

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Efecto de Diferentes Gradientes Altitudinales sobre la Incidencia de  
*Dendroctonus mexicanus* y *Dendroctonus frontalis* en Coahuila y Nuevo León

Por:

**JUAN DIEGO BALLESTEROS GARCÍA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Efecto de Diferentes Gradientes Altitudinales sobre la Incidencia de  
*Dendroctonus mexicanus* y *Dendroctonus frontalis* en Coahuila y Nuevo León

Por:

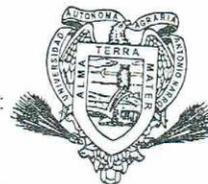
**JUAN DIEGO BALLESTEROS GARCÍA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



  
M.C. Jorge David Flores Flores  
Asesor Principal

DEPARTAMENTO FORESTAL

  
Dr. Jorge Méndez González  
Coasesor

Dr. Víctor Hugo Cambrón Sandoval  
Coasesor

  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por cuidar de mí y permitirme culminar esta etapa en mi vida.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mi casa de estudios donde recibí con el paso de los años las herramientas para desempeñarme en mi vida profesional.

M.C. Jorge David Flores Flores, por su disposición, dedicación y tiempo para la realización de esta investigación.

Dr. Jorge Méndez Gonzales, por su apoyo en la revisión y realización de esta investigación.

Dr. Víctor Hugo Cambrón Sandoval por su apoyo brindado para la revisión de los resultados de la investigación.

Al Ing. José Gil Cabrera Hernández por su apoyo en la colocación de trampas y la recolección de las muestras.

Al Ing. Cecilia Guadalupe Ruiz González, Ing. Juan Carlos Montoya Jiménez e Ing. Librado Sosa Diaz, por su apoyo en la clasificación de los insectos y la elaboración de base de datos.

A la C. Claudia Garcia Zepeda, por su apoyo en la búsqueda de información complementaria para la elaboración de este documento.

## DEDICATORIA

### A MI MADRE

*Francisca Inés García Morales*

Por darme la vida, por educarme y cuidarme en cada momento, por motivarme a continuar mis estudios en la universidad. Por ayudarme en cada paso, por su apoyo, sus consejos y sus palabras de aliento. Le agradezco también por la persona que soy ahora, porque gracias a ti logre terminar mis estudios y por eso te dedico este documento porque sin ti nada de esto hubiera sido posible. Este sueño de cinco años que por fin a terminado ha sido el esfuerzo tuyo y mío. Y aunque no estemos juntos ten siempre presente que a donde quiera que yo vaya o donde quiera que yo esté siempre estarás ahí conmigo.

### A MI PADRE

*José Diego Ballesteros Medina*

Tú fuiste, eres y serás siempre mi modelo a seguir y mi ejemplo. En todo momento siempre he contado con tu apoyo y cariño, me apoyaste en cada momento, y me siento muy orgulloso de ser tu hijo. Espero que en este momento te sientas tan feliz como yo me siento, y aunque sé que es difícil expresar nuestros sentimientos, te agradezco por ayudarme a conseguir este sueño de terminar la universidad. También quiero decirte que no importa donde estemos, siempre estarás conmigo.

### A MIS HERMANOS

*Francisca Paloma Ballesteros García y Roy Alberto Ballesteros García †*

Gracias a ti hermana por dedicar parte tu tiempo para que no me faltara nada, gracias también por aquella ocasión que me dirigiste unas palabras en una carta, y quiero que sepas que siempre las tengo presentes en todo momento y me han motivado a seguir adelante. A ti mi hermano sé que siempre estás ahí y

me has protegido más de una vez, no nos conocimos muy bien pero siempre te llevo presente en mi vida.

## **A MI FAMILIA**

*García y Sallesteros*

Todos ustedes en alguna medida me ayudaron a terminar mis estudios, y por ello les estaré agradecido siempre en especial a aquellos que estuvieron más cerca de mí. Y con especial agradecimiento a mis tíos Yolanda García Morales y José Alfredo Griego Gallego. A mis primos José Alfredo Griego García y Lourdes Manuelita Griego García, quienes siempre han tenido las puertas de su casa abiertas para mí, y me han motivado en gran medida a terminar mis estudios, y especialmente gracias a ti José Alfredo Griego García porque fuiste y serás mi hermano y siempre has estado ahí para mí. Agradezco también a mi abuela Manuela Morales Duarte por su ayuda, cuidado, consejos y palabras de aliento esté segura siempre que tiene un lugar muy importante en mi vida al igual que mi abuelo Mercedes García Andujo.

## **A MI NOVIA**

*Claudia García Zepeda*

Por ser mi motivación para dedicar mis esfuerzos en el estudio, por tu apoyo incondicional tanto en los buenos momentos como en los malos. Gracias a ti encontré una razón más para continuar adelante cuando había perdido todo interés por superarme. TE AMO Claudia García Zepeda y te estaré por siempre agradecido.

## **A LA FAMILIA ACOSTA CONTRERAS**

Gracias a ustedes por su apoyo en todo momento, por brindarme un lugar a donde regresar. Siempre los he considerado como mi segunda familia y les agradezco por hacerme sentir parte de su familia.

## **A LA FAMILIA GARCIA ZEPEDA**

Por darme una nueva familia, cariño, amistad, consejos, por enseñarme el valor del trabajo y la dedicación, brindarme un lugar en su casa y por aceptarme con los brazos abiertos, les estaré por siempre agradecidos.

## **A MIS AMIGOS**

Gracias a todos aquellos compañeros y amigos que estuvieron siempre a mi lado, a Cristóbal Velasco Lepe, Oliver Gómez Sánchez, María Luisa Grimaldo Pineda, Bulmaro Amaro Maldonado, muchas gracias por todo. Agradezco especialmente a Raúl Cornejo Flores y Alejandro Acosta Contreras mis hermanos no de sangre sino por elección, gracias por su apoyo incondicional.

**Nada Es Verdad Todo, Esta Permitido**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS .....	iv
ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
RESUMEN .....	vii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Importancia del estudio .....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	1
Objetivo general .....	2
Objetivos específicos .....	2
Hipótesis .....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. Los ecosistemas y su problemática .....	3
2.1.1. Los bosques y su problemática .....	4
2.2. Plagas forestales .....	5
2.3. Los incendios forestales y las plagas .....	5
2.4. El cambio climático y las plagas forestales .....	6
2.5. Situación taxonómica de <i>D. mexicanus</i> y <i>D. frontalis</i> .....	7
2.6. Descripción general de <i>Dendroctonus mexicanus</i> Hopkins .....	8
2.6.1. Taxonomía .....	8
2.6.2. Morfología .....	8
2.6.3. Distribución y hospederos .....	9
2.6.4. Ciclo de vida .....	9
2.7. Descripción general de <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimm .....	9
2.7.1. Taxonomía .....	10

2.7.2.	Morfología .....	10
2.7.3.	Distribución y hospederos .....	11
2.7.4.	Ciclo de vida .....	11
2.8.	Monitoreo de las poblaciones de insectos descortezadores...	11
2.9.	Semioquímicos .....	12
2.9.1.	Feromonas.....	13
2.9.2.	Kairomonas.....	14
2.10.	Efecto de la altitud sobre la distribución de las especies .....	14
2.11.	Trabajos afines .....	15
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
3.1.	Ubicación del área de estudio en Coahuila.....	21
3.1.1.	Ubicación geográfica.....	21
3.1.2.	Fisiografía .....	22
3.1.3.	Clima.....	22
3.1.4.	Geología .....	22
3.1.5.	Edafología.....	22
3.1.6.	Hidrografía .....	23
3.1.7.	Uso del suelo y vegetación .....	23
3.1.8.	Uso potencial de la tierra .....	23
3.1.9.	Zona urbana.....	23
3.2.	Ubicación del área de estudio en Nuevo León.....	24
3.2.1.	Ubicación geográfica.....	24
3.2.2.	Fisiografía .....	24
3.2.3.	Clima.....	25
3.2.4.	Geología .....	25

3.2.5.	Edafología.....	25
3.2.6.	Hidrografía .....	25
3.2.7.	Uso del suelo y vegetación .....	26
3.2.8.	Uso potencial de la tierra .....	26
3.2.9.	Zona urbana.....	26
3.3.	Selección del sitio .....	27
3.3.1.	Antecedentes de área de estudio.....	27
3.4.	Colocación de trampas .....	28
3.5.	Colecta de capturas .....	30
3.6.	Procesamiento de las muestras.....	31
3.7.	Identificación taxonómica de insectos.....	32
3.8.	Análisis de datos.....	33
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	34
4.1.	Abundancia de insectos descortezadores por altitud.....	34
4.2.	Fluctuación poblacional de <i>D. frontalis</i> y <i>D. mexicanus</i> .....	38
4.3.	Prueba de normalidad.....	42
4.4.	Prueba H Kruskal-Wallis .....	44
V.	CONCLUSIONES.....	50
VI.	LITERATURA CITADA.....	51

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características de <i>Dendroctonus mexicanus</i> y <i>Dendroctonus frontalis</i> .....	7
Cuadro 2.- Cambios en la coloración del follaje asociados con los estados de desarrollo de <i>D. mexicanus</i> (Cibrián <i>et al.</i> , 1995). .....	28
Cuadro 3.- Prueba de normalidad de Anderson-Darling .....	43
Cuadro 4.- Prueba H, para el transecto A. Santa Rita. ....	45
Cuadro 5.- Prueba H, para el transecto B. Santa Rita .....	45
Cuadro 6.- Prueba H, para el transecto A. "La Peñita". ....	46
Cuadro 7.- Selección de la altitud con mayor cantidad de capturas, de acuerdo con la Prueba H. Transecto A. "La Peñita" .....	47
Cuadro 8.- Prueba H, para el transecto B. "La Peñita". ....	48

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.-Cantidad de <i>D. mexicanus</i> recolectados por fecha y por localidad de noviembre de 2008 a abril de 2010 en el municipio de Aramberri, N.L. (Cuellar <i>et al.</i> , 2012).....	16
Gráfica 2.- Fluctuación poblacional de <i>D. mexicanus</i> Hopkins en bosque de <i>Pinus teocote</i> en el predio “Puerto de Cieneguillas”, Galeana, N. L. (Torres y Sánchez, 2007).....	18
Gráfica 3.- Tendencia temporal de la abundancia de <i>D. frontalis</i> en el periodo de muestreo junio a octubre del 2006, en el parque nacional Lagunas de Montecillo (Domínguez-Sánchez <i>et al.</i> , 2008). ....	19
Gráfica 4.- Abundancia de insectos por altitud, en el transecto A. Santa Rita. .	34
Gráfica 5.- Abundancia de insectos por altitud, en el transecto B. Santa Rita. .	35
Gráfica 6.- Abundancia de insectos por altitud, en el transecto A. "La Peñita".	36
Gráfica 7.- Abundancia de insectos por altitud, en el transecto B. "La Peñita".	37
Gráfica 8.- Fluctuación poblacional de <i>Dendroctonus frontalis</i> , por semana de captura, en "La Peñita". ....	38
Gráfica 9.- Fluctuación poblacional de <i>Dendroctonus mexicanus</i> , por semana de captura, en "La Peñita". ....	39
Gráfica 10.- Fluctuación poblacional de <i>Dendroctonus frontalis</i> , por semana de captura, en el ejido Santa Rita. ....	40
Gráfica 11.- Fluctuación poblacional de <i>Dendroctonus mexicanus</i> , por semana de captura, en el ejido Santa Rita. ....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Ubicación geográfica del ejido Santa Rita, Arteaga, Coahuila.....	21
Figura 2.- Ubicación geográfica de la localidad "La Peñita", Santiago, Nuevo León.....	24
Figura 3.- Trampa Lindgren de ocho embudos. ....	29
Figura 4.- Trampa colocada en campo con atrayente.....	29
Figura 5. Tratamientos utilizados en las trampas multi-embudo.....	29
Figura 6.- Bolsas plásticas para recolección de insectos en campo.....	31
Figura 7.- Colocación de las muestras en una charola. ....	31
Figura 8.- Separación de la basura.....	31
Figura 9.- Selección de insectos.....	32
Figura 10.- Envasado y etiquetado de los insectos.....	32
Figura 11.- Identificación de insectos.....	33
Figura 12.- Envasado y etiquetado de insectos identificados. ....	33

## RESUMEN

Los escarabajos descortezadores que pertenecen al género *Dendroctonus* son considerados como los insectos más destructivos en los bosques de coníferas de Norte y Centro América. Entre este grupo destacan *Dendroctonus mexicanus* y *Dendroctonus frontalis* por la cantidad de pérdidas económicas que ocasionan anualmente a los dueños y propietarios de los bosques. El presente estudio se realizó en el ejido Santa Rita, Arteaga, Coahuila, y en la localidad La Peñita, Santiago, Nuevo León; con el fin de conocer si la altitud tiene efecto sobre la densidad poblacional de estas especies de insectos descortezadores. Para ello se colocaron un total de 32 trampas Lindgren en dos transectos con ocho sitios cada uno a lo largo de un gradiente altitudinal, comenzando en 1,900 metros sobre el nivel del mar (msnm) y terminando en 2,600 msnm para la localidad de La Peñita y de los 2,600 msnm a los 3,300 msnm para el ejido Santa Rita. Los resultados muestran que durante el periodo de estudio comprendido entre el 28 de febrero y el 28 de junio del 2015, *Dendroctonus frontalis* en ambas áreas de estudio presenta de una a dos generaciones y *Dendroctonus mexicanus* solamente una generación. En el ejido Santa Rita donde las altitudes fueron mayores, las poblaciones se mantuvieron por debajo de las 50 capturas (22 ejemplares de *D. frontalis* y 34 de *D. mexicanus*); a diferencia de la localidad La Peñita donde las altitudes fueron menores y se encontró una mayor cantidad de insectos (3,295 ejemplares de *D. frontalis* y 3,979 de *D. mexicanus*). La prueba Kruskal-Wallis (prueba H) mostró diferencias en las capturas de un transecto en La Peñita; para el ejido Santa Rita no se observaron diferencias en los transectos. Por tanto, se considera que la densidad poblacional de los insectos no puede ser explicada únicamente con la variable altitud.

**Palabras clave:** Descortezadores, gradiente altitudinal, Coahuila, Nuevo León.

Proyecto Apoyado por el Fondo Sectorial para la Investigación en el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal. Registro CONAFOR-2014, C01-23454

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Importancia del estudio

Los recursos maderables en el estado de Coahuila son muy escasos, y no hay permisos de aprovechamiento forestal. Sólo se autorizan permisos de saneamiento para predios plagados o infestados por plantas parásitas (SEMARNAT). Sin embargo, las especies de coníferas que esta entidad se encuentran son de gran valor ecológico y científico, porque muchas de ellas se encuentran en algún estatus de protección. Como lo son: *Pseudotsuga flahaulti*, *Picea mexicana*, *Abies religiosa*, *Pinus pincheana*, *Pinus culminicola*, y *Pinus johannis* (NOM-059). Es por ello que estos recursos cobran gran importancia para realizar estudios científicos, que contribuyan a la protección, conservación, y fomento de los mismos.

Las principales amenazas de riesgo que presentan estas especies en el estado de Coahuila son: sequías prolongadas, heladas con temperaturas de hasta 17 °C bajo cero, incendios forestales, el cambio de uso de suelo, y las plagas y enfermedades forestales. Cada vez se presentan una mayor cantidad de eventos nocivos, y aumenta el número de predios y superficie afectada por plagas (CONAFOR). De acuerdo con Flores *et al.* (2015), los insectos descortezadores del género *Dendroctonus* encontrados en Coahuila son: *D. frontalis*, *D. mexicanus*, *D. adjunctus*, *D. brevicornis*, *D. rhizophagus*, *D. parallellicollis*, *D. approximatus*, *D. pseudotsugae*, y *D. valens*.

### 1.2. Planteamiento del problema

A finales de los años 90, en las áreas forestales del estado de Coahuila se detectó la presencia de escarabajos descortezadores de coníferas en una superficie cercana a las 12,000 ha, distribuidos en árboles dispersos y en manchones, lo que permitió que las poblaciones crecieran rápidamente e infestaran miles de árboles en pocas semanas (Sánchez y Torres, 2004).

Los escarabajos descortezadores, que pertenecen al género *Dendroctonus* son considerados como los insectos más destructivos en los bosques de coníferas de Norte y Centro América, debido a que atacan y matan a los árboles en forma individual, en pequeños grupos e incluso, en grandes epidemias, donde una vez iniciado el ataque pueden permanecer por años (Sánchez *et al.*, 2003). De acuerdo con los monitoreos realizados por SEMARNAT (2014), de las zonas forestales del país, en el 2012 reporta un total de 126,000 ha atacadas por insectos descortezadores.

### **Objetivo general**

Contribuir al conocimiento de la distribución geográfica de los insectos descortezadores *Dendroctonus mexicanus* y *Dendroctonus frontalis*

### **Objetivos específicos**

- 1 Conocer la incidencia de *D. mexicanus* y *D. frontalis* en diferentes gradientes altitudinales en los bosques de pino de la Sierra de Arteaga, Coahuila, y en la localidad de La Peñita, Santiago, Nuevo León México.
- 2 Estudiar la incidencia de las poblaciones de *D. mexicanus* y *D. frontalis* utilizando trampas de embudo Lindgren con cebo a base de Frontalina, Brevicomina y Alfa-Pineno en ocho gradientes altitudinales.

### **Hipótesis**

**Ho.** Los diferentes gradientes altitudinales Influyen en la incidencia de *D. mexicanus* y *D. frontalis*.

**Ha.** No existe diferencia en las capturas de *D. mexicanus* y *D. frontalis* entre los diferentes gradientes altitudinales.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Los ecosistemas y su problemática

Los seres humanos dependen por completo de los ecosistemas, no sólo por las materias primas para la industria, también necesitan diariamente los servicios ambientales que proveen. México es un país donde las condiciones climáticas y su accidentada y compleja topografía, permiten el desarrollo de prácticamente todos los ecosistemas presentes en el mundo (Sarukhán *et al.*, 2009).

En los últimos años las actividades productivas se han intensificado de manera global gracias al avance de la tecnología y sofisticados métodos de producción, con patrones de consumo cada vez más demandantes, provocando una contaminación excesiva, lo que conlleva a cambios en el clima de la tierra, comúnmente conocido como cambio climático. El cual se manifiesta a través del incremento de la temperatura, cambios en la intensidad, distribución espacial y temporal de la precipitación, fenómenos hidrometeorológicos más extremos e intensos (SEMARNAT, 2016).

Estos cambios están impactando fuertemente a los bosques del mundo, con temporadas de crecimiento de los cultivos cada vez mayores, cambios en la propagación de las especies de insectos y la frecuencia de incendios forestales. Es de suma importancia el estudio de las relaciones entre el cambio climático, los bosques y las plagas para conocer las variaciones en la ocurrencia e impactos de enfermedades y plagas tanto nativas como exóticas (Moore y Allard, 2008). Así mismo Zurrita *et al.* (2015), mencionan que el cambio climático causado por las emisiones de los gases de efecto invernadero puede afectar la abundancia y distribución de las especies en los ecosistemas terrestres y acuáticos de todo el planeta, lo que supondrá un riesgo para el manejo y la conservación de la biodiversidad.

### 2.1.1. Los bosques y su problemática

En todas las áreas boscosas alrededor del mundo los árboles se encuentran en una competencia constante por luz, agua, nutrientes y espacio; y sólo los arboles vigorosos sobreviven a esta competencia. Por otro lado, aquellos árboles que no pueden competir se debilitan, lo que favorece el desarrollo de plagas y enfermedades (Flores, 1977).

Los bosques son uno de los más importantes ecosistemas debido a que proveen una gran cantidad de materias primas para la industria, pero además de esto proveen servicios valiosos, como la captura de carbono y mantenimiento del ciclo hidrológico que normalmente damos por sentado, llevando a los bosques a un deterioro cada vez mayor. En México las causas de deterioro de los bosques son variadas, pero se debe en su mayoría al sobrepastoreo, a los aprovechamientos forestales no controlados, como la tala ilegal con fines de cambio de uso de suelo, causando hasta un 90 % de la deforestación en México. El otro 10 % se debe principalmente a los incendios y las plagas forestales (Zurrita *et al.*, 2015). De todas las causas de deterioro del bosque existe un término que engloba todo el problema, llamado declinación forestal, el cual se refiere a la reducción del vigor y sobrevivencia de los árboles en los bosques por medio de los contaminantes producidos por el hombre y otros factores ambientales de estrés, definida también como enfermedad multifactorial (Granados-Sánchez y López-Rios, 2001). Es iniciado por factores abióticos de predisposición, como cambios en el clima, cambios en la composición del suelo forestal por causa de algún disturbio, lo que afecta la salud de los árboles y reducen su capacidad de resistir en pie. Estos árboles son expuestos a un segundo grupo llamado factores de incitación, como la sequía, la defoliación, la contaminación del aire, entre otros. Estos últimos los hace aún más receptivos al tercer grupo llamado factores de contribución como plagas y enfermedades, provocando la muerte del arbolado en pie (Brien *et al.*, 1997).

## **2.2. Plagas forestales**

Las plagas forestales son solamente un agente más de destrucción de los bosques. El problema importante radica en que su presencia está relacionada con los factores de destrucción de los bosques mencionados en el punto anterior. Es decir, las plagas se presentan en árboles debilitados por incendios, dañados por el sobrepastoreo, y afectados por causas de explotación irracional, como el ocoteo, resinación intensa, cinchado, entre otros (Hendrichs, 1977).

Los descortezadores son la principal plaga de los bosques del continente americano y juegan un papel importante al contribuir como agentes de selección natural en la sucesión forestal al cambiar la estructura y composición de los bosques (Carmona, 1978). De acuerdo con lo anterior Hendrichs (1977), menciona que en los bosques vírgenes y poco alterados las poblaciones de insectos no llegan a considerarse plaga ya que fluctúan con cierta periodicidad, cumpliendo la importante función de la eliminación constante de árboles maduros, debilitados y dañados, conservando con ello bosques jóvenes y vigorosos. Por lo tanto, no es motivo de alarma la presencia de estos insectos, y tampoco es recomendable eliminarlos ya que estaríamos desequilibrando el ecosistema. El concepto de plaga está relacionado con la densidad poblacional, los insectos descortezadores serán considerados como una plaga cuando sus poblaciones alcancen niveles alarmantes en cuanto a cantidad de insectos y ocasionen daños considerables al arbolado (Aguilar, 2011).

## **2.3. Los incendios forestales y las plagas**

Los incendios forestales constituyen una de las principales causas de destrucción de los bosques, ya sea provocados accidentalmente o intencionalmente, utilizando técnicas como la roza-tumba-quema para expandir áreas para la agricultura o el pastoreo (Flores, 1977).

Billings *et al.* (2004), indican que las quemas controladas y de baja intensidad, reducen la competencia, lo que se traduce en un mayor vigor en los

árboles y aumento en su resistencia contra el ataque de insectos descortezadores. Sin embargo, los incendios intensos o frecuentes pueden debilitar a los árboles o matarlos. El problema radica en que los pinos debilitados por efectos del fuego o algún otro factor de estrés, producen menos resina y se defienden de una manera deficiente al ataque del insecto descortezador. Mencionan además que las plagas de insectos descortezadores influyen también en la intensidad y frecuencia de incendios, por el aumento de combustibles del arbolado muerto por efecto del ataque del insecto.

En este contexto Pérez (1981), postula que existe una alta relación entre los incendios forestales y la presencia de insectos descortezadores. En su estudio realizado en Uruapan, Michoacán y sus alrededores obtuvo como resultado la presencia de: *Ips cribricollis* Eichhof, *Ips calligraphus* Germar, *Ips plastographus* Leconte, *Dendroctonus mexicanus* Hopkins, *Dendroctonus valens* Leconte, en lugares afectados por incendios.

Así mismo Fonseca y colaboradores (2014), en un estudio realizado en Hidalgo, encontraron la aparición de *D. mexicanus* y *D. valens* atacando a más del 82 % de los árboles chamuscados por el incendio y únicamente el 6 % de los arboles sin daño fueron colonizados exitosamente. Por otra parte, el 99 % del arbolado muerto por el incendio fueron colonizados por descortezadores secundarios como *Ips integer*, *Ips bonansea*, *Ips cribricollis*, *Pseudips mexicanus* y *Pityophthorus* sp.

#### **2.4. El cambio climático y las plagas forestales**

Hay una idea generalizada entre la comunidad científica respecto al impacto que el cambio climático va a significar en todos los organismos del planeta. En este sentido algunos se verán beneficiados, otros perjudicados. Muchas especies de plantas, animales e insectos serán desplazadas de sus áreas de distribución natural, cambios en comportamiento, ciclos biológicos, hasta la erradicación de especies. Particularmente la gran mayoría de las especies plaga se van a ver favorecidas, lo que augura un panorama difícil para

la sostenibilidad y gestión de muchos de nuestros bosques (Hódar *et al.*, 2012). Como las regiones templadas y subárticas se están volviendo lugares con clima cada vez más hospitalario para especies vegetales y de insectos, muchas especies han modificado su distribución (Régnière, 2009). Y aunque la presencia de una plaga forestal puede tener varias causas, generalmente son los factores climáticos los que más influyen en los brotes de insectos descortezadores (Leal, 2014).

Ungerer *et al.* (1999), realizaron un estudio para conocer el efecto de la temperatura en los límites de distribución de *Dendroctonus frontalis* para lo cual evaluaron diferentes escenarios posibles en cuanto al aumento de temperatura. Todos los escenarios del cambio climático sugirieron efectos significativos sobre la distribución de *D. frontalis* como resultado de cambios en la probabilidad de mortalidad invernal por la exposición a temperaturas letales, consideradas menores a los 16 °C bajo cero con el 100 % de mortalidad para esta especie.

## 2.5. Situación taxonómica de *D. mexicanus* y *D. frontalis*

En un tiempo se consideró que *D. mexicanus* descrito por Hopkins en 1905, era la misma especie que existía en el sur de EUA y que Zimmerman clasificó con anterioridad en 1868 como *D. frontalis*. Sin embargo, un estudio taxonómico y biológico posterior de este insecto reveló diferencias, considerándose que efectivamente *D. mexicanus* y *D. frontalis* eran especies distintas. Las principales diferencias entre las especies que se estudian se muestran el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de *Dendroctonus mexicanus* y *Dendroctonus frontalis*

Características	Especie	
	<i>Dendroctonus mexicanus</i>	<i>Dendroctonus frontalis</i>
Tamaño	Los adultos varían en tamaño de 2.3 a 4.5 mm de longitud, con un promedio de 3.3 mm.	La longitud del cuerpo varia de 2.2 a 3.2 mm, con una longitud promedio de 2.8 mm.

Color	Café muy oscuro a negro brillante.	Color café oscuro casi negro; los pre-adultos son café claro
Setas	Setas moderadamente abundantes de más de dos tamaños.	Setas abundantes de dos clases de tamaño.

## 2.6. Descripción general de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins

La infestación de esta especie contribuye en la deforestación de regiones completas del centro del país. De acuerdo con Rodríguez (1990), esta plaga es la que causa el mayor daño en los bosques de pino en México.

### 2.6.1. Taxonomía

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Coleoptera

Familia: Curculionidae

Subfamilia: Scolytinae

Género: *Dendroctonus*

Especie: *mexicanus* Hopkins

### 2.6.2. Morfología

Los adultos varían en tamaño de 2.3 a 4.5 mm de longitud, con promedio de 3.3 mm. La coloración es café muy oscuro, casi negro y brillante. La frente de la cabeza es convexa, con dos elevaciones separadas por un surco que baja por la parte media de la cabeza. Cada uno de los élitros presenta nueve estrías con puntuaciones bien marcadas, aunque poco profundas. El declive elitral es convexo, con las estrías fuertemente marcadas. Las setas del declive son de más

de dos tamaños y son moderadamente abundantes; las setas sirven para diferenciar a esta especie de *D. frontalis* (Cibrián *et al.*, 1995).

### **2.6.3. Distribución y hospederos**

El límite altitudinal de esta especie se ubica entre los 800 y 3,650 msnm, con un intervalo preferente entre los 2,000 y 2,500 msnm.

Considerado como una especie de amplia distribución se encuentra en los estados de Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas (Salinas *et al.*, 2010).

Cibrián y colaboradores (1995), señalan que los hospederos de esta especie son: *Pinus ayacahuite*, *P. arizonica*, *P. cembroides*, *P. chihuahuana*, *P. cooperi*, *P. douglasian*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. greggii*, *P. hartwegii*, *P. herrerae*, *P. lawsonii*, *P. leiophylla*, *P. maximinoi*, *P. michoacana*, *P. montezumae*, *P. patula*, *P. pinceana*, *P. pseudostrobus*, *P. rudis*, *P. teocote*.

### **2.6.4. Ciclo de vida**

*D. mexicanus* presenta varias generaciones por año. El tiempo de generación (de huevo a huevo) varía de acuerdo a la temperatura y condiciones de desarrollo, desde 42 horas hasta 125 días, por lo que puede haber de tres a cinco generaciones por año (Leal, 2014). Por otro lado Perry (1951), menciona que el ciclo de vida desde huevo a adulto es de hasta 80 días.

## **2.7. Descripción general de *Dendroctonus frontalis* Zimm**

*Dendroctonus frontalis* también llamado “el descortezador suriano de los pinos” (Coster, 1978 y Rodríguez, 1990), debido a que su distribución era

conocida únicamente en el sur-centro del país a altitudes entre 700 a 1,300 metros sobre el nivel del mar.

Islas (1980), menciona que estos insectos sobreviven en bosques sanos entre diversos enemigos naturales (competidores, depredadores y parásitos), gracias a ciertos mecanismos de comportamiento como: desarrollo veloz, ataque primario distante y masivo a ciertos pinos, lo que significa que atacan, desarrollan y emergen mucho antes que sus reguladores.

### **2.7.1. Taxonomía**

Reino: Animalia  
Phylum: Arthropoda  
Clase: Insecta  
Orden: Coleoptera  
Familia: Curculionidae  
Subfamilia: Scolytinae  
Género: *Dendroctonus*  
Especie: *frontalis* Zimm

### **2.7.2. Morfología**

La longitud del cuerpo varía de 2.2 a 3.2 mm, con un promedio de 2.8 mm. De color café oscuro, casi negro, aunque los preadultos son café claro. En la cabeza la frente es convexa con dos elevaciones laterales en su porción media ubicadas por abajo del nivel superior de los ojos, que están separados por un surco. El pronoto presenta la superficie lisa, con puntuaciones laterales poco abundantes y poco profundas. Declive elitral con pendiente moderada; setas abundantes de dos clases de tamaños. Presenta la forma del adulto con rudimentos alares, patas plegadas ventralmente y segmentos abdominales visibles dorsalmente (Cibrián *et al.*, 1995).

### **2.7.3. Distribución y hospederos**

Rodríguez (1990), menciona que esta plaga se distribuía únicamente en los estados de Oaxaca y Guerrero. Estudios más recientes realizados por Salinas *et al.* (2010), señalan que esta especie se distribuye en los estados de Chiapas, Guerrero, Hidalgo, México, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro y San Luis Potosí. Mencionan también que se distribuye a una altitud de los 600 y 3,200 msnm, con un intervalo preferente entre los 1,500 y 2,000 msnm atacando principalmente: *Pinus devoniana*, *P. douglasiana*, *P. greggii*, *P. lawsonii*, *P. leiophylla*, *P. maximinoi*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. pringlei*, *P. pseudostrobus* y *P. teocote*.

### **2.7.4. Ciclo de vida**

Islas (1980), señala que una generación de *D. frontalis* en EEUU tarda en promedio de 27 a 32 días; y de 45 a 55 días para Guerrero y Oaxaca.

El CATIE (1991), menciona que para Centro América la duración promedio de huevo a adulto de *D frontalis* es de 26 a 54 días. Para México de acuerdo con Iñiguez (1999), el ciclo de vida varía de 43 a 60 días con un total de seis a ocho generaciones por año.

## **2.8. Monitoreo de las poblaciones de insectos descortezadores**

Monitorear es observar, detectar, medir o evaluar algo. El monitoreo de las poblaciones de los descortezadores es un procedimiento primordial en el manejo de estos importantes insectos, ya que con ello se puede obtener su abundancia poblacional, definir si está a nivel de plaga, y la necesidad o no, de proceder al control de la misma. Para ello es común el uso de las trampas de multiembudo tipo Lindgren, las cuales consisten en una serie de embudos alineados verticalmente con un vaso colector al extremo (Lindgren, 1983). Dichas trampas han demostrado en muchos estudios una alta eficiencia en la captura de insectos

descortezadores y sus depredadores. Estas trampas utilizan como cebo sustancias químicas conductuales (semioquímicos) como: feromonas y kairomonas, las cuales atraen tanto a los insectos descortezadores como a sus depredadores (Macías *et al.*, 2004). El valor de la información derivada del monitoreo es útil únicamente cuando esta actividad es periódica y constante, y adquiere otra dimensión mayor cuando se hacen comparaciones de los datos históricos de las tendencias numéricas de los insectos atrapados (Macías y Niño, 2016).

## **2.9. Semioquímicos**

Carballo y Guharay (2004), definen a los semioquímicos (SQs) como sustancias químicas que afectan el comportamiento de ciertos organismos, principalmente los insectos. Los insectos son sensibles a sustancias químicas presentes en el ambiente, principalmente a aquellas que les ayudan a encontrar pareja y a seleccionar un hospedero. Los insectos usan la información química de su medio ambiente en todas las etapas del desarrollo, localizan los lugares de alimentación, oviposición e hibernación, atraen pareja y evitan situaciones peligrosas o hábitats y huéspedes inadecuados. A estos compuestos químicos responsables de las interacciones, ya sean las que se dan dentro de una misma especie (intraespecíficas) o las que se producen entre organismos de especies distintas (interespecíficas), se conocen con el nombre de semioquímicos. Los insectos descortezadores, por ejemplo, se agrupan en árboles utilizando semioquímicos producidos por escarabajos específicos, cuya atracción se sincroniza con los compuestos volátiles liberados por el propio árbol (Agelopoulos *et al.*, 1999).

### 2.9.1. Feromonas

De acuerdo con Vázquez y colaboradores (2007), las feromonas son sustancias que emiten señales de alarma, señalamiento de rutas de atracción sexual, entre organismos de la misma especie.

Ruíz (2007), define a las feromonas como sustancias que influyen en individuos de la misma especie y que pueden regular la maduración sexual, desarrollo o estado fisiológico, o pueden servir como un sistema de alarma para la reproducción sexual, la agregación de los individuos, el marcaje territorial, rutas o senderos.

Muchos descortezadores tienen los mismos compuestos feromonales en común, aunque la función de ellos y el sexo que las produce varía. Información de poblaciones de descortezadores en Estados Unidos y Canadá, indica a la Frontalina como una feromona de agregación producida por hembras en *D. frontalis*, *D. pseudotsugae* y *D. rufipennis*. El cebo comercial de *D. frontalis* se denomina “feromona para *D. frontalis*” y para las poblaciones en México está compuesto por: Frontalina (feromona) + *Endo-Brevicomina* (feromona) + Alfa-Beta-Pineno (kairomona). Para el caso de especies como *D. mexicanus* y *D. adjunctus*, el conocimiento de sus SQs es sumamente pobre, tanto de las poblaciones de Estados Unidos como las de México, sin embargo por experiencias en campo se sabe que estas especies son atraídas a las combinaciones de Frontalina y Alfa-Beta-Pineno (Macías y Niño, 2014). Vázquez y colaboradores (2007), mencionan que la feromona conocida como Frontalina tiene un efecto de agregación sobre *D. mexicanus*, y por tanto funciona como atrayente. Así mismo Leal (2014), obtuvo resultados favorables en la captura de *D. mexicanus* utilizando como atrayente la combinación de Frontalina + Alfa Pineno.

### **2.9.2. Kairomonas**

Las *kairomonas* (del griego *kairos* que significa oportunista o explicativo), son mensajeros químicos interespecíficos que proporcionan ventajas adaptativas al organismo que recibe la señal química. Las interacciones interespecíficas de esta naturaleza incluyen un amplio número de atrayentes y fago-estimulantes para ayudar a los depredadores a encontrar a su presa y a los herbívoros a encontrar sus plantas comestibles. Las feromonas de algunas especies pueden ser kairomonas cuando son usadas por los depredadores de otras especies para encontrar a su presa. El depredador *Enocleris lecontei* usa la feromona de agregación del escarabajo de corteza *Ips paraconfusus* (Robles, 1994).

### **2.10. Efecto de la altitud sobre la distribución de las especies**

La distancia vertical a la que se sitúa un objeto sobre el nivel del mar se denomina altitud. Este factor tiene implicaciones sobre la distribución de plantas y animales en los diferentes ecosistemas, a mayor altitud la diversidad de plantas disminuye, el gasto de energía que los animales usan para regular su temperatura aumenta y la disponibilidad de alimentos y coberturas (anidación, escape, reproducción y refugio) disminuyen (Llorente y Monrrone, 2001); en regiones situadas a la misma latitud por cada aumento de 100 metros en altitud la temperatura disminuye en 0.5 °C (FAO, 1996 y Cabrera, 1997).

Para sobrevivir los animales se adaptan generación tras generación específicamente con la termorregulación de su temperatura, usando mecanismos hereditarios que les permiten a las generaciones futuras aumentar su resistencia a los cambios de temperatura, para los animales que tienen un ciclo de vida largo este proceso es muy tardado; sin embargo, los insectos tienen ventajas sobre el resto de los individuos al tener un ciclo de vida relativamente corto. Por esta razón su proceso de adaptación es acelerado adecuándose a los cambios drásticos en la temperatura y a los fuertes vientos que les impiden volar. En este sentido

Cabrera (1997), observó en *Holopterus chilensis* (Coleóptera: Cerambycidae) una tendencia a disminuir la intensidad del ataque hacia altitudes mayores.

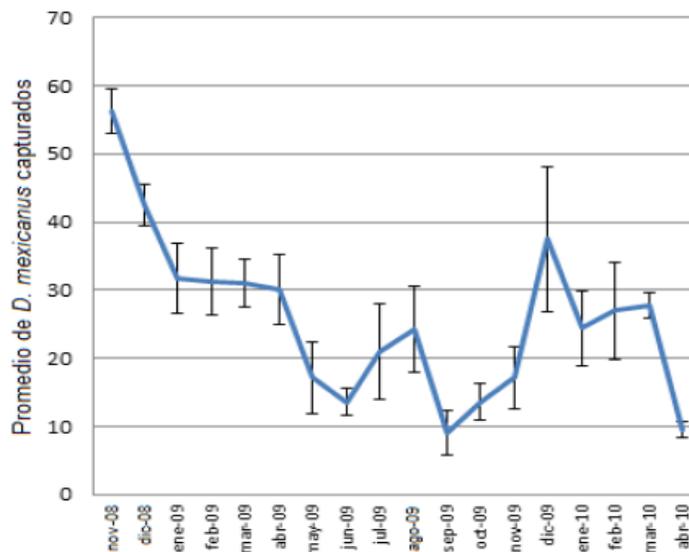
### 2.11. Trabajos afines

Flores (1977), estudio la población de descortezadores en el estado de Nuevo León, para lo cual utilizó como trampa mallas metálicas a una altura aproximada de 4 a 5 m del suelo; en cada una de las trampas se colocaron dos tubos de vidrio que contenían el cebo elaborado con la mezcla de Frontalina y terpentina (aguarrás) y por último se colocó un compuesto pegajoso (Stikem) para adherir a los insectos. Los resultados obtenidos arrojaron un comportamiento similar entre las especies de *D. mexicanus* y *D. frontalis* en relación a la temperatura. La mayor cantidad de *D. mexicanus* fueron capturadas en el mes de octubre de 1976 con un total de 45 insectos capturados, y para *D. frontalis* con un total de 10 insectos capturados. En ambos casos a medida que la temperatura disminuía las capturas disminuían. Las capturas desaparecieron por completo al registrarse temperaturas por debajo de -1 °C. También se determinó que para *D. frontalis* el rango altitudinal se encuentra entre los 1,300 a 1,500 msnm, hospedando a *P. teocote*, y para *D. mexicanus* de 1,100 a 1,300 msnm, hospedando a *P. montezumae* y *P. pseudostrobis*, encontrando que las especies de *D. mexicanus* son más susceptibles a las bajas temperaturas que *D. frontalis*.

En cuanto a la fluctuación poblacional de las especies *D. mexicanus* y *D. frontalis*, Cuellar *et al.* (2012), realizaron un estudio para determinar la fluctuación de *D. mexicanus* en seis localidades del sur de Nuevo León, en correlación a variables climáticas tales como la temperatura y la precipitación. Para esto utilizaron 30 trampas Lindgren de 12 unidades. En cada una de las localidades se colocaron cuatro trampas cebadas con Frontalina (PheroTech Delta, BC, Canadá) + aguarrás (genérico) como atrayente, a una distancia aproximada de 100 m entre ellas. Se colocó una quinta trampa en cada localidad, a la cual no se le colocó el atrayente para utilizarla como testigo.

Las colectas se realizaron en forma mensual desde noviembre de 2008 hasta abril de 2010 en las localidades (Huérfino, Hoya de la Fábrica y San Manuel) y de enero 2009 a abril de 2010 en las otras tres (Angostura, Antena, Tejocote).

Como puede observarse en la Gráfica 1, *D. mexicanus* en el sur de Nuevo León presenta dos picos importantes por año. Las densidades promedio más altas se presentaron en noviembre de 2008 ( $56.22 \pm 3.28$ ), disminuyendo en forma gradual hasta septiembre de 2009 ( $9 \pm 3.21$ ) para tener de nuevo un ascenso en diciembre de 2009 ( $37.5 \pm 10.66$ ). El gradiente altitudinal sobre el cual realizaron el estudio fue de 2,140 a 2,290 msnm, donde el pico más alto de ataque *D. mexicanus* fue encontrado en la localidad “El Huérfino”, que se encuentra ubicado a la altitud de los 2,140 msnm. Además, encontraron una buena correlación ( $r = 0.62$ ,  $P = 0.003$ ) en la combinación de las variables de temperatura y precipitación con la cantidad de insectos capturados.



Gráfica 1.-Cantidad de *D. mexicanus* recolectados por fecha y por localidad de noviembre de 2008 a abril de 2010 en el municipio de Aramberri, N.L. (Cuellar *et al.*, 2012).

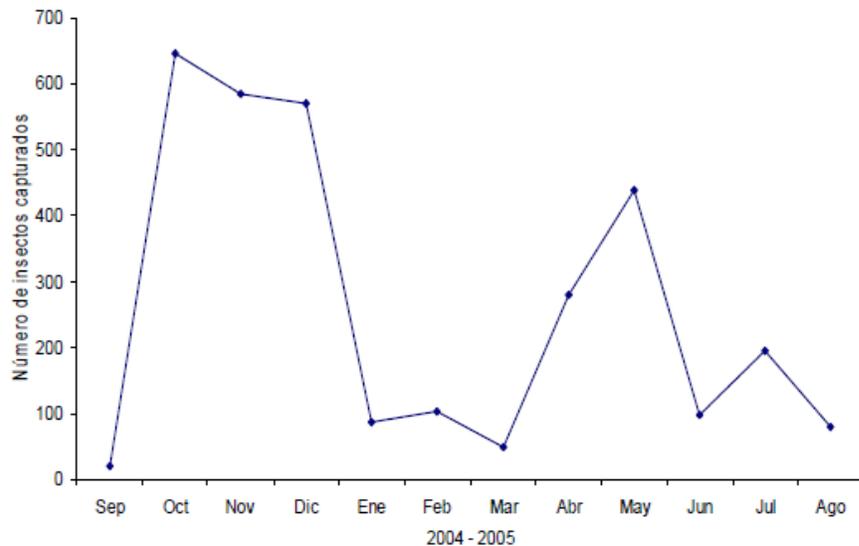
Morales *et al.* (2016), estudiaron la fluctuación poblacional de *D. frontalis* y *D. mexicanus*, y su asociación con variables climáticas en bosques de pino en

el municipio de Landa de Matamoros en las localidades “El Lobo” y “El Madroño”, en el estado de Querétaro, México, en el periodo de marzo a diciembre del 2015. Para ello se colocaron en cada localidad cuatro trampas tipo Lindgren de ocho embudos (BioQuip®). Para cebar las trampas se utilizaron tres diferentes semioquímicos: Frontalina (feromona), Endo-Brevicomina (feromona) y Alfa-Beta-Pineno (kairomona) (Synergy Semiochemicals Corp®). En cada localidad se ubicaron dos puntos de muestreo en un gradiente altitudinal (1,500 a 1,700 msnm), en donde se colocó un par de trampas, una cebada y un control, siendo un total de cuatro trampas en cada localidad (dos cebadas y dos controles). Para la toma de los datos climáticos se instalaron colectores de datos climáticos (HOBO’S®) los cuales registran cada 30 minutos la temperatura del aire y la humedad relativa.

Los resultados del estudio arrojaron que en la localidad del Madroño se observa mayor abundancia de ambas especies de descortezadores en los meses de abril, noviembre y diciembre, que corresponde a la temperatura máxima (20 °C, 17 y 17.8 respectivamente) en los meses intermedios del periodo de recolecta se registra menor abundancia de *D. frontalis* y *D. mexicanus*, con temperatura máxima de 18 a 21 °C. En la localidad del Lobo las mayores abundancias de insectos para las dos especies se obtuvieron a partir del mes de septiembre a diciembre, el cual se registra una temperatura máxima de 18.8 °C a 21.3 °C. A pesar de que durante los meses de muestreo no se define un patrón claro de abundancia, debido a la corta duración del estudio se puede inferir que en el municipio Landa de Matamoros en un gradiente altitudinal de 1,500 a 1,700 msnm *D. mexicanus* presenta de dos a tres generaciones por año, y *D. frontalis* presenta de una a dos generaciones por año.

En forma similar Torres y Sánchez (2007), estudiaron la biología y hábitos de *D. mexicanus*, en el estado de Nuevo León, para lo cual utilizaron dos trampas de embudo tipo Lindgren de 12 unidades cebadas con una mezcla de Frontalina + Alfa-Pineno con una separación de 50 metros. En los resultados se observa que en los meses de octubre a diciembre de 2004 y mayo de 2005 se registran las más altas poblaciones de insectos alcanzando hasta 650 insectos capturados;

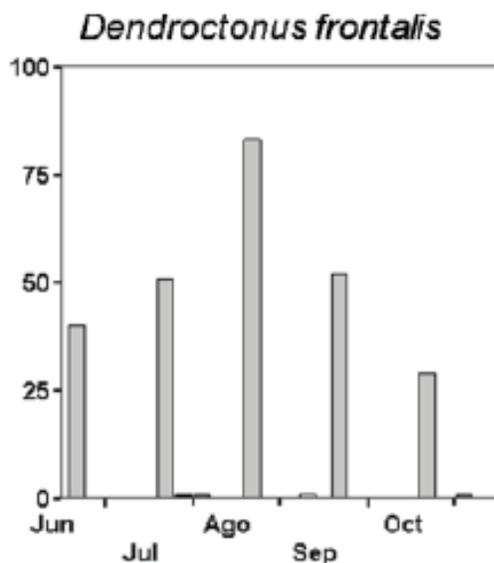
en los meses posteriores disminuye, sin embargo, se detectan picos importantes por lo que deducen que esta especie de descortezador (*D. mexicanus*) presenta de tres a cuatro generaciones por año, siendo las más importantes en los períodos de invierno y primavera (Gráfica 2).



Gráfica 2.- Fluctuación poblacional de *D. mexicanus* Hopkins en bosque de *Pinus teocote* en el predio "Puerto de Cieneguillas", Galeana, N. L. (Torres y Sánchez, 2007).

Por su parte Domínguez-Sánchez *et al.* (2008), evaluaron la respuesta kairomonal de coleópteros asociados a *D. frontalis* e *Ips*, en el estado de Chiapas. Utilizaron 40 trampas multiembudo Lindgren cebadas con diferentes feromonas (Frontalina, Ipsenol e Ipsdienol) a una altitud promedio de 1,500 msnm. Obtuvieron como resultado que la mayor cantidad de insectos de *D. frontalis* fueron atraídos por la Frontalina, y la mayor cantidad de *Ips*, con Ipsenol e Ipsdienol.

En la Gráfica 3, se puede observar que la mayor abundancia de *D. frontalis*, fue obtenida en el mes de agosto con aproximadamente 85 insectos.



Gráfica 3.- Tendencia temporal de la abundancia de *D. frontalis* en el periodo de muestreo junio a octubre del 2006, en el parque nacional Lagunas de Montecillo (Domínguez-Sánchez *et al.*, 2008).

Recientemente Mendoza y Obregón (2016), utilizaron trampas tipo Lindgren® de ocho embudos, divididas en dos grupos (trampas cebadas y control), para estudiar el comportamiento de las poblaciones de las especies *Dendroctonus frontalis* y *Dendroctonus mexicanus* y determinar si existe una correlación entre la abundancia de estas especies con la temperatura promedio y la altitud. Las trampas fueron distribuidas en el sitio a lo largo de un gradiente altitudinal de 800 m, que va desde los 2,379 a los 3,058 msnm, alternadas en intervalos de 100 metros. Los atrayentes utilizados para cebar las trampas fueron Alfa-Beta-Pineno, Frontalina y Endo-Brevicomina (Synergy Semiochemicals Corp®).

Aunque los resultados obtenidos muestran correlaciones no significativas entre la temperatura promedio y las abundancias de las especies de descortezadores. Se obtuvo que el intervalo altitudinal de mayor abundancia de descortezadores fue 2,707 a 2,904 msnm.

En forma paralela Avilés y colaboradores (2016), establecieron un transecto altitudinal desde los 1,654 hasta los 2,117 msnm, en el que se colocaron a lo largo ocho sitios de muestreo para determinar fluctuación

poblacional de *D. frontalis* y *D. mexicanus* en relación a la variación en la altitud y factores climáticos en el estado de Hidalgo. En cada uno de los sitios se instalaron dos trampas tipo Lindgren de ocho embudos, con una separación aproximada de 50 metros. A una de las trampas se colocó el complejo de atrayentes Synergy Semiochemicals Corp® formado por Alfa-Pineno, Frontalina y Endo-Brevicomina, los cuales fueron renovados cada dos meses. La trampa sobrante fue colocada sin atrayentes a manera de control. La toma de datos climáticos se realizó con un dispositivo EL-USB-2 de EasyLog® Data Logger en cada sitio de muestreo. Se registraron datos de temperatura y humedad relativa a partir del 28 de agosto de 2015 al 30 de diciembre del 2015.

Como resultados obtuvieron que la abundancia de las poblaciones de *D. frontalis* y *D. mexicanus* son independientes de la elevación. Pero con los resultados pudieron encontrar un pico máximo en cuanto al número de insectos a los 1,939 msnm para *D. frontalis*, y entre los 1,939 y 1,998 msnm para *D. mexicanus*; los sitios con menor actividad para *D. frontalis* fueron los ubicados a 1,654 msnm y de 1,654, 1,722 y 1,880 msnm para *D. mexicanus*. También se determinó que las poblaciones de *D. frontalis* y *D. mexicanus* mostraron un comportamiento estacional, donde los valores más altos fueron registrados en primavera y los valores más bajos fueron registrados en otoño.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del área de estudio en Coahuila

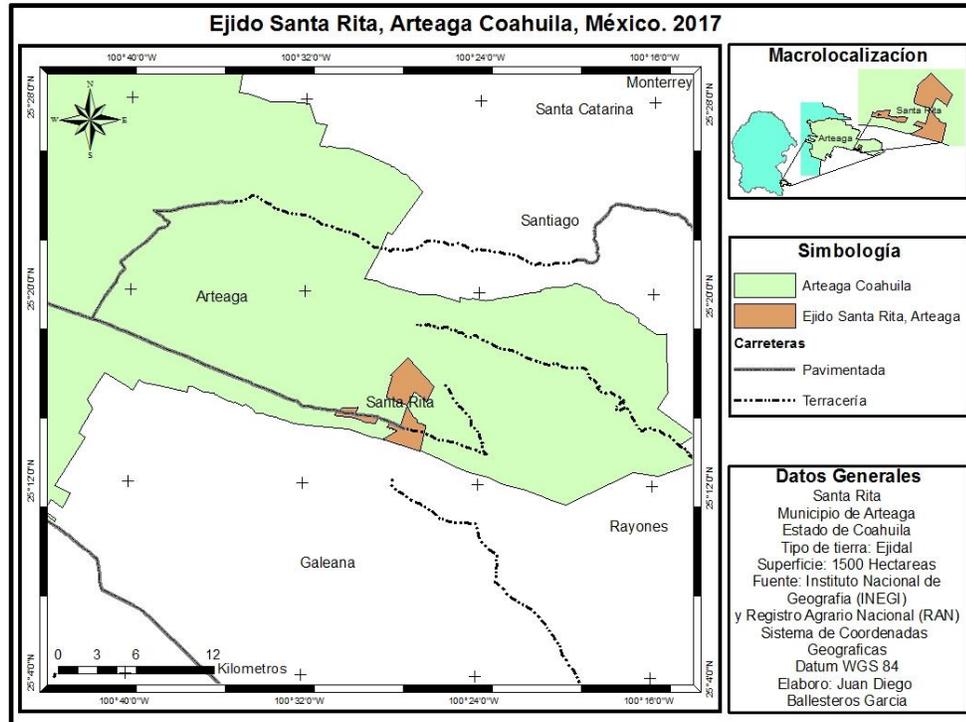


Figura 1.- Ubicación geográfica del ejido Santa Rita, Arteaga, Coahuila.

##### 3.1.1. Ubicación geográfica

De acuerdo con INEGI (2009), el ejido Santa Rita forma parte del municipio de Arteaga, el cual se encuentra entre los paralelos 25° 09' y 25° 32' de latitud norte; los meridianos 100° 57' y 100° 14' de longitud oeste; altitud entre 1,300 y 3,700 m. Colinda al norte con el municipio de Ramos Arizpe y el estado de Nuevo León; al este con el estado de Nuevo León; al sur con el estado de Nuevo León; al oeste con el municipio de Saltillo. Cuenta con 657 localidades y una población total de 19,622 habitantes.

### **3.1.2. Fisiografía**

Provincia: Sierra Madre Oriental (100 %).

Subprovincia: Gran Sierra Plegada (95 %) y Pliegues Saltillo Parras (5 %).

Sistema de topo formas: Sierra Plegada-Flexionada (62 %), Bajada con Sierras (26 %), Llanura Baja de Piso Rocoso o Cementado con Lomerío (5 %), Bajada con Sierras (4 %) y Bajada Típica (3 %).

### **3.1.3. Clima**

Rango de temperatura: 8 - 20 °C.

Rango de precipitación: 300 - 700 mm.

Clima: templado subhúmedo con lluvias escasas todo el año (55 %), semiseco templado (21 %), semifrío subhúmedo con lluvias escasas todo el año (10 %), templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (8 %), seco templado (3 %), semiseco semicálido (2 %) y seco semicálido (1 %).

### **3.1.4. Geología**

Periodo: Cretácico: (57 %), Cuaternario (33 %), Jurásico (9 %) y Neógeno (1 %).

Roca: Sedimentaria: caliza (46 %), caliza-lutita (9 %), lutita-arenisca (8 %), conglomerado (7 %), lutita (3 %) y brecha sedimentaria (1 %), suelo: aluvial (26 %).

### **3.1.5. Edafología**

Suelo dominante: Leptosol (53 %), Kastañozem (17.6 %), Phaozem (16.8 %), Regosol (4.8 %), Calcisol, (4.0 %), Luvisol (3.3 %), Fluvisol (0.3 %) y No aplicable (0.2 %).

### **3.1.6. Hidrografía**

Región hidrológica: Bravo-Conchos (62 %) y El Salado (38 %).

Cuenca: R. Bravo-San Juan (62 %) y Sierra Madre Oriental (38 %).

Subcuenca: San Rafael (38 %), R. San Miguel (34 %), R. Pílon (21.9 %), R. Monterrey (5 %), R. Pesquería (1 %) y R. Ramos (0.1 %).

Corrientes de agua Perenne: R. Casillas; Intermitentes: R. La Boquilla, R. San José de las Boquillas, R. Grande, R. La Boca, R. La Roja y R. La Carbonera.

### **3.1.7. Uso del suelo y vegetación**

Uso del suelo: agricultura (21 %) y zona urbana (2 %).

Vegetación: bosque (60 %), matorral (10 %) y pastizal (7 %).

### **3.1.8. Uso potencial de la tierra**

Agrícola para la agricultura mecanizada continua (21 %), agricultura manual continua (1 %), agricultura manual estacional (2 %), no apta para la agricultura (76 %); para el establecimiento de praderas cultivadas con maquinaria agrícola (21 %).

Pecuario: para el aprovechamiento de la vegetación natural diferente del pastizal (9 %); para el aprovechamiento de la vegetación natural únicamente por el ganado caprino (70 %).

### **3.1.9. Zona urbana**

Las zonas urbanas están creciendo sobre suelos y rocas sedimentarias del Cuaternario, en valles y sierras; sobre áreas donde originalmente había suelos denominados Calcisol y Leptosol; tienen clima seco templado y semiseco templado, y están creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura y matorrales.

### 3.2. Ubicación del área de estudio en Nuevo León

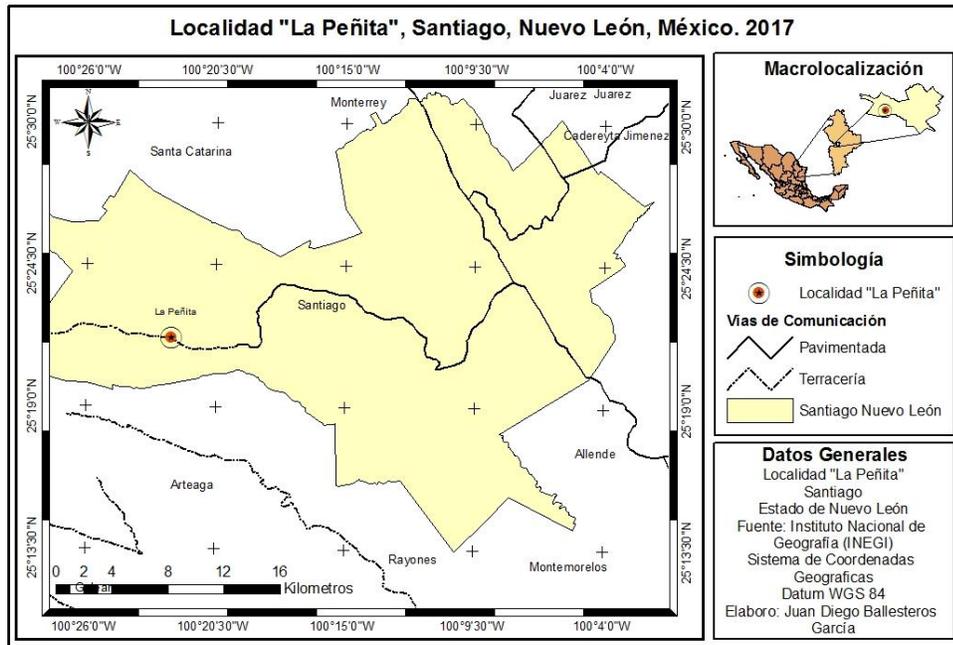


Figura 2.- Ubicación geográfica de la localidad "La Peñita", Santiago, Nuevo León.

#### 3.2.1. Ubicación geográfica

De acuerdo con INEGI (2009), la localidad de La Peñita está situado en el municipio de Santiago (Estado de Nuevo León), entre los paralelos 25° 13' y 25° 31' de latitud norte; los meridianos 100° 02' y 100° 33' de longitud oeste; altitud entre 300 y 3,500 m. Colinda al norte con los municipios de Santa Catarina, Monterrey y Cadereyta Jiménez; al este con los municipios de Cadereyta Jiménez, Allende y Montemorelos; al sur con los municipios de Montemorelos y Rayones y el estado de Coahuila de Zaragoza; al oeste con el estado de Coahuila de Zaragoza y el municipio de Santa Catarina.

#### 3.2.2. Fisiografía

Provincia: Sierra Madre Oriental (94 %) y Llanura Costera del Golfo Norte (6 %).

Subprovincia: Gran Sierra Plegada (94 %) y Llanuras y Lomeríos (6 %).

Sistema de topo formas: Sierra Plegada Flexionada (82 %), Valle de Laderas, Tendidas (12 %) Lomerío con Llanuras (6 %).

### **3.2.3. Clima**

Rango de temperatura: 10 - 24 °C.

Rango de precipitación: 500 – 1,100 mm.

Clima: semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (35 %), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (23 %), templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (22 %), semiseco templado (14 %), semicálido subhúmedo con lluvias escasas todo el año (3 %), Semifrío subhúmedo con lluvias escasas todo el año (1.4 %), templado subhúmedo con lluvias escasas todo el año (0.9 %) y Semiseco semicálido (0.7 %).

### **3.2.4. Geología**

Periodo: Cretácico (77 %), Jurásico (10 %), Cuaternario (8 %) y Neógeno (5 %).

Roca: Sedimentaria: Caliza (41 %), lutita (18 %), caliza-lutita (16 %), lutita-arenisca (12 %), conglomerado (4 %), brecha sedimentaria (3.7 %), yeso (0.2 %) y travertino (0.1 %), suelo: aluvial (5).

### **3.2.5. Edafología**

Suelo dominante: Leptosol (64.8 %), Phaeozem (27.4 %), Vertisol (5.6 %), No aplicable (1.2 %), Fluvisol (0.8 %) y Regosol (0.2 %).

### **3.2.6. Hidrografía**

Región hidrológica: Bravo-Conchos (100 %).

Cuenca: R. Bravo-San Juan (100 %).

Subcuenca: R. Monterrey (42 %), R. San Juan (35 %), R. Ramos (22 %) y R. Pílon (1 %).

Corrientes de agua: Perennes: R. Sabinas, R. San Juan, R. La Chueca, R. Atongo, R. Lagunillas Intermitentes: R. La Boquilla, R. Santa Catarina, R. San José de las Boquillas, R. La Tinaja.

Cuerpos de agua: P. Rodrigo Gómez (La Boca).

### **3.2.7. Uso del suelo y vegetación**

Uso del suelo: agricultura (9 %) y zona urbana (1 %).

Vegetación: bosque (59 %), matorral (24 %), y pastizal (7 %).

### **3.2.8. Uso potencial de la tierra**

Agrícola: para la agricultura mecanizada continua (10 %); No apta para la agricultura (90 %).

Pecuario: para el establecimiento de praderas cultivadas con maquinaria agrícola (10 %); para el aprovechamiento de la vegetación natural únicamente por el ganado caprino (90 %).

### **3.2.9. Zona urbana**

La zona urbana está creciendo sobre suelos y rocas sedimentarias del Cuaternario, en valles y sierras; sobre áreas donde originalmente había suelos denominados Leptosol y Phaeozem; tienen clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, y está creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura, matorrales, pastizales y bosques.

### 3.3. Selección del sitio

Antes del establecimiento de los sitios de muestreo fue necesario hacer un recorrido de campo en busca de áreas propicias para la instalación de las trampas. De acuerdo con Macías y Niño (2014), los sitios idóneos para el monitoreo de insectos descortezadores, son aquellos donde existan bosques de pino o pinabete y que recientemente hayan sido atacados.

#### 3.3.1. Antecedentes de área de estudio

Torres y Sánchez (2006), mencionan que se encuentran 11 especies de insectos descortezadores, de las cuales ocho se presentan como especies primarias, tales como: *Dendroctonus pseudotsugae*, *D. adjunctus*, *D. brevicomis*, *D. mexicanus*, *Pseudohylesinus variegatus*, *Scolytus* spp., *Phloeosinus* spp y *Pityophthorus* spp., y como especies secundarias a *D. valens*, *D. parallellicollis* e *Ips mexicanus*. Reportan además que, en los años 1999 y 2000, *Phloeosinus* spp., devastó más del 50 % de la superficie ocupada por *Cupressus arizonica*, en los predios de Monterreal, Santa Rita, y Los Lirios, municipio de Arteaga Coahuila. Por su parte Flores *et al.* (2015), reportan la presencia de *D. frontalis*, *D. mexicanus*, *D. adjunctus*, *D. brevicomis*, *D. rhizophagus*, *D. parallellicollis*, *D. approximatus*, *D. Pseudotsugae* y *D. valens*, en el ejido Santa Rita, y así mismo para el caso de La Peñita; siendo nuevos reportes *D. frontalis*, *D. rhizophagus*, *D. parallellicollis* y *D. vales* para Santa Rita; y *D. rhizophagus*, *D. adjunctus* y *D. pseudotsugae* para La Peñita. Sánchez *et al.* (2003), mencionan en su estudio que el municipio de Santiago al cual pertenece la localidad de La Peñita en 2002 fue de los que tuvo mayor afectación por ataque de insectos descortezadores con un total de siete brotes activos.

En los sitios seleccionados se pueden observar árboles con follaje amarillento o rojizo, árboles muertos, y árboles con grumos de resina, lo cual indica que la mayoría de los insectos han comenzado el vuelo (Cibrián *et al.*, 1995).

Cuadro 2.- Cambios en la coloración del follaje asociados con los estados de desarrollo de *D. mexicanus* (Cibrián *et al.*, 1995).

<b>Color del Follaje</b>	<b>Estado de desarrollo.</b>
Verde	Adultos atacantes, huevecillos y larva I.
Verde / Amarillo	Adultos atacantes escasos, huevos escasos, larva I y larva II.
Amarillo / Verde	Larva I, larva II, larva III y algunas larvas IV.
Amarillo	Larva I, larva II, larva III, larva IV, y pupas.
Amarillo / Amarillo rojizo	Larva III, Larva IV, pupas y preimagos
Rojo	Larvas III, Larva IV, pupas escasas, mayoría como preimagos y adultos (emergencia principal).
Rojo grisáceo	Adultos escasos.
Café grisáceo	Sin población.

Para el caso de los incendios forestales de acuerdo con la Secretaría del Medio Ambiente (SEMA) del gobierno del estado de Coahuila (2016), el municipio de Arteaga está considerado como zona de alto riesgo de incendios forestales, debido a que es uno de los principales macizos forestales y están continuamente acumulando combustibles.

### **3.4. Colocación de trampas**

Se establecieron dos transectos (A y B) de muestreo, con ocho sitios de muestreo por transecto, con una separación de 100 metros altitudinales, comenzando en 1,900 msnm y terminando en 2,600 msnm para la localidad de "La Peñita", Santiago, Nuevo León. Para el monitoreo en el ejido Santa Rita, Arteaga, Coahuila el establecimiento de sitios se realizó a partir de los 2,600 msnm y el último sitio corresponde a la altitud de 3,300 msnm. Los sitios fueron

georreferenciados con un geoposicionador (GPS) utilizando el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM).



Figura 3.- Trampa Lindgren de ocho embudos.



Figura 4.- Trampa colocada en campo con atrayente

En cada uno de los sitios de estudio establecidos, fueron colocadas dos trampas multiembudo tipo Lindgren de ocho unidades (Figura 3), para un total de 32 trampas, llevando adherido un paquete de feromona sintética (Figura 4); en cada uno de los sitios la trampa uno se utilizó como testigo y la trampa dos con feromona (Figura 5). El atrayente utilizado fue Frontalina, Endo-Brevicomina y Alfa-Pineno. Ya que estudios han demostrado que esta combinación de sustancias tiene un efecto de agregación sobre *D. mexicanus* y *D. frontalis* (Vázquez *et al.*, 2007; Leal 2014; Macías y Niño 2014; Carrillo *et al.*, 2016).

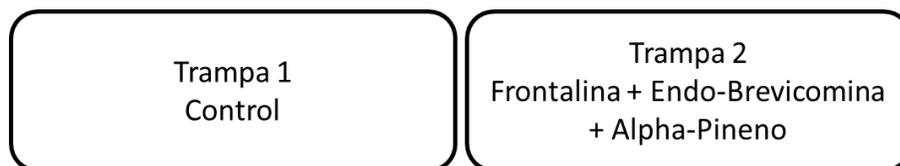


Figura 5. Tratamientos utilizados en las trampas multi-embudo.

El atrayente utilizado se cambió dos veces por mes para asegurar el máximo efecto atrayente y obtener resultados favorables en la captura de los insectos.

Las trampas se colocaron con una separación de 50 m entre feromona y testigo, en árboles no hospederos del género *Dendroctonus* o bien en hospederos muertos para evitar la creación de nuevos focos de infección, además de que se reduce el sesgo en el experimento al sobreestimar la población (Macías y Niño, 2014). Las trampas se sujetaron a los árboles con cuerdas de plástico, dejando un espacio de 1.50 m entre el suelo y la base de la misma para lograr que permanezca extendida en todo momento, adicionalmente se limpió el suelo de las malezas que pudieran obstruir el funcionamiento al llenarse con material vegetal muerto, o que las ramas de otros árboles golpeen la trampa al ser empujadas por el viento. Posteriormente se colocó dentro del vaso colector anticongelante PRESTONE para matar a los insectos que caen por los embudos de la trampa y con ello evitar que se escapen o se dañen al intentar escapar.

### **3.5. Colecta de capturas**

El periodo de duración del estudio fue de cinco meses, iniciando el 28 de febrero del 2015 y terminando el 28 de junio del 2015. Durante este periodo se realizaron recorridos cada 15 días (dos por mes) para recoger las colectas de las trampas. Los insectos que se obtuvieron se colocaron en bolsas de plástico (Figura 6) debidamente etiquetadas con el número de trampa y la altitud correspondiente, tanto de las que contienen atrayente como las trampas testigo. Una vez que se recogieron las muestras se limpió el vaso colector, se revisó que no hubiera daños mecánicos en las trampas y por último se colocó el atrayente de nuevo.



Figura 6.- Bolsas plásticas para recolección de insectos en campo.

### 3.6. Procesamiento de las muestras

Las muestras fueron llevadas a laboratorio para proceder a la limpieza y separación de las muestras colectadas. El proceso comenzó con la extracción de material vegetal muerto, y la separación de los insectos de cualquier tipo (Figuras 7, 8 y 9). Al terminar de separar los insectos del resto de la basura, estos fueron depositados en frascos de plásticos de 75 ml, con, una etiqueta que contenía el número de trampa, la altitud, feromona o control, y la fecha de colecta (Figura 10).



Figura 7.- Colocación de las muestras en una charola.



Figura 8.- Separación de la basura.



Figura 9.- Selección de insectos.

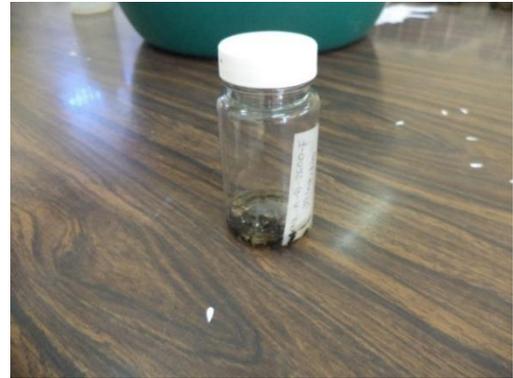


Figura 10.- Envasado y etiquetado de los insectos.

### 3.7. Identificación taxonómica de insectos

Los frascos que contenían los insectos fueron depositados en cajas Petri, con alcohol, para separar a los insectos de interés para este estudio, en este caso *D. frontalis* y *D. mexicanus*, los cuales se identificaron con el uso de claves específicas para escolítidos (Wood, 1982, Cibrián *et al.*, 1995), y con un estereoscopio marca LEICA (Figura 11). Los insectos identificados como *Dendroctonus mexicanus* y *Dendroctonus frontalis* se colocaron en frascos de plástico de 75 ml con alcohol al 70 % (Figura 12). Esta solución permite conservar los insectos en buen estado evitando su descomposición. Por último, en los frascos se colocaron dos etiquetas de papel albanene escritas con lápiz. La primera etiqueta, contenía la información del sitio: área de estudio, transecto, número de trampa, altitud, feromona o control, y fecha de recolección. En la segunda etiqueta se colocó la información de familia, genero, especie, nombre de la persona que identificó al insecto en laboratorio, y fecha de identificación.



Figura 11.- Identificación de insectos.



Figura 12.- Envasado y etiquetado de insectos identificados.

### 3.8. Análisis de datos

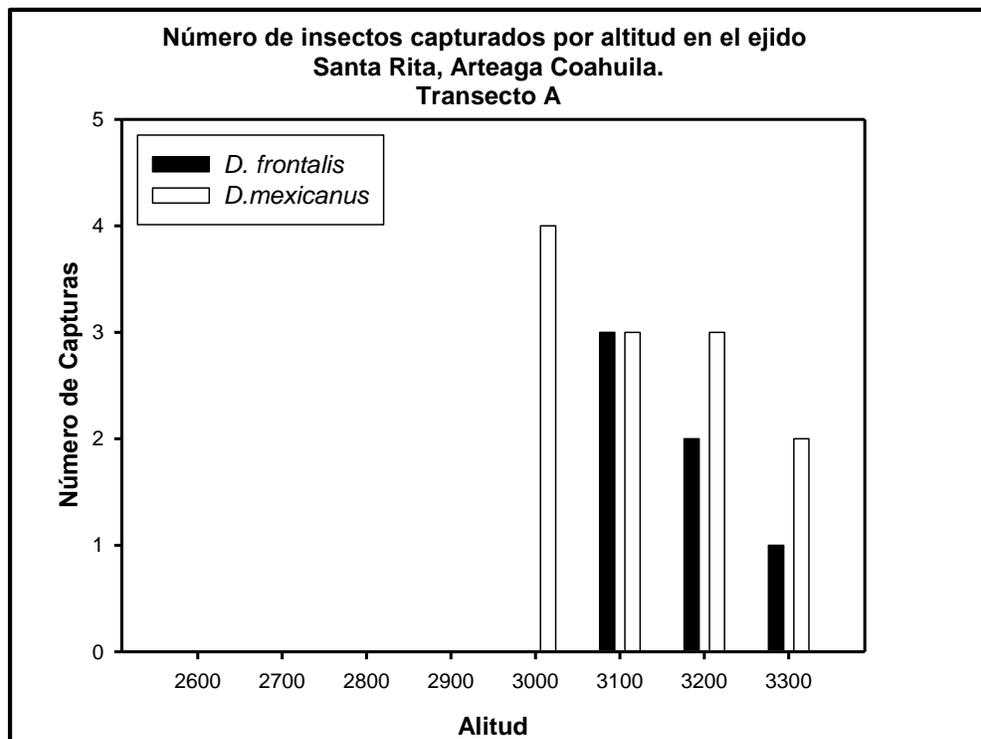
Posterior a la identificación de los insectos la información fue colocada en una base de datos de Excel. Después de separar la información necesaria para el análisis de datos se procedió a elaborar gráficas de capturas totales por altitud de cada transecto en cada una de las áreas de estudio por separado, tanto para *D. frontalis* como para *D. mexicanus* en el paquete estadístico SIGMAPLOT 11.0. Además de esto se elaboraron gráficas de fluctuación poblacional para conocer el comportamiento de cada una de las especies durante los cinco meses de estudio.

Para el análisis de varianza primero fue necesario determinar si los datos de las capturas procedían de una población con distribución normal, ya que de acuerdo con Mendehall *et al.* (2010), y Weimer (2006), es un paso importante a realizar para elegir el método de análisis adecuado para la población, ya sea con métodos paramétricos como la prueba *t* de *student* o el análisis de varianza (ANOVA) o métodos no paramétricos como la prueba "H" de Kruskal-Wallis. Para realizar este análisis los datos de capturas tanto de *D. frontalis* como *D. mexicanus*, fueron procesados mediante la prueba de normalidad de Anderson-Darling, en el paquete estadístico Minitab 16.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Abundancia de insectos descortezadores por altitud

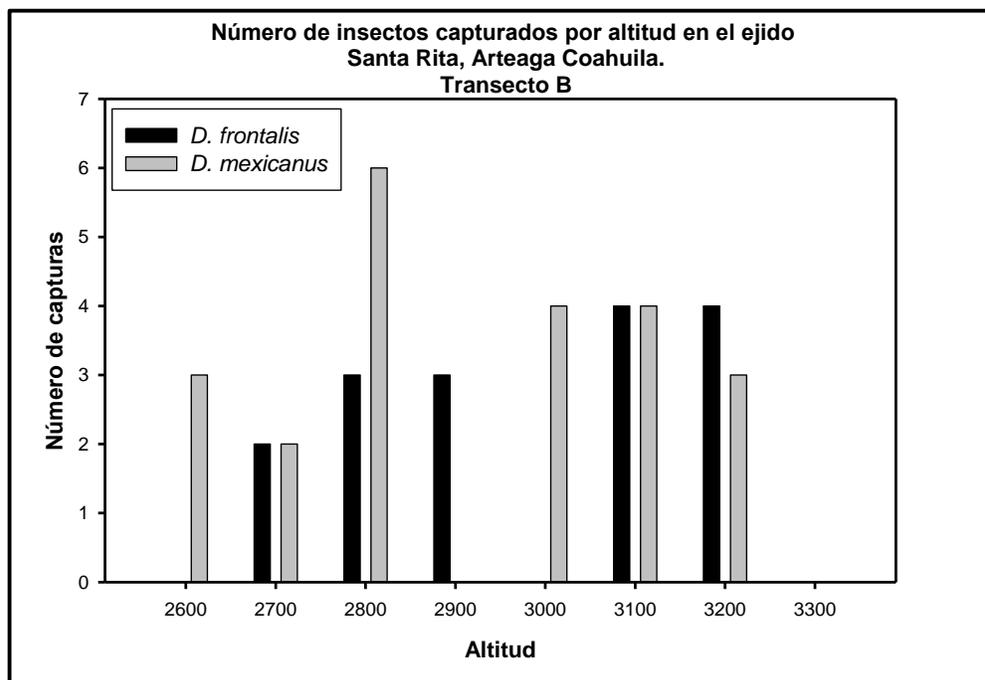
En la Gráfica 4, podemos observar el número total de insectos capturados en el ejido Santa Rita, por altitud en el transecto A tanto para *D. frontalis* como para *D. mexicanus*. Como se mira en el siguiente gráfico, no hubo un gran número de capturas en ninguna de las dos especies de descortezadores, y la presencia de estos insectos únicamente a partir de los 3,000 msnm para *D. mexicanus* y 3,100 msnm para *D. frontalis*, siendo mayor la cantidad de *D. mexicanus* en cada una de las altitudes a excepción de 3,100 msnm donde ambos insectos tienen la misma cantidad de capturas.



Gráfica 4.- Abundancia de insectos por altitud, en el transecto A. Santa Rita.

En el caso del transecto “B” las poblaciones se comportaron de manera distinta. A diferencia del transecto “A” donde solo había presencia de estos insectos a partir de los 3,000 msnm. La Gráfica 5 muestra que, con excepción de

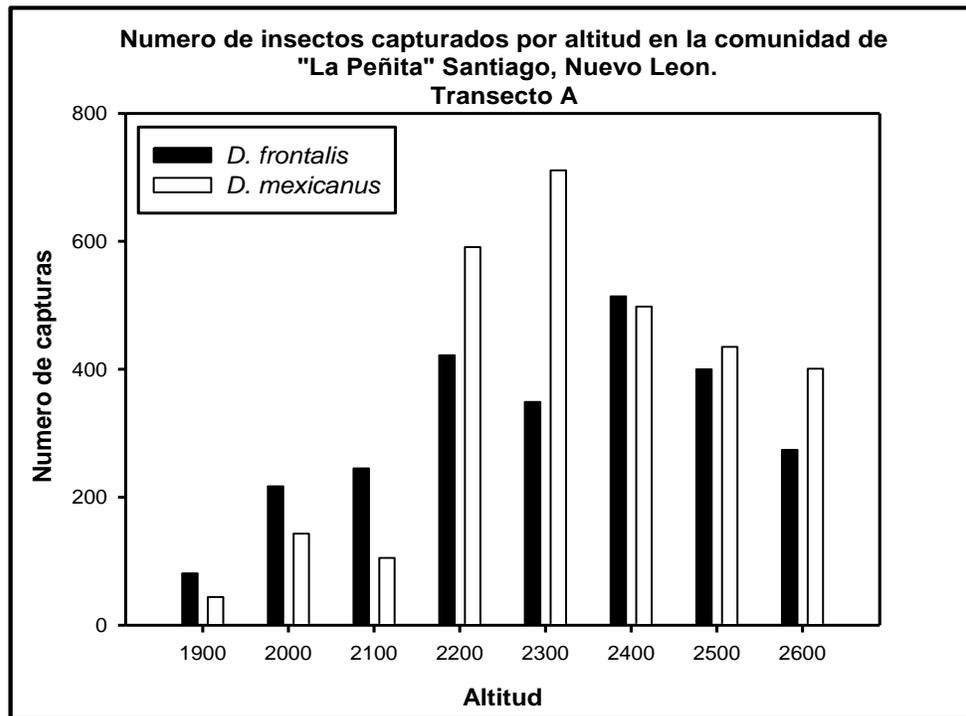
los 3,300 m de altitud, en todas las demás hubo presencia de al menos una de las dos especies. *D. mexicanus*, mostró una mayor cantidad de capturas a la altitud de 2,800 msnm; en la altitud siguiente no se tuvieron registros, regresando nuevamente en 3,000 msnm y desapareciendo nuevamente a los 3,300 msnm. *D. frontalis* se mantuvo relativamente constante en sus capturas en cada una de las diferentes altitudes excepto en 2,900, 3,000 y 3,300 msnm donde no hubo ningún dato. Para este insecto la altitud de mayor registro fue de 3,100 y 3,200 msnm.



Gráfica 5.- Abundancia de insectos por altitud, en el transecto B. Santa Rita.

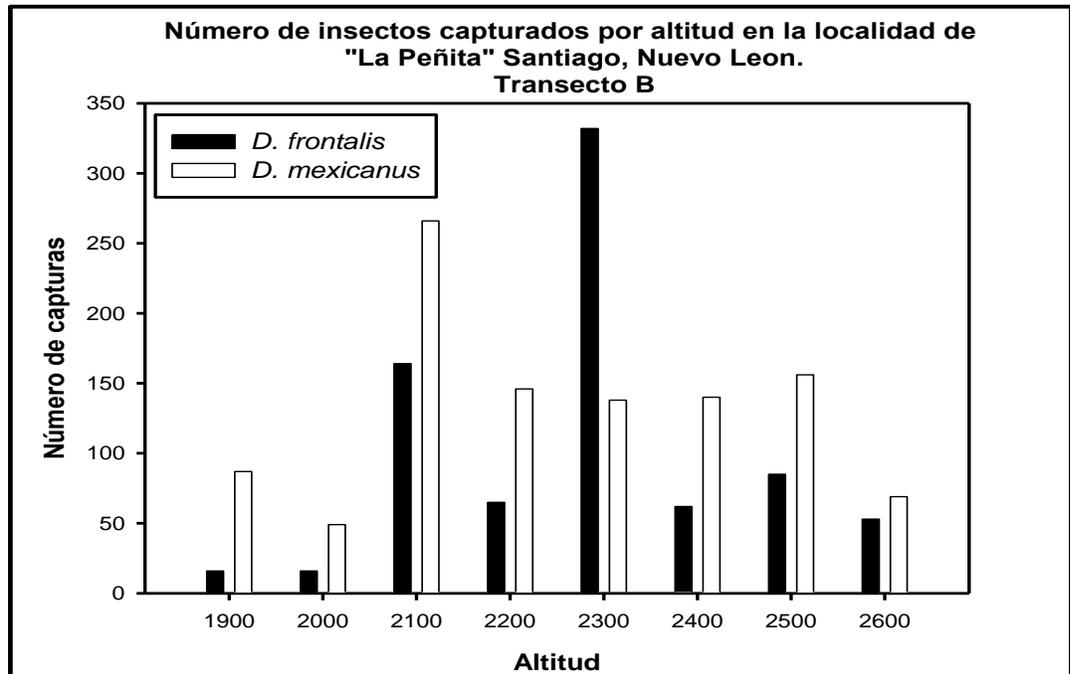
En la localidad “La Peñita” se encuentran una mayor cantidad de insectos presentes de cada una de las especies tanto en el transecto “A” como en el transecto “B”. En el primer caso como se puede apreciar en el siguiente gráfico (Gráfica 6), en cada una de las altitudes están presentes ambos insectos. *D. mexicanus* se presentó en mayor cantidad a una altitud entre los 2,200 a 2,300 msnm, con el máximo de capturas en los 2,300 msnm y el mínimo de capturas entre 1,900 y 2,100 msnm, siendo 1,900 msnm la altitud más pobre en cuanto a número de insectos de esta especie. Por otra parte *D. frontalis* de acuerdo al

gráfico 6 tuvo una altitud preferente de 2,400 msnm, seguida por 2,500 msnm y terminando en la altitud con la menor cantidad de capturas a los 1,900 msnm, al igual que *D. mexicanus*; la gráfica también muestra que el número de insectos de *D. mexicanus* es menor a *D. frontalis* en altitudes menores a 2,200 msnm.



Gráfica 6.- Abundancia de insectos por altitud, en el transecto A. "La Peñita".

En el caso del transecto "B" de acuerdo con la Gráfica 7, el número de capturas totales es menor al transecto anterior, y la mayor cantidad de insectos capturados por altitud, fueron de *D. frontalis* a 2,300 msnm, misma que donde antes quien domino fue *D. mexicanus*, quien en este transecto obtuvo la mayor cantidad de capturas a 2,100 msnm. en el resto delas altitudes *D. mexicanus* superó en número de capturas a *D. frontalis*. *D. frontalis* a través de los años ha modificado su rango altitudinal, hacia zonas más elevadas. Perusquía (1979), reportaba que esta especie se encontraba entre los 1,700 y 2,200 msnm; años después Cibrián *et al.* (1995), mencionan que esta especie únicamente se distribuye en altitudes menores a los 2,000 msnm. como podemos ver en ambos transectos existe una gran cantidad de insectos después de los 2,000 msnm, a pesar de lo que anteriormente se consideraba.

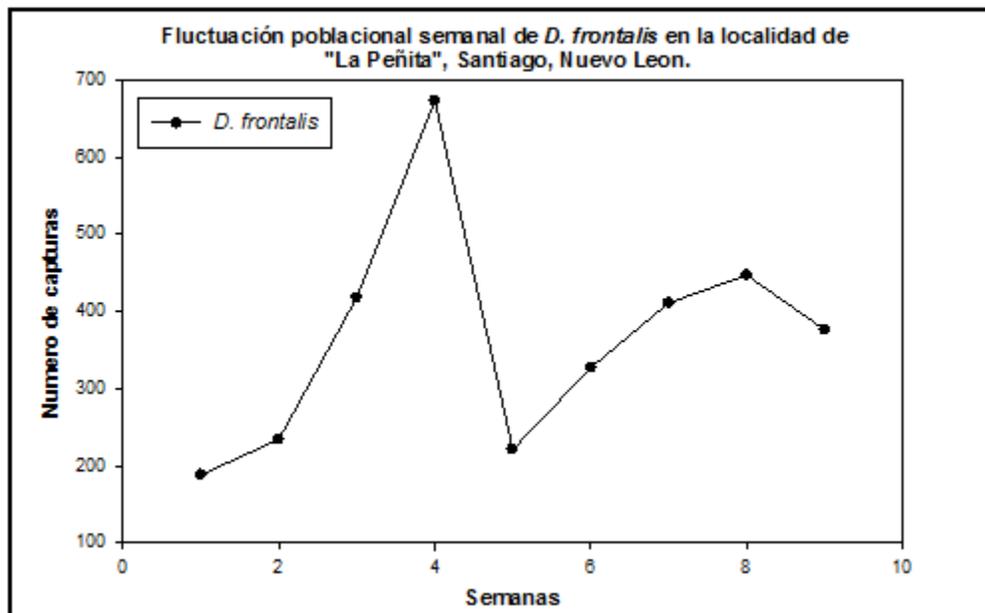


Gráfica 7.- Abundancia de insectos por altitud, en el transecto B. "La Peñita".

En cuanto a abundancia poblacional el ejido Santa Rita presenta una cantidad muy baja tanto en *D. frontalis* como en *D. mexicana*, a razón de 22 y 34 insectos capturados respectivamente, sumando ambos transectos, comparados con los 3,295 ejemplares de *D. frontalis* y 3,979 *D. mexicana* colectados en "La Peñita" en ambos transectos. Esta situación podría ser explicada de acuerdo a la distribución natural de cada uno de los insectos. Por ejemplo *D. mexicana* se distribuye en altitudes de 2,300 – 2,500 msnm de acuerdo con Cibrián *et al.* (1995), y de 2,000 a 2,500 msnm de acuerdo con Salinas *et al.* (2010). En el caso de *D. frontalis* el intervalo altitudinal preferente de esta especie se encuentra en el rango de los 1,500 a 2,000 msnm (Salinas *et al.*, 2010). Debido a que la altitud más baja en la zona de estudio del ejido Santa Rita es de 2,600 m la altitud corresponde a una limitante para la distribución natural de estas poblaciones. Esto se puede confirmar en el caso de la zona de estudio de la localidad "La Peñita" donde las altitudes son menores y en ambos casos, tanto en *D. mexicana* como en *D. frontalis* las poblaciones son más abundantes.

#### 4.2. Fluctuación poblacional de *D. frontalis* y *D. mexicanus*

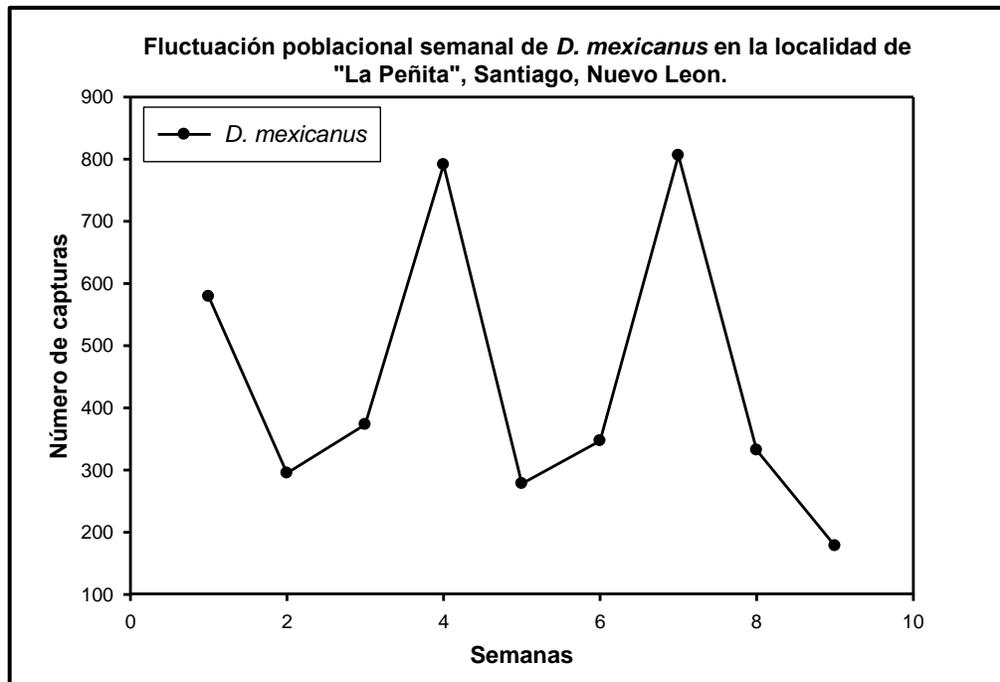
Podemos observar en la Gráfica número 8, de qué manera se comportó la población de *D. frontalis* en “La Peñita” por fecha de colecta de los insectos, durante el tiempo de duración del estudio. El primer dato obtenido fue en la última semana del mes de febrero donde comienza a crecer la población, hasta alcanzar su punto más alto con un total aproximado de 680 insectos, en la colecta número cuatro, la cual corresponde a la segunda semana del mes de abril. En la siguiente colecta efectuada la primera semana de mayo, la cantidad de capturas desciende hasta cerca de 200 capturas. En las colectas siguientes la cantidad de insectos aumenta de nuevo hasta el mes de mayo, la segunda semana del mes de junio fue la última colecta, y como se aprecia en la Gráfica 8 la población comenzó de nuevo a disminuir.



Gráfica 8.- Fluctuación poblacional de *Dendroctonus frontalis*, por semana de captura, en "La Peñita".

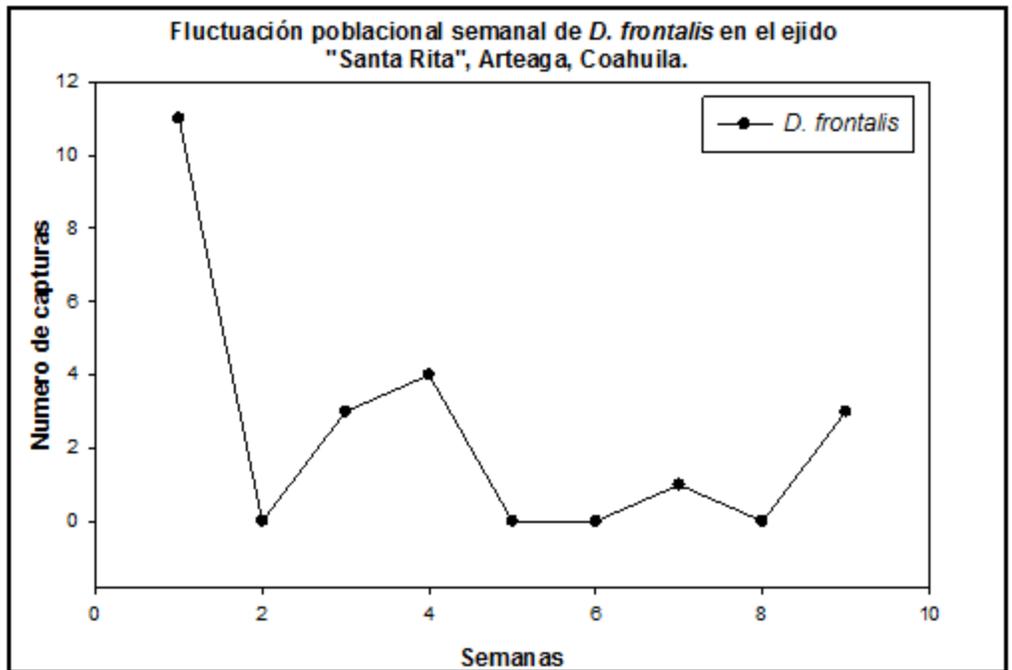
De la misma manera en la localidad “La Peñita” se obtuvo la fluctuación poblacional para *D. mexicanus*. Al observar la Gráfica 9, obtenemos que *D. mexicanus* presenta al menos dos puntos máximos de capturas en el periodo de estudio de este trabajo, en las colectas correspondientes a la segunda semana

del mes de abril y la segunda semana de mayo. Y puede inferirse gracias a las capturas registradas en el mes de febrero que pudo haber otro punto máximo de capturas entre los meses de enero y febrero. Después de cada uno de dichos puntos de capturas máximas, las poblaciones bajaron rápidamente la cantidad de insectos, hasta llegar al punto mínimo de capturas en la última semana del mes junio.



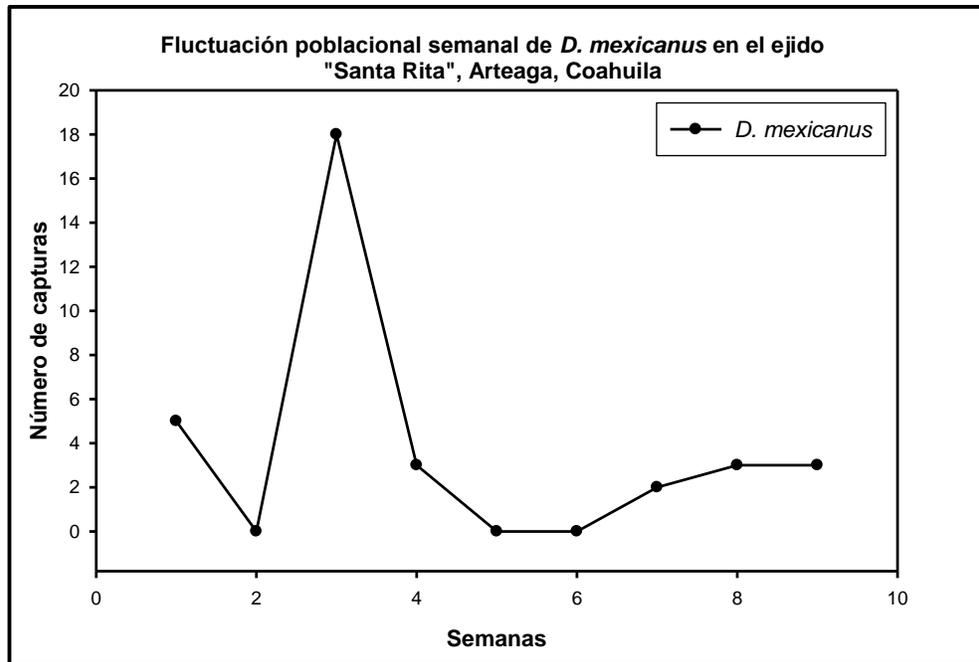
Gráfica 9.- Fluctuación poblacional de *Dendroctonus mexicanus*, por semana de captura, en "La Peñita".

En el ejido Santa Rita, las poblaciones tanto de *D. frontalis* como *D. mexicanus* no son tan abundantes a comparación de la información encontrada en "La Peñita". *D. frontalis* de acuerdo con la Gráfica 10, presentó solamente un punto máximo de capturas, en el mes de febrero para esta zona de estudio. La siguiente colecta realizada en el mes de marzo la población cayó hasta cero capturas. En las colectas posteriores las capturas aumentaron hasta desaparecer de nuevo en la primera semana del mes de mayo. La población mantuvo este patrón de aumentar y desaparecer, hasta el término del periodo del estudio.



Gráfica 10.- Fluctuación poblacional de *Dendroctonus frontalis*, por semana de captura, en el ejido Santa Rita.

En el caso de *D. mexicanus* al igual que *D. frontalis*, al menos en Santa Rita, según la Gráfica 11, solo tuvo un punto máximo de capturas, ubicado en la colecta número tres correspondiente a la primera semana del mes de abril. A partir de esta fecha la cantidad de capturas disminuyó hasta desaparecer durante el mes de mayo. Igualmente, a partir de la última semana del mes de mayo las capturas aumentaron, pero se mantuvieron muy cercanas a desaparecer de nuevo.



Gráfica 11.- Fluctuación poblacional de *Dendroctonus mexicanus*, por semana de captura, en el ejido Santa Rita.

Determinar la fluctuación poblacional requiere un periodo de muestreo mayor al periodo comprendido dentro del presente estudio, sin embargo, con los resultados podemos observar cual fue el comportamiento de acuerdo con la semana de captura de ambos insectos. *D. frontalis*, en “La Peñita” en el mes de abril muestra un punto importante, que podría considerarse como una generación. Un segundo punto de mayor actividad se detectó en el mes de junio, aunque no con la intensidad del mes de abril, y podría considerarse como una segunda generación. En el caso del ejido Santa Rita el punto de máxima actividad de encuentra en el mes de febrero, después de esto se presentan dos puntos más, aunque no tan intensos. En ambos casos *D. frontalis* presentó una o dos generaciones, en el periodo de muestreo. La literatura menciona que este insecto en el centro del país comúnmente presente de seis a ocho generaciones por año debido a su corto ciclo de vida (Islas, 1980; Cibrián *et al.*, 1995; Iñiguez, 1999).

*D. mexicanus* en “La Peñita” muestra dos generaciones visibles, entre abril y mayo, probablemente tres, aunque solo se puede observar parte de la generación enero-febrero. En Santa Rita solamente se presenta una generación para este insecto. De acuerdo con estudios similares realizados en otros

municipios del estado de Nuevo León, *D. mexicanus* presenta tres a cuatro generaciones (Sánchez y Torres, 2007 y Cuellar *et al.*, 2012). Cibrián *et al.* (1995) y Leal (2014), reportan de tres a cinco generaciones al año para esta especie. Otros estudios similares determinaron que *D. mexicanus*, tiene sus puntos de mayor actividad en los meses fríos del año. Como en el caso de Cuellar *et al.* (2012), quienes encontraron este patrón en *D. mexicanus*, contabilizando las capturas de este insecto descortezador en seis localidades del sur de Nuevo León desde noviembre del 2008 al mes de abril del 2010, así como la presencia de solo dos puntos de máxima actividad de vuelo, ubicados en los meses de noviembre de 2008 y diciembre de 2010. Esto concuerda con lo reportado por Sánchez y Torres (2007), quienes informan que *D. mexicanus* presenta un pico de máxima actividad en los meses de octubre a diciembre y otro más entre marzo y junio.

#### **4.3. Prueba de normalidad**

En el Cuadro 3, se muestran los resultados sobre la prueba de normalidad de Anderson-Darling ( $A^2$ ) para *D. frontalis* y *D. mexicanus*, por transecto en cada área de estudio. En el ejido Santa Rita, para el transecto A el valor de  $A^2$  fue de 24.43 para *D. frontalis* y 24.34 para *D. mexicanus*; en el transecto B para la misma zona de estudio los resultados de la prueba fueron 22.76 para *D. frontalis* y 21.60 para *D. mexicanus*, en cada uno de los casos anteriores se utilizó intervalo de confianza del 95 %; debido a que el valor crítico de la prueba  $A^2$  para el mismo intervalo de confianza es igual a 0.752, los datos tanto de *D. frontalis* como de *D. mexicanus* no provienen de una población con distribución normal. En la localidad “La Peñita” los resultados de la prueba muestran también que los datos no provienen de una población normal. Los valores de  $A^2$  para el transecto A fueron de 1.99 y 5.91, para *D. frontalis* y *D. mexicanus*, respectivamente. En el transecto B el resultado de la prueba para *D. frontalis* fue de 9.93 y de 6.61 para *D. mexicanus*. En ninguno de los casos la información procedía de una población normal, pero el más cercano a aproximarse a dicha distribución fue *D. frontalis*

en el transecto A de “La Peñita”, el cual obtuvo el resultado más cercano al valor crítico de la prueba. A partir de esta información se tomó la decisión de utilizar una prueba no paramétrica como la prueba H, para poner a prueba la hipótesis.

Cuadro 3.- Prueba de normalidad de Anderson-Darling

Área de Estudio	Especie	A <sup>2</sup>	Valor P	Transecto
Santa Rita	<i>D. frontalis</i>	24.43	0.005	A
	<i>D. mexicanus</i>	24.34		
	<i>D. frontalis</i>	22.76		B
	<i>D. mexicanus</i>	21.60		
La Peñita	<i>D. frontalis</i>	1.99		A
	<i>D. mexicanus</i>	5.91		
	<i>D. frontalis</i>	9.93		B
	<i>D. mexicanus</i>	6.61		

La distribución normal o gaussiana, es considerada la distribución de probabilidad más importante de la estadística y corresponde a una variable aleatoria continua. La importancia principal de conocer si una muestra proviene de una destrucción normal es que muchos de los fenómenos aleatorios continuos siguen una distribución normal, o pueden aproximarse a ella (Berenson *et al.*, 2001). Pero esto no ocurre en el 100 % de los casos, en muchas ocasiones las variables no tienen esta distribución ni se asemejan a ella, por esto es necesario utilizar métodos de prueba de normalidad o bondad de ajuste de las variables, para poder decidir el tipo de análisis para procesar la información ya sea sean modelos paramétricos como la prueba *t* de *student* o métodos no paramétricos como la prueba H de Kruskal-Wallis.

La prueba H o prueba de Kruskal Wallis, se basa en la combinación de todas las muestras aleatorias para formar un solo conjunto de N observaciones; dicho conjunto se ordena de manera creciente en magnitud y se asigna un rango a cada observación comenzando con el rango uno y terminando en un rango N. cuando existan valores empatados en un mismo rango, entonces el promedio de los rangos que se hubiera asignado a estas observaciones se asigna a cada miembro del rango empatado. Al final las observaciones y los rangos vuelven a

ordenarse en su muestra original, y obtener una sumatoria de los rangos para cada muestra (Canavos, 1988; Wackerly *et al.*, 2010).

Ecuación 1.- Estadístico de la prueba H de Kruskal-Wallis

$$H = \left\{ 12 / [n(n+1)] \right\} \sum_{i=1}^k R_i^2 / n_i - 3(n+1)$$

Donde:

$n_i$  = Número de mediciones en la muestra de la población  $i$

$R_i$  = Suma de rangos de la muestra  $i$ .

#### 4.4. Prueba H Kruskal-Wallis

Los resultados de la prueba H del Cuadro número 4, muestran que no existen diferencias estadísticas en cuanto al número de capturas por altitud en el ejido Santa Rita, en el transecto A. En el Cuadro 4, podemos observar el valor H de 3.12 para *D. frontalis* y 1.26 para *D. mexicanus* con siete grados de libertad y con el 95 % de confiabilidad. Al comparar dichos resultados con el valor de tabla  $X^2$  (14.061), obtenemos que no existen diferencias estadísticas, debido a que el valor de H calculado es menor que el valor de la tabla  $X^2$ .

Cuadro 4.- Prueba H, para el transecto A. Santa Rita.

Transecto A Coahuila					
<i>D. frontalis</i>			<i>D. mexicanus</i>		
Altitud	Medias	Rangos	Altitud	Medias	Rangos
2600	0.00	33.50	2600	0.00	34.00
2700	0.00	33.50	2700	0.00	34.00
2800	0.00	33.50	2800	0.00	34.00
2900	0.00	33.50	2900	0.00	34.00
3000	0.00	33.50	3000	0.44	41.89
3100	0.33	45.50	3100	0.33	38.11
3200	0.22	41.50	3200	0.33	38.11
3300	0.11	37.50	3300	0.22	37.89
<b>gl</b>	<b>H</b>	<b>p</b>	<b>gl</b>	<b>H</b>	<b>p</b>
7	3.12	0.0582	7	1.26	0.4858

En el caso del transecto B, los valores de H, tanto para *D. frontalis* (1.57) como para *D. mexicanus* (1.59), también son inferiores al valor de la tabla de  $X^2$  (14.0671) con siete gl y una confiabilidad del 95 %, por tanto, en esta población tampoco existen diferencias significativas en cuanto a la cantidad de insectos de cada especie por altitud. A pesar de esto podemos observar que las altitudes de 3200 y 3100 son las que lograron la sumatoria de rangos mayor y *D. mexicanus* en 2800, 3000, y 3100 msnm.

Cuadro 5.- Prueba H, para el transecto B. Santa Rita

Transecto B- Coahuila					
<i>D. frontalis</i>			<i>D. mexicanus</i>		
Altitud	Medias	Rangos	Altitud	Medias	Rangos
2600	0.00	33.00	2600	0.33	36.17
2700	0.22	36.89	2700	0.22	35.78
2800	0.33	37.17	2800	0.67	40.33
2900	0.33	37.17	2900	0.00	32.00
3000	0.00	33.00	3000	0.44	39.78
3100	0.44	40.89	3100	0.44	39.78
3200	0.44	40.89	3200	0.33	36.17
3300	0.00	33.00	3300	0.00	32.00
<b>gl</b>	<b>H</b>	<b>p</b>	<b>gl</b>	<b>H</b>	<b>p</b>
7	1.57	0.547	7	1.59	0.681

En la localidad "La Peñita", de acuerdo con el Cuadro 6, los resultados muestran que tanto para *D. frontalis* como *D. mexicanus* existen diferencias significativas en cuanto a número de insectos capturados por altitud en el transecto A. El valor de H para *D. frontalis* es igual a 17.3, y 23.17 para *D. mexicanus*. En ambos casos el valor de H, es mayor al valor de tabla de  $X^2$ ; en base a dichos resultados las diferencias de capturas son mayores para *D. mexicanus* que para *D. frontalis*.

Cuadro 6.- Prueba H, para el transecto A. "La Peñita".

<b>Transecto A Nuevo León</b>					
<b><i>D. frontalis</i></b>			<b><i>D. mexicanus</i></b>		
<b>Altitud</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>	<b>Altitud</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
1900	9.00	18.89	1900	4.89	18.11
2000	24.11	32.50	2000	15.89	30.94
2100	27.22	34.33	2100	11.67	23.39
2200	46.89	49.33	2200	65.67	49.00
2300	38.78	33.00	2300	79.00	56.67
2400	57.11	54.44	2400	55.33	35.06
2500	44.44	36.50	2500	48.33	40.94
2600	30.44	33.00	2600	44.56	37.89
<b>gl</b>	<b>H</b>	<b>p</b>	<b>gl</b>	<b>H</b>	<b>p</b>
7	17.3	0.0151	7	23.17	0.0016

En análisis Kruskal Wallis (KW) o prueba H mostró diferencias estadísticas en al menos una de las altitudes. En el Cuadro 7, podemos observar cual es la mejor altitud para cada uno de los insectos. La altitud que tuvo la menor sumatoria de rangos fue la de 1900 msnm con un total de 18.69 para *D. frontalis* y 18.11 para *D. mexicanus*, por lo tanto, se considera que dicha altitud en ambos casos no es buena en cuanto a tamaño de población. Para *Dendroctonus frontalis* obtuvo que la mejor altitud fue a 2400 msnm con un rango de 54.44, lo que representa que en dicha altitud existe una mayor cantidad de insectos, lo que representa poco más de 500 insectos capturados de esta especie de acuerdo

con la Gráfica 6. La altitud que obtuvo el segundo lugar en cuanto al número de capturas, fue a los 2,200 msnm con un rango de 49.33, lo que representa un total de 400 insectos (Gráfica 6). Las altitudes restantes no presentan diferencias estadísticas de acuerdo con el resultado de la prueba H. En cuanto a *Dendroctonus mexicanus*, la altitud con la mayor cantidad de insectos capturados y considerada la mejor altitud de acuerdo al resultado de la prueba fue a los 2,300 msnm con un rango de 56.67, lo cual de acuerdo con la Gráfica 6 representa alrededor de 700 insectos capturados. En segundo lugar, tenemos 2,200 msnm de altitud con rango de 49.00 (cerca de 600 capturas). En las altitudes restantes no son estadísticamente diferentes.

Cuadro 7.- Selección de la altitud con mayor cantidad de capturas, de acuerdo con la Prueba H. Transecto A. "La Peñita"

<i>D. frontalis</i>			<i>D. mexicanus</i>		
Tratamiento	Rangos	Prueba H	Tratamiento	Rangos	Prueba H
1900	18.89	A	1900	18.11	A
2000	32.50	A B	2100	23.39	A B
2300	33.00	A B	2000	30.94	A B C
2600	33.00	A B	2400	35.06	A B C
2100	34.33	A B	2600	37.89	B C D
2500	36.50	A B C	2500	40.94	B C D
2200	49.33	B C	2200	49.00	C D
2400	54.44	C	2300	56.67	D

Las altitudes con la misma letra no son significativamente diferentes, de acuerdo con la prueba H, con un 95 % de confiabilidad.

En el transecto B, los resultados de la prueba no muestran diferencias estadísticas en las diferentes altitudes en ninguna de las dos especies de insecto descortezador, ya que el valor de H de *D. frontalis* de 8.71 y de 9.39 para *D. mexicanus*, son menores al valor crítico de tabla de  $X^2$  (siete gl y 95 % de confiabilidad). A pesar de esto podemos observar en el Cuadro 8, que la mayor sumatoria de rangos en el caso de *D. frontalis* fue a 2100 m con 49.89 y 2300 m con 46.78, y las altitudes de 2100 y 2200 para *D. mexicanus* con una sumatoria de rangos de 45.00 y 44.39, respectivamente.

Cuadro 8.- Prueba H, para el transecto B. "La Peñita".

Transecto B Nuevo León					
<i>D. frontalis</i>			<i>D. mexicanus</i>		
Altitud	Medias	Rangos	Altitud	Medias	Rangos
1900	1.78	28.89	1900	9.67	31.06
2000	1.78	31.00	2000	5.44	27.44
2100	18.22	49.89	2100	29.56	45.06
2200	7.22	37.50	2200	16.22	44.39
2300	36.89	46.78	2300	15.33	35.61
2400	6.89	34.39	2400	15.56	40.06
2500	9.44	32.44	2500	17.33	43.83
2600	5.89	31.11	2600	7.67	24.56
<b>gl</b>	<b>H</b>	<b>p</b>	<b>gl</b>	<b>H</b>	<b>p</b>
7	8.71	0.1974	7	9.39	0.2205

En cada uno de los Cuadros anteriores coinciden que la altitud preferente para *D. mexicanus* es de 2,100 a 2,300 msnm, con el mayor número de capturas concentradas a los 2,300 msnm, y de 2,100 a 2,400 msnm para *D. frontalis*, siendo 2,400 msnm la altitud con mayor número de capturas en "La Peñita". Para el caso del ejido Santa Rita, las altitudes preferentes fueron de 3,200 a 3,100 msnm para *D. frontalis* y 2,800 a 3,000 msnm para *D. mexicanus*. Las altitudes preferentes obtenidas en "La Peñita" concuerdan con lo reportado por Salinas *et al.* (2010), quienes ubican la altitud preferente de esta especie entre los 2,000 y 2,500 msnm, aunque difieren en el caso de ejido Santa Rita donde la mayor cantidad de insectos de esta especie se encontraron entre 2,800 y 3,000 msnm. En relación a lo anterior Mendoza y Obregón (2016), reportan a esta especie entre 2,700 y 2,900 msnm en el estado de Querétaro, coincidiendo con lo encontrado para en Santa Rita.

En el caso de *D. frontalis* para "La Peñita", el rango altitudinal preferente de esta especie se encuentra entre 1,500 y 2,000 msnm (Salinas *et al.*, 2010). Mendoza y Obregón (2016), reportan la mayor cantidad de capturas de *D. frontalis* entre 2,700 y 2,900 msnm, y Avilés *et al.* (2016), lo reportan en 1,900 msnm. En sentido para el caso de "La Peñita", los resultados difieren respecto a los autores antes mencionados, ubicando a *D. frontalis* entre 2,100 y 2,400

msnm, aunque si se encuentra dentro de los límites de distribución natural mencionados por Salinas *et al.* (2010), que va desde los 600 a los 3,000 msnm. En el caso del ejido Santa Rita los resultados también son diferentes a lo reportado por Avilés *et al.* (2016), y el rango preferente mencionado por Salinas *et al.* (2010). Pero son similares a lo reportado por Mendoza y Obregón (2016). La información antes mencionada es solamente el rango de mayor cantidad de capturas, pero *D. frontalis* en Santa Rita estuvo presente incluso a los 3,300 msnm; 300 m más fuera de su distribución natural.

## V. CONCLUSIONES

No hubo diferencias significativas en las capturas de ambos insectos, en las diferentes altitudes en ninguno de los dos transectos del ejido Santa Rita, por lo tanto, no existe relación entre el número de insectos capturados y la altitud en esta zona de estudio. En el caso de “La Peñita” si existieron diferencias significativas en el número de capturas por altitud, en ambas especies, al menos en el transecto A, pero no en el transecto B por tanto no se puede tomar como hecho que realmente existan diferencias en las diferentes altitudes. La abundancia de insectos en ambas zonas de estudios no depende de la altitud. Por tanto, se puede deducir que existen otras causas que condicionan la abundancia de estos insectos. En el ejido Santa Rita *D. mexicanus* y *D. frontalis* no representa una plaga, al menos en altitudes mayores a los 2600 msnm, por la baja cantidad de insectos capturados en esta zona. En la localidad “La Peñita” tanto *D. mexicanus* como *D. frontalis*, están en estado de plaga debido a la gran cantidad de insectos capturados en esta zona. Es necesario un estudio multivariado que considere no solo la altitud como factor determinante de la abundancia poblacional de insectos descortezadores. También deberían incluirse otras variables del sitio como hospederos y datos climáticos.

## VI. LITERATURA CITADA

- Agelopoulos, N., Birkett, M. A., Hick, A. J., Hooper, A. M., Pickett, J. A., Pow, E. M., ... Woodcock, C. M. (1999). Exploiting Semiochemicals in Insect Control. *Pesticide Science*, 55, 225–235. Recuperado a partir de <http://onlinelibrary.wiley.com/>
- Aguilar, Y. E. (2011). Determinación del Estado Sanitario de las Plantas, Suelo e Instalaciones y Elección de los Métodos de Control. (Innovación Y Cualificación S.L., Ed.) (1a ed.). Recuperado a partir de [books.google.com.mx/books?id=it\\_2AgAAQBAJ&pg=PT24&ydq=concepto+de+plaga&yhl=es-419&ysa=X&yved=0ahUKEwicvOnG9MzRAhVLiQKHbScBi8Q6AEIQjAH#v=onepage&yq=concepto+de+plaga+yf=false](http://books.google.com.mx/books?id=it_2AgAAQBAJ&pg=PT24&ydq=concepto+de+plaga&yhl=es-419&ysa=X&yved=0ahUKEwicvOnG9MzRAhVLiQKHbScBi8Q6AEIQjAH#v=onepage&yq=concepto+de+plaga+yf=false)
- Avilés, C. I., Vergara, P. S., Cambrón, S. V. H., y Obregón, Z. A. (2016). Fluctuación Poblacional de *Dendroctonus frontalis* Zimmerman, 1868 y *Dendroctonus mexicanus* Hopkins, 1909 (Curculionidae: Scolytinae) en Relación a la Variación en la Atitud y Factores Climáticos en un Bosque de Pino en Zimapán, Hidalgo. *Revista Entomología Mexicana*, 3, 649–655. Recuperado a partir de <http://www.entomologia.socmexent.org/entomologia.php>
- Berenson, M. L., Levine, D. M., y Krehbiel, T. C. (2001). Estadística para Administración. (M. G. Trujano, Ed.) (2a ed.). México: Pearson Educación.
- Billings, R. F., Clarke, S. R., Espino, M. V., Córdón, C. P., Meléndez, F. B., Campos, J. R., y Baeza, G. (2004). Gorgojo Descortezador e Incendios: Una Combinación Devastadora para los Pinares de América Central. *Unasylva*, 55(217), 15–21.
- Brien, J. G. O., Tainter, F. H., Gutierrez, R. R., y Hernandez, B. A. (1997). Memoria del IX Simposio Nacional Sobre Parasitología Forestal. Saltillo, Coahuila.

- Cabrera, P. (1997). Impacto de *Holopterus chilensis* (Coleoptera : Cerambycidae) en Renovales de *Nothofagus obliqua* en la Provincia de Valdivia , Chile : Avances Hacia la Evaluación del Daño. Bosque, 18(1), 9–19.
- Canavos, G. C. (1988). Probabilidad y Estadística. (S. A. de C. V. McGRAW-HILL/Interamericada de México, Ed.) (1a ed.). Mexico: McGraw-Hill.
- Carballo, M., y Guharay, F. (2004). Control Biologico de Plagas Agricolas (1a ed.). Managua: CATIE Serie Tecnica Número 53. Recuperado a partir de [https://books.google.com.mx/books?id=WyEOAQAIAAJ\\_ypg=RA1-PT93\\_ydq=semioquimicos\\_yhl=es-419\\_yasa=X\\_yved=0ahUKEwjdm8ObhODRAhVqjVQKHRL0DvwQ6AEIKzAE#v=onepage\\_yq=semioquimicos\\_yf=false](https://books.google.com.mx/books?id=WyEOAQAIAAJ_ypg=RA1-PT93_ydq=semioquimicos_yhl=es-419_yasa=X_yved=0ahUKEwjdm8ObhODRAhVqjVQKHRL0DvwQ6AEIKzAE#v=onepage_yq=semioquimicos_yf=false)
- Carmona, V. T. F. (1978). Algunas Consideraciones Teóricas Cualitativas, Acerca de los Mecanismos de Regulación Poblacional en *Dendroctonus* spp. (Scolytidae). Ciencia Forestal, 3(11), 3–12.
- CATIE. (1991). Plagas y Enfermedades Forestales en America Central. Costa Rica.
- Cibrián, D., Mendez, J. T., Campos, H. ., Yates, I., y Flores, J. . (1995). Insectos Forestales de México. Comisión Forestal de América del Norte, 296–285. Recuperado a partir de [http://era-mx.org/Estudios\\_y\\_proyectos/Descortezador/Cibrian\\_Tovar\\_Den\\_Esp.pdf](http://era-mx.org/Estudios_y_proyectos/Descortezador/Cibrian_Tovar_Den_Esp.pdf)
- Coster, J. E. (1978). Hacia la Protección Integrada Contra el Descortezador Suriano. Ciencia Forestal, 3(12), 54–64.
- Cuellar, R. G., Equihua, M. A., Estrada, V. E., Méndez, M. T., Villa, C. J., y Romero, N. J. (2012). Fluctuación Poblacional de *Dendroctonus mexicanus hopkins* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) Atraídos a Trampas en el Noreste de México y su Correlación con Variables Climáticas. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle, 13(2), 12–19.
- Domínguez-Sánchez, B., Macías-Sámano, J. E., Ramírez-Marcial, N., y León-

- Cortés, J. L. (2008). Respuesta Kairomonal de Coleópteros Asociados a *Dendroctonus frontalis* y Dos Especies de *Ips* ( Coleoptera : Curculionidae ) en Bosques de Chiapas , México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79(July), 175–183.
- FAO. (1996). *Ecología y Enseñansa Rural. Nociones Ambientales Básicas para Profesores Rurales y Extensionistas*. Roma: FAO Montes 131. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/docrep/006/W1309S/w1309s00.htm#TopOfPage>
- Flores, L. J. E. (1977). Estudio de la Fluctuación Poblacional del Complejo de Escarabajos Descortezadores del Género *Dendroctonus* (Coleoptera: Scolytidae) en la Sierra Madre Oriental, N. L. en 1976-1977. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.
- Fonseca, G. J., De Los Santos, P. H. M., Rodríguez, O. A., y Rodríguez, L. R. (2014). Efecto del Daño por Fuego y Descortezadores Sobre la Mortalidad de *Pinus patula* Schl. et Cham en Hidalgo, México. *Agrociencia*, 48(1), 103–113.
- Granados-Sánchez, D., y López-Rios, G. F. (2001). Declinación Forestal. *Revista Chapingo*, 7(1), 5–13.
- Hendrichs, N. J. P. (1977). Distribución Ecológica y Geográfica de las Especies Primarias de Escarabajos Descortezadores de Pino del Género *Dendroctonus* (Coleoptera: Scolytidae) en México. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.
- Hódar, J., Zamora, R., y Cayuela, L. (2012). Cambio Climático y Plagas: Algo más que el Clima. *Ecosistemas*, 21(3), 73–78. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2012.21-3.09>
- Iñiguez, H. G. (1999). Sistemas de Clasificación de Riesgo para *Dendroctonus frontalis* y *D. mexicanus* en “El Manzano” en Villa De Santiago, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo Leon. Recuperado a partir de <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020125427.pdf>

- Islas, I. F. (1980). Descortezador Suriano de los Pinos (*D. frontalis* Z.) y la Lucha Biologica. *Ciencia Forestal*, 5(28), 57–64. Recuperado a partir de <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/Forestales/article/view/989/987#>
- Leal, O. N. (2014). Fluctuación Poblacional de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins y Variación Estacional de la Temperatura y Humedad Relativa, en San Juan del Estado, Etla, Oaxaca. Colegio de Postgraduados. Recuperado a partir de [http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/256/Sanchez\\_Borja\\_M\\_DC\\_Fitosanidad\\_2010.pdf?sequence=1](http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/256/Sanchez_Borja_M_DC_Fitosanidad_2010.pdf?sequence=1)
- Lindgren, B. S. (1983). A Multiple Funnel Trap for Scolytid Beetles (Coleoptera). *The Canadian Entomologist*, 115(3), 299–302. <https://doi.org/10.4039/Ent115299-3>
- Llorente, B., y Monrrone, J. J. (2001). Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: Teorías, Conceptos, Métodos y Aplicaciones (VI). Mexico: UNAM Facultad de Ciencias.
- Macías, J. E., y Niño, A. (2014). Protocolo para Monitoreo de Descortezadores de Coníferas Mediante el Uso de Semioquímicos. Recuperado a partir de [cofemersimir.gob.mx/](http://cofemersimir.gob.mx/)
- Macías, S. J. E., y Niño, D. A. (2016). Protocolo para Monitoreo de Descortezadores de Coníferas Mediante el Uso de Atrayentes y Semioquímicos para México y Centro América. (Colegio de la Frontera Sur, Ed.) (1a ed.). San Cristóbal de las Casas: Ecosur, Servicio Forestal de los Estados Unidos, USFS-IP. <https://doi.org/10.7863/ultra.15.04085>
- Macias, S. J. E., Niño, D. A., Cruz, L. J. A., y Altúzar, M. R. (2004). Monitoreo de Descortezadores y sus Depredadores Mediante el Uso de Semioquímicos, 27.
- Mendehall, W., Beaver, R. J., y Beaver, B. M. (2010). Introducción a la Probabilidad y Estadística. (M. J. H. Roma, Ed.) (13a ed.). Mexico: Cengage Learning Editores S.A.

- Mendoza, V. O. N., y Obregón, Z. J. A. (2016). Cambio en la Abundancia de *Dendroctonus frontalis* Zimmerman, 1868 y *Dendroctonus mexicanus* Hopkins, 1909 (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en un Gradiente Altitudinal en el Cerro “La Pingüica”, Pinal de Amoles, Querétaro. Revista Entomología Mexicana, 3, 644–648. Recuperado a partir de <http://www.entomologia.socmexent.org/entomologia.php>
- Moore, B., y Allard, G. (2008). Los Impactos del Cambio Climático en la Sanidad Forestal (S No. 34). Sanidad y Bioseguridad Forestal. Italia. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/3/a-k3837s.pdf>
- Morales, R. A., Cambrón, S. V. H., Vergara, P. S., y Obregón, Z. A. (2016). Fluctuación Poblacional de *Dendroctonus frontalis* Zimmerman, 1868 Y *Dendroctonus mexicanus* Hopkins, 1909 (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) y su Asociación con Variables Climáticas en Bosques de Pino en el Municipio de Landa de Matamoros, Querétaro,. Entomologia mexicana, 3, 633–638.
- Perez, C. R. (1981). Los Incendios Forestales como Vectores de las Plagas del Bosque. Ciencia Forestal, 6(29), 17–30.
- Perry, J. P. (1951). Pine Bark Beetles of Central Mexico. Unasylva, 5(4), 159–165. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/docrep/x5361e/x5361e00.htm#Contents>
- Perusquía, O. J. (1979). Principales Plagas Forestales. En INE (Ed.), 1a Reunión Sobre Plagas y Enfermedades Forestales. Memoria (p. 65). D.F.: Instituto Nacional de Ecología.
- Régnière, J. (2009). Predicción de la Distribución Continental de Insectos a partir de la Fisiología de las Especies. Unasylva, 60, 37–42.
- Robles, C. J. (1994). Comunicación Química. Revista Química, VIII(2), 163–175. Recuperado a partir de <http://www.revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/viewFile/5534/55>

- Rodríguez, L. R. (1990). Plagas Forestales y su Control en México. (C. A. González, Ed.) (2a ed.). Mexico: Universidad Autonoma de Chapingo.
- Ruiz, M. C. (2007). ¿Qué son las Feromonas? *La Ciencia y el Hombre*, 20(2). Recuperado a partir de <http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol20num2/articulos/feromonas/index.html>
- Salinas, M. Y., Vargaz, M. C. F., Zuñiga, G., Víctor, J., Ager, A., y L. Hayes, J. (2010). Atlas de Distribución Geográfica de los Insectos Descortezadores del Género *Dendroctonus* (Curculionidae: Scolytinae) en México. (Instituto politecnico nacional, Ed.) (1a ed.). Mexico. Recuperado a partir de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Publicaciones/CDs2010/CDForestal/pdf/D17.pdf>
- Sánchez-Salas, J. A., y Torres-Espinosa, L. M. (2007). Biología y Hábitos del Descortezador *Dendroctonus mexicanus* Hopkins y Estrategias de Control en *Pinus teocote* en Nuevo León. *INIFAP*, 29(10456), 35.
- Sánchez, S. J. A., Torres, E., Cano, P. A., y Martínez, B. O. U. (2003). Daños y Diversidad de Insectos Descortezadores del Noreste de México. *Ciencia Forestal en México*. Núm, 28(93), 41–56.
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., De la Maza, J. (2009). *Capital Natural de México*. Distrito Federal: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad.
- SEMARNAT. (2016). Cambio Climático. En Informe de la Situación del Medio Ambiente En México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015. (pp. 1–63). México.
- Torres, E. L. M., y Sánchez, S. J. A. (2006). Principales Insectos Descortezadores en los Bosques de Coníferas del Estado de Coahuila. *INIFAP*, 21(20000606011), 31.

- Ungerer, M. J., Ayres, M. P., y Lombardero, M. J. (1999). Climate and the Northern Distribution Limits of *Dendroctonus frontalis* Zimmermann (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Biogeography*, 26(6), 1133–1145. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1999.00363.x>
- Vázquez, C. I., Sánchez, M. G., y Madrigal, H. S. (2007). Fluctuación Poblacional de *Dendroctonus mexicanus* Hopk. Bajo Dos Condiciones de Manejo Forestal en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 32(102), 57–77. Recuperado a partir de [cienciasforestales.inifap.gob.mx](http://cienciasforestales.inifap.gob.mx)
- Wackerly, D. D., Mendehall III, W., y Scheaffer, R. L. (2010). *Estadística Matemática. Con Aplicaciones.* (M. J. H. Romo, Ed.) (7a ed.). México: Cengage Learning Editores S.A.
- Weimer, R. C. (2006). *Estadística* (1a ed.). Mexico: Compañía Editorial Continental.
- Zurrita, A. A., Badii, M. H., Guillen, A., Serrato, O. L., y Aguilar, G. J. J. (2015). Factores Causantes de Degradación Ambiental. *International Journal of Good Conscience*, 10(3), 1–9.