroctonus*

Los insectos del género *Dendroctonus* son un grupo de escarabajos que pertenecen a la familia Curculionidae, específicamente a la subfamilia Scolytinae, se les llama descortezadores por propiciar el desprendimiento de la corteza cuyos hospederos son principalmente varias especies de pino y son uno de los principales factores de mortalidad durante el desarrollo y establecimiento de bosques y plantaciones de estas especies en México (Turchin *et al.*, 1991).

Safranyik y Hall (1990), Hayes y Strom (1994) mencionan que en la actualidad se han desarrollado nuevos e innovadores planes de manejo de descortezadores con el uso de atrayentes sexuales sintéticos, para manipular y monitorear poblaciones de descortezadores.

Los descortezadores desempeñan un papel importante ecológico que llega a convertirse en un problema debido a un disturbio en los ecosistemas forestales. En la naturaleza, ayudan a mantener el equilibrio al atacar árboles debilitados, permitiendo que los recursos sean utilizados por otras formas de vida, aunque los escarabajos de *Dendroctonus* llegan a ser insectos destructivos para los árboles. Así mismo, se cataloga a este coleóptero una de las plagas más importantes para México ya que se presenta en 25 de las 32 entidades federativas de la república mexicana, cuenta con un ciclo biológico corto y un mayor número de generaciones

por año, esto les permite atacar y matar una gran cantidad de árboles en pocas semanas. El ciclo de vida de *Dendroctonus* es de aproximadamente 90 días, pero varía según las condiciones climáticas y las especies. Es difícil determinar cuántas descendencias coexisten al año en su hábitat natural, debido a que dentro del árbol hay generaciones superpuestas (Wood *et al.*, 1963).

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, durante la fase de dispersión la comunicación química, a través de los semioquímicos, es decisiva para la colonización del hospedante. Dentro de los semioquímicos, las feromonas cumplen la función de atracción sexual o de antiagregación (Wood, 1982).

Mayers, McLaughli (1991) y Matthew *et al.* (2004), comentan que la frontalina es una feromona de agregación para especies como *Dendroctonus frontalis*, *D. mexicanus* y *D. adjunctus*, estos insectos son atraídos a las trampas cebadas.

Así mismo, las poblaciones de insectos del género *Dendroctonus* suelen estar asociados con otros coleópteros de la corteza, particularmente del género *Ips*, *Gnathotrichus*, *Hylastes*, *Hylurgops*, *Pityophthorus*, así como, algunos géneros depredadores de los géneros *Elacatis* y *Lasconotus* (Wood, 1982).

2.5.1 *Dendroctonus mexicanus*

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 (Figura 1). La frente de la cabeza es convexa, con dos elevaciones separadas por un surco que baja por la parte media de la cabeza.



Figura 1. Especimen de *Dendroctonus mexicanus* tomada de Bark and Ambrosia Beetle Image T.H. Atkinson & S.M. Smith

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 elitral 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 (Figura 2). La larva presenta la cabeza bien esclerosada, con un aparato bucal fuerte, de tipo masticador; su cuerpo es cilíndrico, ápodo, de color blanco cremoso, con setas pequeñas casi no visibles.

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



Figura 2. Ciclo biológico de *Dendroctonus mexicanus*

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 días 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 que están sobrepuestos (Cibrián *et al.*,1995).

2.6 Insectos asociados a *Dendroctonus*

Existen varios insectos asociados a los descortezadores por *Dendroctonus* porque estos le crean las condiciones apropiadas de penetración por el debilitamiento que les causan al vencer o superar la resistencia de los árboles (Coulson *et al.*,1990).

Existen otras especies de insectos asociados a los descortezadores, dentro de los que sobresalen los géneros *Hylastes* e *Ips* así como también *Pityophthorus*, *Pseudopityophtherus*, *Hylurgops*, *Pseudips mexicanus*, *Ips*, *Phloesinus*. Dicha información es importante para conocer parte de la ecología de las poblaciones de insectos descortezadores y asociados, además de periodos de mayor abundancia para cada grupo y género (Cambrón *et al.*, 2018).

2.7 Género *Ips*

Las especies de *Ips* se encuentran ampliamente distribuidas en los bosques de pino de todo el país. Algunas de ellas son plagas de importancia, porque pueden causar la muerte de árboles o reducir la calidad de la madera. Son importantes competidores de las especies de *Dendroctonus*.

El género es fácil de identificar por presentar el declive elitral cóncavo, con 3 a 6 espinas en cada uno de sus lados. Su tamaño varía de 2.1 a 5.9 mm de longitud; son de forma cilíndrica el color varía de amarillento, café oscuro a casi negro.

El pronoto cubre la cabeza desde la vista dorsal (Cibrián *et al.*, 1995).

2.7.1 *Pseudips mexicanus*

Las larvas son blancas, con la cabeza marrón, encorvadas, gruesas y sin patas, las pupas, son ovaladas y se les puede distinguir cada una de las partes externas del cuerpo como lo son: las piezas bucales, patas, antenas y alas; son de color blanco y generalmente se encuentran en medio de la corteza de sus hospederos. Los adultos son escarabajos pequeños de 2.5 mm a 9 mm en las especies de mayor tamaño (Figura 3), la parte posterior de los élitros presentan una depresión cóncava y espinas en sus bordes, el número de espinas es pieza clave para su identificación específica, su cuerpo es robusto y el color en adultos maduros es café rojizo muy oscuro, casi negro, mientras los adultos inmaduros son café claro (Santana-Román, 2013).



Figura 3. Especimen de *Pseudips mexicanus* tomado de Bark and Ambrosia Beetle Image Gallery T.H. Atkinson & S.M. Smith

El número de generaciones por año varía con la altitud, es mayor conforme estén ubicados en lugares más bajos. Los machos inician la infestación al penetrar a la corteza para llegar a la zona del cambium en donde excavan una cámara de 1 a 1.5 cm. De diámetro, que sirve para copular con las hembras que llegan posteriormente atraídas por feromonas liberadas por el macho. Después de copular, las hembras construyen galerías rectas (Figura 4), ovipositando, a ambos lados de las mismas, un huevecillo en nichos casi contiguos, donde pueden depositar de 100 a más huevecillos (Santana-Román, 2013).



Figura 4. Galerías formadas por *Pseudips mexicanus*, tomado de *Bark and Ambrosia Beetle Image Gallery T.H. Atkinson & S.M. Smith*

Las larvas, después de su nacimiento, construyen galerías individuales entre el floema y el cambium. Las larvas maduras hacen cámaras ovales en las cuales pasan al estado de pupa y luego, los nuevos adultos emergen a través de la corteza. En la superficie de la corteza de los árboles afectados aparecen montículos de aserrín y/o grumos de resina color rojizo. Hay cambio de coloración del follaje iniciando en la parte terminal. Las puntas de las ramillas comienzan a doblarse, las copas van cambiando de color, secreción de resina en el tronco, follaje rojizo, alimonado y con síntomas de daño (Santana-Román, 2013).

3. Depredadores de los descortezadores

Los enemigos naturales, como los depredadores, parasitoides y patógenos, juegan un papel importante en la dinámica poblacional y la ecología de los insectos descortezadores (Wegensteiner *et al.*, 2015).

Algunos enemigos naturales llegan al mismo tiempo que los insectos descortezadores a los árboles recién atacados (Raffa *et al.*, 2015); otros siguen una secuencia distinta, los depredadores llegan antes que los parasitoides y colocan

sus huevecillos junto a los descortezadores, esto garantiza la sincronía entre las larvas del depredador y los huevecillos de los descortezadores, de los cuales se alimentan las larvas (Fonseca *et al.*, 2009).

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

Wegensteiner. (2015) señala 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) y ácaros (Acari).

Macías *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.

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).

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

3.1 Familia Trogossitidae

Cleroidea es una superfamilia de coleópteros polívoros del infraorden Cucujiformia, Incluye alrededor de 10 000 especies, las cuales se distribuyen mayoritariamente entre las familias Cleridae y Melyridae (Bouchard, 2011).

La familia Trogossitidae está formada por escarabajos predominantemente depredadores, aunque existen varios géneros dentro de la subfamilia Peltinae con una dieta exclusivamente fungívora. Taxonómicamente, el grupo forma parte de la

superfamilia Cleroidea.

Los trogossítidos pueden ser fácilmente distinguidos de otras familias *cleroideas* por las siguientes características: cuerpo que va de glabro a muy escasamente revestido por setas, forma del cuerpo aplanada, oval a alargada, y posición de la cabeza predominantemente prognata (Wegensteiner *et al.*, 2015).

Los Cleroidea se encuentran asociados a distintas actividades biológicas en los ecosistemas donde habitan, fungiendo como depredadores, necrófagos o polinizadores y cuentan con una amplia distribución ecológica en México (Burke *et al.*, 2014).

3.2 Familia Cleridae

La familia Cleridae, conocida comúnmente como cléridos, es una familia de insectos coleópteros que abarca una amplia diversidad de especies. Estos insectos se encuentran en diferentes hábitats y tienen una variedad de comportamientos y roles ecológicos (López *et al.*, 2011).

Los cléridos se caracterizan por tener el cuerpo ampliamente cubierto de setas, el pronoto tan ancho o más estrecho que los élitros, y la coloración del integumento va desde colores brillantes y metálicos hasta oscuros a negro. Estos escarabajos presentan hábitos alimenticios predominantemente depredadores. Están asociados con plantas leñosas a herbáceas; pueden ser encontrados sobre o por debajo de la corteza, dentro de los túneles formados por escarabajos barrenadores, en los conos de varias plantas leñosas, en las agallas formadas por himenópteros, o en el follaje de diversas plantas herbáceas. Un número importante de especies de cléridos juegan un papel significativo en la regulación poblacional de varios insectos considerados como plagas de mediana a gran importancia económica en ecosistemas forestales. Varias especies son importantes depredadores de una amplia variedad de escarabajos descortezadores, particularmente de los géneros *Dendroctonus*, *Ips* y *Scolytus* (Curculionidae: Scolytinae), en bosques de coníferas (Wegensteiner *et al.*, 2015).

3.2.1 *Enoclerus sp.*

El género *Enoclerus* es un importante depredador de una amplia variedad de escarabajos descortezadores, particularmente de los géneros *Dendroctonus*, *Ips* y *Scolytus* (Curculionidae: Scolytinae), en bosques de coníferas (Wegensteiner *et al.*, 2015).

De acuerdo con Burke *et al.*, (2011), los caracteres diagnósticos para identificar de manera rápida este género son el pronoto subsférico, los márgenes laterales fuertemente redondeados, antenas extendiéndose no más allá del tercio distal pronotal y mazo antenal compacto. Los adultos presentan el cuerpo delgado a robusto, miden entre 5 a 18 mm, son fuertemente pubescentes (Figura 5), la coloración del integumento variable, desde unicolorados hasta con tres o más tonos presentes, diferencias mayormente visibles en la superficie de los élitros; ojos fuertemente escotados; antena capitada, con 11 segmentos antenales fuertemente unidos entre sí, mazo antenal conformado por los segmentos antenales 9-11, mazo fuertemente unido; 5 segmentos abdominales visibles (Burke *et al.*, 2011).



Figura 5. Vista dorsal de *Enoclerus sp.*

3.2.2 *Tenebroides sp.*

Para la identificación se tiene que observar las antenas que se encuentra parcialmente cubierta por la frente o puede ser visible en vista dorsal; los ojos no son emarginados, pueden ser aplanados o abultados; las antenas están compuestas por 8 a 11 segmentos; mazo antenal formado por el último o los tres últimos segmentos (Kolibáč, 2013).

En la figura 6 se muestra el arreglo taxonómico entre los principales descortezadores y depredadores.

Tabla 2. Fuente: Cibrian, 2017.

Depredadores		
Orden	Coleoptera	
Superfamilia	Cleroidea	
Familia	Cleridae	Trogossitidae
Subfamilia	Clerinae	Trogossitinae
Género	<i>Enoclerus</i>	<i>Tenebroides</i>
Especie	<i>Enoclerus sp.</i>	<i>Tenebroides sp.</i>

Descortezadores		
Orden	Coleoptera	
Superfamilia	Curculionidea	
Familia	Curculionidae	
Subfamilia	Scolytinae	
Género	<i>Dendroctonus</i>	<i>Pseudips</i>
Especie	<i>Dendroctonus mexicanus</i>	<i>Pseudips mexicanus</i>

4. Métodos de control de descortezadores

De acuerdo a la NOM-019-SEMARNAT-2017 que establece los lineamientos técnicos para la prevención, combate y control de insectos descortezadores menciona que los insecticidas permitidos son carbofuran 5%, malathion 50%, dimetoato 4%, carbaril 80% y deltametrina 2.8% (DOF, 2017).

4.1 Físicos

Derribo, troceo y descortezado.

En este método se hace lo siguiente: 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 es un método apropiado para el control de *Dendroctonus* e *Ips*, pero el método debería de llamarse más específicamente derribo, troceo, descortezado y quema” (Vázquez, 2015).

Derribo y extracción inmediata

Este método solo es exclusivo para algunas especies de *Dendroctonus*; solo para aquellas que tienen una generación al año, en esta categoría se incluyen *Dendroctonus adjunctus* y *D. pseudotsugae*. Incluye:

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 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. brevicomis*; “de igual manera no se justifica para el control de especies de *Ips*, ya que estos insectos continúan su desarrollo en árboles caídos, donde normalmente se encuentran cuando no hay condiciones de sequía presentes” (DOF, 2017).

4.2 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

Está recomendado para todos los géneros de insectos descortezadores: *Dendroctonus*, *Ips*, *Phloeosinus*, *Pseudohylesinus*, *Pityophthorus*, *Hylesinus*, *Pseudopytiophthorus* y *Scolytus*.

Consiste en derribo, seccionado o troceo del fuste, 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. “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. El asperjado del tocón únicamente será necesario, cuando en él se observe presencia de insectos descortezadores. “Este es un punto a considerar en la revisión de la norma, ya que, en tocones de árboles de diámetros gruesos, mayores de 30 cm de diámetro en la base, lo que se encuentra principalmente son insectos descortezadores secundarios que no participaron en la muerte directa del árbol; en cambio, en esta parte del árbol, los depredadores son más abundantes y se concentran para pupar”. Como parte final de lo establecido en la norma se especifica que debe de haber control de residuos (DOF, 2017).

Derribo, troceo, descortezado y aplicación de químico

Está recomendado para todos los géneros de insectos descortezadores: *Dendroctonus*, *Ips*, *Phloeosinus*, *Pseudohylesinus*, *Pityophthorus*, *Hylesinus* y *Pseudopytiophthorus*.

Consiste en 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, en el caso de adultos invernantes de

Ips lecontei, es posible que al descortezar los adultos caigan al suelo que rodea el trozo y que sea necesario asperjar al suelo que rodea el árbol derribado.” El asperjado del tocón únicamente será necesario, cuando en él se observe presencia de insectos descortezadores. “Este es un punto a considerar en la revisión de la norma, ya que, en tocones de árboles de diámetros gruesos, mayores de 30 cm de diámetro en la base, lo que se encuentra principalmente son insectos descortezadores secundarios que no participaron en la muerte directa del árbol; en cambio, en esta parte del árbol, los depredadores son más abundantes y se concentran para pupar”. Como parte final de lo establecido en la norma se especifica que debe de haber control de residuos. (DOF, 2017).

Derribo, troceo y fumigación

Está recomendado para todas las especies de los géneros de insectos descortezadores: *Dendroctonus*, *Ips*, *Phloeosinus*, *Pseudohylesinus*, *Pityophthorus*, *Hylesinus*, *Pseudopityophthorus* y *Scolytus*, con excepción de *Dendroctonus rhizophagus*. 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.

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).

Extracción de raíz

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

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Descripción del área de estudio

El sitio donde se llevó a cabo el presente trabajo fue en El Aserradero perteneciente al municipio de Cuautepec de Hinojosa, Hidalgo que se ubica en las coordenadas de 19°56'58" latitud norte, 98°20'21" longitud oeste (Figura 6). La plantación se encuentra en promedio a 2261 msnm. Posee clima templado frío (Cw) con temperatura media de 15 °C, el periodo de lluvias comprende los meses de marzo a octubre, siendo especialmente intensas en los meses de junio, julio y agosto. La precipitación pluvial anual oscila entre los 600 y 1100 mm (Cottam y Curtis, 1956).

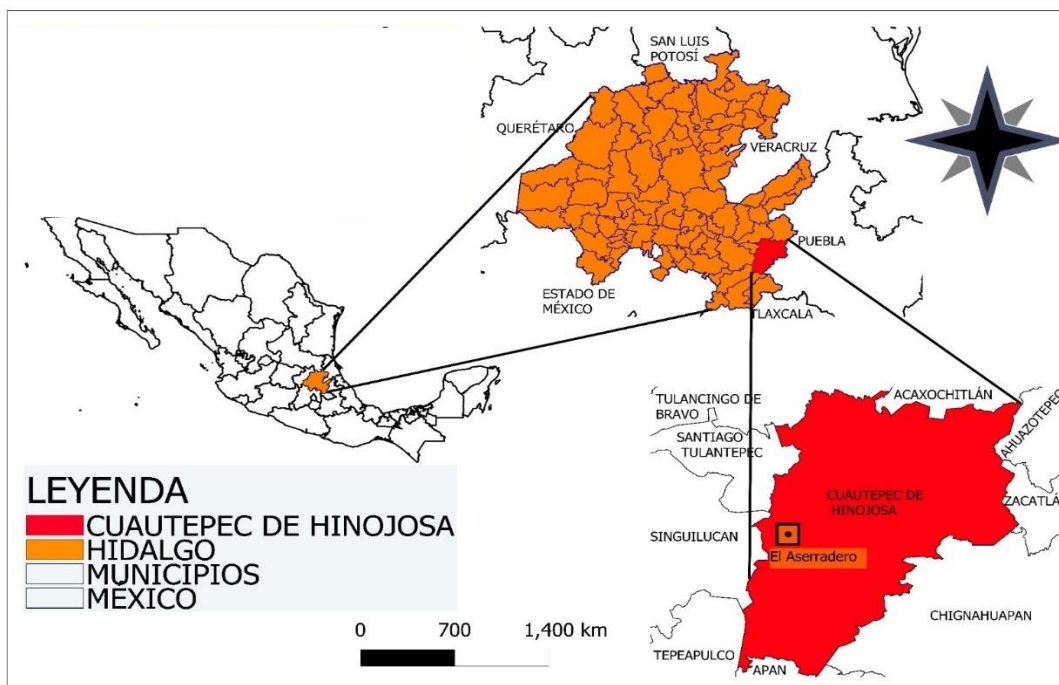


Figura 6. Ubicación de la plantación que se encuentra en Rancho El Aserradero, Cuautepec de Hinojosa, Hidalgo.

La vegetación del municipio de Cuautepec de Hinojosa, Hidalgo está integrada por: bosque de coníferas con asociaciones vegetales de *Pinus montezumae*, *Pinus teocote*, *Quercus crassifolia*, *Pinus patula*, *Abies religiosa*, *Juniperus flaccida*, *Quercus crassipes* (Cottam y Curtis, 1956).

2. Clasificación y uso del suelo

El suelo pertenece a la etapa primaria, es de tipo semidesértico rico en materia orgánica y nutrientes su uso es principalmente de agostadero, forestal y agrícola. El suelo es considerado de buena calidad de tipo Feozem en un 40%, Cambisol 15%, acrisol 10%, Luvisol 10% andasol 10%, Vertisol y Regozol el resto de la superficie (Cottam y Curtis, 1956).

3. Colocación de trampas

Se colocaron 9 trampas marca lindgren® de color negro de 8 embudos cebadas con la feromona frontalina y como cairomona alfa-pineno, estos semioquímicos se cambiaron cada cuatro semanas (Figura 7). De acuerdo con las recomendaciones de Sánchez et al. (2007) no se colocaron en árboles hospedantes de descortezadores. El vaso colector quedó al menos a 1.5 metros de altura a partir del suelo. La fecha de colocación de las trampas fue el 30 de septiembre de 2022 y el inicio de las recolectas fue dos semanas después, el 14 de octubre, y el retiro de las trampas y la última recolecta de insectos fue el 29 de septiembre de 2023.

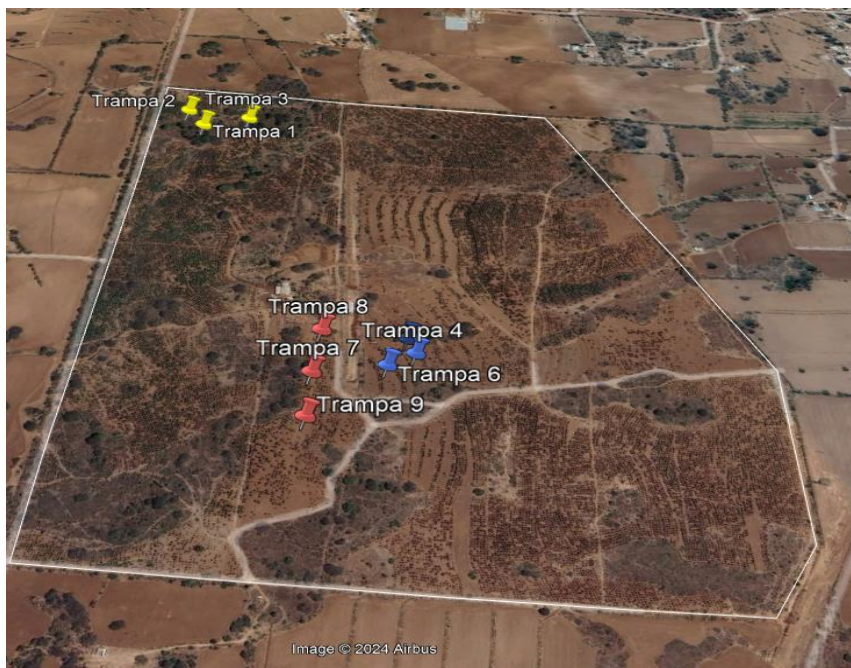


Figura 7. Polígono de la distribución de las 9 trampas en las tres zonas diferentes.

4. Clasificación de las áreas de estudio

La trampa 1, 2 y 3 fueron establecidas en el área de conservación sostenidas sobre madroño y encino en la cual predominan especies *Pinus teocote*, *Pinus montezumae*, con un promedio de 25 metro de altura, 53 cm de diámetro y 50 años de edad, así como también *Quercus crassipes*, *Quercus microfila* con altura de 18 metros de promedio y 70 cm de diámetro; de igual forma se encontró especies arbustivas como *Arbutus xalapensis*, *Baccharis conferta* y *Ageratina glabrata* (Figura 8). Aquí no hubo una distancia homogénea entre arbolado ya que como es una zona de conservación, pero en distancia de un árbol vecino a otro es de 1.45 x 7.60 metros.



Figura 8. Área de conservación en “El Rancho el Aserradero”.

La segunda área fue en la zona de plantación agroforestal, colocando las trampas 4, 5, 6, con especies arbóreas en proporción del 5% *Pinus patula* y 95% *Pinus leiophylla* con plantación de girasol temporal, con una distancia de 3.30 x 5.6 m entre árboles y una altura promedio de 3.5 metros, 10 centímetros de diámetro y 10 años (Figura 9). Así mismo, se aplicó un insecticida de uso agrícola llamado Malathion 1000 C.E a mediados de año.



Figura 9. Área agroforestal en el “Rancho el Aserradero”

La tercera zona fue una plantación de *Pinus leiophylla*, con una altura de 3 metros, 15 cm de diámetro y 10 años, allí se colocaron las trampas 7, 8, 9, sin embargo, 7 meses después se convirtió en una plantación mixta de *Agave salmiana* y conservando el *pinus*, con una distancia de 3.80 x 4.0 m entre árboles (Figura 10).



Figura 10. Área de plantación de pino en El Rancho el Aserradero.

5. Recolección de insectos de las trampas

Los insectos capturados se recolectaban dos veces por mes y la frontalina + alfa-pineno se cambiaba cada mes (Figura 11), anexando al vaso colector un trozo de dos centímetros de banda plástica de collar antipulgas como insecticida, con esto se evitó que los insectos se maltrataran. Los insectos se colocaron en frascos de cristal con alcohol al 70% y se etiquetaron con los datos de campo correspondientes a la colecta.



Figura 11. Revisión de las trampas multiembudo en “El Aserradero, Cuatepec de Hinojosa”.

6. Identificación de insectos

La identificación de los descortezadores y sus depredadores se realizó en las instalaciones del programa educativo de Ingeniería Forestal del Instituto de Ciencias Agropecuarias, y consistió en colocar las muestras en cajas de petri con alcohol al 70% para observarlas bajo el microscopio estereoscópico.

Para la identificación de los insectos descortezadores se usaron las claves de Cibrian *et al.*, (1995) para los depredadores, se utilizaron las claves propuestas por: Núñez, Dávila (2004), y Burke (2017) así como también se utilizó la guía ilustrada de identificación de especies de *Ips*, *Orthomicus* y *Pseudips* de La Bonte (2011).

7. Análisis de datos

Los datos de número de insectos por trampa por fecha de recolecta fueron capturados en una hoja de cálculo de Excel y analizados en el programa MINITAB ver. 18. En virtud de que el conteo de insectos no tenía una distribución normal, los datos fueron transformados tomando en consideración que se distribuyen de acuerdo con la distribución de Poisson.

Se hizo una comparación entre las recolectas de las condiciones de manejo, para saber en cuál de las tres arribaron más descortezadores y sus depredadores.

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:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = La variable respuesta correspondiente al tratamiento i y repetición j ;

μ = Media general

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error asociado del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición.

VII. RESULTADOS

1. Especies de insectos recolectados

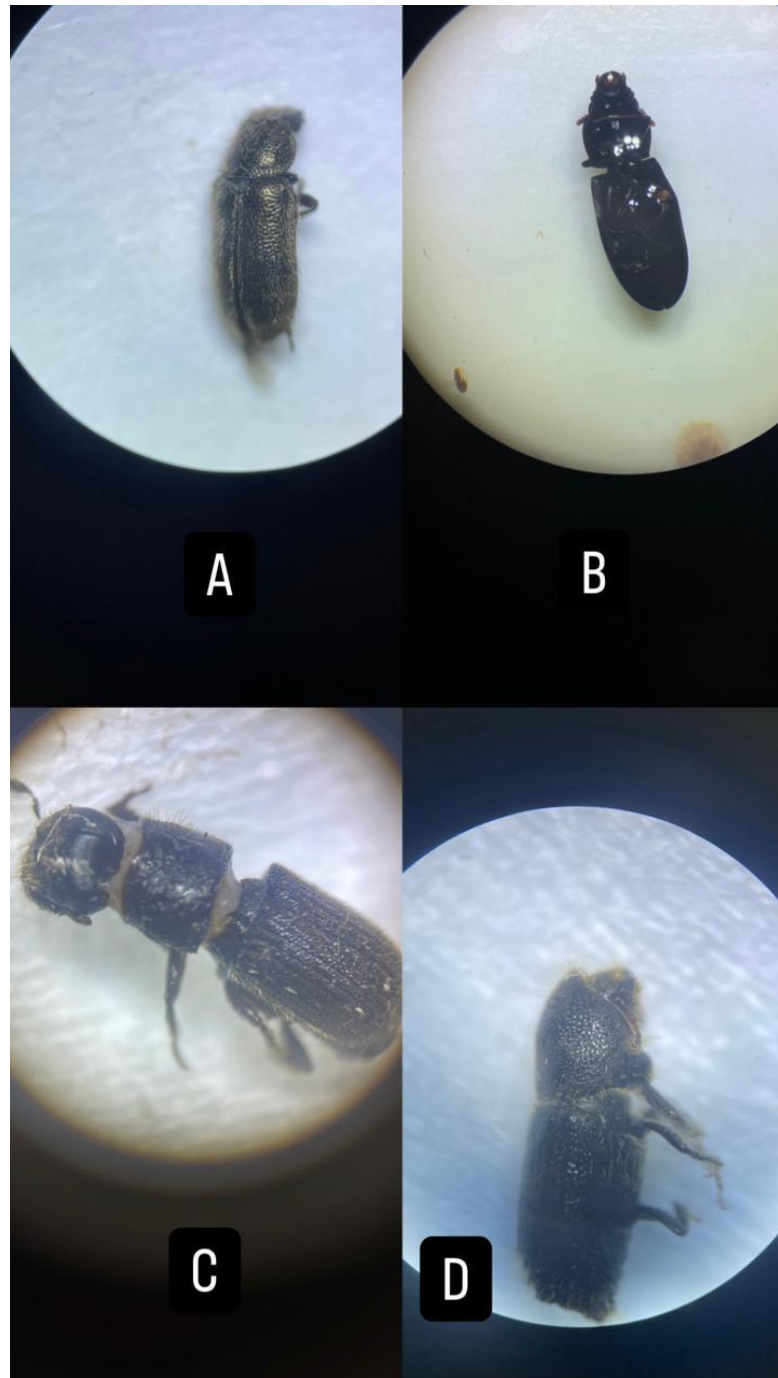


Figura 12. *Enoclerus* sp. (A), *Tenebroides* sp. (B), *Dendroctonus mexicanus* (C) y *Pseudips mexicanus* (D).

En las trampas multiembudo se recolectaron insectos del orden coleóptera de las familias Cleridae, Trogossitidae, Staphylinidae y Curculionidae.

Los depredadores de los descortezadores recolectados en el área de estudio fueron los géneros *Enoclerus* (Cleridae), *Tenebroides* (Trogossitidae) y *Lasconotus* (Zopheridae) (Figura 12).

Del cual se encontró también el género *Lasconotus* sp., escarabajos que se cree que son depredadores, pero no se sabe su importancia como agentes de dispersión (Brockerhoff *et al.*, 2016).

En la tabla 3 se describe desglosados los diferentes taxones que fueron encontrados en el estudio junto con la clasificación por áreas.

Tabla 3. Número de insectos recolectados

TAXÓN	HÁBITO	ÁREA PLANTACIÓN DE PINO	ÁREA AGROFORESTAL	ÁREA DE CONSERVACIÓN
<i>Dendroctonus mexicanus</i>	Descortezador	51	309	81
<i>Dendroctonus valens</i>	Descortezador	0	8	0
<i>Hylurgops</i>	Descortezador	3	2	0
<i>Ips bonansea</i>	Descortezador	2	7	0
<i>Ips integer</i>	Descortezador	1	0	0
<i>Pandeleteius</i>	Descortezador	4	5	6
<i>Pseudips mexicanus</i>	Descortezador	15	58	4
<i>Enoclerus</i> sp.	Depredador	2	50	6
<i>Tenebroides</i> sp.	Depredador	5	10	2
<i>Gnathotrichus</i> sp.	Barrenador de madera húmeda	4	9	4
<i>Hylastes</i>	Barrenador de raíz	2	5	0
<i>Pityophthorus</i>	Barrenador de madera	18	15	2

Sin embargo, también se encontraron insectos de otros ordenes como dípteros, hemípteros, homópteros, himenópteros, ortópteros, lepidópteros, thysanoptera, así mismo, hubo presencia de una gran cantidad de colémbolos, los cuales viven en el suelo y son reguladores de los procesos de degradación de la materia orgánica, y

como menciona el autor (Butcher *et al.*, 1971) la relación que existe entre microfauna-microflora tiene como resultado una más eficaz degradación total de la materia orgánica gracias a los colémbolos.

2. Patrones de dispersión estacional

A lo largo del periodo de recolecta se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el número de descortezadores y depredadores recolectados, a excepción de los meses de octubre, febrero, marzo y septiembre (Figura 13). Se registraron dos periodos de dispersión de los descortezadores: noviembre y agosto. Con respecto en la gráfica observamos que letras iguales, número de insectos por cada fecha de muestreo, son estadísticamente iguales ($\alpha \leq 0.05$).

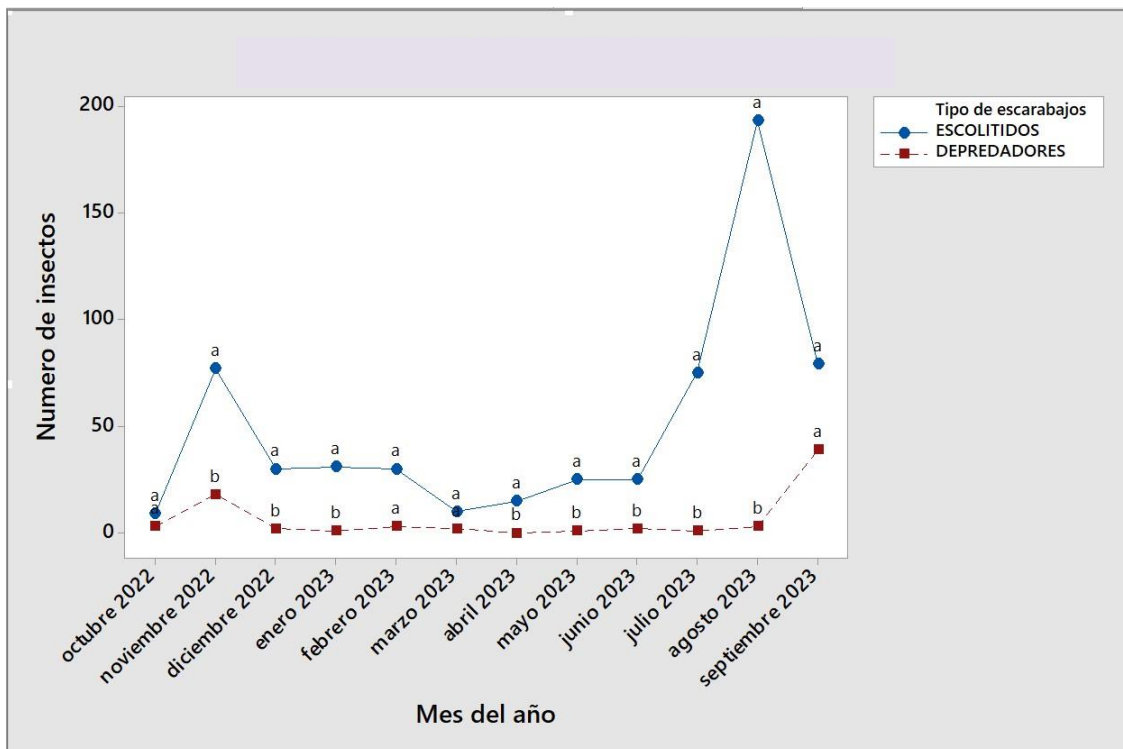


Figura 13. Gráfica comparativa entre depredadores y escolítidos durante el muestreo mensual de octubre de 2022 a septiembre de 2023.

3. Comparación de las recolectas entre las áreas de estudio

De manera general, se observa una mayor cantidad de descortezadores en la zona de plantación agroforestal respecto a las demás zonas, observándose picos máximos en los meses de noviembre, diciembre que se mantiene hasta febrero,

mayo y agosto (figura 14).

Podemos afirmar que en el área agroforestal hubo una mayor presencia de descortezadores y como respuesta los depredadores llegaron con mayor abundancia.

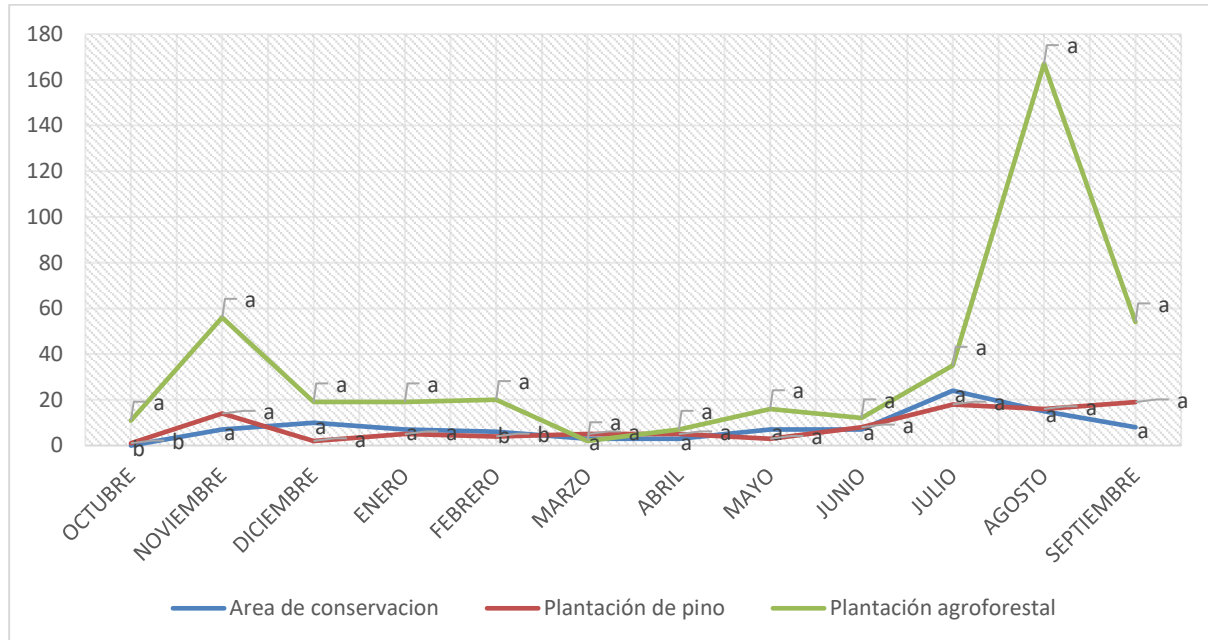


Figura 14. Variación de número de descortezadores por área a lo largo de un año de muestreo.

En la figura 15 de manera general se observa la llegada de una mayor cantidad de depredadores en la zona de plantación agroforestal respecto a las demás zonas, observándose picos máximos en los meses de noviembre, febrero y septiembre, se observa la mayor abundancia en la zona agroforestal con un pico muy alto en el mes de septiembre y noviembre.

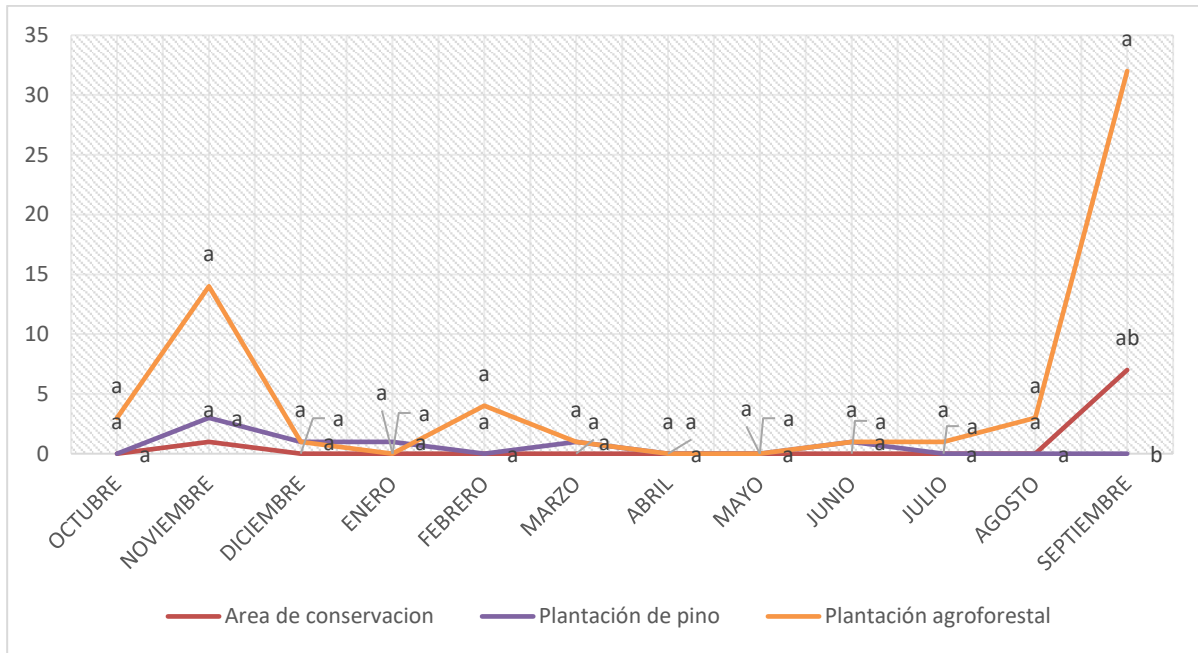


Figura 15. Variación de número de depredadores por área a lo largo de un año de muestreo.

VIII. DISCUSIÓN

Nicolai *et al.*, (1992), mencionan que varios estudios de campo han demostrado que las feromonas atrayentes para los insectos descortezadores atraen también a los depredadores y a otros insectos asociados, en nuestro caso sucedió que arribaron *Dendroctonus* e *Ips* como descortezadores y *Enoclerus* y *Tenebroides* como depredadores.

Villa Castillo (1992) reporta que, en Michoacán, Nuevo León y Jalisco, *Dendroctonus mexicanus* puede monitorearse con frontalina + alfa-pineno; sin embargo, en la Sierra Fría, Aguascalientes, el insecto es atraído algunas veces por frontalina + alfa-pineno y otras por exo-brevicomina + alfa-pineno, en el estudio se utilizó frontalina + alfa-pineno con trampas multiembudo, en este caso se utilizó la feromona frontalina y la caïromona alfa-pineno siendo estos efectivos para su atracción así como también se utilizó el insecticida malathion en el área agroforestal para el ataque de plaga de chapulines, siendo que este insecticida fue un factor que afectó la llegada de los descortezadores.

Sánchez *et al.* (2007), reportan que, en la Sierra de Galeana, Nuevo León, existe un pico mayor de dispersión de *D. mexicanus* durante los meses octubre, noviembre y diciembre, mientras que los enemigos naturales de la familia Cleridae se mantuvieron nulos, en el estudio se encontró resultados semejantes a este caso ya que los picos más abundantes fueron desde julio hasta septiembre y noviembre.

Mayers y McLaughlin (1991), menciona que las hembras de *Dendroctonus frontalis*, producen una feromona de agregación denominada frontalina, pero también la producen especies como *D. mexicanus* y *D. adjunctus*. Por lo que ayuda a mayor atracción de los depredadores.

Flores (1977) menciona que a pesar de que hay una sobreposición geográfica de *D. mexicanus* y *D. frontalis*, cada una presenta intervalos óptimos de altitud, en donde ciertos parámetros climáticos, como la temperatura, humedad y precipitación, características y distribución de los hospederos, propician una colonización más exitosa, además de un mejor desarrollo. En ese sentido, los sitios monitoreados se encuentran en los 2680 m lo cual no coincide con el intervalo de

altitud preferente para *D. mexicanus* el cual según Salinas-Moreno *et al.*, (2010) está entre los 2,000 y 2,500 m.

Sánchez 2007 y Rodríguez *et al.*, 2010 señalan que la familia Cleridae es de la familia de depredadores más importante de los escolítidos; lo cual coincide con el presente estudio ya que se obtuvieron mayores registros que la familia Trogossitidae.

En cuanto a la fluctuación poblacional de los depredadores, los patrones obtenidos concuerdan en parte con otros estudios donde se muestra que las mayores abundancias de los depredadores se presentan durante las estaciones de primavera y verano (Aukema *et al.*, 2000), temporadas que corresponden con las etapas de mayor temperatura y humedad ambiental; así mismo, Hernández (2010) señala que las especies de depredadores de escarabajos descortezadores muestran dos picos de vuelo, de enero a junio y de octubre a noviembre. Lo que coincide con los resultados en la segunda etapa del estudio, sin embargo, en la primera etapa solo se registró picos tenues de abundancia.

McMurtry (1982) explica que la simplificación de los agroecosistemas, comparados con los ecosistemas naturales, se considera como uno de los factores de mayor importancia que causa de aparición de plagas. La agricultura implica la simplificación de la biodiversidad y ésta alcanza una forma extrema en los monocultivos; los ambientes simplificados ofrecen, a la vez, un hábitat altamente favorable para el desarrollo de plagas y desfavorable para los enemigos naturales de éstas, en el presente estudio, se esperaría que el área de agroforestal tuviera menos presencia de depredadores, sin embargo en este caso llegaron en abundancia los descortezadores, los depredadores también fueron recolectados en mayor cantidad porque buscan y responden a fluctuaciones poblacionales de sus presas.

IX. CONCLUSIONES

La mayor abundancia de depredadores y descortezadores en la zona agroforestal atribuible a una alta densidad de árboles de pino y a una menor diversidad de especies arbóreas.

Respecto a la época del año con mayor abundancia de depredadores en el área de estudio se registró en noviembre y septiembre.

Se encontraron evidencias que *D. mexicanus* y *Pseudips mexicanus* presentan un patrón de vuelo en todo el año, con un pico de abundancia en los meses de julio, agosto, septiembre y noviembre coincidiendo con la estación de verano y otoño, siendo el mes de agosto en donde se presenta la mayor densidad poblacional coincidiendo con óptimas condiciones climatológicas.

Los grupos de descortezadores de *Dendroctonus* e *Ips* arriban primero que los depredadores, atribuido a la atracción generada por la feromona frontalina y a la etapa del ciclo de vida en que se encuentran.

Los depredadores recolectados se encontró que *Enoclerus* es el más abundante, presentándose en la zona agroforestal durante los meses de julio a septiembre y durante el mes de noviembre debido a la temperatura, altitud, humedad y los hospederos.

Los insectos evaluados fueron más atraídos hacia *Pinus leiophylla* plantado junto con el girasol.

X. LITERATURA CITADA

- Altieri, M.A.; Liebman, M.Z. 1988. Weed management in agroecosystems. Ecological approaches. Florida, CRC Press.
- Alvarado, L. (1990) Gorgojos (Coleoptera: Curculionidae) que afectan cultivos de cereales y oleaginosas. Plagas (INTA Pergamino), 13-15.
- Andow, D.A. 1983. The extent of monoculture and its effects on insect pest populations with particular reference to wheat and cotton. *Agr. Ecosyst. Environ* 9:25-36.
- 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. Instituto Politécnico Nacional. CDMX, México. 100 pp.
- Aukema, B. H., Dahlsten, D. L. and K. F. Raffa. 2000. Exploiting behavioural disparities among predators and prey to selectively remove pests: maximizing the ratio of bark beetles to predators removed during semiochemically based trap-out. *Environmental Entomology*, 29: 651–660.
- Berryman, A. A. 1966. Estudios sobre el comportamiento y desarrollo de *Enoclerus lecontei* (Wolcott), a predator of the western pine beetle. *El entomólogo de Canadá*. 98: 519-526.
- Birch, M. C. 1984. Aggregation in bark beetles. In *Chemical ecology of insects*, W. J Bell y R.T. Cardé (eds.). Sinauer, Sunderland, Massachusetts, p. 331-353.
- Bouchard, P. et al. 2011. Family-group names in Coleoptera (Insecta). *ZooKeys* 88: 1.
- Brockhoff, E. G., Dick, M., Ganley, R., Roques, A., y Storer, A. J. (2016). Papel de los insectos vectores en la epidemiología y el riesgo de invasión de *Fusarium circinatum*, y evaluación de riesgos del control biológico de especies invasoras. *Pinus contorta*. *Invasiones biológicas*, 18(4), 1177-1190. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1059-8>.
- Burke, A. F. y Zolnerowich, G. (2014). Cuatro nuevas especies de *Cymatodera* Gray de México (Coleoptera, Cleridae, Tillinae). *ZooKeys*, 387: 33-49

- Burke, A. F., D. Cibrián-Tovar, C. Llanderal-Cázares, A. Plascencia-González y I. López-Pérez. 2011. Adiciones y aportaciones para el género *Enoclerus* Gahan (Coleoptera: Cleridae) en bosques de clima templado de México. *Acta Zoológica Mexicana*. 27(1): 145-167.
- Burke, R. F. (2017). Familia Cleridae. En Cibrian T.,D. (Ed.). *Fundamentos de Entomología Forestal*. (pp: 254-257). Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco. Estado de México, México.
- Butcher, J.W., Snider, R. y Snider, R.J. 1971. Bioecología de colémbolos y acarinas edáficas. *Revista mexicana*, 16: 249-288.
- Cambrón., J. Méndez, M. Ledesma, G. Luna, M. Garcia, J. Cerano, C. Obregon y S. Vergara. 2018. Variabilidad climática e interacción con otros factores que afectan la dinámica poblacional de descortezadores en bosques amenazados de México. Querétaro. ISBN: 978-607-513-336-2.
- Cibrián T., D., J. T. Méndez-Montiel, R. Campos-Bolaños, H. O. Yates III y J. Flores-Lara. 1995. *Insectos Forestales de México/Forest Insects of Mexico*. Universidad Autónoma Chapingo. SARH, Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre México. USDA Forest Service, Natural Resources Canada. Comisión Forestal de América del Norte-FAO. Pub. # 6. Chapingo, Edo. de Méx., México. 453 p.
- Cibrián, T. D. y L. del C. Romero. 1994. Los depredadores del género *Enoclerus* y su papel en el control del descortezador *Dendroctonus mexicanus* Hop. Memoria del XXIX Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana Entomológica. Monterrey, Nuevo León. P: 105-106.
- CONAFOR., 2018. Bosques templados de México, riqueza forestal y belleza escénica. Consultado el: 11 de enero de 2024 <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/bosques-templados-de-mexico-riqueza-forestal-y-belleza-escenica>.
- CONAFOR., 2021. Descortezadores, enemigos naturales de los bosques templados. <https://www.gob.mx/conafor/articulos/descortezadores-enemigos-de-los-bosques-templados>.
- Cottam, G. Curtis, J. T. 1956. The use of distance measures in phytosociological

- sampling. *Ecology* 37: 451-460. DOI: <https://doi.org/10.2307/1930167>.
- Coulson R., y Witter J., 1990. *Entomología Forestal Ecología y Control*. Primera edición México Editorel LIMUSA. P.587-638.
- D. Cibrián-Tovar, J.T. Méndez, R. Campos, O. Yates III, J. Flores, 1995. *Insectos Forestales de México/Forest Insects of México* Universidad Autónoma Chapingo. SARH. USDA. Natural Resources Canada, Comisión Forestal de América del Norte, FAO.
- Dajoz. (2001). *Entomología Forestal: los insectos y el bosque*. España, Madrid. ISBN: 84-7114-871-4.
- Donoso;C. 1981. *Ecología Forestal.El bosque y su medio ambiente*. Editorial Universitaria., Universidad Austral de Chile.
- E. Christiansen, A. Bakke, 1998.*The spruce bark beetle of Eurasia* A.A. Berryman (Ed.), *Dynamics of Forest Insect Populations: Patterns, Causes, Implications*, Plenum, New York (1988), pp: 479-503.
- Emden, H.F. van. 1965. The role of uncultivated land in the biology of crop pests and beneficial insects. *Sci. Hort.* 17:121-136.
- Flint, M.L. y S.H. Dreistadt. 1998. *Natural Enemies Handbook: The Illustrated Guide to Biological Pest Control*. Oakland: Univ. Calif. Div. Agric. Nat. Res. Publ. 3386.
- Flores, L. J. 1977. *Estudio de la fluctuación de poblaciones del complejo de escarabajos descortezadores del género Dendroctonus (Coleoptera: Scolytidae) en la Sierra Madre Oriental, Nuevo León en 1976-1977*. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, Nuevo León.
- Fonseca G., J., C. Llanderal C., D. Cibrián T., A. Equihua M. y H.M. De Los Santos P. 2009. Secuencia de arribo de coleópteros en árboles de *Pinus montezumae* Lamb dañados por incendios. *Ciencia Forestal en México*. 34 (106): 149-170.
- Hayes, J. and B. Strom. 1994. 4-allylsinole as an inhibitor of bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) aggregation. *Journal of Economic Entomology*.

87:1586-1594f

- Hernández Álvarez, A. G. (2018). Ecología e historia ambiental del bosque de oyamel: *Abies religiosa* (Kunth) Schltl. & Cham. del estado de Hidalgo, México.
- Hernández, L. R. A. 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 Tecatilán, Jalisco. Tesis Docotoral. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. De México. 85 p
- Hernández Paz, M. 1975. El gorgojo de la corteza, plaga de los pinares. *Dendroctonus frontalis* Zimm. (Coleóptera: Scolytidae). COHDEFOR. (Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal). Publicación No. 1. P. 1-3.
- Hunter, M.L. 1990. Wildlife, Forest and Forestry. Principles of managing forests for biological diversity. Prentice-Hall. New Jersey. 370p.
- INFOAGRO. Agricultura. El cultivo del garbanzo. [Internet]. 2010. [cited 12/09/2024]. Available from: <https://www.infoagro.com/herbaceos/legumbres/garbanzo.htm>
- Islas-Salas, F. 1980. Observaciones sobre la biología y el combate de los escarabajos descortezadores de los pinos: *Dendroctonus adjunctus* Bldf., *D. mexicanus* Hpk., *D. frontalis* Zimm., en algunas regiones de la República Mexicana. Boletín Técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, SARH, México. 66:127p.
- Jiménez Martínez, Edgardo, López Zeledón, Luis Bismark, Toledo Marin, Lester Iván and Zelaya Obregón, Mayteza (2005). Identificación y fluctuación poblacional de depredadores de (*Dendroctonus frontalis* Zimm) y otros descortezadores de pino en Nueva Segovia. La Calera, 5 (6). pp. 22-27. ISSN 1998-784.
- Kausrud, K., Økland, B., Skarpaas, O., Grégoire, J. C., Erbilgin, N., y 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>

- Kolb, T., Keefover-Ring, K., Burr, S. J., Hofstetter, R., Gaylord, M., Raffa, K. F. (2019). Drought-Mediated Changes in Tree Physiological Processes Weaken Tree Defenses to Bark Beetle Attack. *Journal of Chemical Ecology*, 45, 888–900. <https://doi.org/10.1007/s10886-019-01105-0>.
- Kolibáč, J. (2013). Trogossitidae: A review of the beetle family, with a catalogue and keys. *ZooKeys*, 366, 1-194. DOI: <https://doi.org/10.3897/zookeys.366.6172>.
- 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.
- Laing, J. E. y J. Hamai, 1976, "Biological control of insect pests and weeds by imported parasites, predators and pathogens", en: Huffaker, C. B. y P. S. Messenger, eds., *Theory and practice of biological control*, Nueva York, Academic Press, pp. 685-743.
- Lindgren, BS 1983. Una trampa de embudo múltiple para escarabajos escolítidos (Coleoptera). *Poder. Ent.* 115: 299-302.
- Logan et al., 2003, J.A. Logan, J. Régnière, J.A. Powell. Assessing the impacts of global warming on forest pest dynamics *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1 (2003), pp. 130-137, 10.1890/1540-9295 (2003)001[0130: ATIOGW]2.0.CO;2.
- 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. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-29.3.421>.
- López, S.; González, M.; Iturrondobeitia, J.C. y Goldazarena, A. 2011. Primer registro de *Allonyx quadrimaculatus* (Shaller, 1783) y *Clerus mutillarius* Fabricius, 1775 (Coleóptera: Cleridae) de la Comunidad Autónoma Vasca (España). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 49: 333-334.
- Macías-Sámamo, J. E., M.L. Rivera-Granados, R. Jones y G. Ibarra. 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. DOI:

<https://doi.org/10.21829/myb.2014.203150>.

Matthew A., Rodríguez-Ortega, Alejandro, et al. 2004, "Fluctuacion de *Dendroctonus adjunctus* Blandford (Curculionidae: Scolytinae) y sus depredadores atraídos por frontalina+alfa-pineno, en la Estacion experimental de Zoquiapan, Edo. de Mexico." Boletin del Museo de Entomologia de la Universidad del Valle, pp. 20+. Gale OneFile: Informe Académico, link.gale.com/apps/doc/A281113073/IFME?u=anon~1d167ebd&sid=google Scholar&xid=9079adbf. Accessed 8 Jan. 2025

Mayers, M. S. y McLaughlin, J. R. 1991. Handbook of insect pheromones and sex attractants. Boca Raton: CRC Press. 1096 p.

McMurtry, J. A, 1982, "The use of phytoseiids for biological control: progress and future prospects", en: Hoy, M. A., ed., Recent Advances in knowledge of Phytoseidae, Berkeley, Division of Agricultural Sciences, University of California, Special publication, 3.284: 23-48.

Michon, G., Bompard, J., Hecketsweiler, P., y Ducatillion, C. (1983). Tropical forest architectural analysis as applied to agroforests in the humid tropics: the example of traditional village-agroforests in West Java. *Agroforestry systems*, 1, 117-129. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00596353>.

Mills, N. J. 1985. Some observations on the role of predation in the natural regulation of *Ips typographus* populations. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. 99: 209–215. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1985.tb01980.x

Moore, G. E., 1972. Southern pine beetle mortality in North Carolina caused by parasites and predators. *Environmental Entomology*. 1: 58-65. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/ee/1.1.58>

Nair, P. K. R. (2012). An introduction to agroforestry. Florida: Springer Science & Business Media.

Navarro, C., & Pinares, J. (2013). Diagramas de manejo de la densidad: una herramienta de gestión silvícola. Valdivia, Chile: Marisa Cuneo.

Nicolai, V., C. Heidger, C. Dippel, and T. Strohmenger. 1992. Bark beetles and their predators in bark beetle pheromone traps. *Zool. Jb. Syst.* 119 (2): 315-338.

- Núñez Z., y Dávila C., 2004. Guía para la Identificación de Gorgojos Descortezadores del Pino e Insectos Asociados. Primera edición. Nicaragua. P. 2-27.
- Osman, E. M. H., Idris, E. Z. A., & Ibrahim, E. M. M. (2013). Modelling height-diameter relationships of selected economically important natural forest species. *Journal of Forest Products and Industries*, 2, 34-42. Retrieved from <http://researchpub.org/journal/jfpi/number/vol2-no1/vol2-no1-5.pdf>
- Palacios Romero. A. 2017. Uso de espuma fenólica de célula abierta como reservorio de agua para mejorar la supervivencia de reforestación de pino. Pachuca, Hgo. Tesis Doctorado UAEH.
- Palomares-Pérez Martín, Esther Gisela Cordoba-Urtiz, y Arredondo-Bernal Hugo César. 2021. «Producción De Tamarixia Radiata Waterson (Hymenoptera: Eulophidae) Estimulando La brotación De Murraya Paniculata (L.) Jack». *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, n.º 11 (enero). México, ME:2091-98. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i11.777>.
- Pelz, K.A. y Smith, F.W.; 2012. Thirty year change in lodgepole and lodgepole/mixed conifer forest structure following 1980s mountain pine beetle outbreak in western Colorado, USA. *Forest Ecol. Manage.* 280: 93-102.
- Raffa, K. F., Aukema, B. H., Bentz, B. J., Carroll, A. L., Hicke, J. A., Turner, M. G., Romme, W. H. 2008. Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: The dynamics of bark beetle eruptions. *BioScience*, 58, 501–517. <https://doi.org/10.1641/B580607>.
- Raffa, K. F., J-C. Grégoire and B. Staffan L. 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 Pres.
- Reeve, J. D., M. P. Ayres and P. L. Lorio Jr. 1995. Host suitability, predation and bark beetle population dynamics. In: Cappuccino, N., Price, P.W. (Eds.), *Population Dynamics: New Approaches and Synthesis*. Academic Press, San Diego, pp. 339- 357.
- Rodríguez-Ortega, A., Equihua-Martínez, A., Cibrián-Tovar, J., Estrada-Venegas, E. G., Méndez-Montiel, J. T. y Villa-Castillo, J. (2010). Fluctuación de

- Dendroctonus adjunctus* Blandford (Curculioniade: Scolytinae) y sus depredadores atraídos por *Frontalina*+Alfa-Pineno, en la estación experimental de Zoquiapan, Edo. De México. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle, 11(1), 20- 27.
- Safranyik, L., and P. M. Hall. 1990. Strategies and tactics for mountain pine beetle management. Mountain Pine Beetle Taskn Force, B.C. Forest Service, kamloops, B.C. pp: 3-29.
- Salinas-Moreno, Y., Vargas, M. F., Zuñiga, G., Ager, A. V. y Hayes, L. J. 2010. Atlas de distribución geográfica de los descortezadores del género *Dendroctonus* (Curculionidae: Scolytinae) en México. Instituto Politécnico Nacional, México. 90p
- Sánchez Martínez. G., L. M. Torres Espinoza, I. Vázquez Collazo, E. González Gaona y R. Narváez Flores. 2007. Monitoreo y manejo de insectos descortezadores de coníferas. Aguascalientes, Méx., INIFAP., CIRNOC., Campo Experimental Pabellón. 105 p. (Libro técnico, Campo Experimental Pabellón No.4) ISBN.
- Santana-Román, M. E. O. Burgos-Dueñas, A. Burgos-Solorio, A. Burgos-Dueñas, C. Morales-Herrera y J. L. Folch-Mallol 2013. Caracterización molecular de hongos Entomopatógenos en *Pseuips mexicanus* (Hopkins, 1915) (Coleoptera: Curculionidae; Scolytinae). [107-111] En: Vázquez y Pacheco (eds.) XXXVI Congreso Nacional de Control Biológico 7 y 8 de noviembre, Oaxaca, Oaxaca, México.
- Santini, A.; Ghelardini, L.; De Pace, C. et-al.; 2013. Biogeographical patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe. *New Phytologist* 197: 283-250.
- SEMARNAT. 2017. NOM-019-SEMARNAT-2017: Que establece los lineamientos técnicos para la prevención, combate y control de insectos descortezadores. Ciudad de México: DOF.
- Sosa, M.A., y Vitti, D.E. (2011) El gorgojo del girasol. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. [CD].
- Strauss, S.Y. y Agrawal, A.A.; 1999. The ecology and evolution of plant tolerance to

- herbivory. *Trends in Ecology & Evolution* 14(5): 179-185.
- Turchin, P., P. R. Ir. Lorio, A. Taylor. y R. F. Billings. 1991. Why do populations of southern pine beetles (Coleoptera: Scolytidae) fluctuate? *Environ. Entomol.* 20: 401-409.
- Urzúa, A. 1975 Estudio de distribución horizontal y densidad en bosques de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser.
- Van den Bosch, R.; Telford, A.D. 1973. Environmental modification and biological control. In DeBach, P. (ed) *Biological control of insect pest and weeds*. New York, Reinhold. pp. 459-488.
- Van Emden, H.F. 1965. The role of uncultivated land in the biology of crop pests and beneficial insects. *Sci. Hort.* 17:121-136.
- Vázquez Gordillo, F. 2015. 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 químicos en escarabajos descortezadores *Dendroctonus mexicanus* y *D. adjunctus* (Col: Scolytidae). *Ciencia Forestal* 17 (71): 103-122.
- Vincini, A.M., y Álvarez Castillo, H.A. (2009). Plagas de los cultivos de girasol maíz y soja. Bases para el manejo del maíz, girasol y la soja (eds. Andrade, F.H. & Sadras, V.), 219-247 pp. INTA, Argentina.
- Wegensteiner, R., Wermelinger, B. y Herrmann, M. (2015). Natural enemies of bark beetles: predators, parasitoids, pathogens, and nematodes. En: Vega, F. E. y Hofstetter, R. W. (Eds.). *Bark Beetles. Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. Academic Press. Elsevier, Oxford, Reino Unido.
- Wood, D. L. 1982. The role of pheromones, kairomones, and allomones in the host selection and colonization behavior of bark beetles. *Annual Review of Entomology* 27:411-446.
- Wood, S. L. 1963. A revision of the bark beetle genus *Dendroctonus* Erichson (Coleoptera: Scolytidae). *Great Basin Naturalist* 23: 1-117.

- Wood, S. L. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae). A taxonomic monograph. Great Basin Naturalist Memoirs 6: 1-1359.
- Zas, R.; SAMPEDRO, L.; MOREIRA, X. y MARTÍNS, P.; 2008. Effect of fertilization and genetic variation on susceptibility of *Pinus radiata* seedlings to *Hylobius abietis* damage. Can. J. For. Res. 38: 63-72.
- Zas, R.; SAMPEDRO, L.; PRADA, E.; LOMBARDERO, M.J. & FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; 2006. Fertilization increases *Hylobius abietis* L. damage in *Pinus pinaster* Ait. seedlings. Forest Ecol. Manage. 222: 137-144.
- Zunino, C.E. 1996. Análisis de la teoría de auto-raleo en plantaciones de pino insigne (*Pinus radiata* D.Don). Memoria para optar al título de Ing. Forestal, Universidad de Chile. 73 pp.