



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**IDENTIFICACIÓN DE BROTES DE
DESCORTEZADORES EN EL "ÁREA DE
PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA DEL NEVADO
DE TOLUCA"**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO
DE LA LICENCIATURA DE:

INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA

PRESENTA:

CRISTIAN GUADARRAMA DE NOVA

ASESOR:

DR. ANGEL ROLANDO ENDARA AGRAMONT

CAMPUS UNIVERSITARIO "EL CERRILLO", TOLUCA,
MÉXICO;



JUNIO DE 2017

Dedicatoria

A Dios, por el regalo de la vida, por concederme los medios necesarios para lograr la realización de este trabajo y por todas las cosas que a diario tú me das.

A mi padre Francisco Guadarrama y mi madre Reina De Nova, todo lo que soy se lo debo a su amor, sus consejos y sus sacrificios, sin su ayuda nada de esto sería posible. Gracias por todo, los amo.

A mis hermanos Monse y Javier, por todas las cosas que hemos compartido, espero ser ejemplo de vida para ustedes y ayudarles a alcanzar sus metas.

AGRADECIMIENTOS

Al estudio en Materia Ambiental en el Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca. CONAFOR: clave 3668/2014 E, por el otorgamiento de la beca la cual contribuyo a la realización de este proyecto.

A usted Dr. Angel Rolando Endara Agramont, por su confianza, por guiar este trabajo e inculcar en mí el gusto por la alta montaña, muchas gracias.

Al Ing. Julio Hernández Gutiérrez, por darme las facilidades para llevar a cabo este trabajo de investigación.

A la Dra. Ludivina López Soto, por su tiempo, asesoría y consejos para lograr la identificación de los descortezadores.

Al Dr. Alberto Bitar Slim, por su apoyo para identificación de los insectos.

A mis revisores el Dr. José Francisco Ramírez Dávila y el Dr. Álvaro Castañeda Vildozola, por sus acertadas observaciones en la realización de este trabajo.

A ti Karla, por tu tiempo y apoyo, fuiste alguien fundamental para que esto sea posible muchas gracias, que Dios te bendiga siempre, te quiero mucho.

A Sandy, por tu amistad, apoyo y compartir esta aventura, muchas gracias.

A Santiago Vázquez, por su ayuda en la elaboración de los mapas.

A Fabiola Rojas García, gracias por tu apoyo y consejos para mejorar este trabajo.

A la banda de alta montaña: Giovani, Paco, Leti, Sandra, Martha, gracias por los momentos compartidos en campo, por su amistad y su apoyo incondicional.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
CONTENIDO	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE CUADROS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1
I. HIPÓTESIS	3
II. OBJETIVOS	3
2.1. General.....	3
2.2. Particulares.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. Bosques.....	4
3.2. Bosques en México.....	4
3.3. Bosques en el Estado de México.....	6
3.4. Plagas forestales.....	6
3.5. Importancia del genero <i>Dendroctonus</i> spp. (Coleoptera: Curculionidae).....	6
3.6. <i>Dendroctonus</i> spp. en México.....	7
3.7. Descortezadores en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.....	8
3.8. Morfología del género <i>Dendroctonus</i> spp.	9
3.9. Hábitos del genero <i>Dendroctonus</i>	9
3.10. Factores que favorecen la susceptibilidad al ataque por descortezadores.....	11
3.11. Descripción de especies de descortezadores.....	12
3.11.1. <i>Dendroctonus adjunctus</i> (Blandford).....	12
3.11.2. <i>Dendroctonus mexicanus</i> (Hopkins).....	15
3.11.3 <i>Dendroctonus frontalis</i> (Zimmerman).....	17
3.11.4 <i>Ips</i> spp.....	18
3.11.5 <i>Scolytus mundus</i> (Wood).....	20
3.11.6 <i>Pseudohylesinus variegatus</i>	22
3.12. Hongos del género <i>Ophiostoma</i> spp.....	23
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	24

4.1.	Zona de estudio	24
4.4.	Identificación de especies	27
4.5.	Determinación de los niveles de infestación de los brotes	28
4.6.	Representación de datos georreferenciados	29
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
5.1.	Especies de descortezadores encontradas en el Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca	30
5.1.1.	<i>Dendroctonus adjunctus</i> (Blandford)	30
5.1.2.	<i>Ips bonanseai</i> (Hopkins)	32
5.2.	Caracterización de los brotes	34
5.2.1.	Nivel de infestación de los brotes.....	34
5.3.	Caracterización de los sitios de muestreo	35
5.3.1.	Categorías diamétricas (DAP)	35
5.3.2.	Afectación del descortezador por categorías diamétricas	36
5.3.3.	Altura de los árboles	37
5.3.4.	Altitud	38
5.3.5.	Densidad de Bosque	39
5.3.6.	Incendios	40
5.3.7.	Muérdago	41
5.3.8.	Exposición de los sitios	43
5.4.	Representación de datos georreferenciados	44
VI.	CONCLUSIONES	45
VII.	RECOMENDACIONES	46
VIII.	REFERENCIAS	47
IX.	ANEXOS	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Vegetación potencial de México	5
Figura 2.	Partes básicas del cuerpo de la familia Scolytidae	9
Figura 3.	Cámara nupcial.....	10
Figura 4.	Fustes con grumos de resina	11
Figura 5.	Galería del descortezador	13
Figura 6.	<i>Dendroctonus adjunctus</i> (Blandford).....	13

Figura 7. Ataque del descortezador	14
Figura 8. <i>Dendroctonus mexicanus</i>	16
Figura 9. <i>Dendroctonus frontalis</i>	17
Figura 10. Manchado ocasionado por el hongo <i>Ceratosystis</i>	19
Figura 11. <i>Ips</i> spp.	20
Figura 12. <i>Scolytus mundus</i> (Wood).....	21
Figura 13. <i>Pseudohylesinus variegatus</i>	22
Figura 14. Nevado de Toluca	24
Figura 15. Colecta de las muestras	25
Figura 16. Método de muestreo	26
Figura 17. Sitio de muestreo	27
Figura 18. Niveles de Infestación	28
Figura 19. Morfología de <i>D. adjunctus</i>	30
Figura 20. Varilla seminal	31
Figura 21. <i>Ips bonanseai</i>	32
Figura 22. Edeago de <i>Ips bonanseai</i>	33
Figura 23. Espermateca de <i>Ips bonanseai</i>	33
Figura 24. Nivel de Infestación de los sitios	34
Figura 25. Clasificación de los árboles en categorías diamétricas	35
Figura 26. Afectación del descortezador por categorías diamétricas.....	36
Figura 27. Afectación del descortezador en estratos forestales	37
Figura 28. Altitud de los sitios	38
Figura 29. Densidad de bosque en los sitios muestreados	39
Figura 30. Incidencia de incendios, muérdago y descortezador en las diferentes densidades de bosque.....	40
Figura 31. Incidencia del muérdago y descortezador de acuerdo a las categorías diamétricas	41
Figura 32. Relación muérdago-descortezador	42

Figura 33. Distribución espacial de los descortezadores	44
--	----

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Niveles de Infestación	34
Cuadro 2. Exposiciones de los sitios de muestreo	43

RESUMEN

El presente estudio tuvo por objetivo identificar las zonas en donde existen brotes de descortezador dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT) e identificar las especies morfológicamente y por medio de la técnica de la genitalia. Se adaptó el muestreo sistemático con el método de transectos, iniciando los transectos en la cota 3000 hasta la cota de los 4000 msnm, con un intervalo de 100 m entre cada curva de nivel, los sitios se establecieron a lo largo de las curvas con una separación de 200 m. En 30 sitios se colectaron insectos de forma manual y se realizó una caracterización del lugar tomando sus mediciones dasométricas (DAP, altura, nivel de infestación de descortezador, densidad de bosque, altitud, presencia de incendio, muérdago y exposición) con el fin de conocer la interacción entre los organismos y el entorno. El muestreo dio como resultado 98 sitios con afectación por descortezador, la mayoría orientados en la cara oeste del APFFNT, siendo *Dendroctonus adjunctus* (Blandford) el descortezador primario e interactuando en algunos puntos con *Ips bonansea* como descortezador secundario. Las categorías diamétricas más afectadas son aquellas que van de los 32.5 a 37.4 y 42.5 a 47.4 cm de DAP. El bosque fragmentado y el estrato superior resultaron ser los más afectados, la altitud donde mayor presencia de insectos es de los 3500 a 3800 m y encontrando que no existe una relación estadística entre los niveles de infestación del muérdago y descortezador.

Palabras clave: Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, identificar, infestación, descortezador, genitalia.

ABSTRACT

The present study objective was to identify the areas where there are outbreaks of bark beetle in the Area of protection of Flora and Fauna Nevado de Toluca (APFFNT) and identify the species morphologically and by means of the technique of genitalia that affect the site. Adapt systematic sampling with the transect method, initiating transects in the dimension 3000 up to the level of the 4000 msnm, with a range of 100 m between each level curve, the sites were established along the curves with a gap of 200 m. At 30 sites insects were collected manually and performed a characterization of the site taking your measurements plots (Dbh, height, infestation of bark beetle, density of forest, altitude, presence of fire, mistletoe and exhibition), in order to understand the interaction between organisms and the environment. Sampling resulted in 98 sites affected by bark beetle, focused most on the West side of the APFFNT, being *Dendroctonus adjunctus* (Blandford) the primary Barker and interacting in some points with *Ips bonansea* as a secondary bark beetle. The most affected diametric categories are those ranging from the 32.5 to 37.4 and 42.5 to 47.4 cm dbh. The fragmented forest and the upper stratum turned out to be the most affected, the altitude where greater presence of insects is 3500-3800 msnm and finding that a statistical relationship there is between the levels of infestation of mistletoe and bark beetle.

KEYWORDS: Area for the protection of Flora and Fauna Nevado de Toluca, identify, infestation, barker, genitalia.

INTRODUCCIÓN

Los bosques y selvas juegan un papel fundamental en el mundo para la conservación de la vida: son imprescindibles para garantizar la seguridad alimenticia, son fuentes de ingreso para las familias, contribuyen al combate del cambio climático, participan en la captación de agua que atrae de la atmósfera, son formadores de suelo y albergan el 75 % de la biodiversidad del mundo (Challenger y Soberón 2008; FAO 2016).

En la actualidad la superficie forestal se encuentra gravemente afectada por problemas como la deforestación, los cambios de uso de suelo, asentamientos humanos, catástrofes naturales, plagas y enfermedades etc. En 2016 la FAO, hizo mención que durante el período de 1990 a 2015 la superficie forestal se redujo un 3.1%, es decir se han perdido 129 millones de hectáreas hasta quedar un total de 4,000 millones.

En México después de los desiertos, los bosques templados son el ecosistema con mayor superficie terrestre. Se estima que su cobertura es de alrededor de 32 millones de hectáreas, es decir cerca del 18% del territorio nacional (Duran y Poloni, 2014).

La superficie boscosa del Estado de México es de 740,000 has (Chávez, 2015). Están compuestas en su mayoría por coníferas y latifoliadas, divididas en bosques naturales con y sin manejo forestal. Entre las problemáticas que presentan estos bosques destacan las plagas forestales: **descortezadores**, defoliadores, barrenadores de yemas y brotes, barrenadores de conos y semillas y finalmente los chupadores de savia y junto a estos se pueden encontrar también plantas parásitas como el muérdago enano.

Los descortezadores del género *Dendroctonus* son uno de los principales factores de mortalidad durante el desarrollo y establecimiento de los bosques y plantaciones. Ocasionalmente ocasionan la muerte de miles de árboles provocando un grave desequilibrio ecológico (Rodríguez *et al.*, 2010). Pertenecen a la familia *Scolytidae*, la cual las especies pertenecientes son considerados insectos barrenadores y defoliadores, los cuales tienen también una gran importancia comercial (Zúñiga *et al.*, 1994).

En el Estado de México, durante el periodo 2000-2005, estos insectos ocasionaron la muerte de arbolado en 914.7 hectáreas de bosque de coníferas (pino, oyamel y cedro). Esta plaga se encuentra ampliamente distribuida en el estado y las regiones de Toluca, Texcoco, Tejupilco, Coatepec Harinas y Valle de Bravo, las cuales representan las zonas con mayor incidencia (Ceballos et al., 2009).

Entre 2005 y 2009, el gobierno federal autorizó el saneamiento de al menos 187 hectáreas en los bosques del Nevado de Toluca, tratando de controlar el daño ocasionado por el descortezador de montaña (*Dendroctonus adjunctus*), que afecta particularmente a *Pinus hartwegii*, *Pinus pseudostrobus* y *Pinus montezumae*. Este despeje implicó la extracción de cerca de 33 000 m³ de madera, un poco más de 15 400 árboles enfermos (Endara, et al., 2012).

Escobar (2012), menciona que para que pase de un nivel de ataque a otro (bajo a medio o de medio a alto) se necesitan aproximadamente de 45 días, mientras que para que alcance el nivel más alto o la muerte es de 100 a 120 días a partir de la infestación.

Actualmente las poblaciones de pino en el APFFNT, se encuentran amenazadas por la tala inmoderada, incendios forestales, las plantas parasitas (muérdagos) y descortezadores lo cual ha repercutido en la pérdida de densidad de su arbolado. Por esta situación se desarrolló este proyecto para determinar cuál es la distribución que tiene el descortezador dentro del área, cuáles son las especies presentes y cuáles son las características que presentan los sitios que son afectados por esta plaga.

I. HIPÓTESIS

Los descortezadores están ampliamente distribuidos en Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca, siendo *Dendroctonus adjunctus* la especie dominante en la zona.

II. Objetivos

2.1.General

- Determinar las especies de descortezadores presentes en el Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca.

2.2.Particulares

- Determinar los niveles de infestación de los brotes de descortezadores en el APFFNT.
- Conocer la distribución espacial de los descortezadores en el APFFNT.
- Realizar la caracterización de los sitios de muestreo.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Bosques

Los bosques y selvas juegan un papel fundamental en el mundo para la conservación de la vida: son elementos imprescindibles para garantizar la seguridad alimenticia, son fuentes de ingreso para las familias, contribuyen al combate del cambio climático, participan en la captación de agua que atrae de la atmósfera, son formadores de suelo y albergan el 75 % de la biodiversidad del mundo (Challenger y Soberón 2008; FAO 2016).

La FAO (2014), en el documento *El Estado de los Bosques en el Mundo* reporta que los bosques alrededor del mundo emplean a 13.2 millones de personas y que al menos otros 41 millones trabajan en el sector informal. Se estima que unos 840 millones de habitantes, es decir el 12% de la población mundial recoge combustible de madera y carbón para su uso directo. La dendroenergía representa el 27% del suministro total de energía primaria en África, en América Latina y el Caribe 13% y el 5% en Asia y Oceanía.

Los productos del sector forestal contribuyen a la proporción de vivienda a 1 300 millones de personas (18% de la población total). Cerca de 2,400 millones (40% de la población de los países menos desarrollados, utilizan combustible de madera para cocinar entre otros servicios relacionados al ambiente (FAO, 2014).

Actualmente la superficie forestal se ve disminuida por factores como la deforestación, el cambio de uso de suelo, asentamientos humanos, catástrofes naturales etc. La FAO (2016) informa que durante el período de 1990 a 2015 la superficie forestal se redujo un 3.1% es decir se han perdido 129 millones de hectáreas hasta quedar un total de 4,000 millones.

3.2. Bosques en México

En México después de los desiertos, los bosques templados son el ecosistema con mayor superficie terrestre. Se estima que su cobertura es de alrededor de 32 millones de hectáreas, casi el 18% del territorio nacional (Duran y Poloni, 2014)

Estos recursos son de gran importancia para México desde el punto de vista económico, social y ambiental. Alrededor del 80% de bosques y selvas se encuentran bajo el régimen de propiedad social, constituidos en alrededor de 8,500 núcleos agrarios que son los que obtienen directamente los beneficios de los recursos forestales (Rojo, 2004).

Rzedowski (1978) describe a México con 10 principales tipos de vegetación, de los cuales cada uno abarca varias comunidades vegetales: bosque tropical perennifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque tropical caducifolio, y comunidades que no comparten características fisonómicas, sino el hecho de estar ligadas al medio acuático.

Además, reconoce una categoría adicional que denomina “otros tipos de vegetación”, en la cual agrupa comunidades muy diversas que no encuentran buen acomodo en los diez principales tipos de vegetación que describe, tales como los palmares, el bosque de *Byrsonima*, *Curatella* y *Crescentia*, el bosque de *Alnus*, la vegetación halófila y las principales comunidades vegetales de la Isla Socorro.

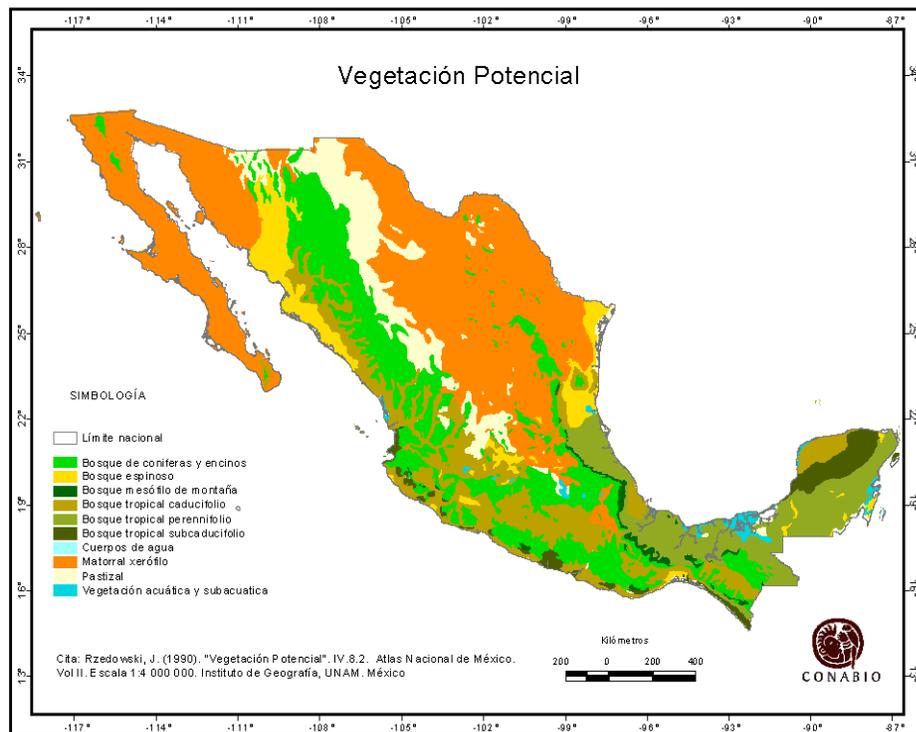


Figura 1. Vegetación potencial de México. Fuente: Rzedowski (1990).

En México hay diversos tipos de bosques, pero el que tiene una mayor presencia es el bosque de pino y encino o una mezcla de ambos. De estas dos especies México cuenta con la mayor diversidad debido a la gran variedad de climas que existen y dentro de la zona templada. Se estima que existen 50 especies de pino y cerca de 150 de encinos (INEGI, 2008).

3.3. Bosques en el Estado de México

Nava y Endara, citados por Chávez (2015), describen que la superficie boscosa del Estado de México es de 740,000 has. Estas están compuestas principalmente por coníferas y latifoliadas, divididas en bosques naturales, bosques con y sin manejo, bosques dentro de un ANP y los existentes en plantaciones. Entre las problemáticas que presentan estos bosques destacan los factores bióticos como las plagas forestales: descortezadores, defoliadores, barrenadores de yemas y brotes, barrenadores de conos y semillas y finalmente los chupadores de savia, aunado a ellas podemos también encontrar plantas parásitas como el muérdago enano.

3.4. Plagas forestales

Las plagas forestales son insectos que producen daños mecánicos o fisiológicos a los árboles, como deformaciones, disminución del crecimiento e incluso pueden ocasionar la muerte (Escobar, 2012). A gran escala estas pueden ocasionar la destrucción de los ecosistemas forestales, pérdidas económicas y consecuencias ecológicas especialmente la erosión (Nikolov, et al., 2014).

En México durante el periodo de 2003 a 2011 los estados que más afectación tuvieron por la presencia de plagas y enfermedades forestales fueron: Chihuahua, Nuevo León, Jalisco, Nayarit, Veracruz y Quintana Roo. Mientras que Morelos y Chiapas fueron los presentaron menor afectación (CONANP, 2012).

La superficie afectada anualmente por plagas y enfermedades forestales es de 43,551 hectáreas; los insectos descortezadores representan alrededor de 39.8% de afectación (Arriola, et. al. 2015).

3.5. Importancia del genero *Dendroctonus* spp. (Coleoptera: Curculionidae)

A nivel mundial la familia Scolytidae contiene más de 500 especies. Esta familia se divide en dos grupos según su hábito alimenticio: los escarabajos ambrosiales, que son

barrenadores de la madera y los escarabajos descortezadores, que se alimentan del floema (Coulson y Witter, 1990).

El género *Dendroctonus* es uno de los principales factores de mortalidad durante el desarrollo y establecimiento de los bosques y plantaciones. Estos organismos causan la muerte de miles de árboles ocasionando un grave desequilibrio ecológico (Rodríguez *et al.*, 2010).

Estos descortezadores tienen un papel ecológico fundamental, ya que son uno de los principales factores de renovación y saneamiento natural de las comunidades forestales. Se les consideran plagas forestales debido a la significativa mortalidad que ocasionan, así como las pérdidas económicas que provocan a todo el sector forestal (Salinas *et al.*, 2010).

3.6. *Dendroctonus* spp. en México.

En México este género se distribuye desde las Sierra Baja de California, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, la Faja Volcánica Transmexicana, Sierra Madre del Sur, hasta la Sierra de Chiapas. Sus rangos altitudinales se encuentran entre los 1 700 y los 2500 m. Sin embargo, es notable un amplio intervalo altitudinal (600 a cerca de 4 000 m) (Salinas, *et al.*, 2010).

A nivel mundial, los bosques de México presentan la mayor diversidad de especies de pinos (43 especies) y de escarabajos descortezadores del género *Dendroctonus* destacando en importancia : *Dendroctonus adjunctus*, *D. approximatus*, *D. brevicomis*, *D. frontalis*, *D. jeffreyi*, *D. mexicanus*, *D. parallelcollis*, *D. ponderosae*, *D. pseudotsugae*, *D. rhizophagus*, *D. valens* y *D. vitei*, que incluye gran parte de las especies que se comportan como plaga, y que han afectado grandes extensiones de bosques de pino en Norteamérica (Salinas *et al.*, 2010).

Los escarabajos infestan latifoliadas y coníferas. Las especies que son más afectadas son aquellas que presentan un valor comercial como el pino (*Pinus*), abeto (*Abies* spp.) y Picea (Coulson y Witter, 1990). Salinas en (2010) menciona que además de las especies, intervienen varios factores ecológicos, químicos y geográficos determinan la especie a atacar por parte del insecto.

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) reportó la afectación de brotes activos por insectos descortezadores de enero a septiembre de 2016, en donde considera a las entidades de Oaxaca (9,668.6 ha), Chiapas (4653.9 ha), México (320.6 ha), Nuevo León (261.4 ha) y Coahuila (233.3 ha) con un riesgo alto, con riesgo de nivel moderado a Michoacán (266.2 ha), Querétaro (59.2 ha), San Luis Potosí (107.3 ha), Tlaxcala (48.9 ha), Durango (41.8 ha) e Hidalgo (41.2 ha), los estados de Baja California y Zacatecas presentan un nivel de bajo riesgo, mientras el resto de las entidades federativas se consideran sin riesgo.

3.7.Descortezadores en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

En el Estado de México, durante el periodo 2000-2005, estos insectos ocasionaron la muerte de arbolado en 914.7 hectáreas de bosque de coníferas (pino, oyamel y cedro). Esta plaga se encuentra ampliamente distribuida en el estado y las regiones de Toluca, Texcoco, Tejupilco, Coatepec Harinas y Valle de Bravo, las cuales representan las zonas con mayor incidencia (Ceballos et al., 2009).

Entre 2005 y 2009, el gobierno federal autorizó el saneamiento de al menos 187 hectáreas en los bosques del Nevado de Toluca, tratando de controlar el daño ocasionado por el descortezador de montaña (*D. adjunctus*), que afecta particularmente a *P. hartwegii*, *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*. Este despeje implicó la extracción de cerca de 33 000 m³ de madera, un poco más de 15 400 árboles enfermos (Endara, et al., 2012).

Endara (2007) informó que el 57% de los árboles con más de 20 cm de DAP en las poblaciones de *P. hartwegii*, en el parque se ven afectados por el muérdago y / o descortezador.

En las poblaciones de *P. hartwegii* del Área Natural, con mayor infestación son aproximadamente 209 ha, mientras que las asociaciones con *P. pseudostrobus* se encuentran en zonas con 128 y 239 ha, respectivamente (Endara, et al., 2012).

Escobar en 2012 reportó que el volumen total de madera atacado por *D. adjunctus* asciende a 372.13 m³ y que para que individuo pase de un nivel de ataque a otro (bajo a

medio o de medio a alto) se necesitan aproximadamente de 45 días, mientras que para que alcance el nivel más alto o la muerte es de 100 a 120 días a partir de la infestación.

3.8. Morfología del género *Dendroctonus* spp.

Los adultos tienen un cuerpo duro, moderadamente alargado y cilíndrico. Son de color café (cuando son preimagos) o negro y miden 1.0 a 3.0 mm. Las antenas son geniculadas y contienen un segmento basal alargado conectado a una serie de segmentos cortos. Los élitros cubren el abdomen. En algunos casos, el extremo distal de los élitros es cóncavo y en otros casos es convexo con varias espinas peculiares (Coulson y Witter, 1990).

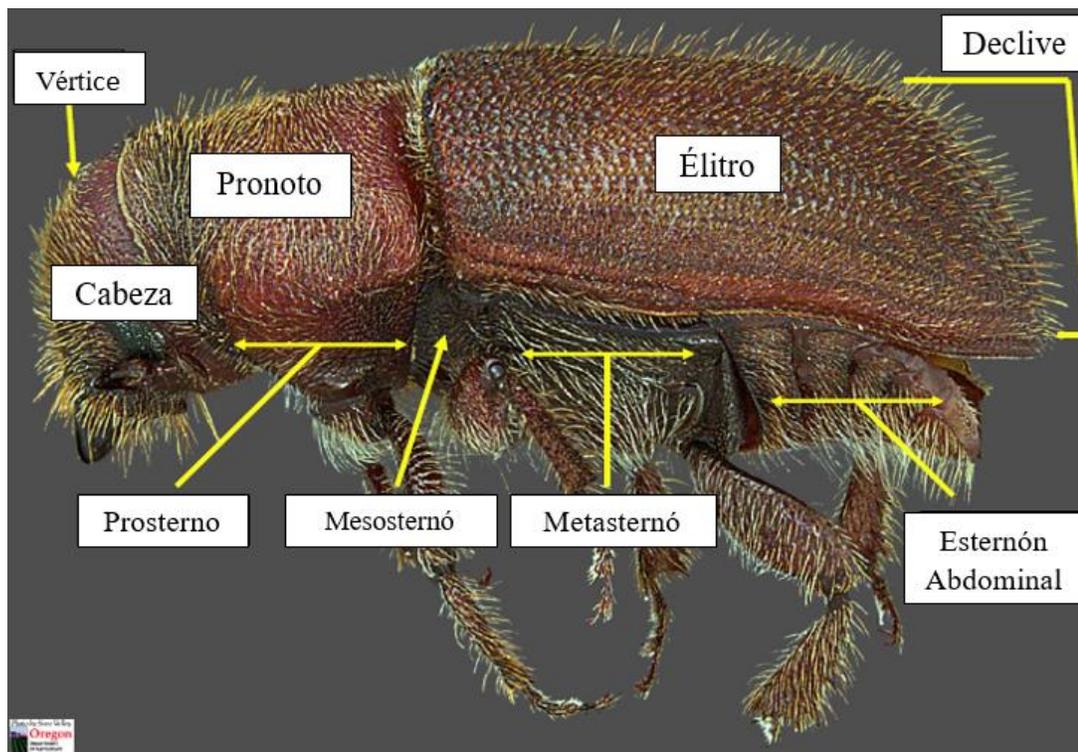


Figura 2. Partes básicas del cuerpo de la familia Scolytidae. Adaptado de Labonte y Valley (2013)

3.9. Hábitos del género *Dendroctonus*.

Las hembras son las que en la mayoría de las especies colonizan el árbol. Al arribar al árbol, llevan hongos simbioses como *Ceratocystes* spp., que son inoculados en las galerías y contribuyen de manera importante en la muerte del árbol, ya que con su desarrollo bloquean el paso de sustancias a través de los sistemas de conducción del fuste; esa acción les permite a los insectos mejores condiciones de vida (Castellano et al., 2013). Después del ataque, la hembra comienza a realizar la cámara nupcial (véase

en la figura 3), en donde se han de aparear los insectos. La agregación del macho está relacionada a la liberación de feromonas emitidas por la hembra y por el hospedante.

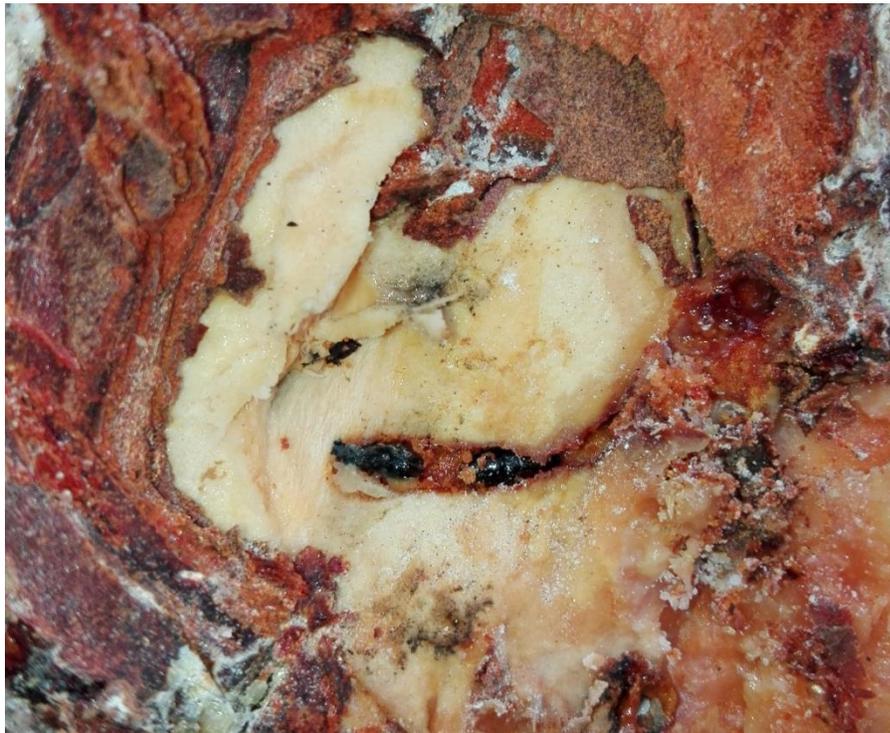


Figura 3. Cámara nupcial. Elaboración propia.

La densidad de población de los adultos atacantes que llegan al hospedante, es regulada en algunas especies mediante la producción de compuestos volátiles adicionales que actúan enmascarando el efecto de las feromonas y los atrayentes al hospedante. A estos compuestos se les conoce como inhibidores o feromonas de agregación (Coulson & Witter, 1990).

La forma de reconocer que un árbol ha sido atacado por alguna especie de *Dendroctonus*, es la presencia de grumos de resina de color blanco y consistencia suave en la corteza, los cuales indican que el insecto ha iniciado la colonización (figura 4). Conforme avanzan las semanas los grumos toman una coloración de color cremosa o rojiza de consistencia dura que indica que el ataque al árbol no es reciente (Castellano et al., 2013).



Figura 4. Fustes con grumos de resina. Fuente: Elaboración propia.

3.10. Factores que favorecen la susceptibilidad al ataque por descortezadores

Castellano y colaboradores (2013), hacen mención que árboles que presentan un diámetro basal, menor a 12.5 cm tienen menor posibilidad de ser infestados, debido a que poseen un floema delgado el cual difícilmente podría alimentar a los insectos, además de la escasa corteza que presentan que ofrece poca protección de los individuos a las condiciones ambientales. También comenta que cuando el árbol ha alcanzado la madurez fisiológica muestra mayor susceptibilidad.

Las inundaciones, sequías, incendios, muérdago, patógenos de raíces, contaminación atmosférica, daños por labores de cultivo y la calidad nutricional son otros factores que facilitan la infestación de descortezadores en el árbol (Coulson y Witter, 1990). Para el caso de los incendios Fonseca (2007), menciona que los árboles al sobrevivir a un incendio presentan reducción en su crecimiento, pérdida de vigor y por consecuencia mayor atracción para los descortezadores por lo que a largo plazo el árbol puede presentar la muerte.

Los pinos debilitados producen menos resina y su defensa contra los insectos es muy escasa por lo que son más susceptibles al ataque del descortezador (Billings, *et al.*, 2004).

3.11. Descripción de especies de descortezadores

3.11.1. *Dendroctonus adjunctus* (Blandford)

El descortezador *D. adjunctus* es la principal plaga forestal en los bosques de pinos que se encuentran por arriba de los 2800 m. Sus infestaciones han obligado a la aplicación de campañas emergentes de saneamiento. Es de particular importancia en los Parques Nacionales del centro de México, ya que en ellos se encuentran rodales formados por árboles de edad avanzada, en baja densidad y sometidos a incendios frecuentes (Cibrián *et al.*, 1995).

Dendroctonus adjunctus (Blandford), se localiza desde el suroeste de los Estados Unidos hasta Guatemala en altitudes que oscilan entre los 3100 y 3500 m. También se puede encontrar esta especie desde 1600 a 3929 m sobre el nivel de mar y sus principales hospederos son: *P. hartwegii*, *P. montezumae*, *P. rudis*, *P. ponderosa*, *P. chihuahuana*, *P. pseudostrobilus*, y *P. laewsoni* (Rodríguez, *et al.*, 2010).

En México la distribución de *D. adjunctus* se localiza en los estados de Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas. Siendo las zonas más favorables para esta especie las que se localizan en la porción oeste de la Faja Volcánica Transversal en los estados de Jalisco, Michoacán y en el centro, especialmente en el Estado de México (Salinas, *et al.*, 2010).

Hall y Davies (1968), describen el ataque de *D. adjunctus* es directamente en masa a través de la corteza del árbol generando galerías y en donde van colocando sus huevecillos, debilitando y llegando a matar al individuo colonizado, para posteriormente dispersarse a árboles cercanos y seguir alimentándose.



Figura 5. Galería del descortezador.

Esta especie presenta una longitud de cuerpo para el macho de 2.9 a 6.6 mm, con un promedio de 5.2 y para la hembra de 3.4 a 6.9 m, con un 5.4 mm como promedio. El color del cuerpo cuando el insecto ha llegado a su madurez puede variar entre negro y café (Cibrián, *et al.*, 1995).

Los élitros tienen lados rectos y subparalelos en los dos tercios basales y son relativamente redondeados en la parte posterior. El declive de los élitros es moderadamente pronunciado y convexo. Una característica distintiva de la especie es la presencia de un tipo de pelos huecos (setas) grandes y escasos en el declive éitral, que salen de gránulos bien definidos (Castellano, *et al.*, 2013).



Figura 6. *Dendroctonus adjunctus* (Blandford). Tomada de: Bark and Ambrosia Beetles

Cibrián (1995) menciona que el huevecillo es blanco y oblongo, mide 1 mm de longitud y 0.6 mm de ancho. La larva es curculioniforme, con la cabeza bien desarrollada y mandíbulas fuertemente esclerosas; el cuerpo es de color blanco cremoso y brillante. Se presentan cuatro instares larvales. La pupa es exarata; al principio del estado es de color blanco cremoso y posteriormente se observan tonos oscuros en mandíbulas, parte de las y ojos. La longitud de las pupas es de 5.1 mm en promedio.

En el año de 1974 Stevens y Flakes, señalaron que el indicador de la presencia de *D. adjunctus* en el árbol, se observan con la presencia de grumos de resina mezclada con aserrín en el fuste de los árboles. Esta resina es una acumulación de aserrín en el fuste de los árboles en las hendiduras de la corteza y es más abundante alrededor del árbol. En ataques recientes los grumos de resina en el fuste son suaves y se observan de un color rosado a rojizo. En árboles con poco ataque, los grumos son más grandes que aquellos en árboles con mayor afectación. Los grumos de resina son más frescos y más notables durante el período de ataque (véase en la figura 7), que ocurre de septiembre a noviembre.



Figura 7. Ataque del descortezador. Elaboración propia.

Con base en Torres y Sánchez (2005), esta especie ataca en árboles mayores de 46 cm de diámetro (diámetro a la altura del pecho) la parte baja del fuste (hasta 3.7 m), y en árboles pequeños.

3.11.2. *Dendroctonus mexicanus* (Hopkins)

Dendroctonus mexicanus (Hopkins) se reporta como el insecto descortezador que mayor daño causa a los bosques de pino en México, ocasionando un gran impacto en la producción de madera que con frecuencia obliga a realizar cortes de saneamiento y aprovechamiento de maderas muertas (Sánchez y Torres, 2007).

Esta especie de descortezador se encuentra distribuido en los estados de Aguascalientes, Chiapas, Colima, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, y Zacatecas, presentando un rango altitudinal que va desde los 1200 hasta los 2850 m (Tkacz, *et al.*, 1998) e (Iñiguez, 1999).

D. mexicanus tiene como hospedantes a las siguientes especies: *Pinus ayacahuite*, *P. arizonica*, *P. cembroides*, *P. cooperi*, *P. douglasiana*, *P. durangensis*, *P. greggii*, *P. hartwegii*, *P. herrerae*, *P. lawsoni*, *P. leiophylla*, *P. maximinoi*, *P. michoacana*, *P. montezumae*, *P. patula*, *P. pinceana*, *P. pseudostrobus*, *P. rudis*, y *P. teocote* (Tkacz, *et al.*, 1998).

El adulto tiene una longitud aproximada de 2.3 a 4.5 mm su color es negro brillante, presenta de 4 a 5 generaciones al año dependiendo de la altitud del sitio (Sánchez y Torres, 2007). Tkacz y colaboradores (1998), reportan que *D. mexicanus* a alturas de 2300 a 2500 m el número de generaciones que se presentan son 4. La frente del insecto es convexa, presenta dos elevaciones separadas por un surco que baja por parte media de la cabeza. Los huevecillos son ovalados, de una consistencia suave y lisa.

La larva presenta la cabeza esclerosada, su aparato bucal es masticador, su cuerpo es cilíndrico, apodo de color cremoso y pasa por 4 instares larvarios. Las pupas son de tipo exarata, de color blanco cremoso al principio para después ser café claro y al final café oscuro (Cibrián, *et al.*, 1995).



Figura 8. *Dendroctonus mexicanus*. Fuente: Bark and Ambrosia Beetles

Los escarabajos pueden atacar árboles desde los 5 cm a más de 40 cm de DAP (diámetro a la altura de pecho), aunque la sobrevivencia y el desarrollo de las larvas se realiza en árboles con mayor diámetro (Tkacz, *et al.*, 1998).

El ataque lo inician en grupos, aunque en realidad es la hembra la que hace la perforación de la entrada de la galería. Desde que entra excava una galería de corta distancia en dirección vertical ascendente que permite que fluya la resina (Perry, 1991). Una vez que las hembras han entrado al floema libera esporas de hongos del género manchador *Certocystis* sp., que germinan inmediatamente produciendo hifas que se internan al interior de la albura de la madera del floema, los hongos producen un micelio que bloquea los conductos de resina y las traqueidas transportadoras de agua (Cibrián *et al.*, 1995). También libera feromonas (frontalina, brevicomina y transverbenol) que atraen al macho para iniciar el apareamiento el cual ocurre dentro de los primeros 3 cm de las galerías (Sánchez y Torres, 2007) e (Iñiguez, 1999).

En el interior de un árbol infestado es común encontrar varios estados de desarrollo, sobre todo en aquellos árboles que tienen su follaje verde amarillento o amarillento. Se sabe que las hembras pueden ovipositar durante varias semanas y que los huevecillos puestos en un principio se desarrollan y dan lugar a la primera generación de *D. mexicanus*. En un principio puede haber sólo un árbol infestado y a partir de aquí desarrollarse un manchón, es decir un grupo de árboles atacados; la población de adultos emergentes de varias generaciones hace que se incremente el número de árboles que lo componen (Cibrián, *et al.*, 1995).

3.11.3 *Dendroctonus frontalis* (Zimmerman)

Dendroctonus frontalis es considerada la especie de descortezador que más daños ocasiona en América Central y áreas del sur de Norte América. Es la principal plaga de los pinos su distribución abarca desde Pensilvania hasta el sur de México y América Central (FAO, 2009).

Con base a Salinas y colaboradores (2010) en México esta especie está distribuida en los estados de Chiapas, Guerrero, Hidalgo, México, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro y San Luis Potosí. Su rango altitudinal se encuentra entre los 600 y 3 200 m, aunque la altura idónea es a los 1 500 y 2 000 m. Entre sus hospederos se encuentran: *Pinus devoniana*, *P. douglasiana*, *P. greggii*, *P. lawsonii*, *P. leiophylla*, *P. maximinoi*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. pringlei*, *P. pseudostrobus* y *P. teocote*.

Coulson y Witter (1990), describen a esta especie como la más pequeña del genero *Dendroctonus* spp., al tener una longitud de 2 a 4 mm siendo que el promedio para el género es de 3 mm, su coloración varia de café a negra. El patrón de la galería de ovoposición tiene forma de serpentina o de “S”, normalmente infesta el fuste limpio del árbol, desde la base hasta la copa.



Figura 9. *Dendroctonus frontalis*. Fuente: Bark and Ambrosia Beetles

Dendroctonus frontalis tiene un ciclo de vida de 43 a 70 días por lo que puede tener hasta 7 generaciones al año, por lo que alcanza niveles de epidemia bastante altos y frecuentes con una duración de 2 a 3 años (Cibrián, et al., 1995). La duración de los estadios es de 3 a 11 días para el huevo, 15 a 40 para la larva, de 5 a 17 para la pupa y de 6 a 14 para el adulto (Madaleña, 1991).

El huevo es ovalado, algo elíptico, de consistencia suave, de coloración blanco-perla, de 1.5 mm de largo por 1 mm de ancho. La larva es subcilíndrica, ápoda, blanco-cremosa; tiene forma de C, con la cabeza esclerosada y un aparato bucal bien desarrollado. La larva madura mide 5 a 7 mm de longitud. El insecto pasa por cuatro instares larvarios. La pupa es de color blanco-cremoso y suave (Cibrián, *et al.*, 1995).

Los meses de vuelo normalmente son durante los meses de abril y mayo continuando hasta finales de septiembre y octubre, esto debido a que en este lapso de tiempo se presenta la temperatura óptima de vuelo que es de 27 °c (Iñiguez, 1999).

Las hembras adultas al establecerse en el árbol liberan una feromona que, combinada con el olor de las perforaciones frescas del hospedante, se encargan de atraer al macho para iniciar la copulación. Por lo general el ataque se inicia en la porción media del fuste y continúa en ambas direcciones, hacia arriba y hacia abajo. La duración del período de ataque varía de pocos días a excepcionalmente varias semanas (Cibrián, *et al.*, 1995).

El principal síntoma de la presencia de *D. frontalis* es la presencia de grumos de aserrín a lo largo del fuste y la decoloración de las acículas del árbol, primero tomando una coloración amarillenta y posteriormente rojiza en un lapso promedio de 1 a 2 meses después del ataque (FAO, 2009).

3.11.4 *Ips* spp.

Los individuos del género *Ips* no son considerados como plagas primarias ya que rara vez llegan a colonizar y matar un árbol sano. Los hospederos favoritos de estas especies son los árboles colonizados por alguna especie primaria, árboles caídos o residuos de corta en donde llevan a cabo su reproducción (Coulson y Witter, 1990). También son también son diseminadores del hongo *Ceratocystis*, causantes del manchado azul de la madera (véase en la figura). (Madaleña, 1991).

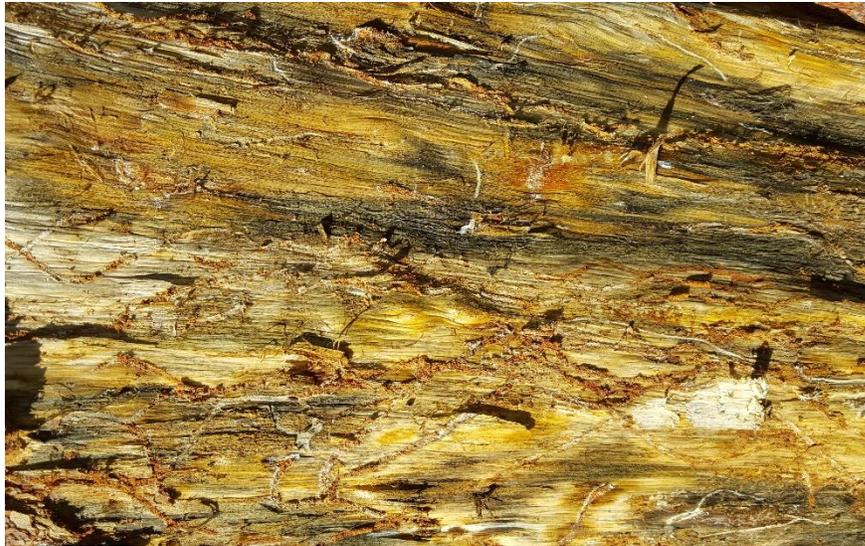


Figura 10. Manchado ocasionado por el hongo *Ceratosystis*. Elaboración propia.

Todas las especies de *Ips*, infestan a las coníferas, principalmente a pinos y piceas, en ocasiones también infestan al alerce y al abeto (Coulson y Witter, 1990).

Cibrián y otros en (1995) menciona que este género es muy fácil de reconocer debido a su declive élitral cóncavo, que tiene de 3 a 6 espinas en cada uno de sus lados. El pronoto cubre a la cabeza desde la vista dorsal.

Los escarabajos son cilíndricos, de color rojo oscuro o de color marrón a negro, y por lo general de 3.5 mm de longitud, aunque algunas especies pueden alcanzar los 6 mm, las larvas tienen forma de C y son indistinguibles de otras larvas de especies de escarabajo de la corteza, estas al alimentarse del floema, anillan la parte interior de la corteza, impiden el flujo de nutrientes a las raíces, provocan el marchitamiento del follaje y la posterior muerte del árbol (López, *et al.*, 2009). Regularmente hay dos generaciones al año, pero en periodos prolongados de sequía puede haber de tres a cuatro generaciones. Pasan la temporada invernal en el suelo y en primavera infestan los árboles dañados (USDA, 2011).



Figura 11. *Ips* spp. Fuente: Bark and Ambrosia Beetles

El macho coloniza el árbol, excava la cámara nupcial y comienza con la construcción de las galerías. Debido a la segregación de feromonas sexuales pueden atraer de 3 a 5 hembras que después de la copulación deposita sus huevos sobre las galerías (Madaleña, 1991). Los nuevos individuos emergen en un tiempo aproximado de 6 a 8 semanas.

Coulson y Witter (1990) describen que las galerías son alargadas con dirección vertical con respecto al eje principal del árbol. Tienen forma de Y o H con la cámara nupcial en el centro.

Debido al ataque del descortezador, el fuste del árbol segrega aserrín de color amarillo o de color rojizo que se acumula en grietas de la corteza o alrededor de la base del árbol. Cuando los individuos salen del árbol lo hacen por medio del grumo. Posteriormente de su salida el grumo se decolora y se seca (Cranshaw y Leatherman, 2014).

3.11.5 *Scolytus mundus* (Wood)

Es una de las plagas de mayor importancia en los bosques de oyamel de México, tiene como hospedantes a *Abies religiosa*, *A. vejarii*, y *Pseudotsuga menziesii* (Tkacz, et al., 1998). Su distribución en México se encuentra en los estados de Hidalgo, Michoacán, Morelos, Puebla, Tlaxcala, Estado de México y Distrito Federal. Sus infestaciones originan alteraciones negativas de carácter estético, así como problemas de regeneración natural y producción de semilla (Cibrián, et al., 1995).

Presenta un color negro específico, está presente en arboles de oyamel y posee una longitud de 3.6 a 4.5 mm. Es atraído por algunos compuestos volátiles que son desprendidos de tejidos muertos del árbol (oleorresinas, alcoholes y/o terpenos). Se

transporta aprovechando las corrientes de aire para llegar a las partes altas del fuste, para posteriormente barrenar la corteza y dirigirse a la interface del cambium-floema con el fin de alimentarse (Wood, 1982).



Figura 12. *Scolytus mundus* (Wood). Fuente: Fuente: Bark and Ambrosia Beetles

De acuerdo con Cibrián y colaboradores, *S. mundus* presenta dos generaciones al año. La primera inicia de los meses de octubre a mayo y la segunda de junio a octubre. Para que esta especie pueda colonizar al hospedante necesita que esté presente un estado de estrés y de la habilidad de competir con las especies nativas del lugar.

El árbol es atacado por la hembra que llega hasta la madera y oviposita los huevos a lo largo de las ramificaciones pertenecientes a una galería que construye en forma perpendicular al eje del árbol y de esta forma asegurar la germinación de los huevecillos (Arreola, 2013).

La larva es apoda, tiene un color blanco cremoso con la cabeza bien desarrollada y de color amarillento, a excepción del aparato bucal que está fuertemente esclerosado (Cibrián *et al.*, 1995).

Los insectos pueden infestar el árbol a diferentes alturas del fuste, cuando la galería no perfora a la rama o fuste, puede morir sólo el área dañada por el descortezador, para este caso se desprenderá la corteza y se iniciará el proceso de cicatrización de la herida (Hernández, 2013).

3.11.6 *Pseudohylesinus variegatus*

Los escarabajos de esta especie atacan árboles jóvenes o adultos que se encuentran caídos o heridos. Los árboles más susceptibles son aquellos que se encuentran en el sotobosque y los juveniles que están situados en rodales densos. Son escarabajos muy activos, el hospedero principal es el oyamel (*Abies religiosa*) y es común que se presente asociado con *Scolytus* spp. (Carlson & Ragenovich, 2012).

En México se encuentran distribuidos en los estados de Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, México y Distrito Federal (Cibrián, *et al.*, 1995).

La longitud del adulto varía de 4 a 5 mm, la superficie del cuerpo está cubierta con escamas de color gris y café que le dan una apariencia café-grisácea. Solo los machos presentan setas en forma de escamas en la mitad superior de la frente y las hembras son portadoras de esporas del género *Tritalica* (Torres y Sánchez, 2006).

El ataque se presenta en los primeros 6 metros del fuste. Como síntoma de ataque el hospedero presenta en la corteza pequeños orificios con resina de 2 a 3 mm de diámetro (Cibrián, *et al.*, 1995).

No es fácil detectar cuando inicia el ataque, ya que el árbol puede morir sin presentar lesiones aparentes. Una característica para su identificación es la forma de su galería parental, ya que ésta es recta, perpendicular al fuste y a diferencia de la galería de *Scolytus*, no presenta cámara nupcial, el tamaño va de 2 hasta 20 cm de longitud (Torres y Sánchez, 2006).



Figura 13. *Pseudohylesinus variegatus*. Fuente: Bark and Ambrosia Beetles.

3.12. Hongos del género *Ophiostoma* spp.

De acuerdo a Pérez y colaboradores (2011), los descortezadores son vectores de los hongos del género *Ophiostoma* spp., causante del manchado azul de la madera que contribuye a la muerte de árboles en coníferas y angiospermas.

En nuestro país se han reportado *Ceratocystiopsis collifera*, *Ophiostoma picea*, *Ophiostoma piliferum* y *Leptographium* sp., asociado a *P. hartwegii* y otros 13 hongos ophiostomatoideos en coníferas y latifoliadas (Pérez *et al.*, 2009).

Las esporas de estos patógenos son reproducidas en el interior de las galerías ocasionadas por los descortezadores y son transportadas en el exoesqueleto, micangios o aparato digestivo de estos. Se ha determinado que los hongos ayudan a matar el árbol por la reducción de agua, azúcares, y acumulación de monoterpénoides potencialmente tóxicos en el xilema y floema (Pérez *et al.*, 2011).

IV. Materiales y métodos

4.1. Zona de estudio

El Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca. Se localiza al suroeste del Valle de Toluca, entre los 18°57' y 19°13' de latitud norte y los 99°37' y 99°58' de longitud oeste (Arriola, *et al.*, 2015). El APFFNT se encuentra delimitado por la cota 3000 m, rodeando al volcán Xinantécatl, y se extiende sobre una superficie aproximada de 540 km² (Rodríguez y Franco, 2003), superficie que abarca parte de los municipios de: Zinacantepec, Villa Guerrero, Temascaltepec, Amanalco, Villa Victoria, Almoloya de Juárez, Toluca, Calimaya, Coatepec Harinas y Tenango del Valle (Vargas, 1999).

El Nevado de Toluca se encuentra rodeado de extensos bosques templados y constituyen el principal suministro de agua del Valle de Toluca aportando cerca del 30% del agua de infiltración natural del acuífero de Toluca y 14% adicional del agua de la Zona Metropolitana del Valle de México.



Figura 14. Nevado de Toluca. Elaboración Propia.

4.2. Colecta de descortezadores

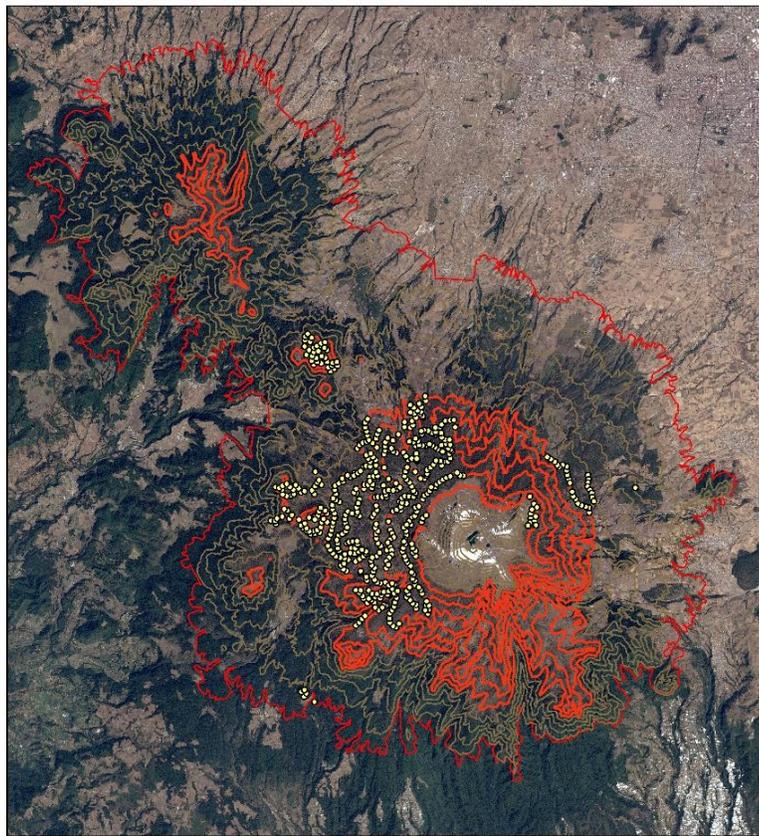
La recolección de insectos se realizó en 30 puntos de muestreo, esta se hizo de forma manual en árboles que presentaron síntomas del ataque del descortezador. Posteriormente tomando en cuenta a Macías (2004), los organismos fueron colocados en recipientes con etanol al 70 % para su conservación, se etiquetaron y llevaron al laboratorio de sanidad forestal de PROBOSQUE, ubicado en el municipio de Metepec, Estado de México para su determinación específica.



Figura 15. Colecta de las muestras. Elaboración propia.

4.3. Método de Muestreo

El método utilizado se adaptó del muestreo sistemático (Dauber 1995), y del método de transectos propuesto por Mostacedo y Fredericksen (2000), utilizando las curvas de nivel como transectos; iniciando en la cota de los 3 000 hasta los 4 000 msnm, con una separación de 100 metros entre cada curva de nivel. Con base en la observación realizada en campo, los sitios se establecieron a lo largo de los transectos con una separación de 200 m entre ellos, ya que se observó que a una distancia mayor entre puntos el bosque muestra diferentes características físicas y topográficas.



Universidad Autónoma del Estado de México
 Facultad de Ciencias Agrícolas

Mapa:
 Identificación de brotes de descortezadores en el "Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca"

Simbología
Sitios de muestreo
 ○ Sitios de muestreo
 [Red Outline] Límite_APFNT
 [Red Line] Curvas de nivel Equidistancia 100 m

○ **Sitios: 535**

DATUM: WGS_1984_UTM_Zona14
 FUENTE: Basado en datos recolectados en campo
 Elaborado por P. en G. Santiago Vázquez Lozada

Figura 16. Método de muestreo.

En el sitio de muestreo se delimitó un círculo con un radio de 17.8 m, dentro de éste se midieron todos los árboles fustales (>7.5 cm de DAP), a todos se les tomo sus mediciones dasométricas (DAP, altura, presencia de descortezador y muérdago, incendios, densidad de bosque, exposición y altitud) para poder realizar la caracterización del sitio.

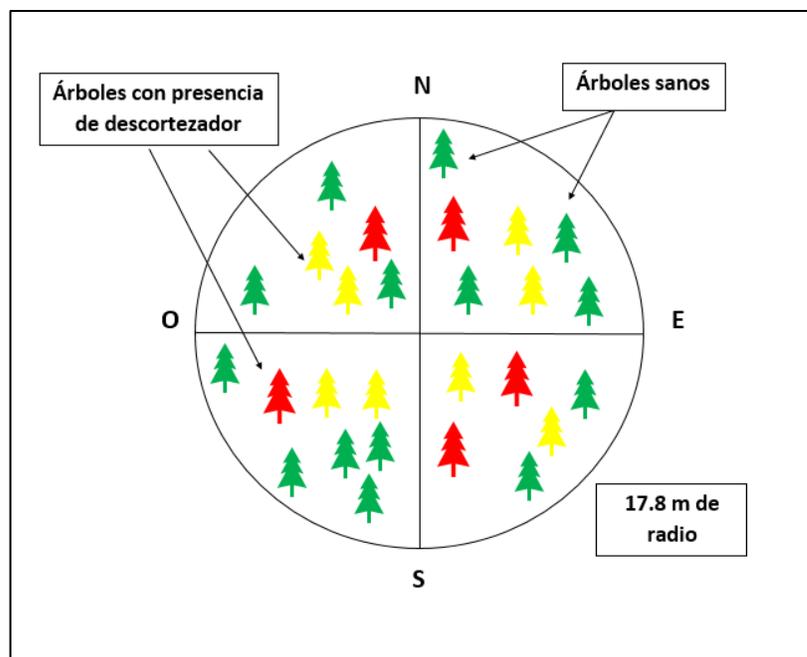


Figura 17. Sitio de muestreo. Elaboración propia.

4.4. Identificación de especies

Para la determinación de las especies se utilizaron las claves propuestas por Wood (1982) y Cibrián (1995), las cuales fueron tomadas como referencia de acuerdo a la morfología de los insectos capturados.

Además, el estudio incluyó la descripción de la genitalia, tomando en cuenta a Camacho (2012). Los abdómenes de los individuos y se colocaron en tubos de ensaye. Posteriormente se agregó KOH (hidróxido de potasio) a una concentración del 40 % y se calentó a baño maría durante un lapso de 15 minutos haciendo agitaciones periódicas con el fin de evitar la desintegración del edeago. Una vez transcurrido el tiempo los abdómenes se enjuagaron en agua destilada caliente y se procedió con ayuda de alfileres a extraer para el caso de individuos macho el edeago, la espícula y el tegmen y para las hembras el esternito VIII y la espermateca. Al finalizar se colocaron en portaobjetos con una gota de bálsamo de Canadá y con un cubreobjetos se selló la muestra. Se analizaron utilizando el microscopio estereoscópico y el microscopio electrónico, Se tomaron como referencia las claves de Wood (1982), adaptadas por Camacho (2012), para individuos de *Ips* y para *D. adjunctus* se utilizaron las imágenes de varillas seminales sugeridas por Cibrián (2014).

4.5. Determinación de los niveles de infestación de los brotes

La determinación de los niveles de infestación, se hizo mediante la clasificación propuesta por Billings y Espino (2005), en donde clasifica la sanidad del árbol en tres fases o niveles:

- Fase 1: El árbol presenta la copa verde y grumos de resina fresca.
- Fase 2: El árbol se encuentra infestado de larvas dentro de la corteza, presenta la copa amarillenta con grumos secos y duros a lo largo del fuste.
- Fase 3: Se caracteriza porque el árbol presenta la copa rojiza o de color marrón, con muchos orificios por la salida de los escarabajos en la corteza suelta, así como de árboles muertos y sin hojas.



Figura 18. Niveles de Infestación. Elaboración propia

4.6. Representación de datos georreferenciados

La distribución fue representada con el programa ARCVIEW 3.2, el cual es una herramienta en donde se pueden representar datos georreferenciados. En el mapa obtenido se representó la afectación del descortezador de acuerdo a la densidad de bosque, los lugares de muestreo y los niveles de infestación de los sitios (alto, medio y bajo) y los lugares donde se realizaron las colectas.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Especies de descortezadores encontradas en el Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca

5.1.1. *Dendroctonus adjunctus* (Blandford)

La determinación de los especímenes colectados fue realizada con base en la observación de los declives élitrares. Se encontró que todos los individuos presentaban declives convexos con setas grandes y escasas, que salían de montículos bien definidos en medio de las estrías del élitro y su tamaño oscilaba entre los 4.5 y 5.4 mm (véase en la figura 19).

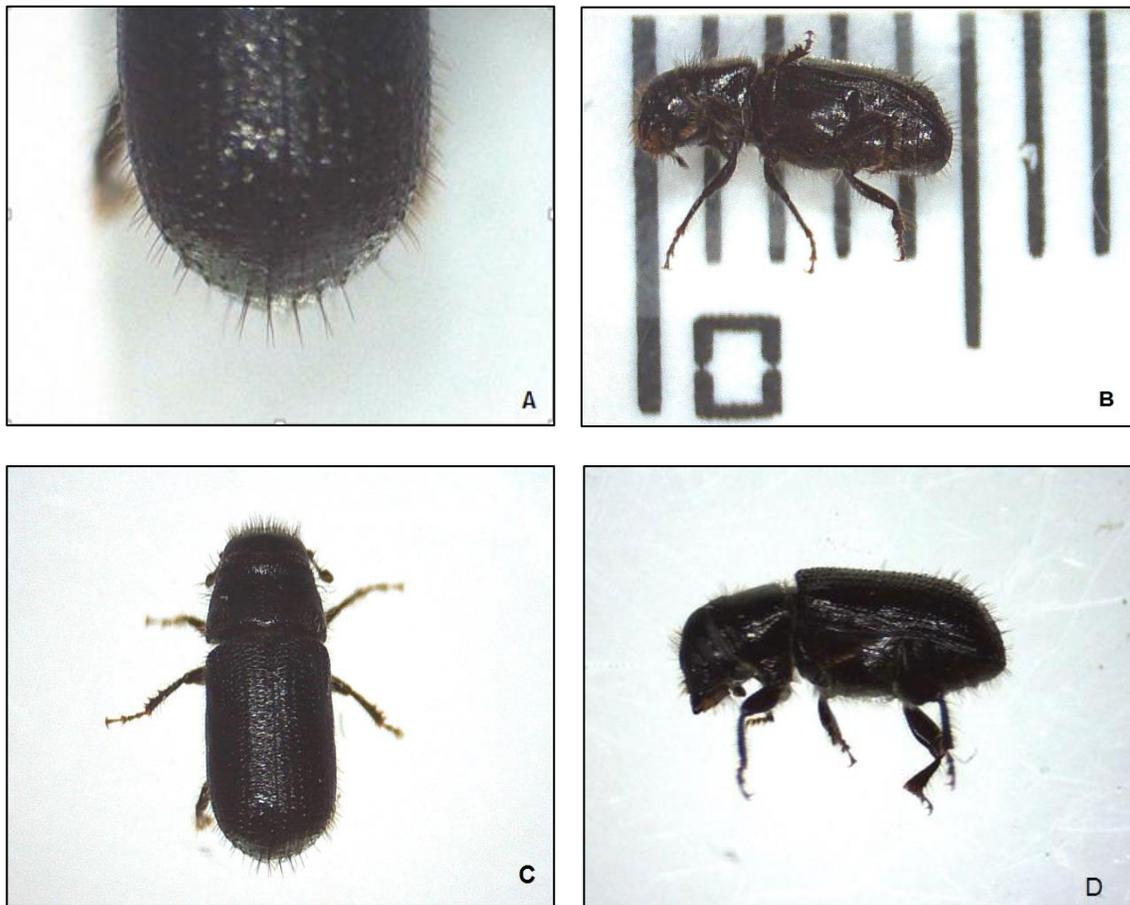


Figura 19. Morfología de *D. adjunctus*. A. Declive elitral. B. Tamaño del insecto. C. Vista dorsal y D. Vista lateral. Elaboración propia.

Una vez realizada la determinación morfológica, se procedió a extraer el edeago, el cual se comparó con los publicados por Cibrián (2014), encontrando similitudes en el proceso ventral al ser muy agudo y muy desarrollado y el proceso dorsal menor desarrollado y presentando una varilla seminal robusta.

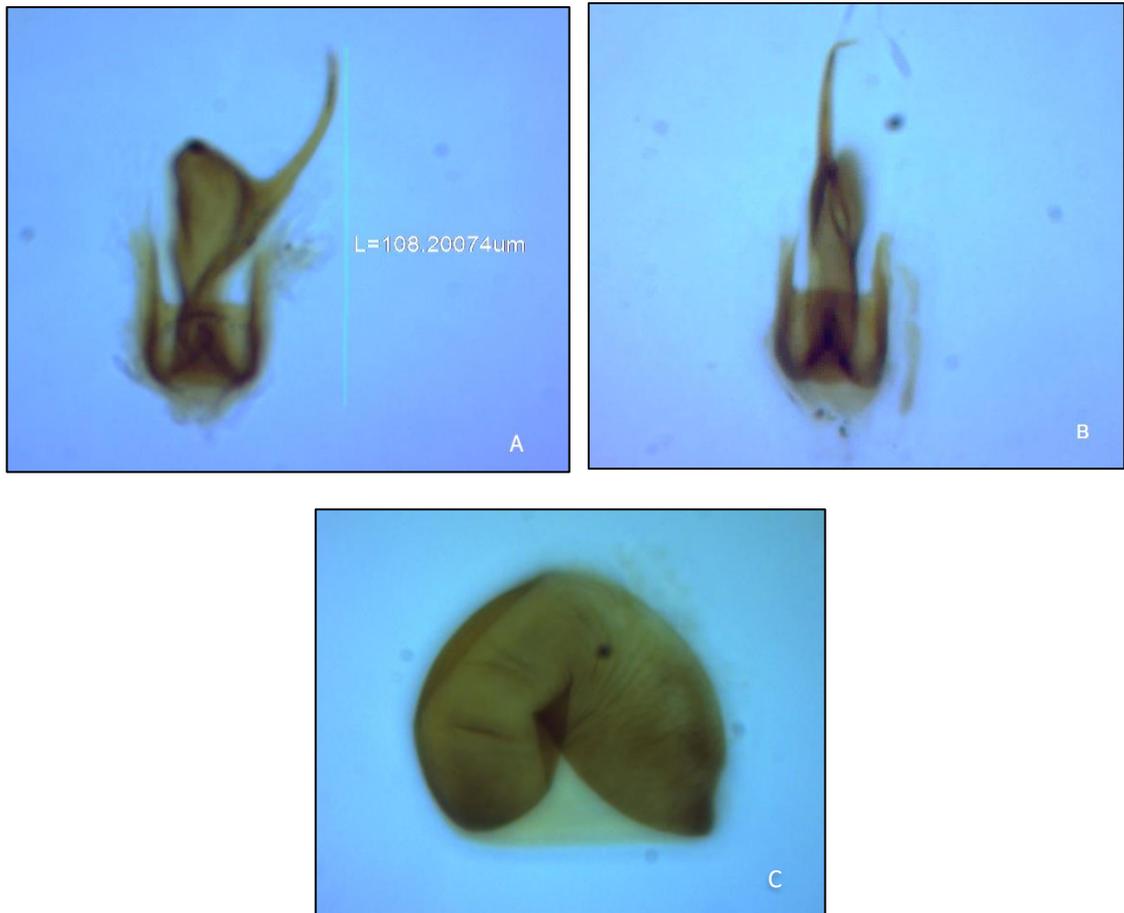


Figura 20. Varilla seminal. A). Vista lateral. B). Vista dorsal. C). Espermateca. Elaboración propia.

Los resultados de la determinación de especies no mostraron presencia de especies nuevas a las reportadas por Escobar (2012); Endara y colaboradores (2012) y Chávez (2015) quienes reportaron únicamente a *D. adjunctus* afectando el área. La especie de pino hospedara de estos insectos fue *P. hartwegii*, el cual esta reportado por Salinas y otros (2010), como el más susceptible al ataque del descortezador al presentar el 58 % de incidencia en comparación a otras especies.

5.1.2. *Ips bonanseai* (Hopkins)

La colecta también dio como resultado la presencia de *I. bonanseai*, actuando como descortezador secundario. La identificación morfológica mostró insectos con un declive que presentaban élitros con cuatro pares de espinas (figura 21 B), un tamaño promedio de 3.3 mm y un tubérculo frontal que está conectado a una carina al tubérculo epistomal (figura 21 A), las puntuaciones posteriores a la cima del pronoto de igual tamaño a las que se presentan en los lados laterales del mismo.

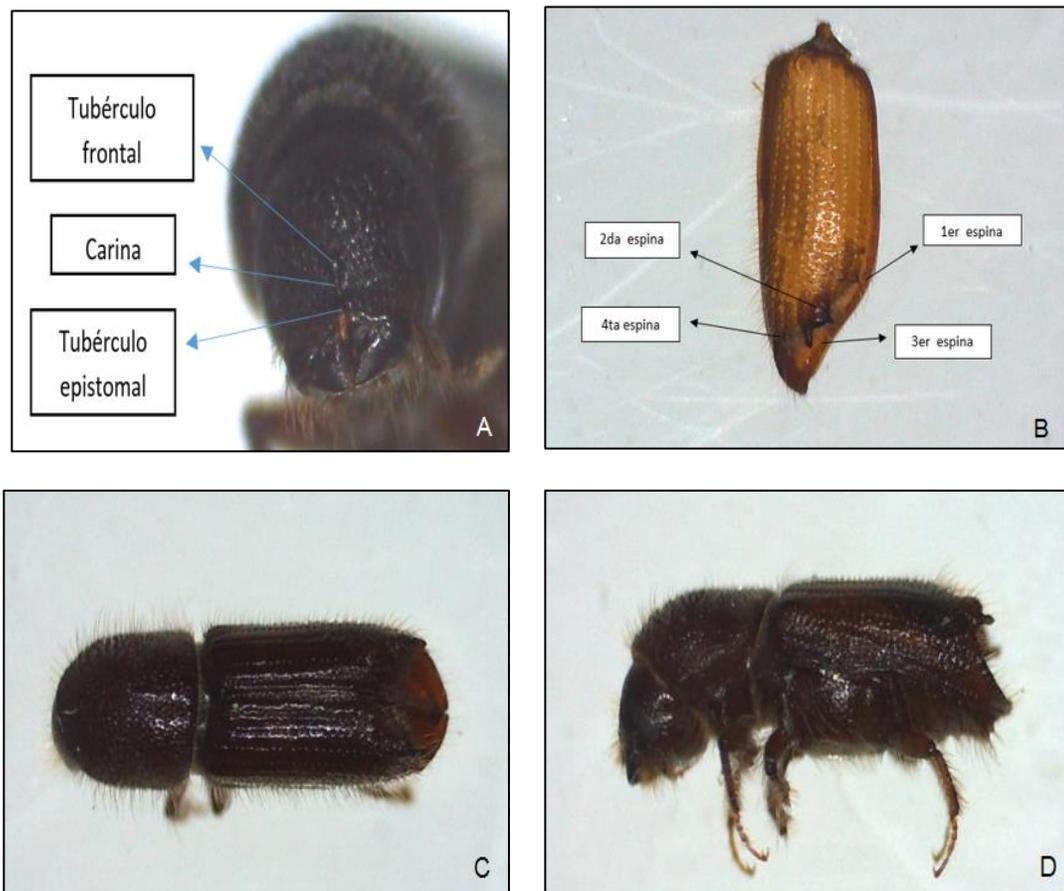


Figura 21. *Ips bonanseai*. A. Frente. B. Élitro. C. Vista dorsal. D. Vista lateral. Elaboración propia.

Una vez terminada la identificación morfológica se realizó la extracción del edeago para confirmar que la especie encontrada se tratara de *Ips bonanseai*.

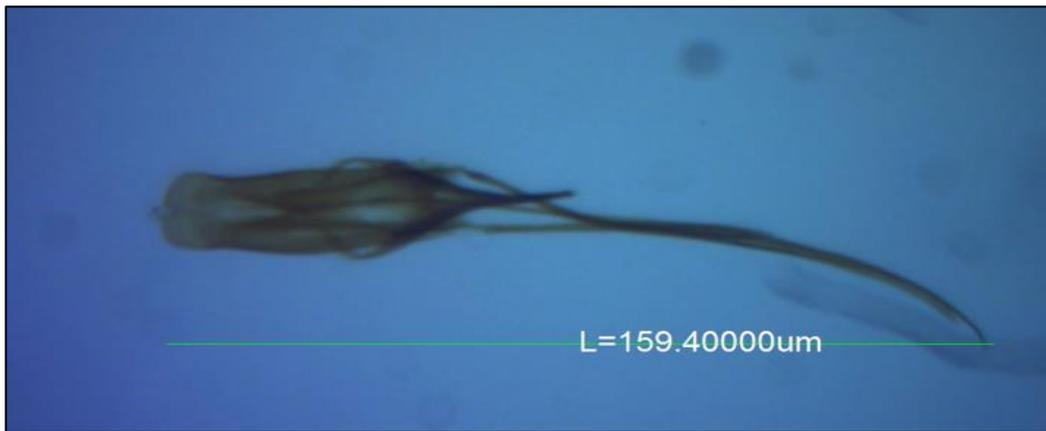


Figura 22. Edeago de *Ips bonanseai*. Elaboración propia



Figura 23. Espermateca de *Ips bonanseai*. Elaboración propia.

Los edeagos y espermatecas obtenidos fueron comparados con los mostrados por Camacho (2012), obteniendo las mismas estructuras para ambos sexos y confirmando la especie ya identificada morfológicamente.

El descortezador se encontró afectando a *P. hartwegii*, por lo que muestra similitud con lo descrito con Cibrián (1995) y Camacho (2012), quienes reportan a este tipo de pino como hospedero del insecto.

5.2. Caracterización de los brotes

5.2.1. Nivel de infestación de los brotes

El muestreo realizado arrojó un total de 98 sitios con indicios de descortezador, de los cuales 26 presentan un nivel de infestación alto, 37 de nivel medio y 35 un nivel bajo como se representa en la siguiente figura:

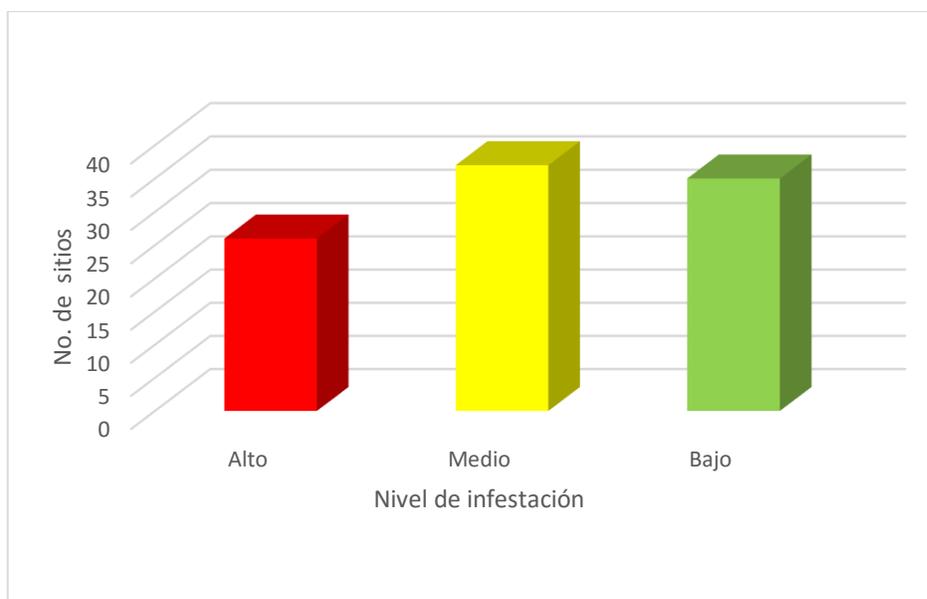


Figura 24. Nivel de Infestación de los sitios

El total de árboles contabilizados fue de 1919 de la especie *P. hartwegii*, los cuales 160 presentan algún tipo de afectación y al igual que los sitios, se clasificaron en las 3 diferentes fases propuestas por Billings y Espino (2005).

Grado de infestación por descortezador	No. de árboles
Nivel 1 (Copa verde y grumos de resina fresca)	60
Nivel 2 (Copa amarillenta con grumos secos a lo largo del fuste)	52
Nivel 3 (Copa rojiza, árboles muertos sin hojas)	48
Total	160

Cuadro 1. Niveles de infestación

5.3. Caracterización de los sitios de muestreo

5.3.1. Categorías diamétricas (DAP)

Se clasificó a los árboles de acuerdo a sus clases diamétricas, estas iniciaron partiendo de la categoría juvenil la cual presenta un diámetro a la altura de pecho (DAP) de 2.5 cm hasta los 7.4 cm. La siguiente clase pertenece a la de fustales o adultos, la cual abarca árboles por encima de los 7.5 cm de DAP, esta se dividió en intervalos de 5 en 5 para conocer con mayor exactitud los rangos de afectación del descortezador de acuerdo al diámetro. El resultado fue el siguiente:

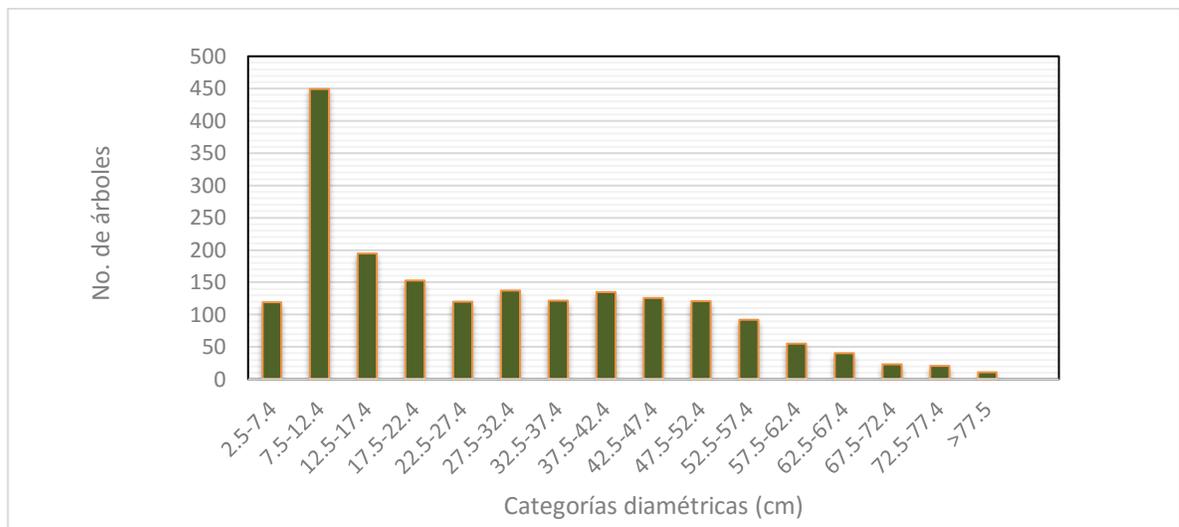


Figura 25. Clasificación de los árboles en categorías diamétricas

La categoría en donde se concentra el mayor número individuos es la que va de 7.5 a 12.4 cm con un total de 449 individuos, las de menor presencia de individuos son las mayores a 67.5 cm.

El estudio coincide con lo realizado por Endara (2007), en donde reporta que las categorías diamétricas con mayor número de extracción son las que van de los 20 a los 29 cm de DAP, lo que da como resultado que haya pérdida de cobertura forestal

5.3.2. Afectación del descortezador por categorías diamétricas

El estudio mostró diferencias con lo descrito por Castellano y colaboradores en 2013, quienes mencionan que solo los árboles por encima de los 12.5 cm de DAP son susceptibles al ataque de estos insectos, ya que se encontraron 7 árboles afectados que están por debajo de la medida antes mencionada.

Las categorías con mayor afectación se encuentran de los 22.5 a los 57.4 cm de DAP y las que presentan mayor número de individuos con descortezador son las 32.5 a 37.4 y 42.5 a 47.4 cm de diámetro.

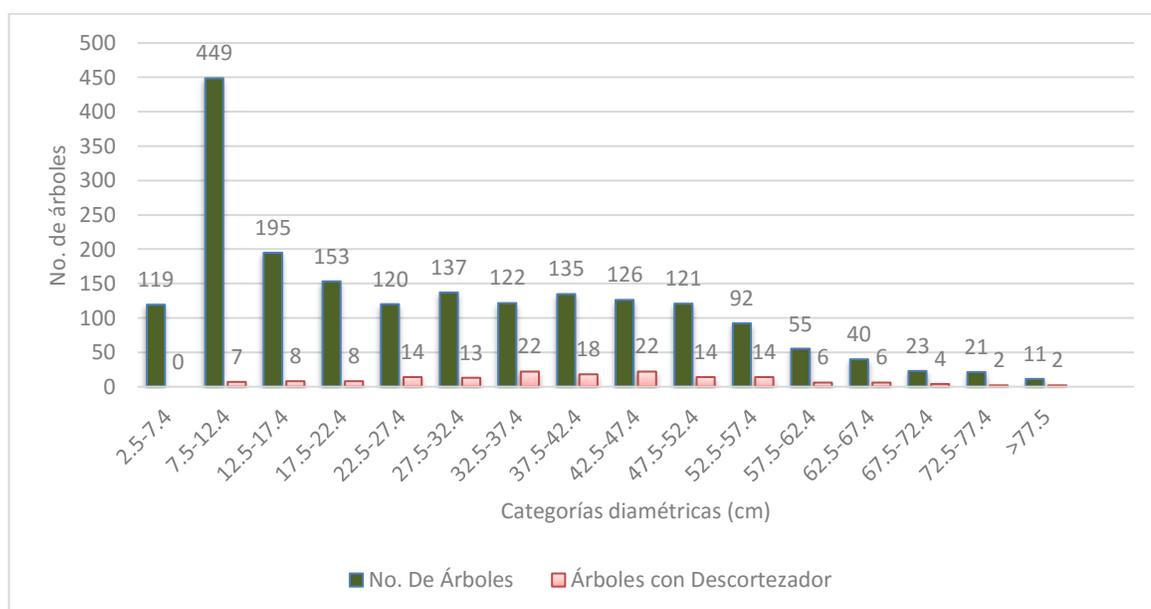


Figura 26. Afectación del descortezador por categorías diamétricas

Sánchez y Silva (2008), realizaron una caracterización de un brote y encontraron que los árboles más afectados fueron los que se encontraban entre los 30 a 40 cm de DAP y por arriba de los 50 cm era menor el ataque. Esto concuerda con los resultados obtenidos ya que como se mencionó anteriormente la mayor concentración de árboles afectados esta en este intervalo.

En el caso de las ultimas categorías (57.5 a >77.5), la poca incidencia puede atribuirse al poco número de individuos existentes en el área estudiada, a un mayor grosor en la corteza del hospedero lo que dificulta la entrada de los insectos hacia el floema e inclusive que pudiesen presentar algún tipo de resistencia genética al descortezador.

5.3.3. Altura de los árboles

Para el caso de las alturas se optó por tomar la clasificación de la estructura vertical del bosque utilizadas por Castañeda *et al.*, (2015) y Endara y colaboradores (2010), quienes clasifican los estratos forestales en superior (a partir de los 24 m de altura y mayor a 35 cm de DAP, estrato medio (a partir de 14 m de altura y entre 15-30 cm de DAP) y estrato inferior (a partir de los 3.5 m de altura y de 5 a 10 cm de DAP), y se determinó que estrato fue el más afectado por el ataque del descortezador el siguiente resultado:

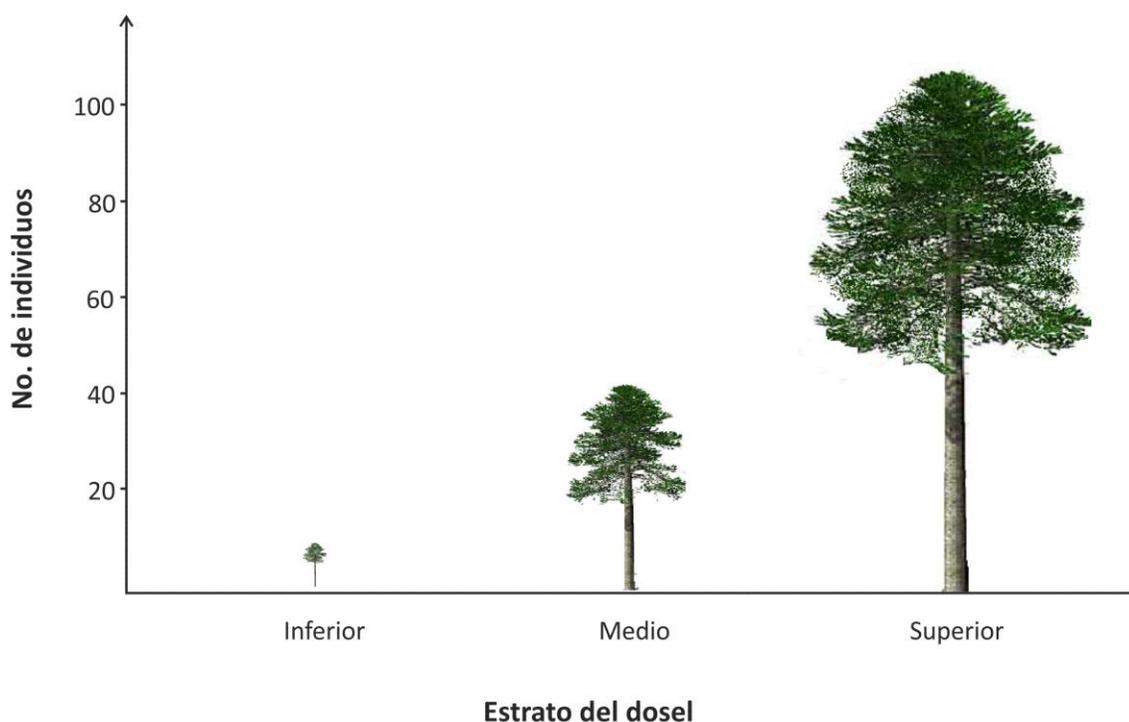


Figura 27. Afectación del descortezador en estratos forestales. Elaboración propia.

Se encontró que el descortezador tiene mayor presencia en el estrato superior (110 árboles), esto se puede comparar a lo escrito por Castellano *et al.*, (2013), quien hace mención que la edad del rodal tiene una relación inversa con el vigor del árbol, una vez que la madurez fisiológica ha sido alcanzada, los árboles con frecuencia llegan a ser más susceptibles al ataque, además de que en este estrato están los individuos de las categorías diamétricas más susceptibles (32.5 a 42.5 de DAP).

5.3.4. Altitud

En la gráfica, se muestran los resultados relacionados a los diferentes rangos altitudinales en donde se encontraron los 98 sitios de muestreo. A partir de esta se observa que la presencia del descortezador va aumentando conforme se incrementa la altura, mostrándose mayor incidencia de insectos descortezadores a una altura que va desde los 3 500 a los 3 800 m. El intervalo de altura con mayor número de sitios afectados fue el de 3 601 a 3 700 m con un total de 24, a alturas inferiores de los 3 000 m, no se encontraron sitios afectados por el descortezador.

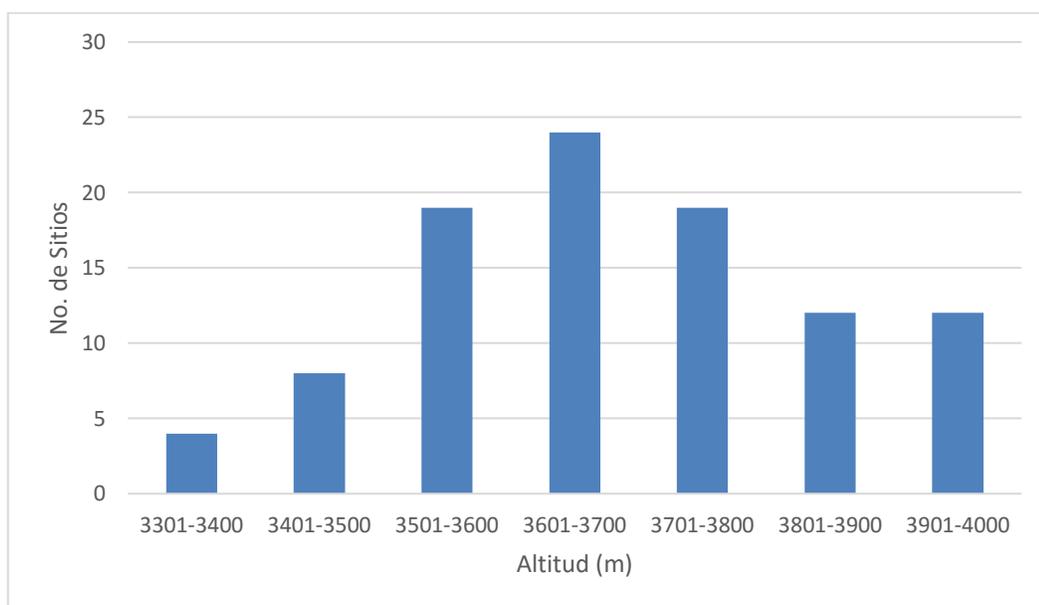


Figura 28. Altitud de los sitios

Tomando en cuenta estos resultados, se puede definir que la especie dominante en los sitios es *D. adjunctus* ya que Cibrían (1995) y Salinas (2010) mencionan que se presentan epidemias de este insecto a una altura comun de 2 800 m, pudiendo presentarse hasta los 3940 m.

Otras especies que pudiesen estar presentes y que de igual forma son descritas por Salinas son *D. aproximatus* Dietz (1600 a 3200 m), *D. mexicanus* Hopkins (800 a 3650 m), *D. parallelcollis* Chapuis (800 a 4000 m) y *D. valens* LeConte (800 a 4000 m).

5.3.5. Densidad de Bosque

Se determinó la densidad de bosque existente, a partir de las categorías utilizadas por Regil (2005), en donde analiza la perturbación y recuperación del bosque a partir de la observación de las coberturas de copa de los sitios y las define en denso si las copas de los árboles cubren el arriba del 80 %, semidenso cuando abarcan de un 41 a 79 % y fragmentado cuando es menor al 40 % y el resultado fue el siguiente:

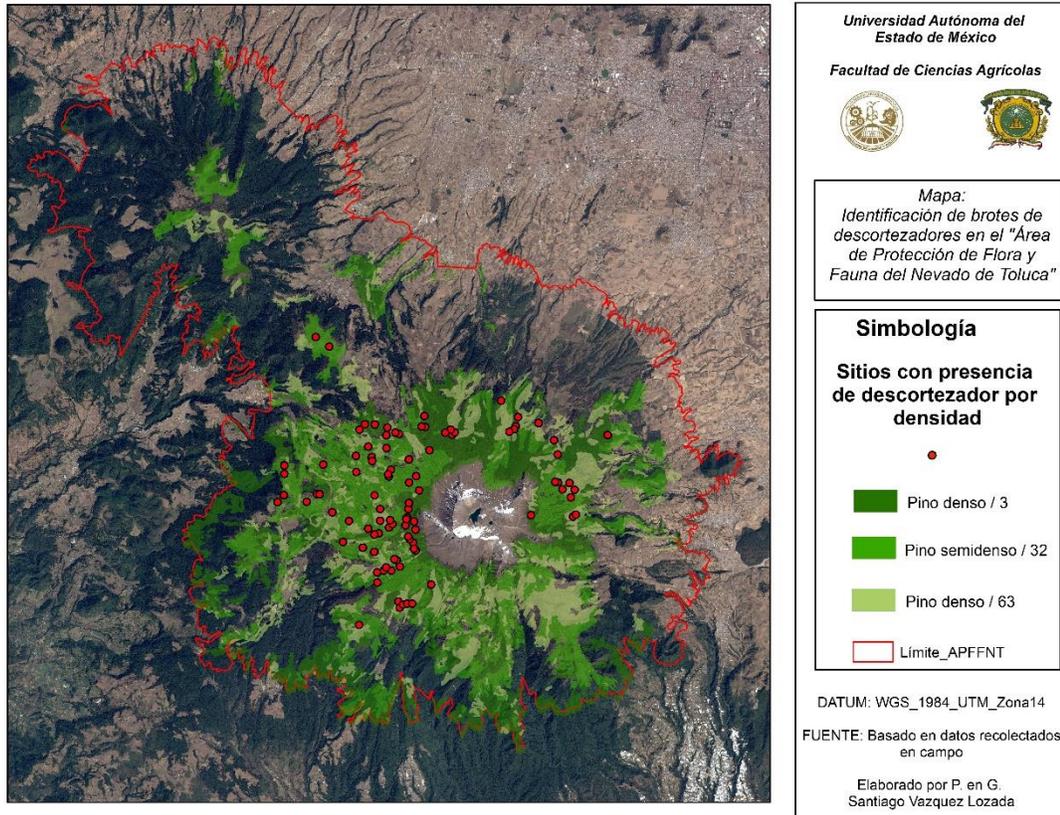


Figura 29. Densidad de bosque en los sitios muestreados.

La mayor afectación del descortezador se concentra en sitios de bosque fragmentado (63) y semidenso (32), y solo 3 sitios se encuentran en bosques densos. De acuerdo a Sedlles y Álvarez, (2001); Fettig y colaboradores (2007); Sánchez y Silva (2008); Castellano y otros (2013), los sitios más susceptibles a ataques de descortezador son aquellos que presentan alta densidad poblacional debido a la competencia de agua, nutrientes, luz etc., pero en este caso fue lo contrario al presentarse la mayor incidencia en sitios semidensos y fragmentados. Esto se puede relacionar con que estas dos

categorías de bosque presentan una mayor incidencia de incendios y muérdago, lo que está haciendo que tengan mayor susceptibilidad al ataque del descortezador (figura 30).

5.3.6. Incendios

Se reporta un total de 44 sitios con indicios de incendio, la gran mayoría distribuidos en sitios fragmentados y semidensos al presentar 26 y 17 y en el bosque denso solo 1 sitio de los tres muestreados.

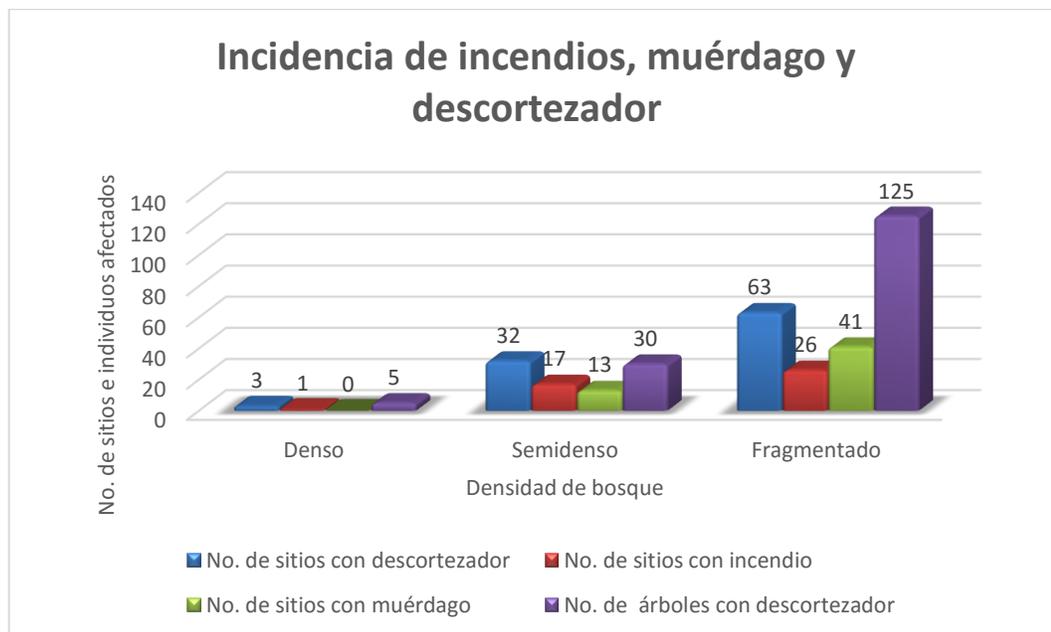


Figura 30. Incidencia de incendios, muérdago y descortezador en las diferentes densidades de bosque

Billings y colaboradores (2004), mencionan que las quemas controladas y de baja intensidad de pinares de diez años de edad reducen la competición entre árboles, aumentan su vigor y aumentan la resistencia de los pinos al ataque de los descortezadores, pero cuando son demasiado intensos y frecuentes pueden debilitar los pinos ya establecidos y matarlos definitivamente al producir menos resina y ser más llamativos a los ataques de gorgojos primarios (*Dendroctonus* spp.) y secundarios (*Ips* spp.).

Fonseca (2007), menciona que la población de insectos descortezadores se encuentra en función del chamuscado de la copa y del fuste, y hacen a los arboles susceptibles al ataque de insectos barrenadores de madera.

Como en los tres tipos de sitios hay presencia de incendios, se puede definir que el presente estudio concuerda con lo mencionado anteriormente, ya que los sitios que se encuentran fragmentados y con una densidad de bosque semidenso son los que más sitios con incendio tienen y con mayor número de árboles afectados por este insecto, incluso el bosque denso presenta un sitio con esta condición y se presentan 5 árboles afectados.

5.3.7. Muérdago

En total se registraron 54 sitios con presencia de muérdago, los cuales arrojaron un total de 576 árboles afectados de los cuales 358 pertenecen al muérdago amarillo (*Arceuthobium globosum*), 171 al muérdago negro (*Arceuthobium vaginatum*) y 41 presentan ambos.

Las categorías diamétricas más afectadas por muérdago van desde los 2.5 hasta 22.4 cm de DAP, este registro es similar al rango de mortalidad reportado por Vázquez (2006) quien menciona que es más significativo en árboles de menores de 25 cm de diámetro.

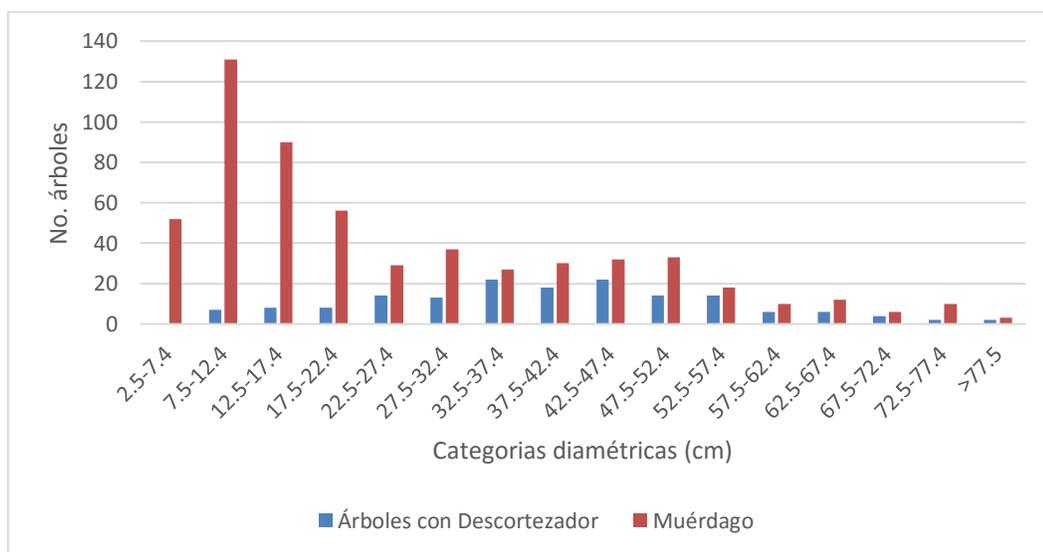


Figura 31. Incidencia del muérdago y descortezador de acuerdo a las categorías diamétricas.

En este sentido Vázquez y colaboradores (2006), reportan que al existir una combinación entre el muérdago y otros factores patológicos y ambientales pueden incrementar la velocidad de muerte de un individuo, aunque la mortalidad de los árboles por la relación entre muérdago y descortezador es muy discutida y los únicos complejos

reportados son entre *Arceuthobium vaginatum*-*Dendroctonus ponderosa* en *P. ponderosa* y *Arceuthobium americanum*- *Dendroctonus americanus* en pinos, donde los árboles infestados por muérdago son igualmente susceptibles al ataque de estos coleópteros que en árboles no infestados.

Dentro de los 160 árboles que presentan descortezador, 35 tienen muérdago (22%), con respecto a esto Tovar (2006); Ramírez y Porcayo (2009) mencionan que el ataque del muérdago predispone a los árboles infestados a un ataque intenso de descortezadores y barrenadores, por lo que se puede interpretar que en el bosque del Nevado de Toluca si existe esta interacción.

Para comprobar si existía una relación entre el ataque del descortezador y la presencia del muérdago se hizo un análisis de regresión lineal, en donde se compararon los niveles de infestación que presentaban los árboles con presencia tanto de muérdago y de descortezador y se encontró que el valor de R^2 es igual a 0.0005, lo que muestra estadísticamente no existe una relación entre las variables.

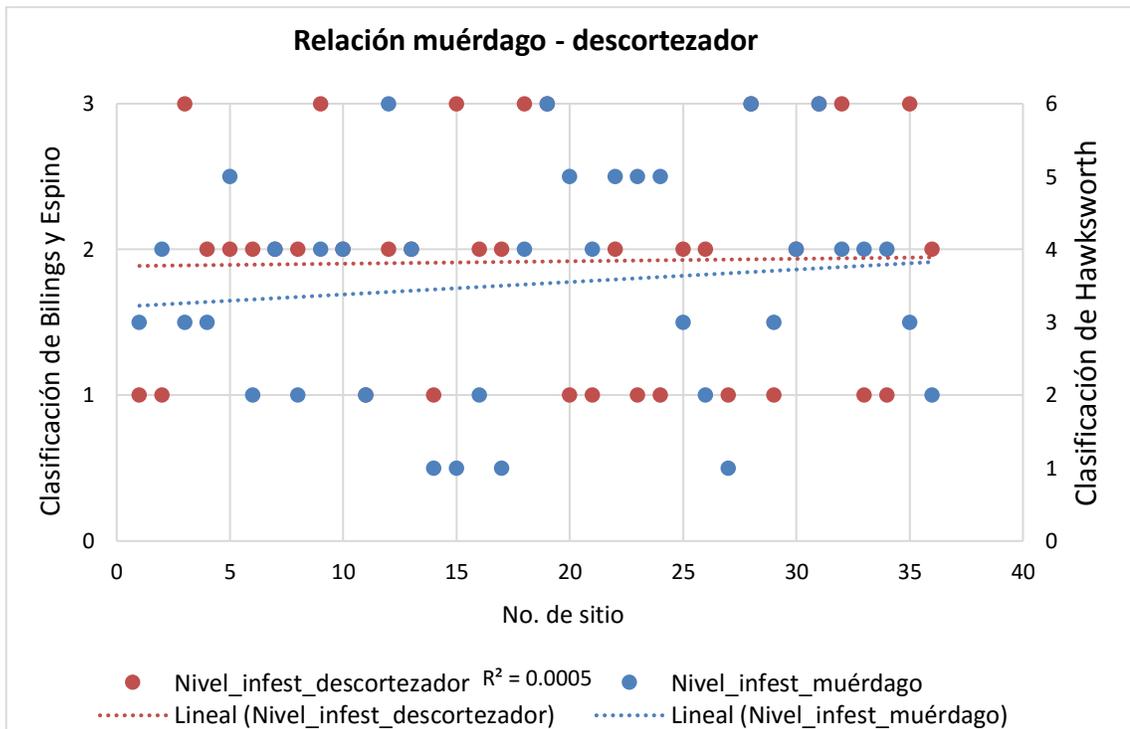


Figura 32. Relación muérdago-descortezador

5.3.8. Exposición de los sitios

La siguiente tabla se muestra la presencia de los sitios afectados por el descortezador de acuerdo a su exposición:

Exposición del terreno	Sitios Muestreados
Noreste	20
Sureste	17
Suroeste	27
Noroeste	34

Cuadro 2. Exposiciones de los sitios de muestreo

Los resultados muestran diferencias con lo reportado por Pérez (2010), quien reporta en su estudio que la mayor presencia de descortezadores se encuentra en exposiciones sur a diferencia con exposiciones norte. En cambio, coincide con lo realizado por Cervantes (2015), quien encontró en su estudio que los descortezadores preferían las exposiciones oeste, aunque no lo considera relevante.

Daniel y otros (1982), hacen referencia que sitios orientados al sur son más susceptibles al ataque del insecto por recibir mayor cantidad de radiación solar, mientras que los que están hacia el norte son las más frías y tienden a ser más húmedas. Cuando los árboles están expuestos a estrés hídrico, surgen un desequilibrio fisiológico afectando la absorción de CO₂ y la fotosíntesis.

La tendencia hacia las exposiciones sur, puede estar relacionado con el factor del cambio climático que está dando como resultado del aumento de las temperaturas, cambios en las precipitaciones, acentuación de la frecuencia de las sequias y mayores concentraciones de dióxido de carbono ocasionando que los descortezadores respondan al calentamiento, cambien su fenología, distribución y su dinámica poblacional (Moore y Allard, 2008).

5.4. Representación de datos georreferenciados

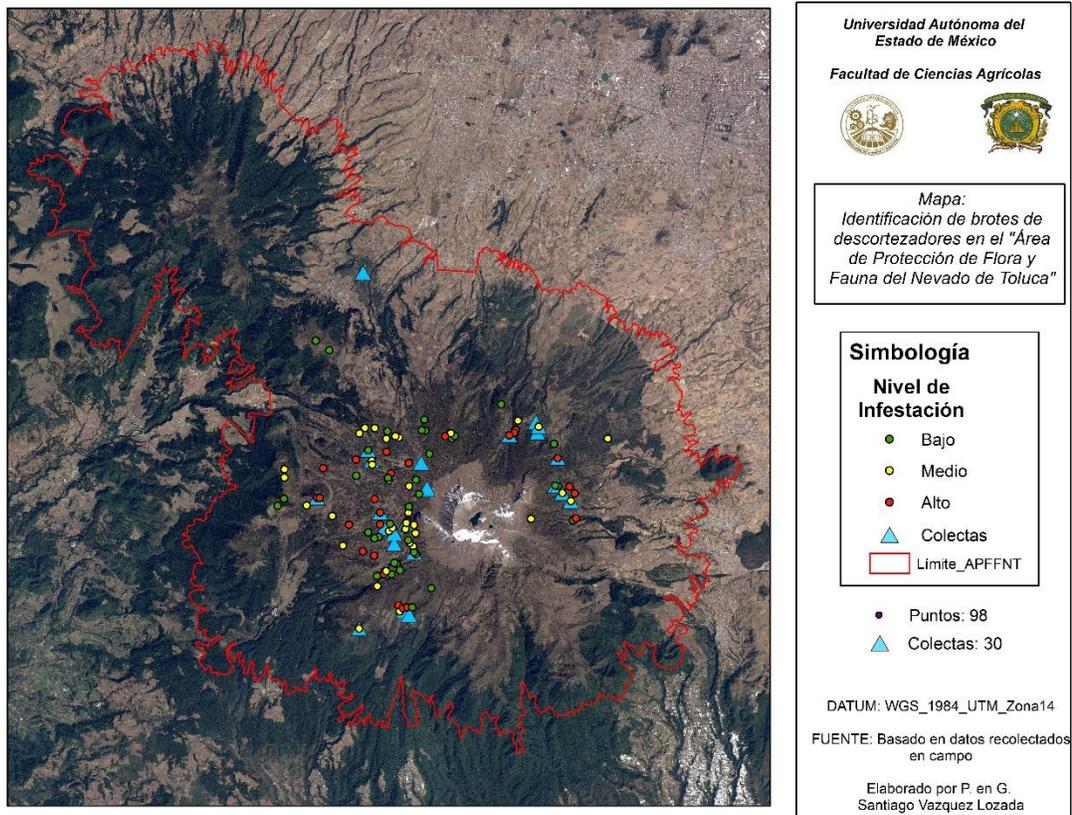


Figura 33. Distribución espacial de los descortezadores

La figura muestra que el mayor número de sitios con descortezador se presenta en la ladera oeste del Nevado de Toluca, afectando el municipio de Zinacantepec, particularmente el ejido de Santa María del Monte, el ejido de Santiago Tlacotepec municipio de Toluca, en el ejido de Calimaya y de Zaragoza y un sector del ejido de Coatepec Harinas.

VI. Conclusiones

Dendroctonus adjunctus (Blandford), es la especie que predomina en el APFFNT y se encuentra en los rangos altitudinales reportados.

Ips bonanseai se presenta en algunos sitios como descortezador secundario.

Las categorías diamétricas más afectadas por el descortezador van de los 32 a 47.5 cm de diámetro, aunque se encontraron presencia del insecto en individuos menores de 12.5 cm de diámetro.

El estrato forestal que resultó más afectado por el descortezador es el superior y el bosque fragmentado resultó ser el más perturbado por la plaga.

Descriptivamente la presencia de incendios y muérdago son factores que contribuyen a la colonización de los árboles por parte del descortezador y están afectando la densidad y regeneración del bosque en el APFFNT.

El análisis estadístico no mostro una relación directa entre la presencia del muérdago y descortezador.

El área más afectada por la presencia de *D. adjunctus*, es la cara oeste del APFFNT que abarca el municipio de Zinacantepec, aunque existe presencia en el municipio de Calimaya, Coatepec Harinas y Toluca.

VII. Recomendaciones

Realizar monitoreos constantes en el APFFNT, para identificar los sitios en donde se tiene presencia de descortezador e iniciar con el tratamiento adecuado, para evitar que se distribuya en sitios donde no tiene presencia y evitar la fragmentación de los bosques por esta plaga.

Analizar otras variables e incrementar el número de la muestra para conocer si existe una relación directa entre el muérdago – descortezador – *Pinus hartwegii.*, y poder determinar cuáles son los factores que benefician su interacción y generar información que ayude a establecer planes de manejo para reducir la afectación del bosque por este problema.

VIII. Referencias

- Anastasio Martínez, N. D., Valtierra, P. E., Nava Bernal, G. & Franco Mass, S., 2015. Extracción de perilla (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K.) en el Nevado de Toluca. *Madera y Bosques*, 21(2), pp. 103-115.
- Arreola, R., 2013. *Distribución Potencial de Scolytus mundus Wood y su comportamiento bajo escenarios de cambio climático en la reserva de la biosfera mariposa monarca*. Tesis para obtener el Grado de Biólogo. México D.F.: Colegio de Postgraduados.
- Arriola Padilla, V. J. y otros, 2015. *Evaluación de Trichoderma sp., como Agente de Control Biológico de Dendroctonus spp. Circulioinidae: Scolytinidae) en la Sierra Gorda de Querétaro, México*, México: INIFAP.
- Bentz, B. J., 2008. *Bark Beetles in the Genus Dendroctonus*, Logan, UT, USA: U.S. Department of Agriculture Forest Service.
- Billings, R. F. & Espino, V., 2005. *El Gorgojo Descortezador del Pino (Dendroctonus frontalis) como reconocer, prevenir y controlar plagas*, Nicaragua: Texas Forest Service.
- Camacho Pantoja, A., 2012. *"El género Ips (Coleóptera: Curculionidae: Scolytinae) en México."*. Tesis Presentada Como Requisito Parcial Para Obtener el Grado de: Doctor en Ciencias. Montecillo, Texcoco, Estado de México: Colegio de Postgraduados.
- Carlson, D. & Ragenovich, I., 2012. *Silver Fir Beetle & Fir Root Bark Beetle*, Portland, Oregon: U.S. Department of Agriculture.
- Castañeda Rojas, M. F., Endara Agramont, A. R., Vellers Ruíz, M. d. L. & Nava Bernal, G. E., 2015. Evaluación forestal y de combustibles en bosques de *Pinus hartwegii* en el Estado de México según densidades de cobertura y vulnerabilidad a incendios. *Maderas y Bosques*, 21(2), pp. 45-58.
- Castellano Bolaños, J. F., Ruiz Martínez, E. O., Gómez Cárdenas, M. & González Cubas, R., 2013. *Fundamentos Técnicos Para el Control de Insectos Descortezadores de Pinos en Oaxaca*. Folleto Técnico Núm. 40. Oaxaca: INIFAP.
- Castellano Bolaños, J. F., Ruiz Martínez, E. O., Gómez Cárdenas, M. & González Cubas, R., 2013. *GUÍA METODOLÓGICA PARA COMBATIR PLAGAS DE DESCORTEZADORES DE PINO EN EL SUR DE MÉXICO*. Publicación especial Núm. 12. Santo Domingo Barrio Bajo, Villa de Etla, Oaxaca, México.: INIFAP.
- Ceballos, G. y otros, 2009. *La Diversidad Biológica del Estado de México*. Primera ed. Estado de México: Estudio de Estado.
- Cervantes Sierra, X. G., 2015. *Preferencia de Ataque de Dendroctonus pseudotsugae con Relación y a la Exposición y Altura del Fuste, en la Sierra de Arteaga Coahuila.*. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Forestal. Saltillo, Coahuila: Universidad Autónoma Antonio Narro.
- Challenger, A. & Soberón, J., 2008. Los ecosistemas terrestres, en Capital natural de México,. En: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. México: CONABIO, pp. 87-108.

Chápela, F., 2012. *ESTADO DE LOS BOSQUES DE MÉXICO*. 1 ed. México. DF: CONSEJO CIVIL MEXICANO PARA LA SILVICULTURA SOSTENIBLE A.C.

Chávez Campuzano, L. M., 2015. *ANÁLISIS DE LA DISPERSIÓN ESTACIONAL DE Dendroctonus adjunctus (BLANDFORD) EN EL ÀREA DE PROTECCIÒN DE FLORA Y FAUNA NEVADO DE TOLUCA*. Toluca. Tesis Para Obtener el Grado de Maestra en Ciencias Agropecuarias y Rurales. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México.

Cibrián Tovar, D., 2014. *Guía para el Monitoreo de Plagas Forestales a Nivel Comunitario, Adecuada al Contexto de La Sierra Rarámuri*, México, Distrito Federal: USAID.

Cibrián Tovar, D. y otros, 1995. *Insectos Forestales de México*. Primera ed. Chapingo, Estado de México: Universidad Autónoma de Chapingo.

CONAFOR, 2016. *Alerta Temprana y Evaluación de Riesgo para Insectos Descortezadores octubre 2016*, México: SEMARNAT.

CONANP, 2012. *Cartel de Sanidad Forestal*, México: s.n.

Coulson, R. & Witter, J., 1990. *Entomología Forestal: ecología y control*. México, D.F.: Limusa S.A. de C.V.

Cranshaw, W. & Leatherman, D., 2014. *Ips Beetles; Fact Sheet No. 5.558*, Colorado: Colorado State University.

Daniel, T. W., Helms, J. S. & Backer, F. S., 1982. *Principios de Silvicultura*. 2 da ed. México D.F.: Mc GRAW - HILL.

Dauber, E., 1995. *Guía práctica y teórica para el diseño de un Inventario Forestal de reconocimiento*. Santa Cruz la Sierra, Bolivia: BOLFOR.

Duran, E. & Poloni, A., 2014. Escarabajos descortezadores: diversidad y saneamiento en bosques de Oaxaca. *Biodiversitas*, pp. 7-12.

Endara Agramont, A. R., 2007. *ESTRUCTURA FORESTAL DE Pinus hartwegii EN EL PARQUE NACIONAL NEVADO DE TOLUCA*. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México: Tesis para obtener el grado de Maestría.

Endara Agramont, A. R. y otros, 2012. Effect of human disturbance on the structure and regeneration of forests in the Nevado de Toluca National Park, México. *Journal of Forestry Research*, 23(1), pp. 39-44.

Endara Agramont, A. R., Mora Santacruz, A. & Valdez Hernández, J. I., 2012. *Bosques y Árboles del Trópico Mexicano: Estructura, Crecimiento y Usos*. Guadalajara, Jalisco: Prometeo.

Endara-Agramont, A. y otros, 2010. Distribution of Plagues and Parasitic Plants in Mountain Forests, the Case of Nevado de Toluca National Park, Mexico. *MRD-JOURNAL*, p. 10.

Escobar, J. L., 2012. *EVALUACIÓN DEL GRADO DE INFESTACIÓN POR PLAGAS Y PLANTAS PARÁSITAS EN EL BOSQUE TEMPLADO DEL PARQUE NACIONAL NEVADO DE TOLUCA, MÉXICO*. Catacamas

Olancho, Honduras: TESIS COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DELICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE.

FAO, 2009. *Global review of forest pests and diseases*, Roma: FAO.

FAO, 2014. *El Estado de los Bosques en el Mundo*. Roma: FAO.

FAO, 2016. *El Estado de los Bosques del Mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades con relación a los usos de tierra.*, Roma: FAO.

Fettig, C. J. y otros, 2007. The Effectiveness of vegetacion management practices for prevetion and control of bark beetles infestations in the coniferous forests of the western and southern United States. *Forest Ecology and management*, 238(1-3), pp. 24-53.

Fonseca González, J., 2007. *Ocurrencia de insectos descortezadores en bosques dañados por incendios*. Tesis para obtener el grado de Doctora en Ciencias. Montecillo, Texcoco, Estado de México: Colegio de Postgraduados.

Franco Mass, S., Regil García, H. H. & Ordoñez Díaz, J. A. B., 2006. Dinámica de perturbación-recuperación de las zonas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca. *Maderas y Bosques*, 1(12), pp. 17-28.

Greenpeace, 2013. *Greenpeace México*. [En línea] Available at: <http://www.greenpeace.org/mexico/es/Campanas/Bosques/> [Último acceso: 16 diciembre 2015].

Hernández Ortiz, E., 2013. *Daño de Scolytus mundus wood Y Pseudohylesinus variegatus EN UN BOSQUE DE Abies religiosa (Kunth Schltld. et. Cham) DE LA RESERVA "MARIPOSA MONARCA"*. Tesis para obtener el grado de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Chapingo; México: Universidad Autónoma de Chapingo.

INEGI, 2008. *Regiones Naturales y Biogeográficas de México*, México: INEGI.

Iñiguez Higuera, G., 1999. *Sistemas de clasificación de riesgo para Dendroctonus frontalis y D. Mexicanus en "El Manzano" en Villa de Santiago, Nuevo León, México*. Tesis de Maestría para obtener el grado de Maestro en Ciencias Forestales. Linares; Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León.

Labonte, J. R. & Valley, S. A., 2013. *Illustrated Key to the Dendroctonus of North América*, Salem, Oregon: Oregon Dept. of Agriculture.

López Castilla, R. A. y otros, 2009. Contribución para el Diagnóstico y Control de los Descortezadores del género *Ips* (Coleoptera: Scolytidae) en los Bosques de Pinos de Cuba. *Ra Ximhai*, 5(3), pp. 281-295.

Madaleña, 1991. *Plagas y Enfermedades Forestales en América Central*. Costa Rica: CATIE.

Moore, B. & Allard, G., 2008. *Los impactos de del Cambio Climático en la Sanidad Forestal*, Roma, Italia: FAO.

Mostacedo, B. & Fredericksen, T. S., 2000. *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: BOLFOR.

Nikolov, C. y otros, 2014. Post-disaster Forest Management and Bark Beetle Outbreak in Tatra National Park, Slovakia. *BiOne*, pp. 326-335.

Pérez Camacho, M., 2010. *LOS FACTORES DE SITIO Y SU RELACIÓN CON EL ATAQUE DE DESCORTEZADOR DENDROCTONUS ADJUNCTUS B. EN UN BOSQUE DE PINUS HARTWEGII LIND*. Tesis que como Tramite Para Obtener el Grado de Maestro en Ciencias. Montecillo, Texcoco, Estado de México: Colegio de Postgraduados.

Pérez Vera, O. A., Harrington, T., Alvarado Rosales, D. & Cibrián Tovar, D., 2009. *Ophiostoma ips* asociado al insecto descortezador (*Dendroctonus adjunctus*) del pino de las alturas (*Pinus hartwegii*). *Revista Mexicana de Micología*, Volumen 30, pp. 9-18.

Pérez, O. A., Alvarado Rosales, D. & Cibrián Tovar, D., 2011. HONGOS OPHIOSTOMATOIDES DE GALERIAS DE *Dendroctonus adjunctus* Blandford EN *Pinus hartwegii* Lindl. *Revista Mexicana de Ciencia Forestal*, 2(8), pp. 35-46.

Perry, J. P., 1991. Especies de Escarabajos de la Corteza del Pino en México Central. *Unasylya*, 5(4), p. 5.

Ramírez Dávila, J. F. & Porcayo Camargo, E., 2009. Estudio de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en el Nevado de Toluca, México, utilizando el Método del SADIE. *Maderas y bosques*, 15(2).

Regil García, H. H., 2005. *Análisis del cambio de uso de suelo y vegetación para la obtención de la dinámica de perturbación-recuperación de las zonas forestales en Parque Nacional Nevado de Toluca 1972-2000*. Tesis para obtener el grado de Licenciado en Geografía. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México.

Rodríguez, O. A., Equihua, M. A., Cibrián, T. J. & Estrada, V. E. G., 2010. Fluctuación de *Dendroctonus adjunctus* Blandford (CURCULINOIDAE: 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*, Issue 11, pp. 20-27.

Rojo, J. M. T., 2004. *Estudio de tendencias y perspectivas del Sector Forestal en América Latina Documento de Trabajo Informe Nacional México*, Roma: FAO.

Rzedowski, J., 1978. *Vegetación de México*. México: Limusa.

Rzedowski, J., 1990. *Vegetación Potencial*. México: Instituto de Geografía.

Salinas Moreno, Y. y otros, 2010. *Atlas de Distribución Geográfica de los Descortezadores del género Dendroctonus (Curculionidae: Scolytinae) en México*, México: CONAFOR.

Sánchez Martínez, G. & Silva Rodríguez, S., 2008. *Caracterización de un Brote de Dendroctonus adjunctus registrado en el Estado de Chihuahua*, Chihuahua: INIFAP.

- Sánchez Salas, J. A. & Torres Espinosa, L. M., 2007. *Biología y Hábitos del Descortezador Dendroctonus mexicanus Hopkins y Estrategias de Control en Pinus teocote en Nuevo León, Saltillo, Coahuila*: INIFAP.
- Sedlles, A. & Álvarez, R., 2001. *DETERMINACION PRELIMINAR DE DAÑOS CAUSADOS POR GORGOJOS DESCORTEZADORES EN BOSQUES DE PINO DEL MUNICIPIO DE JALAPA, NUEVA SEGOVIA, PRIMER TRIMESTRE DEL AÑO 2001*, MANAGUA: INAFOR.
- Stevens, R. E. & Flakes, H. W., 1974. *A roundheaded pine beetle outbreak in New Mexico: associated stand conditions and impact*. Fort Collins, USDA For. Serv. Res. Rocky Mt. For. and Range Exp. Stn, p. 4.
- T.H. & Atkinson, T. H., 2014. *The Bark and Ambrosia Beetles*. [En línea] Available at: [http://barkbeetles.info/regional_chklist_index.php?user_geo=calc_mexico%3D1&user_geo_title=Mexico%20\(country\)](http://barkbeetles.info/regional_chklist_index.php?user_geo=calc_mexico%3D1&user_geo_title=Mexico%20(country)) [Último acceso: 13 febrero 2016].
- Tkacz, B. M. y otros, 1998. *Pest Risk Assessment of the Importation into the United States of Unprocessed Pinus and Abies Logs from Mexico*. Primera ed. Madison, Wisconsin: The United States Department of Agriculture.
- Torres E., L. M. & Sánchez S., J. A., 2005. *MANEJO INTEGRADO DEL ESCARABAJO DESCORTEZADOR Dendroctonus adjunctus Blandford EN LOS BOSQUES DE Pinus rudis EN EL ESTADO DE COAHUILA*. Saltillo: INIFAP.
- Torres Espinosa, L. M. & Sánchez Salas, J. J., 2006. *Principales Insectos Descortezadores en los Bosques de Coníferas del Estado de Coahuila*. Folleto Técnico Núm. 21. Saltillo; Coahuila: INIFAP.
- Tovar, A. R., 2006. *INFLUENCIA DE MUÉRDAGO ENANO (ARCEUTHOBIVUM spp.) EN DENSIDAD BÁSICA, ANCHO DE ANILLOS, PORCENTAJE DE MADERA TEMPRANA Y MADERA TARDÍA EN DOS ESPECIES DE PINO DE SINGUILUCAN, HIDALGO*. Tesis para Obtener el Título de Ingeniero en Manejo de Recursos Forestales. Tulancingo, Hidalgo: Universidad Autónoma de Hidalgo.
- USDA, 2011. *Pine Ips Species (Engraver Beetles)*, s.l.: Forest Health Protection.
- Vargas, M. F., 1999. *Parque Nacional de México*, México: Instituto Nacional de Ecología SEMARNAT.
- Vázquez Collazo, I., Villa Rodríguez, A. & Madrigal Huendo Marisol, 2006. *Los Muerdagos (Loranthaceae) en Michoacán*. Primera. Uruapan, Michoacán: INIFAP.
- Wood, S. L., 1982. *The bark and ambrosia beetles of North and Central América (Coleoptera: Scolytidae)*. Great Basin Naturalist Memoirs 6 ed. s.l.: s.n.
- Zúñiga Bermúdez, G., González Herrera, M., Fernández Arias, H. & Cisneros Barrios, R., 1994. Estudio de la anatomía e histología del tubo digestivo de *Dendroctonus adjunctus* Blandford (Coleoptera: Scolytidae). *Acta Zoológica mexicana*, Issue 62, pp. 23-35.

IX. Anexos

Sitios de colecta

Muestra	Coordenada X	Coordenada Y	Altura (m)	Especie
1	417925	2114537	3950	<i>D. adjunctus</i>
2	417686	2115747	3883	<i>D. adjunctus</i>
3	416455	2112064	3873	<i>D. adjunctus</i>
4	416451	2112558	3508	<i>D. adjunctus e Ips. Bonanseai</i>
5	416917	2109046	3840	<i>D. adjunctus</i>
6	422963	2117112	3631	<i>D. adjunctus</i>
7	423139	2112822	3882	<i>D. adjunctus</i>
8	422892	2117603	3518	<i>D. adjunctus, Ips bonanseai</i>
9	415815	2113487	3726	<i>Ips bonanseai</i>
10	416014	2112778	3724	<i>D. adjunctus</i>
11	416451	2112558	3508	<i>D. adjunctus e Ips bonanseai.</i>
12	414859	2108225	3828	<i>Dendroctonus adjunctus e Ips bonanseai.</i>
13	415037	2124387	3160	<i>Dendroctonus adjunctus</i>
14	412944	2114165	3442	<i>D. adjunctus e Ips</i>

				<i>bonanseai</i>
15	417055	2113185	3906	<i>D. adjunctus</i>
16	417007	2113026	3910	<i>D. adjunctus</i>
17	421684	2116993	3666	<i>D. adjunctus</i>
18	415429	2115839	3588	<i>D. adjunctus</i>
19	423016	2117383	3541	<i>D. adjunctus</i>
20	417126	2108848	3538	<i>D. adjunctus</i>
21	424475	2114009	3626	<i>D. adjunctus e Ips bonanseai</i>
22	423762	2114711	3765	<i>D. adjunctus</i>
23	424093	2114374	3887	<i>D. adjunctus</i>
24	423896	2114692	3786	<i>D. adjunctus</i>
25	423878	2115963	3622	<i>D. adjunctus e Ips bonanseai</i>
26	415269	2116320	3552	<i>D. adjunctus</i>
27	416087	2110833	3679	<i>D. adjunctus</i>
28	417353	2111687	3898	<i>D. adjunctus</i>
29	417941	2114609	3969	<i>D. adjunctus</i>
30	417094	2113023	3925	<i>D. adjunctus</i>