

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Preferencia de Ataque de *Dendroctonus pseudotsugae* con Relación a la Exposición y Altura del Fuste, en la Sierra de Arteaga, Coahuila

Por:

XOCHITL GUADALUPE CERVANTES SIERRA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Preferencia de Ataque de *Dendroctonus pseudotsugae* con Relación a la
Exposición y Altura del Fuste, en la Sierra de Arteaga, Coahuila

Por:


XOCHITL GUADALUPE CERVANTES SIERRA


TESIS

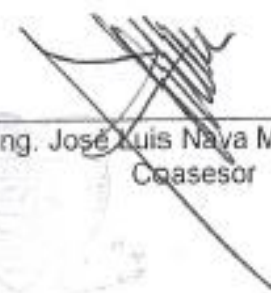
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:


INGENIERO FORESTAL

Aprobada


M.C. Jorge David Flores Flores
Asesor Principal


M.C. José Armando Nájera Castro
Coasesor


Ing. José Luis Naya Mejía
Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2015

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme terminar una etapa mas en mi vida.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios dentro de sus instalaciones.

Al M.C. Jorge David Flores Flores, por su apoyo, consejos, disposición, dedicación y sobre todo por la amistad brindada durante la elaboración de esta investigación.

Al M.C. José Armando Nájera Castro, por brindarme su apoyo, disposición y consejos brindados.

Al M.C. Alberto Rodríguez Hernandez, por su apoyo, consejos, disposición y sobre todo por la amistad brindada durante la realización de dicha investigación.

Al Ing. Luis Horacio Salinas Aguilera por permitirme trabajar en su predio para llevar a cabo esta investigación.

Al Ing. José Luis Nava Mejía, por brindarme el apoyo la facilidad de entrar al predio para la toma de datos.

A la Ing. Leslie Pamela Guerrero Silva y a la Ing. Yessica Elizabeth Castañuela Ramos por el apoyo en la toma de datos a nivel de campo.

Al Ing. J. Gil Cabrera Hernández, por el apoyo brindado a lo largo de la carrera.

A mis padres, Francisco Cervantes Chávez y Ma. Guadalupe Sierra González, por haberme brindado su apoyo incondicional, sus consejos y por la confianza brindada lo cual hizo de mí una persona sobresaliente.

A mi hermano Asaid Francisco Cervantes Sierra, por su apoyo brindado a lo largo de esta etapa.

A mi esposo, Floribero Cervantes Ortiz, por el apoyo brindado, la paciencia y los consejos brindados.

DEDICATORIA

A mis padres: Francisco Cervantes Chávez y Ma. Guadalupe Sierra González

Con todo cariño y amor para las personas que me dieron la vida, así como el apoyo incondicional, el cual fue muy importante para mi desarrollo.

A mi hermano Asaid Francisco Cervantes Sierra.

El cual siempre me apoyo a pesar de las diferencias y las peleas constantes.

A mi esposo: Floriberto Cervantes Ortiz y a mi bebe Rodrigo Neftalí Cervantes Cervantes.

Con todo mi amor para ellos, ya que son una parte fundamental en mi vida, ellos son un motivo muy grande para seguir adelante.

A mis sobrinos: Axel Asaid y Alex Francisco Cervantes García.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue conocer algunos aspectos ecológicos sobre el comportamiento de ataque de *Dendroctonus pseudotsugae*, con referencia a su preferencia por lugar de ataque en el fuste y a la exposición solar, considerando que al llegar a conocer estos aspectos se pudieran establecer medidas preventivas para evitar su ataque. El estudio se realizó en el predio Monterreal de Arteaga, Coahuila.

Esta investigación se llevó acabo haciendo el derribo de 5 árboles plagados en fase II, pero antes de ser derribados se marcaron las 4 exposición cardinales de los fustes. Una vez derribados se procedió a seccionar el fuste a cada 2.5m., para después ser descortezados y llevar acabo la extracción de insectos presentes en cada sección del fuste.

Los resultados de esta investigación revelan que la mayor incidencia de *D. pseudotsugae* se da en los primeros 3m de altura del árbol, prefiriendo la exposición oeste seguida de la exposición sur., esto nos permite inferir que en caso de realizarse algunas acciones preventivas para el control deberán realizarse a la altura y exposición de mayor ataque.

Se recomienda hacer una réplica de esta investigación con un mayor número de árboles muestra, en diferentes predios y en diferentes épocas del año.

Palabras clave: *Pseudotsuga flahaulti*, *Dendroctonus pseudotsugae*, descortezadores y preferencia de ataque.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA.....	IV
RESUMEN	V
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 Importancia del estudio.....	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.4 Hipótesis	2
1.4.1 Hipótesis Ho.	2
1.4.2 Hipótesis Ha.	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Descripción de <i>Pseudotsuga flahaulti</i> Flous.	3
2.2 Características del genero <i>Dendroctonus</i>	3
2.3 Descripción de <i>Dendroctonus pseudotsugae</i> Hopkins.....	6
2.4 Clasificación taxonómica de <i>Dendroctonus pseudotsugae</i>	8
2.5 Ciclo de vida y fluctuación poblacional de <i>Dendroctonus pseudotsugae</i> ..	8
2.6 Inicio de ataque de <i>D. pseudotsugae</i>	10
2.7 Identificación de árboles plagados por <i>D. pseudotsugae</i>	12
2.8 Preferencia de ataque de diferentes insectos descortezadores	13
2.9 Efecto de la altura en la distribución y desarrollo de insectos descortezadores	15
2.10 Efecto de la exposición solar en la distribución, establecimiento y desarrollo de insectos descortezadores.....	16
2.10.1 Efectos de la exposición solar en las coníferas	18
2.11 Trabajos afines	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1 Descripción del área de estudio.....	26
3.2 Procedimiento de estudio	28
3.3 Tratamientos y Diseño experimental.....	32
3.4 Variables observadas	33

3.5 Modelo estadístico.....	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	36
a. Número de insectos totales capturados por árbol.....	37
b. Número de insectos capturados por sección del árbol.....	38
c. Número de insectos capturados por exposición solar.....	42
V. CONCLUSIONES.....	44
VI. RECOMENDACIONES.....	46
VII. LITERATURA CITADA.....	47

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de algunos insectos descortezadores de acuerdo al daño de ataque ocasionado.....	5
Cuadro 2. Preferencia de ataque de diferentes insectos descortezadores.	14
Cuadro 3. Distribución de los tratamientos en el diseño experimental para el primer ensayo.	32
Cuadro 4. Distribución de los tratamientos en el diseño experimental del segundo estudio.....	33
Cuadro 5. Formato de campo para el registro de lavas, pupas y adultos extraídos de los árboles.	34
Cuadro 6. Cuadro general de captura de insectos descortezadores, considerando los especímenes presentes por sección y exposición del árbol.	36
Cuadro 7. Análisis de varianza para (ANVA ($p \leq 0.05$)), para la cantidad de insectos capturados por sección del árbol.	39
Cuadro 8. Prueba de Tukey para el promedio de insectos capturados por sección de árbol.....	39

INDICE DE FIGURAS

Figura 1, Ejemplar de <i>Dendroctonus spp.</i>	4
Figura 2. Galería de larvas.....	9
Figura 3. Ciclo de vida de <i>D. pseudotsugae</i> (Nava, 2013).....	9
Figura 4. estructura interna de un árbol, siendo el área de cambium donde los insectos descortezadores realizan su ataque.....	11
Figura 5. Preferencia de ataque de los principales descortezadores en México.	15
Figura 6. Refleja la sucesión altitudinal de la vegetación de las Montañas Santa Catalina en el sureste de Arizona y que incorpora la influencia en dicha cliserie de la exposición, lo que resulta útil para explicaciones posteriores. Se observa que el mismo tipo de vegetación alcanza mayores cotas en las exposiciones de solana.	20
Figura 7. Formas de la ladera.	21
Figura 8. Influencia de la exposición sobre la distribución de la vegetación. ...	22

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Montículos de aserrín formados por el ataque de <i>Dendroctonus pseudotsugae</i>	12
Fotografía 2. Toma aérea de un rodal infestado en las 3 etapas de la NOM-019- SEMARNAT.	29
Fotografía 3. Infestación en fase I.....	29
Fotografía 4. Infestación en fase II.....	29
Fotografía 5. Infestación en fase III.....	29
Fotografía 6. Marqueo de árboles.	30
Fotografía 7. Derribo de los árboles.	30
Fotografía 8. Exposición solar del árbol.	30
Fotografía 9. Seccionado de trozas a cada 2.5 m.	31
Fotografía 10. Cuantificación de insectos, larvas y pupas.	31

INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Fluctuación poblacional de <i>Dendroctonus pseudotsugae</i>	10
Grafica 2, numero de insectos capturados por secciones del árbol.	38
Grafica 3. Número de insectos totales capturados por árbol.	38
Grafica 4, Número de insectos capturados por exposición solar.	42

INDICE DE MAPAS

Mapa 1. Distribución geográfica de <i>Dendroctonus pseudotsugae</i>	7
Mapa 2. Ubicación geográfica de la sierra la Martha.	26

I. INTRODUCCION

1.1 Importancia del estudio

Los insectos descortezadores son las plagas forestales de mayor importancia en la República Mexicana y también en otros países del mundo que son de aptitud forestal. Se estima que anualmente en México se pierden alrededor de 250,000 hectáreas de bosques de coníferas por daños ocasionados por estos insectos. (SEMARNAT, 2010).

Para México se tienen registradas 11 especies de descortezadores del genero *Dendroctonus* y otras tantas especies pertenecientes a los géneros *Ips*, *Phloeosinus*, *Scolytus*, *Pityophthorus*, *Hylesinus* y otros de menor importancia; todos ellos distribuidos a lo largo y ancho de las áreas forestales del país. (Cibrián et al., 1995).

Particularmente en Coahuila se reportan graves afectaciones con *Dendroctonus adjunctus*, *Dendroctonus valens*, *Dendroctonus mexicanus*, *Ips* spp, y *Scolytus aztecus*, atacando diversas especies como *Pinus greggi*, *P. rudis*, *P. cembroides*, *Pseudotsuga flahaulti* y a otras especies que se encuentran en la localidad. (Sanchez et al., 2007).

1.2 Planteamiento del problema

A pesar de la gran importancia que tienen estas especies aún faltan muchos aspectos básicos que conocer de la biología, ecología y comportamiento de estos insectos, motivo por el cual los métodos de control que se aplican para estas plagas siguen sin tener el éxito esperado. Por ejemplo no se conoce con precisión la exposición cardinal y altura preferida por estos insectos para su ataque, las horas en las que tienen mayor actividad, los hongos que inoculan estos insectos en esta región, la cantidad de insectos que llegan a matar a un árbol, así como las horas calor requeridas para su emergencia.

El conocer esta situación de preferencia de ataque sería de gran utilidad para el manejo de los insectos descortezadores, por ejemplo; de permitirse legalmente se podrían hacer tratamientos químicos preventivos en la

exposición y altura del fuste preferida, con lo cual se tendría un contacto del insecticida más directo con el descortezador al momento de querer entrar al fuste. Otra aplicación puede ser para la orientación que se diera en la colocación de trampas para la captura de estos insectos descortezadores y así como en la búsqueda de signos o grumos así como para detectar más rápido los grumos de resina que evidencian la presencia de insectos descortezadores.

Ante tal situación se plantea el presente trabajo tendiente de aportar alguna información básica que nos permita conocer sobre la población de *Dendroctonus pseudotsugae* para la sierra de Arteaga, Coahuila.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Conocer aspectos ecológicos sobre el comportamiento de ataque de *Dendroctonus pseudotsugae*.

1.3.2 Objetivos específicos

- Conocer la exposición y la altura preferida de ataque de *Dendroctonus pseudotsugae* dentro de un árbol.
- Cuantificar el número de larvas, pupas y adultos presentes según la exposición y altura del fuste del árbol.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis Ho.

- *Dendroctonus pseudotsugae* para su ataque tiene preferencia por alguna exposición y altura del árbol.

1.4.2 Hipótesis Ha.

- *Dendroctonus pseudotsugae* no muestra ninguna preferencia de altura y exposición para su ataque.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Descripción de *Pseudotsuga flahaulti* Flous.

P. flahaulti es un árbol de 12 hasta 40 m de altura, con diámetros normales de 35 a 70 cm, y hasta 3 m en situaciones muy especiales en Estados Unidos (Permacultura, 2013), perennifolio con flores que florecen de abril a mayo. El polen disemina de mayo a abril, sus frutos; los conos maduros se encuentran de agosto a septiembre, generalmente la producción abundante de conos ocurre cada 4 o 6 años.

Se distribuye principalmente en Hidalgo, Sonora, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Zacatecas, Puebla, Tlaxcala, Oaxaca, Veracruz. Con un rango altitudinal de 1,500 a 3,600 msnm. (Salinas Y. *et al.*, 2010; Rzedowski, 1981).

Su temperatura va desde los 4 hasta 22°C, su precipitación media anual es de 1,200mm.

Los usos principales de esta especie son; para madera contrachapada, estructuras plegadas, embarcaciones portuarias, durmientes, pilones para minas, estructuras de brazos cruzados, duela, lambrin, marcos de ventanas, tanques, cajas para empaques, muelles, abatelenguas, acabados para interiores y exteriores; también se usa para celulosa y artesanías. Los individuos jóvenes se utilizan como árboles de navidad, y las ramas para hacer arreglos navideños. (Rzedowski, 1981).

2.2. Características del genero *Dendroctonus*

El género *Dendroctonus* que cuyo nombre significa “matador de árboles” (Chamberlin, 1958), se reconoce por ser de color café oscuro a negro, la frente es convexa y a menudo pueden llevar elevaciones o tubérculos. Los ojos son ovales y enteros. Las antenas tienen un funículo formado por cinco

segmentos, que dan base a una clave aplanada y subcircular llamada mazo, que lleva tres suturas marcadas por setas. La cabeza es visible desde la vista dorsal. El cuerpo es cilíndrico, con el pronoto más ancho que largo. Los élitros tienen estrías y las interestrías con granulaciones que terminan en un declive elitral convexo y cubierto con setas que según su tamaño y abundancia, sirven para identificar a las especies (Wood, 1982) (Figura 1).

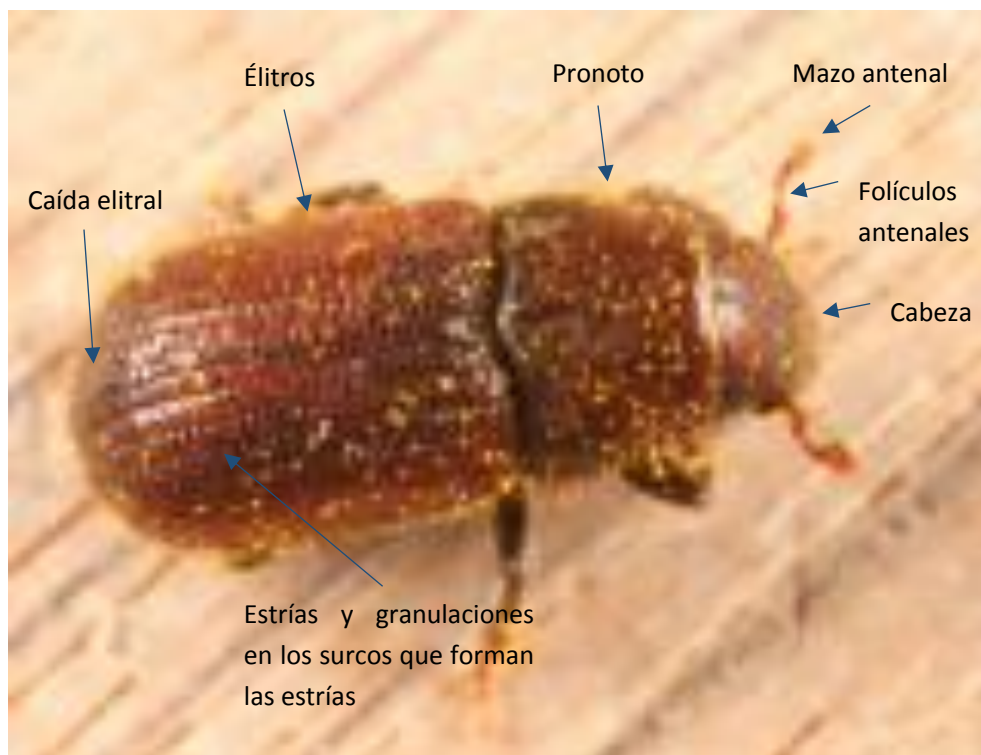


Figura 1, Ejemplar de *Dendroctonus* spp.

De las 11 especies de *Dendroctonus* existentes en México, de acuerdo a (Wood, 1982; Perusquía, 1978 y Cibrián *et al.*, 1995), se denominan por su peligrosidad de la siguiente manera:

Cuadro 1. Clasificación de algunos insectos descortezadores de acuerdo al daño de ataque ocasionado.

Plagas agresivas	Moderadamente agresiva	Baja agresividad	No agresiva
<i>D. ponderosae</i> Hopkins <i>D. frontalis</i> Zimmerman. <i>D. pseudotsugae</i> Hopkins (barragani). <i>D. mexicanus</i> Hopkins. <i>D. brevicomis</i> LeConte. <i>D. rhizophagus</i> Thomas y Bright. <i>D. jeffreyi</i> Hopkins.	<i>D. adjunctus</i> Blandford	<i>D. approximatus</i> Dietz <i>D. parallelcollis</i> Chapuis.	<i>D. valens</i>

Las especies agresivas reciben este nombre por que necesariamente tienen que matar a su hospedero para poder completar su ciclo biológico, siendo que estas especies en un momento dado son capaces de atacar árboles sanos y vigorosos (Byer, 1989; Raffa *et al.*, 1993).

Las especies no agresivas o plagas secundarias atacan árboles recientemente muertos o debilitados por el ataque de otros descortezadores, daños por incendios o muy debilitados por la sequía, heladas, que incluso pueden atacar árboles caídos, ramas, tocones y raíces (Raffa *et al.*, 1993).

En el caso de *D. pseudotsugae* suele atacar preferentemente árboles maduros y sobre maduros, débiles o enfermos, así como árboles caídos por el viento (Hopkins, 1909; Furniss *et al.*, 1981).

Es importante señalar que una función ecológica benéfica que acarrean los insectos descortezadores es que crean las condiciones para la sucesión ecológica en los bosques al atacar selectivamente a hospedantes sobre maduros y debilitados provocando un aclareo natural de los rodales. (Amman, 1977; Peterman, 1978; Schowalter *et al.*, 1981). Por su parte Amman (1977) ha sugerido que la distribución de los hospedantes se puede regular en ciertas partes del área de distribución natural de estos por la presencia de escarabajos descortezadores. La recirculación de árboles a través del deterioro incluido por

insectos y hongos, liberan nutrientes limitados lo que es útil como un tipo de fertilización del bosque y además cambia las relaciones de competencia de las plantas al incorporar nutrientes disponibles, luz y otros microclimas (Schowalter, 1981).

2.3. Descripción de *Dendroctonus pseudotsugae* Hopkins

El descortezador *D. pseudotsugae* Hopkins, es el insecto plaga más importante de las poblaciones de *Pseudotsuga* y *Pseudotsuga menziesii* (Furniss y Carolin, 1977; Gillette *et al.*, 2009; Sánchez *et al.*, 2006).

Sánchez *et al.*, 2003; Sánchez y Torres, 2004; mencionan que este descortezador se comportó como plaga primaria en los bosques de Coahuila y Nuevo León, a finales del año 2000.

Este insecto se caracteriza por ser de tamaño mediano a grandes de 4.6 a 7 mm de longitud, con promedio de 5.7 mm. Cuerpo robusto y cilíndrico, de color oscuro casi negro, excepto los élitros, que son café rojizo. Tiene el pronoto con puntuaciones finas, más ancho que largo; también su base es ancha y se angosta anteriormente. Los élitros tienen sus lados rectos y sub-paralelos en sus dos tercios basales. El declive elitral es convexo, empinado, con las suturas interestriales fuertemente elevadas y las interestrias 2 débilmente impresas. La vestidura está dispersa, y es más larga sobre el declive. Las setas más largas son iguales a una vez o vez y media el ancho de una interestría. Huevos ovales, aperlados, de 1.2 mm de largo. Larvas curculioniformes, ápodas, blancas y con cabeza bien desarrollada, de color ámbar. Pupa exarada (Cibrián *et al.*, 1995).

Las características morfológicas más distintivas para diferenciar a *D. pseudotsugae* de otras especies parecidas son: Declive elitral brillante, superficie lisa, surcos elitrales elevados y setas grandes.

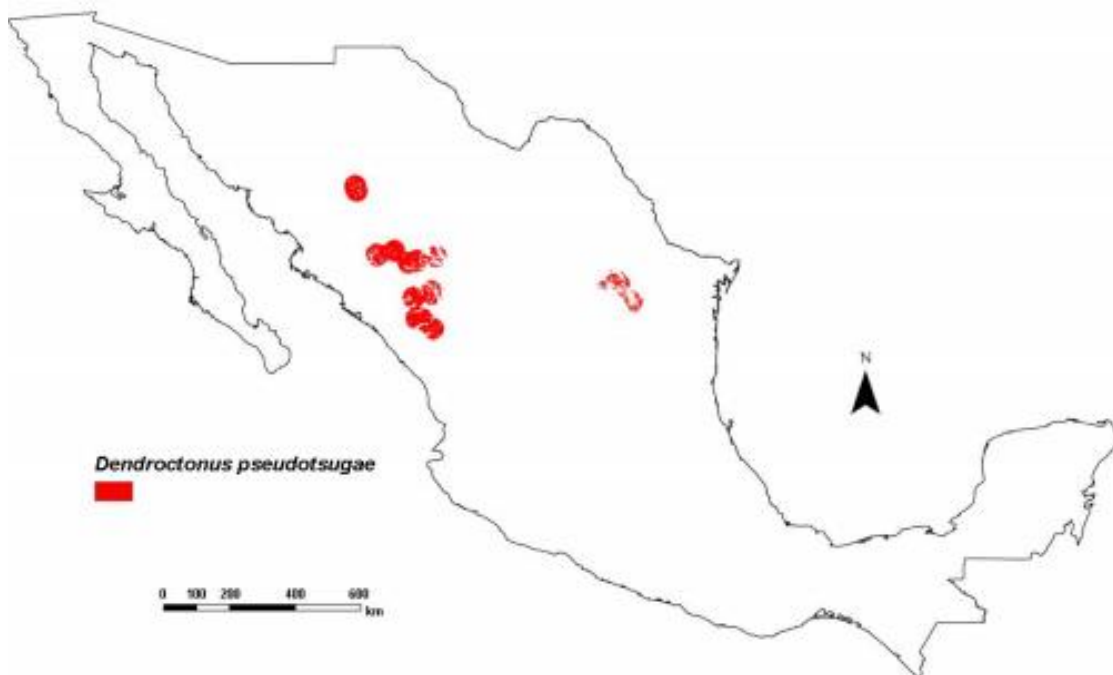
Distribución geográfica. Furniss, 2001; y Ruiz *et al.*, 2009. Señalan que *Dendroctonus pseudotsugae* presenta dos subespecies a lo largo de su

distribución geográfica, las poblaciones del Oeste de Estados Unidos y Canadá corresponden a *D. pseudotsugae pseudotsugae* y las del Norte de México son *D. pseudotsugae barragani*.

Distribución en México. Se le localiza en la Sierra Madre Occidental (SMOC) se localiza principalmente en los estados de Chihuahua y Durango y en la Sierra Madre Oriental (SMOR) en los límites entre Coahuila y Nuevo León (Salinas Y. *et al.*, 2010; Cibrián *et al.*, 1995) (Mapa 1).

En México no había sido considerada una especie de relevancia económica, sin embargo, en años recientes presentó importantes epizootias que afectaron los bosques de *pseudotsuga* en los estados de Durango, Chihuahua y Coahuila (Ruiz 2009).

Altitud: Los límites altitudinales entre los cuales se ha reportado la especie varían de los 1,500 a los 3,100 msnm, y su intervalo preferente de 2,500 a 3,000 msnm (Salinas Y. *et al.*, 2010; Cibrián *et al.*, 1995). Pero en el predio Monterreal de Arteaga, Coahuila se ha reportado hasta los 3,300 msnm (Nava, 2014).



Mapa 1. Distribución geográfica de *Dendroctonus pseudotsugae*.

2.4 Clasificación taxonómica de *Dendroctonus pseudotsugae*

Reino: animalia

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta o hexadata

Orden: Coleoptera

Familia: Curculionidae

Subfamilia: Scolytinae

Género: *Dendroctonus*

Especie: *D. pseudotsugae*

2.5 Ciclo de vida y fluctuación poblacional de *Dendroctonus pseudotsugae*

Ciclo de vida y Hábitos

La hembra es la primera en entrar al árbol atacan árboles maduros, sobre maduros, debilitados o incluso árboles recién caídos. Penetran al floema y cambium a través de las hendeduras de la corteza. En la superficie aparece un grumo de material rojizo formado por excrementos, resina y partículas de floema. El túnel formado por la hembra en su inicio es ancho e irregular y después recto y vertical. Los machos alcanzan a las hembras guiados por las feromonas que ellas liberan para dar inicio a la copulación. Una vez fértil la hembra inicia la oviposición la cual realiza en nichos individuales arreglados en tres o cuatro grupos alternos. Las larvas recién emergidas hacen galerías individuales, paralelas, que se ensanchan conforme a las larvas aumentan de tamaño (Figura 2). Ciclo de vida de *Dendroctonus pseudotsugae* (Nava, 2014) (Figura 3).

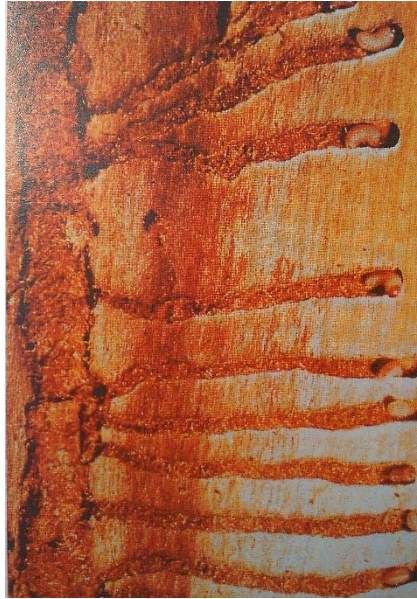


FIGURA 2. GALERÍA DE LARVAS.

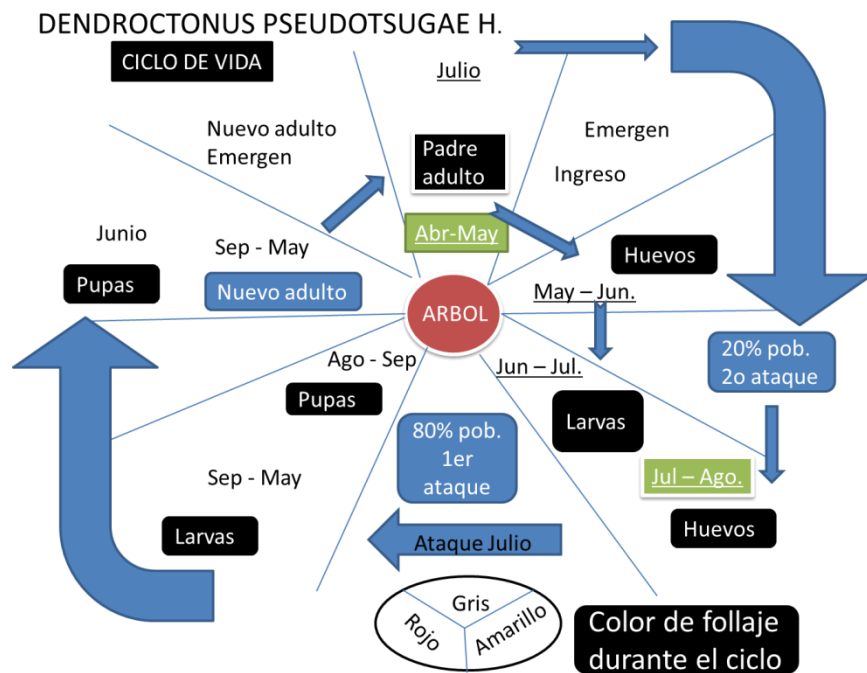
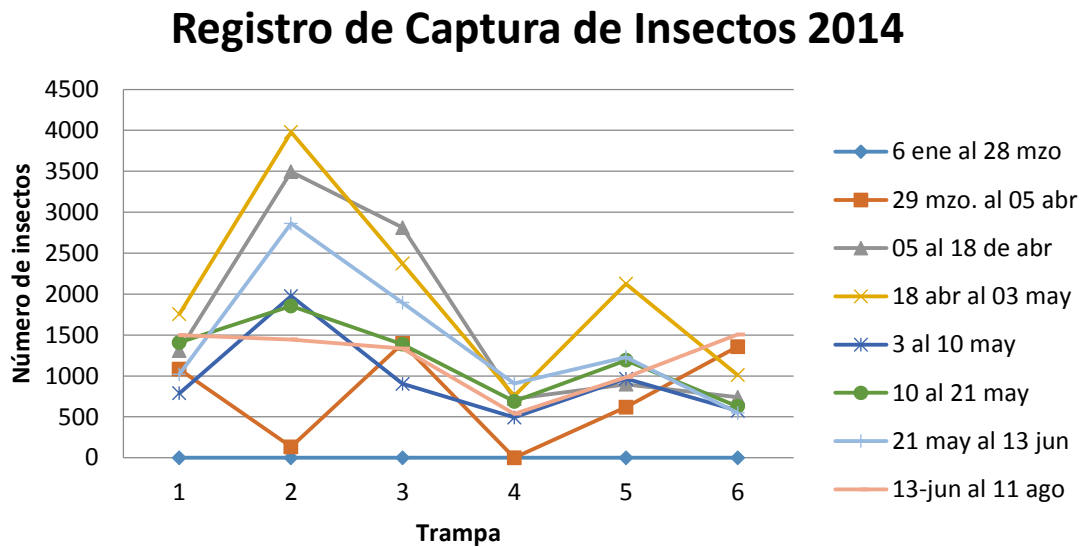


FIGURA 3. CICLO DE VIDA DE *D. PSEUDOTSUGAE* (NAVA, 2013).

La fluctuación poblacional de *D. pseudotsugae* presenta una sola generación al año. En el estado de Coahuila los adultos están maduros desde el mes de abril, pero vuelan durante mayo y junio donde alcanzan su pico máximo y su

población declina gradualmente hasta concluir en septiembre (Nava, 2014) (Grafica 1).



Grafica 1. Fluctuación poblacional de *Dendroctonus pseudotsugae*.

2.6 Inicio de ataque de *D. pseudotsugae*

La especie *D. pseudotsugae* tiene la particularidad de que para sobrevivir requieren matar a su hospedante, razón por la cual constituye una especie agresiva. Este insecto al igual que otros descortezadores, causa la muerte del hospedante mediante un ataque masivo, regulado a través de la comunicación química (Byer, 1989).

El ataque de *D. pseudotsugae* a nuevos árboles se realiza en un proceso que incluye varias semanas. La infestación a un árbol verde y sano es iniciada por unas cuantas hembras pioneras que son atraídas por el volumen del fuste limpio del árbol (Figura 4). Después de perforar la corteza externa y el floema, inician la emisión de feromonas de agregación que atraen a mas hembras y a los primeros machos; cuando las nuevas hembras se establecen en el árbol, también liberan feromonas de agregación de tal manera que el proceso de infestación continúa avanzando; los machos por su parte, siguen a las hembras en sus túneles hasta su apareamiento (Cibrián et al., 1995).

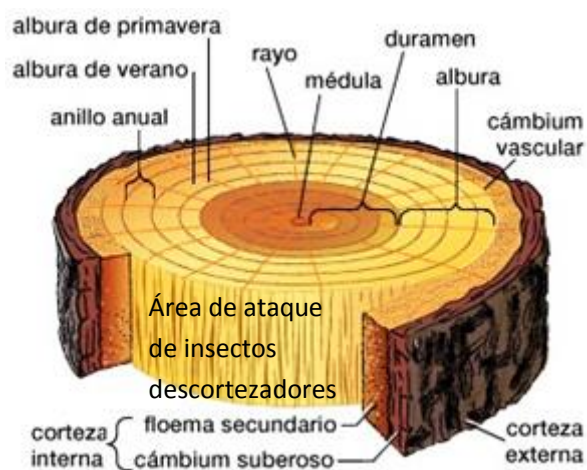


FIGURA 4. ESTRUCTURA INTERNA DE UN ÁRBOL, SIENDO EL ÁREA DE CAMBIUM DONDE LOS INSECTOS DESCORTEZADORES REALIZAN SU ATAQUE.

Las feromonas de agregación provocan la reunión de diversos individuos de la misma especie en un lugar dado, en proximidad de los individuos que las han emitido. Las feromonas son sintetizadas a partir de constituyentes del árbol, representan un recurso original que facilita la búsqueda del medio favorable al desarrollo de los insectos, a fin de romper lo más rápido posible la resistencia de los árboles. Esta resistencia se manifiesta por un flujo abundante de resina que pega y elimina una parte de los insectos. La colonización masiva es realizada gracias a las feromonas de agregación. Según las especies de la feromona de la agregación puede estar formada por un solo constituyente o por muchos. En las especies del genero *Dendroctonus* seis sustancias diferentes han sido aisladas y sintetizadas. Estas son el cis-verbenol, el trans-verbenol, la verbenota, la frontalina, la exobrevicomina y la endobrevicomina (Dajoz, 2001).

Las infestaciones se presentan desde la base del fuste hasta 10 o 12 m de altura atacando alrededor del fuste. En la parte alta de la copa se encuentran otros descortezadores asociados, principalmente *Pseudohylesinus nebulosus* y *Scolytus reflexus* (Cibrián *et al.*, 1995).

Las poblaciones de descortezadores poco numerosas pueden superar las resistencias de árboles debilitados, luego instalarse y reproducirse. En el caso de árboles que tienen una resistencia elevada, son necesarios ataques por un número más importante de insectos (Worrel, 1983).

2.7 Identificación de árboles plagados por *D. pseudotsugae*

La presencia de aserrín rojizo asociado con excremento del mismo insecto sobre la corteza externa, es la principal evidencia de que un árbol está atacado por este insecto (Cibrián *et al.*, 1995). El macho penetra al árbol por el mismo conducto que realizó la hembra, después de copularla se dedica a expulsar excremento, que es de color rojizo (Cibrián *et al.*, 1995) (Fotografía 1).



Fotografía 1. Montículos de aserrín formados por el ataque de *Dendroctonus pseudotsugae*.

Los árboles plagados presentan al principio escurrimientos de resina y grumos de la misma sustancia en la parte media del fuste; los grumos de resina van aumentando gradualmente en número, es decir, que esta especie no ataca en enjambres; en ocasiones al desprender la corteza en la parte infestada del árbol, se observa que gran parte de la corteza y madera está muerta y manchada de color azul; la mancha azul la produce el hongo *Ceratocystis sp.* Y probablemente el hongo favorece el establecimiento del insecto en el árbol, ya que la sequedad en la parte infestada, se presenta en algunos casos poco después que entra el insecto y mucho antes de notarse algún síntoma en el follaje; en árboles donde no se observa la mancha azul, el hospedero puede tardar muchos meses sin morir. El cambio de coloración del follaje ocurre en tiempo muy variable, desde uno a varios meses después de la primera

infestación (Rodríguez 1990). Otros hongos que han sido reportados los cuales hacen que la madera se manche y reduzcan el valor comercial entre un 10 y 50 % son; *Ophiostoma* sp., *Ophiostoma pulvinisporum*, *O. pluriannulatum*, *Ceratocystiopsis fasciata* y *Leptographium* sp. (Moreno – Ricoa O. *et al.*, 2015).

2.8 Preferencia de ataque de diferentes insectos descortezadores

De acuerdo con Rodríguez Lara (1982) y la SARH (1990), se ha descrito para algunos descortezadores de la república Mexicana la preferencia de ataque a la altura del fuste, signos, forma de galería, altitudes sobre el nivel del mar, distribución geográfica y sus hospederos preferidos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Preferencia de ataque de diferentes insectos descortezadores (Rodríguez Lara, 1982; SARH, 1990).

Genero	Altura de ataque	Signos	Forma de ataque	Distribucion asnm	Forma de galeria	Hospederos
<i>D. frontalis</i>	Mitad inferior del fuste, pudiendo alcanzar parte de la mitad superior.	Grupos muy pequeños y a veces no son aparentes	Condiciones endémicas son aislados, y en condiciones epidémicas son manchones de grandes dimensiones	México, Michoacán, Nuevo León y Sinaloa, En forma epidémica se ha encontrado en Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Rango altitudinal 700 -	Sinuosas, elongadas frecuentemente se estrechan con otras	<i>P. douglasiana</i> , <i>P. durangensis</i> , <i>P. engelmannii</i> , <i>P. gregii</i> , <i>P. herrerae</i> , <i>P. leiophylla</i> , <i>P. michoacana</i> , <i>P. montezumae</i> , <i>P. oocarpa</i> , <i>P. ponderosae</i> , <i>P. pringlei</i> , <i>P. pseudostrobus</i> , <i>P. teunifolia</i> y <i>P. teocote</i> .
<i>D. mexicanos</i>	En todo el árbol, incluso en ramas	Grupos de resina formados en el fuste por el ataque de hembras	Manchones de árboles muertos, que exceden los 30	Aguascalientes, Colima, Chiapas, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, SLP, Sinaloa, Tamaulipas, Tlaxcala y Veracruz. Rango altitudinal 1,200-	-	<i>P. ayacahuite</i> , <i>P. cooperi</i> , <i>P. douglasiana</i> , <i>P. gregii</i> , <i>P. herrerae</i> , <i>P. lawsoni</i> , <i>P. leiophylla</i> , <i>P. michoacana</i> , <i>P. montezumae</i> , <i>P. oocarpa</i> , <i>P. patula</i> , <i>P. pseudostrobus</i> , <i>P. radiata</i> , <i>P. rudis</i> , <i>P. teunifolia</i> y <i>P. teocote</i> .
<i>D. valens</i>	Parte basal de los fustes	Forman grandes grupos de resina	Infesta a árboles atacados por otros descortezadores, así como árboles dañados por incendios y tocones de árboles recientemente cortados.	Zona centro del país	Verticales y anchas, las larvas hacen galerías comunales en forma de cavernas, consumiendo el floema	<i>P. arizonica</i> , <i>P. douglasiana</i> , <i>P. engelmannii</i> , <i>P. gregii</i> , <i>P. hartewii</i> , <i>P. herrerae</i> , <i>P. jeffreyi</i> , <i>P. lawsoni</i> , <i>P. leiophylla</i> , <i>P. michoacana</i> , <i>P. montezumae</i> , <i>P. oocarpa</i> , <i>P. patula</i> , <i>P. ponderosa</i> , <i>P. pseudostrobus</i> , <i>P. radiata</i> , <i>P. rudis</i> , <i>P. teocote</i> y <i>P. tenuifolia</i> .
<i>D. approximatus</i>	Parte basal de los fustes	Algunas veces se forman grupos por el ataque de hembras	Árboles previamente infestados por otros descortezadores como: <i>D. adjunctus</i> , <i>D. mexicanus</i> e <i>Ips pini</i>	Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Puebla y D.F. Rango altitudinal 1,200 - 3,600	Ángulos cerrados casi de 90°, son menos sinuosas que otras especies	<i>P. cooperi</i> , <i>P. engelmannii</i> , <i>P. hartwegii</i> , <i>P. leiophylla</i> , <i>P. michoacana</i> , <i>P. montezumae</i> , <i>P. oocarpa</i> , <i>P. patuña</i> , <i>P. pseudostrobus</i> , <i>P. rudis</i> y <i>P. teocote</i> .
<i>D. rizophagus</i>	De 0.20 a 3m.	Degolla a los árboles infestados	La hembra penetra por la base de los árboles (inmediatamente por arriba del cuello de la raíz)	Chihuahua, Durango y Sonora, y en condiciones endémicas en Guerrero, Jalisco, Michoacán, Sinaloa y Zacatecas. Rango altitudinal 1900 - 2,100msnm	Ancha y parcialmente helicoidal. Las larvas de 1ª fase construyen una galería comunal a lo largo del fuste, en la 2ª fase hacen túneles en las raíces primarias	<i>P. arizonica</i> , <i>P. ayacahuite</i> var. <i>brachyptera</i> , <i>P. chihuahuana</i> , <i>P. cooperi</i> , <i>P. durangensis</i> , <i>P. engelmannii</i> , <i>P. jeffreyi</i> , <i>P. leiophylla</i> , <i>P. lumholtzii</i> , <i>P. ponderosa</i> , <i>P. rudis</i> y <i>P. teocote</i> .
<i>D. adjunctus</i>	Desde la base hasta una altura de 5 a 15m.	Grupos de resina que se forman cuando las hembras lesionan el floema	Madera manchada por hongos que introducen los insectos.	Estado de México, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla y D.F. Hidalgo. Rango altitudinal 2,600-	Galerías sinuosas, las larvas van por el interior del floema	<i>P. arizonica</i> , <i>P. ayacahuite</i> , <i>P. chihuahuana</i> , <i>P. cooperi</i> , <i>P. durangensis</i> , <i>P. flexilis</i> , <i>P. hartwegii</i> , <i>P. herrerae</i> , <i>P. lawsoni</i> , <i>P. leiophylla</i> , <i>P. lumholtzii</i> , <i>P. michoacana</i> , <i>P. montezumae</i> , <i>P. patula</i> , <i>P. pinceana</i> , <i>P. ponderosa</i> , <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P.</i>
<i>D. pseudotsugae</i>	Todo el fuste	Resina mezclada con viruta y excremento de color rojizo	Infestan árboles maduros y sobremaduros en grupos de 3 a 10 árboles	Durango y Chihuahua. Rango altitudinal 2,100-2,300msnm	Anchas, rectas y paralelas al eje principal del árbol. Las galerías de las larvas están dispuestas en grupos alternados en ambos lados de la galería parental	<i>Pseudotsuga flahaultii</i> y <i>P. macrolepis</i>
<i>D. ponderosae</i>	-	-	Árboles sobremaduros o dañados por algún otro factor	No existen reportes de grandes pérdidas en México	Es una línea vertical a veces recta	<i>P. arizonica</i>
<i>D. brevicomis</i>	-	Similar a <i>D. mexicanus</i>	Similar a <i>D. mexicanus</i>	Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León y Zacatecas.	-	<i>P. arizonica</i> , <i>P. durangensis</i> , <i>P. estevezii</i> y <i>P. ponderosae</i> .

2.9 Efecto de la altura en la distribución y desarrollo de insectos descortezadores

Durante 1977 y 1981 se realizaron las observaciones requeridas para realizar una caracterización de la disposición espacial de los descortezadores atacantes en los arboles infestados. Los resultados indicaron que las dimensiones de huevecillos y larvas fueron similares a las reportadas en estudios realizados en otras áreas; así también, se confirmó que *D. adjunctus* presenta una generación al año y se describe la ocurrencia en el tiempo de los diferentes estados de desarrollo. La mortalidad de *D. adjunctus* que se observó durante la generación estudiada en 1977 fue de 86.6 por ciento, destacando *Enoclerus arachnodes* como el depredador de mayor importancia. En cuanto a sitios de ovoposición, se encontró que *D. adjunctus* prefiere la exposición norte de los arboles infestados; también se determinó que los dos tercios inferiores del fuste infestado presentaba una mayor cantidad de galería construida y de nichos de ovoposición (Figura 5).

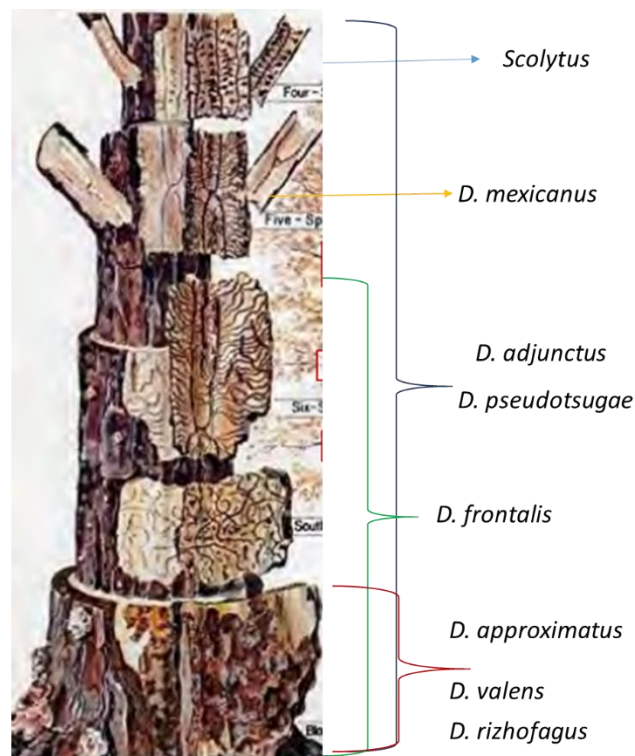


FIGURA 5. PREFERENCIA DE ATAQUE DE LOS PRINCIPALES DESCORTEZADORES EN MÉXICO.

En relación con la disposición espacial de los adultos atacantes, se encontró un patrón básicamente aleatorio a escala aproximada de una troza, que al mezclarse a lo largo del fuste y entre arboles da origen a distribuciones de contagio. Se relaciona el comportamiento del insecto a los patrones de ataque observados. (Cibrián *et al.*, 1995).

2.10 Efecto de la exposición solar en la distribución, establecimiento y desarrollo de insectos descortezadores

De acuerdo con varios autores (Odum, 1971; Spurr y Barnes, 1982), señalan que existe un efecto muy marcado de la radiación solar para el establecimiento, localización y crecimiento de comunidades vegetales y animales. Por ejemplo; algunas plantas prefieren la exposición norte para poder llevar a cabo con mayor eficiencia su fotosíntesis y lograr grandes dimensiones dasométricas, mientras otras plantas son intolerantes para poderse desarrollar como aquellas que crecen en el sotobosque. Este fenómeno de preferencia y dependencia hacia cierta exposición para su preferencia al parecer también se presenta en ciertos animales, siendo que los insectos no son la excepción. (Harold y Hocker, 1984; Dajoz, 1974).

Lee y Sypolt (1974) compararon el crecimiento de las latifoliadas en las pendientes nortes y sur de Virginia Occidental. Sugirieron que el crecimiento más lento de los arboles ubicados sobre las pendientes orientadas al sur se encontraba asociado con: 1) mayores temperaturas del aire y mayor radiación neta, lo cual disminuirá la asimilación neta de fotosintatos; 2) un retraso en la temperatura del suelo, lo cual inhibiría la absorción de agua por las raíces y afectaría el comportamiento de los estomas; 3) mayor temperatura del aire, lo que, también, daría como resultado una mayor demanda de transpiración.

Por lo tanto si las plantas son capaces de escoger la exposición que más les beneficie para su desarrollo fenológico por que no pensar que lo mismo puede ocurrir con los insectos que puedan llegar a elegir una exposición de ataque, como igualmente, está plenamente demostrado que muchos insectos tienen particular selección por un sitio de ataque dentro de un mismo árbol. Por

ejemplo *Dendroctonus rizophagus* ataca preferentemente las raíces de los pinos, *Dendroctonus valens* y *D. approximatus* atacan en el primer metro del fuste; en cambio *Scolythus mundus* ataca el tercio superior del árbol. Por su parte los barrenadores de ambrosia del género *Euplatypus spp.*, prefieren atacar la albura, pero los barrenadores de madera se ubican en la medula. (Cibrián *et al.*,1995; S.A.R.H., 1990; Coulson *et al.*,1990).

Los animales que viven en un ambiente con poca luz o son de actividad nocturna poseen ojos más grandes (lechuzas, chotacabras, felinos, etc.). En plena oscuridad se reducen o desaparecen los órganos captadores de luz, como en el caso de los peces de los fondos marinos, de los habitantes de cuevas (peces cavernícolas), y de los parásitos internos (lombrices, tenias).

La luz influye también en la actividad fisiológica de los animales. Algunas especies son activas de día (muchas aves, hormigas y muchísimas otras), otras de noche (lechuzas, muchos murciélagos, felinos), y otras en el crepúsculo o al amanecer. En este caso, la cantidad de luz ejerce una influencia estimulante o frenadora de la actividad.

La luz de la Luna, que proviene indirectamente del sol porque es sólo el reflejo de la luz solar, ejerce influencia también sobre los animales. En los bosques tropicales amazónicos, por ejemplo, se sabe que en las noches de luna llena existe mayor actividad que en las noches sin esa luz. Muchos felinos jaguar, tigrillos tienen mayor actividad en esos días. De igual forma, muchos pescadores aprovechan esos días para capturar ciertas especies de peces, que salen a la superficie con la luz lunar. Otras especies se reproducen sólo en noches de luna llena.

Las pendientes expuestas al sur experimentan temperaturas mayores que los aspectos del norte, también la evapotranspiración potencial es mayor.

Finney y Holloway (1962), encontraron que el microclima y la humedad del suelo están influidos por el aspecto y la posición de la pendiente.

La radiación solar facilita la fotosíntesis, que permite a las plantas sobrevivir y convertir la energía luminosa que reciben en energía química. En particular, las plantas producen oxígeno e hidratos de carbono, lo que a su vez nos permite

respirar y producir energía. Sin la radiación del sol, ocurriría un cambio tremendo, posiblemente un efecto dominó que comenzaría con la muerte de las plantas, seguida por la de los organismos unicelulares y luego por la de los seres más complejos, incluidos nosotros, los humanos.

La localización fisiográfica modifica las condiciones de temperatura y humedad de una localización; estas, a su vez, afectan el desarrollo del suelo. Tanto la localización fisiográfica, la altitud, longitud como altitud, simplemente son formas determinadas de observar las diferencias relativas entre las localizaciones y no presentan verdaderas relaciones de causa y efecto para el crecimiento arbóreo.

2.10.1 Efectos de la exposición solar en las coníferas

Radiación.- La radiación procedente del sol es la que aporta a los sistemas terrestres la luz y el calor necesarios para el desarrollo de la vegetación. La radiación incidente se distribuye en una amplia gama de longitudes de onda (Harold,1984).

Radiación Ultravioleta.- La radiación ultravioleta provoca la inhibición de las auxinas, por lo que si aumenta la proporción relativa de este tipo de radiación se produce un efecto de enanismo vegetal. Por este efecto se explican los fenómenos de falta de esbeltez o enanismo vegetal en alta montaña. Por otra parte, las radiaciones ultravioletas provocan mutaciones sobre la dotación genética de los vegetales.

Espectro visible.- Dentro de este espectro se presentan dos máximos de actividad fotosintética que son: de 650 a 670 nm, correspondiendo con las coloraciones rojas; y alrededor de 440, de coloraciones azules. Es, por tanto, la radiación responsable de la fotosíntesis.

Orografía. Hace referencia a la forma, densidad y orientación de los valles y de los macizos y alineaciones montañosos. Esta disposición introduce modificaciones en la circulación general de la atmósfera en estaciones particulares, originando variaciones climáticas locales a igualdad de altitud y de

latitud. Una primera influencia de la disposición de valles y laderas se relaciona con la proximidad al mar, o a igualdad de proximidad la orientación puede facilitar el acceso de masas de aire con gran contenido en humedad. En estas circunstancias, a igualdad de latitud y altitud de dos lugares, el que recibe vientos marinos puede sustentar una vegetación menos xerófila. Otra importante influencia de la orografía sobre la vegetación es el conocido como efecto föhn en la literatura europea y como efecto chinook en la norteamericana. Si una cadena montañosa está dispuesta perpendicularmente a la dirección de los vientos húmedos dominantes, en las laderas de barlovento se manifiesta un clima con más precipitación y humedad atmosférica y con menor temperatura e insolación, debido a la mayor nubosidad, y en correspondencia, se tendrán suelos más evolucionados y vegetación más higrofítica. Por el contrario, en las laderas a sotavento se manifiestan vientos secos y cálidos, que reciben el nombre de föhn o chinook, y se encuentran, en latitud y altitud similares, estaciones con menos precipitación y humedad atmosférica, más temperatura e insolación, y en correspondencia con este clima suelos menos evolucionados y vegetación más xerofítica. (Harold, 1984).

Altitud. Es conocido, al estudiar los factores climáticos, que al crecer la altitud, a latitud constante, el clima de las sucesivas estaciones cambia según las siguientes reglas generales: - disminuyen: presión atmosférica, temperatura (según el conocido gradiente térmico de altura de $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$), y déficit hídrico aumentan: las radiaciones del espectro visible y ultravioleta, y la precipitación. Consecuencia de estas variaciones sobre la distribución de la vegetación son las cliseries, también denominadas pisos de vegetación, que se pueden definir como conjunto ordenado de agrupaciones vegetales presentes en una latitud constante al variar la altitud. Lógicamente, las agrupaciones de cotas inferiores tienden a ser más termófilas y más xerofíticas que las de cotas superiores. En todas las cadenas o macizos montañosos españoles están estudiadas y descritas las correspondientes cliseries (Spurr, 1982), que refleja la cliserie de las Montañas Santa Catalina en el sureste de Arizona y que incorpora la influencia en dicha cliserie de la exposición, lo que resulta útil para explicaciones posteriores. Se observa que el mismo tipo de vegetación alcanza mayores cotas en las exposiciones de solana.

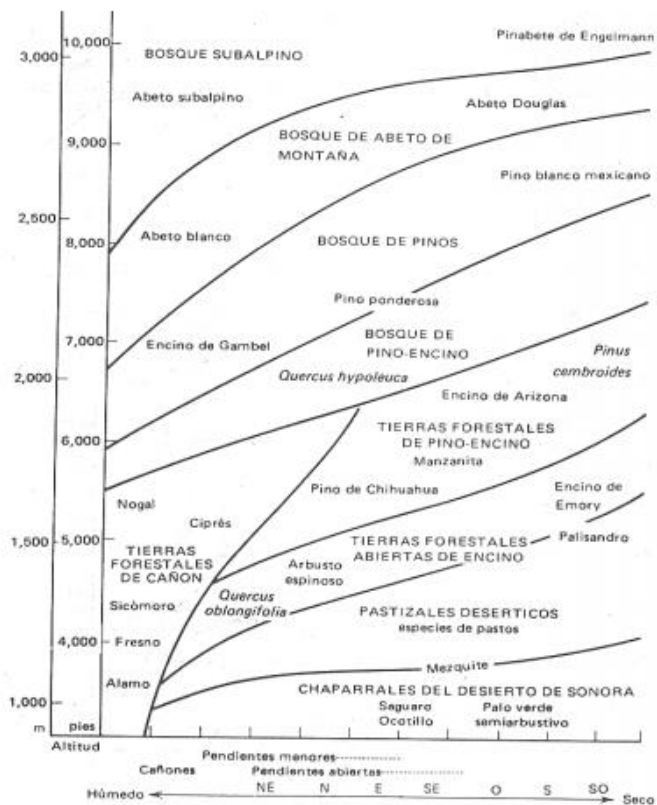


FIGURA 6. REFLEJA LA SUCESIÓN ALTITUDINAL DE LA VEGETACIÓN DE LAS MONTAÑAS SANTA CATALINA EN EL SURESTE DE ARIZONA Y QUE INCORPORA LA INFLUENCIA EN DICHA CLISERIE DE LA EXPOSICIÓN, LO QUE RESULTA ÚTIL PARA EXPLICACIONES POSTERIORES. SE OBSERVA QUE EL MISMO TIPO DE VEGETACIÓN ALCANZA MAYORES COTAS EN LAS EXPOSICIONES DE SOLANA. (SERRADA, R. 2008)

Pendiente. En una estación determinada, sin variar la altitud y dentro de una disposición orográfica concreta, la influencia de la pendiente sobre la vegetación es muy trascendente. Esta influencia se manifiesta en los factores edáficos a través de la posibilidad de evolución, de la capacidad de retención de agua y de la sensibilidad frente a la erosión. También influye en relación con la cantidad de radiación recibida, aumentada o disminuida según la exposición, y con la velocidad de propagación de incendios. Es importante la influencia de la pendiente sobre las actividades humanas a través de la mayor o menor dificultad de acceso y de mecanización, condicionando los tratamientos silvícolas a aplicar y la forma de realizar las repoblaciones forestales. La pendiente se mide con el clisímetro y se evalúa por la medida del ángulo que la

ladera forma con la horizontal, expresándose normalmente por el valor de la tangente de dicho ángulo en tanto por ciento, al no ser frecuentes valores del mismo superiores a 45°.

Se produce una situación con menor disponibilidad hídrica, más riesgo de escorrentía y por tanto de erosión, por lo que la vegetación tenderá a ser más xerófila y más frugal. Al estar disminuida la competencia por la luz en las fuertes pendientes, la vegetación heliófila encuentra mejores condiciones de desarrollo. A igualdad de pendiente general, también influye la forma de la ladera, que podrá ser cóncava, recta o convexa. En las laderas cóncavas habrá mayor profundidad de suelo y más humedad, al predominar el depósito sobre la erosión, al contrario que en las pendientes convexas en las que al haber mayor facilidad de escorrentía, habrá más erosión y suelos más pedregosos y menor capacidad de retención de agua, por lo que le corresponderá una vegetación más xerófila o de menor espesura. Las pendientes convexas se manifiestan más frecuentemente en el tramo superior de la ladera (Harold, 1984).

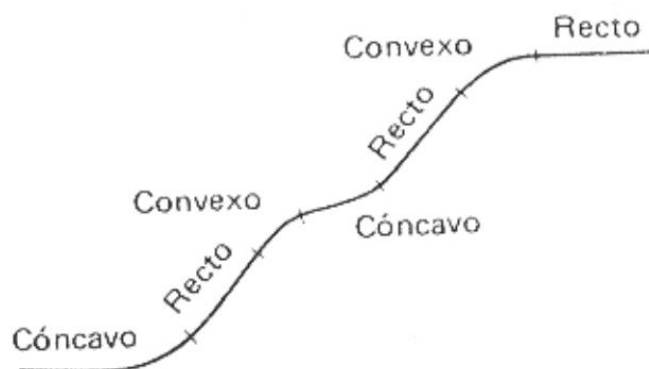


FIGURA 7. FORMAS DE LA LADERA.

Exposición. Se define como exposición de una ladera la orientación de la recta perpendicular a la misma. Las posibles exposiciones se pueden clasificar en: umbrías, correspondientes a exposiciones alrededor del NE, en las que es menor el número de horas de insolación y la radiación que recibe se produce

en las primeras horas del día, de forma que son estaciones con menores temperaturas y por tanto la evaporación y el déficit hídrico. Reciben menor iluminación. En la medida en que la sequía sea un factor limitante al desarrollo vegetal, como es habitual bajo clima mediterráneo, la vegetación se ve favorecida en las umbrías, lo que facilita la defensa del suelo frente a la erosión y por tanto en ellas habrá más abundancia de especies higrófilas, micro-termas y esciadófilas. **Solanas**; correspondientes a exposiciones alrededor del SO en las que es mayor la radiación recibida y por tanto la iluminación. En estas estaciones aumentan, en relación con una umbría que tenga su misma latitud, altitud y pendiente, las temperaturas, la evaporación y el déficit hídrico. La vegetación estará compuesta por especies más termófilas, xerófilas y heliófilas. Bajo clima mediterráneo en las solanas está perjudicado el desarrollo de la vegetación por lo que la erosión tiende a ser mayor y los suelos de peor calidad.

La influencia de la exposición sobre la distribución de la vegetación, en relación con la altitud.

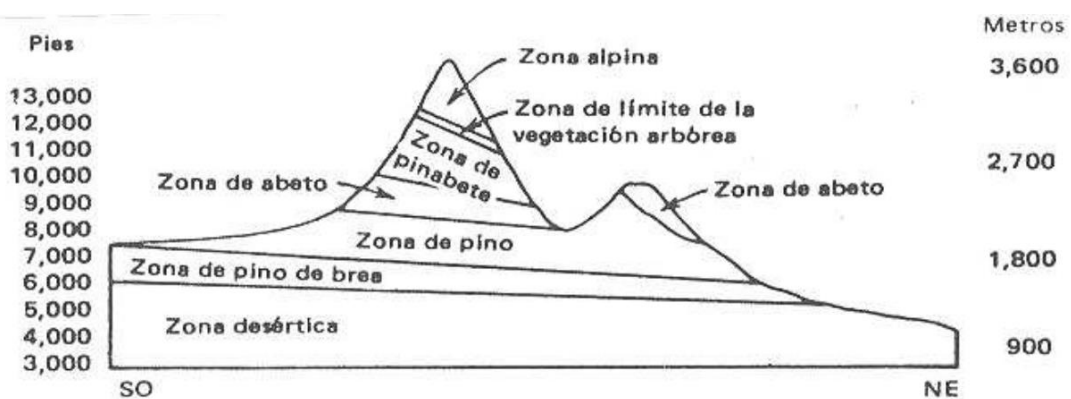


FIGURA 8. INFLUENCIA DE LA EXPOSICIÓN SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN.

Este fenómeno tiene que ver con el concepto de la tolerancia e intolerancia de algunas especies forestales (Hawley y Smith, 1972).

2.11 Trabajos afines

Sánchez *et al* (2003), realizaron un trabajo para describir daños y diversidad de insectos descortezadores de coníferas del noreste de México. Ellos encontraron que la evidencia de daños causada por un complejo de descortezadores, presentándose las siguientes especies: el ataque primario lo atribuyen *Dendroctonus pseudotsugae* atacando a *Pseudotsuga flahaulti* (oyamel rojo); en *Abies vejarii* (oyamel blanco) el ataque primario es causado por *Scolytus spp.*, en la parte alta del fuste y *Pseudohylesinus variegatus* en la parte baja del mismo. En *Pinus rudis* el ataque primario es causado por *Dendroctonus adjunctus*, en *Cupressus arizonica* por *Phloeosinus spp.* Los árboles jóvenes de oyamel y pino son atacados principalmente por *Pityophthorus spp.*; el ataque primario a *Pinus teocote* y *Pinus pseudostrobus* es causado por *Dendroctonus mexicanus* y el daño primario en *Pinus arizonica* es por *Dendroctonus brevicornis*.

Rivera *et al*, (2010), en el país de Honduras, están estudiando el efecto del Cambio climático con relación a los brotes masivos del gorgojo descortezador del pino *Dendroctonus frontalis*, habiendo encontrado que los aumentos en la temperatura promedio, anomalías climáticas de meses calurosos y afectación anual por incendios forestales, influyen sobre la ocurrencia y extensión de plagas del *D. frontalis*. Ante la poca información disponible y ningún estudio sobre las causas de las plagas del *D. frontalis* en Centroamérica, queda de manifiesto la importancia de este tipo de estudios para la toma de decisiones sobre el manejo de los bosques e ilustran un enfoque general que ayudaría a predecir los efectos que traería el cambio climático en los bosques de pino de Honduras.

Cuellar-Rodríguez *et al.*, (2012), observaron el comportamiento de la fluctuación poblacional de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins, atraídos a trampas con feromonas en el noreste de México y su correlación con variables climáticas, encontrando correlación significativa entre el número de insectos con la precipitación pluvial ($r = -0.58$, $P = 0.005$). El resto de las variables climáticas estudiadas no mostraron correlación con el comportamiento de la

fluctuación poblacional (temperatura mínima: $r = -0.38$, $P = 0.57$; temperatura media: $r = -0.40$, $P = 0.05$; temperatura máxima: $r = 0.20$, $P = 0.21$). La correlación con una relación entre la precipitación y la temperatura fue más robusta ($r = 0.62$, $P = 0.003$) que la encontrada con la precipitación pluvial.

Fonseca–González *et al.*, (2008), estudiaron a los descortezadores del género *Ips* e insectos barrenadores en árboles de *Pinus montezumae* dañados por incendios forestales. Se analizó, mediante regresión logística, la proporción de galerías de *Ips* con respecto a otros insectos descortezadores (*Pityophthorus*, *Hylastes*, *Hylurgops*) y barrenadores de madera, en su interacción con el diámetro del árbol y tres variables de daño por incendio (altura del quemado del fuste, nivel de daño en la copa y longitud de copa viva). Los resultados de este estudio revelan que la proporción de galerías de *Ips* disminuyen al aumentar el diámetro del árbol y la altura de quemado del fuste, mientras que dicha proporción aumenta con el incremento en la longitud de copa viva. En árboles con la copa chamuscada en su totalidad, pero con yemas terminales vivas, se incrementa la proporción de galerías de los barrenadores de madera, lo mismo sucede al aumentarse la altura de quemado del fuste y en árboles con diámetros superiores a los 30 cm.

López–Castilla, *et al.*, (2009), en Cuba, se llevó a cabo una contribución para el diagnóstico y control de los descortezadores del género *Ips* (coleóptera: Scolytidae) en los bosques de pinos de ese país. En este estudio se determinó la especie de *Ips* más nociva y la especie de pinos más vulnerables en la región occidental. Además se definió un índice de umbral de daños y los tratamientos suficientemente efectivos con productos biológicos en la región central. Estos resultados se integraron e introdujeron en forma de metodología de manejo de los descortezadores en un área de plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* (Punta Felipe, Villa Clara, Cuba) después del desarrollo de un brote epidémico de este complejo nocivo y se demostró que era posible controlar esta plaga sin realizar las talas de todos los árboles afectados ni la aplicación de insecticidas organosintéticos. Por lo que este trabajo tiene un impacto ambiental positivo, contribuyendo a la conservación

saludable de los bosques de pinos y un impacto económico debido al ahorro de divisas por concepto de insecticidas dejados de aplicar y además por disminuir las pérdidas de incremento de madera.

Por su parte Pérez-Camacho (2010), estudio el impacto de los factores del sitio con relación al ataque del descortezador *Dendroctonus adjunctus* B. en un bosque de *Pinus hartwegii* L. El estudio tuvo como objetivo determinar si existe una relación entre una serie de factores del sitio y el ataque de *D. adjunctus*. Se obtuvieron cuatro modelos que relacionan los factores del sitio con variables indicadoras del daño por la plaga. Se concluye que existe relación entre algunos factores del sitio y el ataque de *D. adjunctus* en el bosque natural estudiado. Los factores que más influyen son: exposición del terreno, capacidad de intercambio catiónico, área basal por hectárea, concentraciones de N, P y K en el suelo, pendiente del terreno y pedregoso interno del suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio



Mapa 2. Ubicación geográfica de la sierra la Martha.

De acuerdo a la Síntesis Geográfica de Coahuila (1983), La sierra La Martha se localiza dentro del municipio de Arteaga, la cual se ubica entre los paralelos 25° 09' y 25° 32' de latitud norte; los meridianos 100° 57' y 100° 14' de longitud oeste; la cual tiene una 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.

Fisiografía

Provincia: Sierra Madre Oriental (100%).

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

Sistema de topoformas: 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%).

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%).

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%).

Edafología

Suelo dominante: Leptosol (53.0%), Kastañozem (17.6%), Phaozem (16.8%), Regosol (4.8%), Calcisol (4.0%), Luvisol (3.3%), Fluvisol (0.3%) y No aplicable (0.2%).

Uso del suelo y vegetación

El estudio se realizó en el predio denominado "Monterreal", se trata de una propiedad privada utilizada fundamentalmente como: Recreación, ecoturismo y habitacional. En el predio no existen aprovechamientos forestales, solo permisos de saneamiento y apertura de caminos para llegar a las áreas habitacionales y rutas ecoturísticas.

Flora

La vegetación bastante variada; *Pinus* spp. (pino), *Cedrus* spp. (cedro), *quercus* spp. (encino), *Abies* spp. (oyamel, abies), *Crataegus pubescens* (tejocote), *Casuarina equisetifolia* (pinabete), *Liquidambar styraciflua* (alamillo), *Salix* spp. (saucé), *Echinocactus* (biznaga), *Agave* spp. (maguey), *Arctostaphylos pungens* (pingüica), *Prunus serótina* (capulín), *Opuntia* spp.

(Nopal), *Cydonia oblonga* (membrillo), *Malus domestica* (manzano), *Prunus pérsica* (durazno), *Prunus armeniaca* (chabacano), *Juglans* spp. (nogal), *Origanum vulgare* (oregano), *Laurus nobilis* (laurel), *Tagetes lucida* Cav. (hierbanís), *Rosa gallica* (rosa de castilla), *Verbascum thapsus* L. (gordolobo), *Piqueria trinervia* Cav. (Hierba de San Nicolas), *Chamaemelum nobile* (manzanilla) y *Rosmarinus officinalis* (romero).

Fauna

La fauna está formada por: *Canis latrans* (coyote), *Mephitidae* (zorrillo), *Meles meles* (tejón), *Oryctolagus cuniculus* (conejo), *Lepus* sp. (liebre), *Herpailurus yagouaroundi* (leoncillo), *Felis silvestris* (gato montés), *Viperinae* (víbora), *Sciurus vulgaris* (ardilla), *Didelphis marsupialis* (tlacuache), *Odocoileus virginianus* (venado), *Vulpini* (zorro), *Talpa europea* (topo), *Ursus* sp. (oso), *Aquila chrysaetos* (águila), *Tyto alba* (lechuza), *Dendrortyx macroura* (codorniz), *accipiter nisus* (gavilán).

Hidrografía

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

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

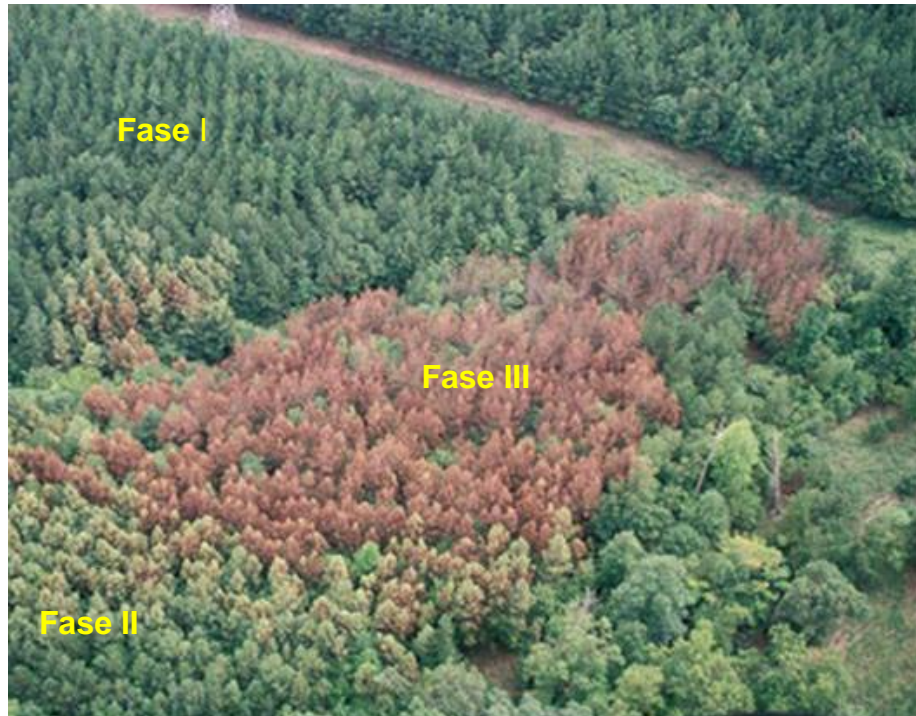
Subcuenca: San Rafael (38%), R. San Miguel (34%), R. Pílon (21.9%), R. Monterrey (5%), R. Pesquería (1%) y R. Ramos (0.1%).

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.

3.2 Procedimiento de estudio

Se seleccionaron 5 árboles de *Pseudotsuga flahaulti* que estuvieran atacados en Fase II, ya que esta es la fase más activa del ataque de los insectos descortezadores, en la cual la NOM-019-SEMARNAT, permite realizar los derribos para saneamiento. Árboles de la Fase I, no están permitidos derribar y árboles de la Fase III son árboles totalmente muertos y abandonados por el

insecto descortezador (Fotografía 2, 3, 4 y 5). Todos los árboles derribados contaban aproximadamente con el mismo diámetro de 70 a 80 cm y una altura de 16 metros, con la misma fase de infestación.



Fotografía 2. Toma aérea de un rodal infestado en las 3 etapas de la NOM-019-SEMARNAT.



Fotografía 3. Infestación en fase I



Fotografía 4. Infestación en fase II

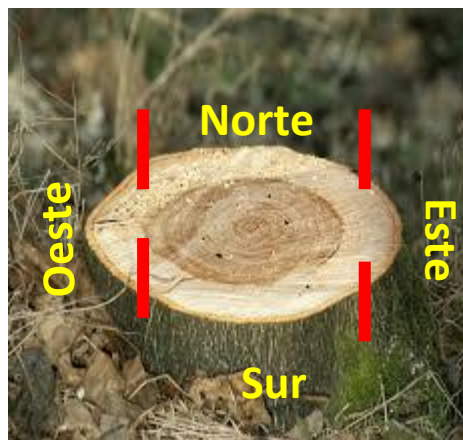


Fotografía 5. Infestación en fase III

Una vez seleccionado los árboles se marcaron con pintura las exposiciones Norte, Sur, Este y Oeste de cada fuste, y a continuación fueron derribados con el auxilio de una motosierra a 30 cm del ras de suelo (Fotografía 6, 7 y 8).



Fotografía 6. Marqueo de árboles. Fotografía 7. Derribo de los árboles.



Fotografía 8. Exposición solar del árbol.

Una vez derribados los árboles se desramaron para dejar el fuste limpio y se obtuvieron 6 trozas de 2.5 metros cada una de ellas (Fotografía 9).



Fotografía 9. Seccionado de trozas a cada 2.5 m.

Una vez obtenidas las trozas se procedió al conteo de los insectos comenzando con la sección 1 hasta la última sección pero analizando y colectando la cantidad de insectos presentes en cada exposición (Fotografía 10).



Fotografía 10. Cuantificación de insectos, larvas y pupas.

Las muestras obtenidas se colocaron en frascos con alcohol al 70%, los cuales previamente habían sido etiquetados, para ser llevadas a laboratorio de sanidad forestal, de la UAAAN para su separación, identificación y cuantificación.

Cabe destacar que este trabajo se realizó con la colaboración de alumnos de la especialidad forestal y trabajadores del mismo predio de Monterreal.

3.3 Tratamientos y Diseño experimental

En el presente estudio se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, donde se hicieron dos ensayos que fueron los siguientes:

En el primer caso se aplicaron 7 tratamientos que correspondieron a las diferentes secciones del fuste del árbol, mientras que las repeticiones fueron los 5 árboles derribados. En este ensayo se trató de conocer a que altura del fuste prefiere atacar *Dendroctonus pseudotsugae*. La distribución de estos tratamientos quedo de la forma siguiente (Cuadro 3):

Cuadro 3. Distribución de los tratamientos en el diseño experimental para el primer ensayo.

TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	R5
Secc. 1 (Tocón)	Secc. 2	Secc. 3	Secc. 1	Secc. 4	Secc. 5
Secc. 2 (0.30-2.5m)	Secc. 6	Secc. 1	Secc. 4	Secc. 5	Secc. 6
Secc. 3 (2.5-5.0m)	Secc. 1	Secc. 5	Secc. 3	Secc. 7	Secc. 2
Secc. 4 (5.0-7.5m)	Secc. 4	Secc. 2	Secc. 7	Secc. 6	Secc. 3
Secc. 5 (7.5-10.0m)	Secc. 3	Secc. 6	Secc. 2	Secc. 1	Secc. 4
Secc. 6 (10.0-12.5m)	Secc. 5	Secc. 4	Secc. 6	Secc. 3	Secc. 7
Secc. 7 (12.5-15.0m)	Secc. 7	Secc. 7	Secc. 5	Secc. 2	Secc. 1

En el segundo ensayo se trató de analizar el efecto que tiene la exposición solar del fuste en relación a la mayor infestación de insectos descortezadores, en este caso los tratamientos fueron las 4 exposiciones solares y las repeticiones correspondieron a los 5 árboles derribados. La distribución de los tratamientos quedo de la forma siguiente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Distribución de los tratamientos en el diseño experimental del segundo estudio.

TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	R5
NORTE	S	E	N	E	O
SUR	N	O	O	S	E
ESTE	O	S	E	N	N
OESTE	E	N	S	O	S

3.4 Variables observadas

a.- Total de insectos capturados por árbol.

Esta variable se cuantificaron todos los insectos presentes (larvas, pupas y adultos), presentes en todo el árbol, es decir, cuantificando los insectos de todas las exposiciones y las secciones. La idea fue estimar la cantidad de insectos capaces de matar al árbol.

b.- Numero de insectos existentes en cada sección del árbol.

Para cuantificar esta variable se desprendió la corteza de los árboles, iniciando con el árbol 1 y de la parte inferior del fuste que correspondió al tocón. Los insectos fueron extraídos de las galerías con el auxilio de agujas y pinzas de disección, los cuales eran colocados directamente en frascos con alcohol al 70%, estos frascos iban etiquetados con la porción del fuste correspondiente. Una vez terminada la primera sección se procedió con la siguiente sección hasta llegar a la última sección del fuste y este procedimiento se repitió para los 5 árboles muestreados. Los insectos colectados fueron llevados al laboratorio de sanidad forestal de la UAAAN para su procesamiento, lo cual consistió en limpiar las muestras e identificar los insectos capturados y el estado de desarrollo en los cuales fueron capturados (larvas, pupas o adultos). Todos estos datos fueron plasmados en el formato de campo (Cuadro 5), que se utilizó para registrar los datos de campo.

c.- Numero de insectos existentes por exposición solar del árbol.

Para esta variable se marcaron la exposición de cada sección del árbol y la corteza fue separada con el auxilio de una motosierra, luego se procedió a la extracción de los insectos, colocarlos en alcohol al 70% y registrarlos en el formato de campo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Formato de campo para el registro de lavas, pupas y adultos extraídos de los árboles.

Responsable de toma de datos:				
No. De árbol: _____ fecha _____				
color de follaje: _____				
coordenadas geográficas: _____				
altura derribado (fuste más tocón): _____m DAP _____cm				
No. De sección	Exposición	No. De insectos		
		adulto	Larva	pupa
Tocón	Norte			
	Sur			
	Este			
	Oeste			
sección 1	Norte			
	Sur			
	Este			
	Oeste			
Sección 2	Norte			
	Sur			
	Este			
	Oeste			
Sección 3	Norte			
	Sur			
	Este			
	Oeste			
Sección 4	Norte			
	Sur			
	Este			
	Oeste			
Sección 5	Norte			
	Sur			
	Este			
	Oeste			
Sección 6	Norte			
	Sur			
	Este			
	Oeste			

3.5 Modelo estadístico.

Para el ensayo se utilizó el siguiente modelo estadístico:

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

Dónde:

Y_{ij} = la j – ésima observación del tratamiento i.

$i = 1, 2, 3 \dots t$.

$j = 1, 2, 3 \dots n$.

μ = media general.

τ_i = parámetro único llamado efecto de tratamiento i.

ε_{ij} = error experimental que se presenta al efectuar la j – ésima observación del i- ésimo tratamiento.

t = número de tratamientos.

n = número de repeticiones.

Con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza y pruebas de rango múltiple de medias (Tukey), para identificar si existe diferencia significativa entre los tratamientos y saber cuál de ellos fue el más preferido por el insecto descortezador *D. pseudotsugae*.

La prueba de Tukey (1953), sirve para aceptar o rechazar la hipótesis nula con base a la media de los resultados de las variables observadas, $q(\alpha, T, g, l) S_x$.

Donde:

$q(\alpha, T, g, l)$: Valor de tablas de Tukey, que se encuentran en las tablas con el número de tratamientos (t) los grados de libertad del error (g. l.) y el nivel de significancia (α) apropiado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En el cuadro 6, se muestran los resultados relacionados al número de insectos descortezadores capturados tanto por sección de altura del árbol, así como la exposición del fuste, incluyendo larvas, pupas y adultos. A partir de este cuadro se hicieron los análisis de varianza y pruebas de rango múltiple de medias para detectar si existe diferencia significativa en la preferencia de ataque de *Dendroctonus pseudotsugae*.

Cuadro 6. Cuadro general de captura de insectos descortezadores, considerando los especímenes presentes por sección y exposición del árbol.

NUMERO DE INSECTOS CAPTURADOS POR SECCION DEL ARBOL								
SECCION	EXP	A1	A2	A3	A4	A5	TOTAL	MEDIA
Tocón (Ras de suelo - 0.30m).	N	29	16	0	28	30	103	20.6
	S	124	22	1	37	11	195	39
	E	48	1	0	127	16	192	38.4
	O	20	8	0	47	8	83	16.6
Subtotal		221	47	1	239	65	573	114.6
Sección 1, (0.0 – 2.5m).	N	119	28	3	0	46	196	39.2
	S	58	30	2	88	65	243	48.6
	E	20	19	6	64	6	115	23
	O	120	38	2	83	98	341	68.2
Subtotal		317	115	13	235	215	895	179
Sección 2, (2.5 – 5.0m).	N	73	15	3	0	7	98	19.6
	S	9	36	16	57	1	119	23.8
	E	22	37	2	22	0	83	16.6
	O	30	49	11	49	15	154	30.8
Subtotal		134	137	32	128	23	454	90.8
Sección 3, (5.0 – 7.5m).	N	57	36	62	0	8	163	32.6
	S	36	37	17	44	3	137	27.4
	E	35	48	5	23	2	113	22.6
	O	64	36	68	40	21	229	45.8
Subtotal		192	157	152	107	34	642	128.4
Sección 4, (7.5 – 10.0m).	N	87	17	86	0	9	199	39.8
	S	11	58	58	24	1	152	30.4
	E	55	58	40	21	2	176	35.2
	O	28	28	60	29	13	158	31.6
Subtotal		181	161	244	74	25	685	137
Sección 5, (10.0 – 12.5m).	N	46	12	28	0	6	92	18.4
	S	6	26	37	9	1	79	15.8
	E	50	16	20	18	2	106	21.2

	O	17	17	52	39	28	153	30.6
Subtotal		119	71	137	66	37	430	86
Sección 6, (12.5 – 15.0m).	N	16	11	0	0	0	27	5.4
	S	8	26	0	30	33	97	19.4
	E	9	9	0	29	1	48	9.6
	O	10	12	0	15	17	54	10.8
Subtotal		43	58	0	74	51	226	45.2

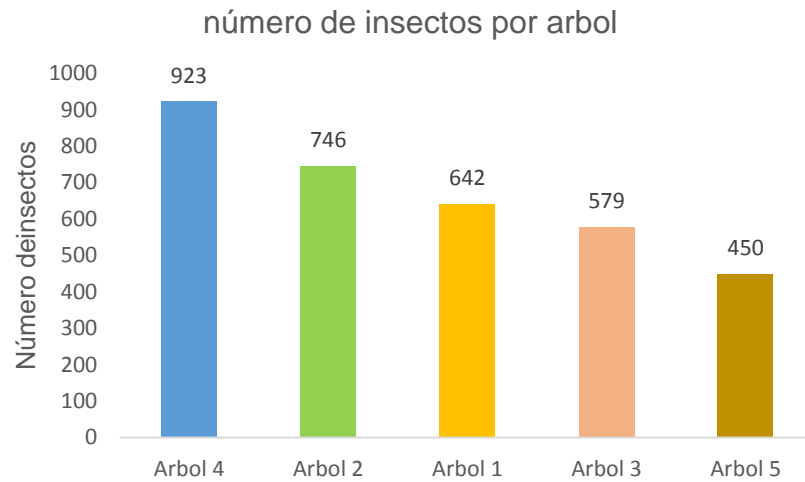
a. Número de insectos totales capturados por árbol

En la gráfica 2, se muestra el total de insectos capturados por árbol, sin considerar ningún factor de altura y exposición del fuste. Los análisis de varianza revelan que no hay diferencia significativa entre los árboles, pero si se presenta una diferencia numérica en la población de insectos capturada en cada uno de los árboles. Así tenemos que en el árbol 4 se capturo un total de 923 insectos desde el tocón hasta la última sección del fuste, mientras en el árbol 2 se cuantifico un total de 746 individuos. En los arboles 1, 3 y 5 hubo una diferencia de 100 individuos aproximadamente entre cada uno de ellos, resultando el árbol 5 en el cual hubo menos captura de insectos.

La diferencia mostrada en números de insectos capturados implica varias situaciones de carácter biológico por ejemplo, en los arboles de menor infestación los insectos ya habían iniciado el abandono del árbol muerto, mientras que en los que se mostró mayor infestación apenas iniciaban su emergencia. De hecho en el árbol que presento mayor número de insectos fue ahí donde se encontraron larvas y pupas de *Dendroctonus pseudotsugae*, lo que revela que en este árbol se inició más tarde el ataque. Esto concuerda con las estudios realizados por algunos investigadores del INIFAP, donde se muestra que en mayo y junio inicia el decremento de la población de adultos para pasar a sus fases de ovoposición y estados larvarios (Sánchez *et al.*, 2007; Sánchez y Torres, 2004).

Lo importante de esta situación es que los arboles muestreados con las infestaciones presentes en cada uno de ellos, en el momento de muestreo todos estaban muertos, aun cuando presentaron diferente población de insectos descortezadores.

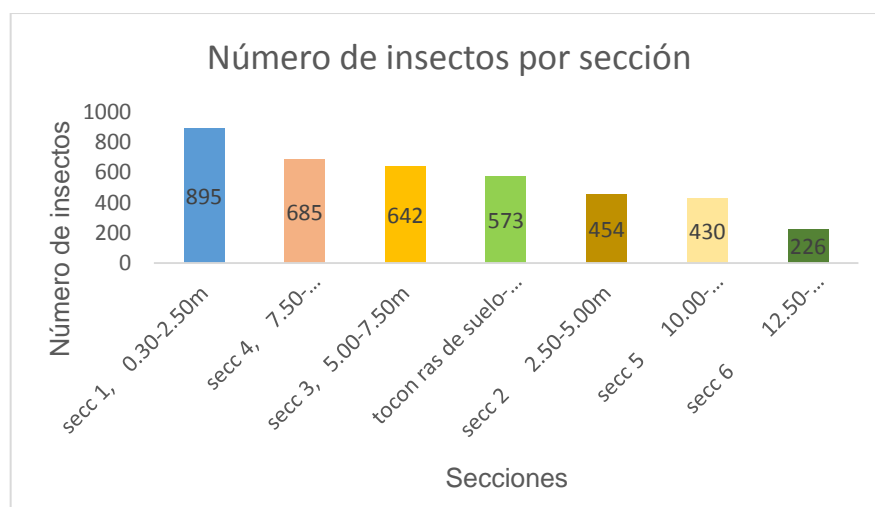
Esto implica que en un momento dado, los arboles tuvieron una gran infestación lo cual provocó la muerte de los árboles.



Grafica 2. Número de insectos totales capturados por árbol.

b. Número de insectos capturados por sección del árbol.

En la gráfica 3, se muestra el total de insectos capturados en cada sección del árbol, el cual toma en cuenta el factor de la altura, sin considerar al factor de la exposición.



Grafica 3. Numero de insectos capturados por secciones del árbol.

El análisis de varianza (Cuadro 7), revela que existe una diferencia significativa en el número de individuos de la población capturada en cada sección del fuste, resultando que en la sección 1 la cual va de 0.30 – 2.5m, tiene mayor infestación con 895 insectos, mientras que la sección 4 (7.5 – 10.0m), quedo en segundo lugar con un total de 685 insectos, en la sección 3 (5.0 – 7.5m) se obtuvieron 642 insectos, en la parte del tocón, mientras que las secciones 2, 5 y 6 fueron las que mostraron una menor infestación de *D. pseudotsugae*.

Cuadro 7. Análisis de varianza para (ANVA ($p \leq 0.05$)), para la cantidad de insectos capturados por sección del árbol.

Fuente	DF	SC	CM	F	Pr > F
Modelo	6	74919.7714	12486.6286	1.35	0.2669
Error	28	258061.2000	9216.4714		
Total correcto	34	332980.9714			

La prueba de Tukey expresada en el Cuadro 8, revela que el tocón y las secciones 1, 3 y 4 no guardan diferencia significativa en relación de los insectos capturados, los cuales van de 573 a 895 insectos, entre estos tratamientos, mientras que para la sección 2 y 5 ocupan un segundo lugar de incidencia de insectos con 430 y 454 insectos respectivamente y en último lugar quedo la sección 6 con 226 insectos.

Cuadro 8. Prueba de Tukey para el promedio de insectos capturados por sección de árbol.

Sección	Total	Promedio	Prueba de Tukey
Secc. 1, (0.3-2.50m)	895	179.0	A
Secc. 4, (7.50-10.00m)	685	137.0	A
Secc. 3, (5.00-7.50m)	642	128.4	A
Tocón (de ras de suelo a 0.30m)	573	114.6	A
Secc. 2, (2.50-5.00m)	454	90.8	AB
Secc. 5, (10.00-12.50m)	430	86.0	AB
Secc. 6, (12.50-15.00m)	226	45.2	B

Los valores agrupados por una misma letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Tukey a un nivel de probabilidad del 5%.

La preferencia de ataque de los insectos descortezadores a diferentes partes del fuste puede tener varias explicaciones, entre estas se puede señalar la cuestión alimentaria de los insectos ya que la mayor concentración de sales minerales, glucosa, agua así como la presencia de micro y macro elementos suelen ser más abundantes en la base del fuste hacia las raíces, mientras que otros nutrientes se distribuyen en todo el árbol. (Dan Binkley, 1993). Esta situación pudiera explicar el por qué los insectos de mayor tamaño que exigen mayor consumo de nutrientes son los que atacan la parte baja del árbol, tal es el caso de *D. rhizophagus*, *D. valens*, *D. adjunctus*, *D. approximatus* y *D. pseudotsugae*, se les reporta que afectan preferentemente en los primeros 3 metros de altura del árbol (SARH 1990, Robert *et al.*, 1978).

Otros autores reportan que es la concentración de alfa – pineno dentro del árbol la que atrae a los insectos descortezadores y esta concentración de alfa – pineno varía de acuerdo a la especie de pino, la cual en algunas especies es mayor en la parte baja, otros en la parte media y otros en la parte superior, (Berryman, 1989; Dajoz, 1980; Coulson *et al.*, 1990).

Una gran cantidad de especies de insectos se alojan en lugares de condiciones óptimas para su reproducción, la mayoría de los insectos descortezadores suelen tener preferencia a ciertas características del fuste, como por ejemplo; *D. rhizophagus* ataca la raíz y los primeros 30 cm del fuste; *D. adjunctus* cuando ataca árboles jóvenes dominados y suprimidos los ataca en la parte baja del fuste tal vez porque ahí sea la parte más dura del fuste, pero cuando ataca árboles adultos los ataca en la parte media del fuste. *D. pseudotsugae* ataca la parte baja al principio y luego infesta al resto del árbol. *D. valens* ataca la parte baja del fuste de árboles adultos lo mismo que *D. approximatus*. El género *Scolytus* siempre ataca el último tercio del fuste o sea la parte superior, podemos tomar en cuenta que esta preferencia de ataque se debe a los diversos nutrientes que presenta el árbol, y al microclima que suele presentarse de acuerdo a las características de exposición solar y altitud en la que se ubican los árboles.

Existen otras razones por las que los insectos pudieran escoger determinado lugar para su ataque, entre estos podemos señalar que los olores que expide el

árbol no son los mismos en todo el árbol, el peso y tamaño del insecto también pudiera influir para el alojamiento en las partes más fáciles de alojarse y la protección del insecto es otra razón por la cual buscaría lugares más inaccesibles a los depredadores.

Diversos factores ecológicos pueden provocar en los arboles un estrés que se manifiesta, en particular, por la movilización de los compuestos nitrogenados en forma soluble. Los arboles estresados y enriquecidos en nitrógeno soluble son más atacados por los insectos fitófagos que los arboles normales (White, 1984). El estrés es una reacción que afecta la función normal de un vegetal y provoca cambios potencialmente nefastos de naturaleza física o metabólica. El estrés puede ser un factor que actúa durante un tiempo relativamente breve o de forma permanente (Moller, 1995).

En la nutrición de las plantas, todos los nutrientes deben estar presentes en el medio acuoso del suelo y en proporciones tales que el desarrollo vegetativo pueda efectuarse armónicamente (Bovey, 1989).

Las afecciones de la nutrición son complejas, generalmente la carencia de uno o de varios nutrientes en el suelo, se produce por la acción antagónica de otro nutriente que impide que el primero penetre en las raíces o lo bloquea en el suelo bajo una forma inasimilable (Bovey, 1989).

Excesos relativos de nitrógeno son favorables a la absorción del magnesio, pero en cambio impiden la penetración del boro y del potasio (Bovey, 1989). Así mismo, se supone que una cantidad adicional de este nutriente retrasa la madurez de las plantas, aumenta en los arboles el porcentaje de la madera de primavera en relación con la madera de otoño y también aumenta la susceptibilidad a ciertas enfermedades y propicia el ataque de los insectos (Pritchett, 1986).

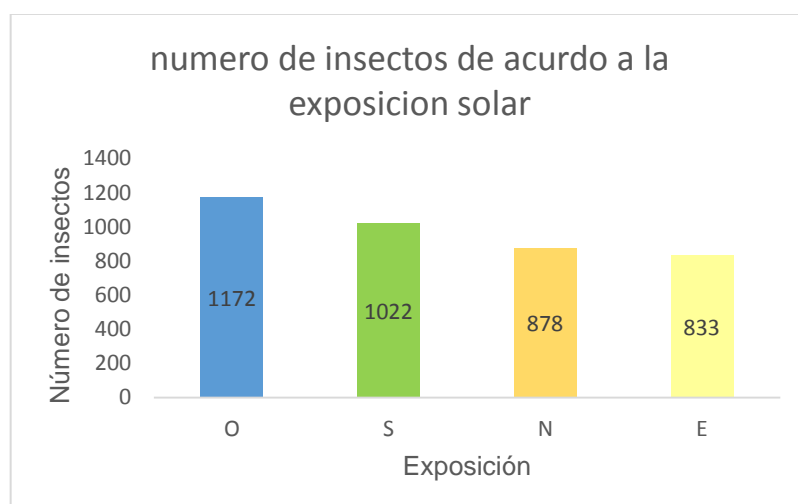
Al potasio se le suele relacionar con la resistencia de las plantas a ciertas enfermedades (Pritchett, 1986). Sin embargo, la falta de potasio conduce por otra parte a un debilitamiento de los tejidos. La cantidad de los productos vegetales disminuye notablemente y la sensibilidad de las plantas a las

enfermedades y a las plagas resulta muy acentuada. (Teuscher y Adler, 1987; Bovey, 1989).

Finalmente la savia elaborada contiene concentraciones relativamente elevadas de azúcares y bajas de aminoácidos y de otros compuestos nitrogenados. La cantidad de estos últimos cambia con el estado de desarrollo de las hojas y de los brotes terminales. Es elevada en primavera en el momento del crecimiento, baja en verano cuando las hojas han terminado su crecimiento y elevada en otoño cuando ocurre la senescencia (Dajoz, 2001). Los arboles enriquecidos en nitrógeno soluble o estresados son más atacados por los insectos fitófagos que los arboles normales (White, 1974).

c. Número de insectos capturados por exposición solar

En la gráfica 4, se muestra el total de insectos capturados por exposición solar, siendo que los análisis de varianza revelaron que no hay diferencia significativa en el conteo de insectos descortezadores por exposición, pero si se muestra una diferencia numérica en la preferencia de ataque, resultando que en la exposición Oeste es donde se presenta una mayor incidencia con un total de 1172 insectos., en la exposición Sur se cuantificaron 1022 insectos, la exposición Norte hubo 878 insectos y por último se presenta la exposición Este con 833 insectos.



Gráfica 4, Número de insectos capturados por exposición solar.

La orientación del terreno ejerce influencia sobre la radiación e insolación que recibe la superficie del terreno (García, 2002). A su vez, la radiación solar e insolación influyen en la temperatura edáfica, en la evapotranspiración y por lo tanto en el balance de agua en el suelo. Por lo tanto, las zonas que tengan una orientación hacia el sur están expuestas a recibir una mayor radiación solar, mientras que las que están de cara al norte serán más frías y con tendencias a ser más húmedas.

Cuando se expone un árbol a condiciones en las que el agua está cada vez menos disponible como en las exposiciones sur, el primer proceso que se retrasa es la transpiración y a medida que se seca el suelo se reduce la hidratación del protoplasma, se produce pérdida de turgencia y cierre estomatal, lo que limita la entrada de CO₂ y por lo tanto la tasa de fotosíntesis (Daniel *et al.*, 1982). Como consecuencia los árboles que se encuentran en estado de deficiencia fisiológica son más atractivos para los escolítidos (Dajoz, 2001).

La pendiente ejerce una influencia significativa en la repercusión de la reserva de agua en el suelo. Es evidente que, a igualdad de cubierta vegetal, cuando mayor es la pendiente mayor es la escorrentía superficial y, en consecuencia, menor es la infiltración en el suelo (García, 2002).

Es importante señalar que al estar haciendo la colecta de insectos en los árboles que fueron derribados y muestreados se encontraron a lo largo de todo el fuste insectos depredadores de larvas de *Dendroctonus pseudotsugae*, estos insectos pertenecen a las familias; Cleridae, Dolichopodidae y Tenebrionidae, los cuales ejercen un control biológico natural de este descortezador.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede inferir las siguientes conclusiones:

1. Los resultados de este estudio son válidos fundamentalmente para este predio, ya que la condición micro climática de los diferentes cañones de la Sierra de Arteaga son variables lo cual puede afectar la dinámica poblacional de *D. pseudotsugae*.
2. En cuanto al número total de insectos capturados por árbol no se mostró diferencia significativa entre los árboles debido a que el ciclo biológico del insecto en algunos aboles se completó más rápido y los descortezadores en estado de imago son color café rojizo, los adultos son color negro, abandonaron el árbol, unos con más rapidez que otros, siendo esta una situación muy normal para el caso de *D. pseudotsugae* en el periodo de marzo y abril.
3. En cuanto a la sección más preferida por *D. pseudotsugae* para atacar a su hospedero fueron los primeros 3 metros de altura, mostrando diferencia significativa con respecto a las mayores alturas del fuste. Esto se atribuye fundamentalmente a la cantidad y calidad de nutrientes que existen en esta sección del árbol.
4. Respecto al efecto de la exposición solar no se observó diferencia significativa entre las diferentes exposiciones, solo se encontró una diferencia numérica favorable a la exposición Oeste. Esta situación aunque no es significativa revela que hay una tendencia marcada para que el mayor ataque sea por la exposición oeste.
5. En consecuencia para el caso *D. pseudotsugae* se puede sugerir que de permitirse realizar tratamientos preventivos las aplicaciones deberán ser dirigidas solamente a los primeros 3 metros del fuste.

6. Es recomendable que este trabajo tenga una réplica donde los arboles sean más uniformes en cuanto al grado de infestación y que se aumente el tamaño de árboles muestreados.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar este estudio en diferentes meses del año, y en diferentes predios.
2. Establecer nuevas líneas de investigación con diferentes hipótesis.
3. Otra de las causas que puede afectar la variación de estos resultados es que en algunos predios los tratamientos fitosanitarios son realizados en tiempo y forma, mientras que en otros predios están completamente descuidados quedando a la deriva, los cuales son más susceptibles de ser atacados por altas poblaciones de descortezadores y ser fuente de contaminación a predios libres de plagas, siendo altamente recomendable que todos los predios realicen acciones de saneamiento.
4. Identificar hongos asociados con descortezadores en Coahuila y tratar de realizar pruebas *In Vitro* para buscar fungicidas biológicos que maten a estos hongos.

VII. LITERATURA CITADA

- Amman, G. D. 1977, The role of the mountain pine beetle in lodgepole pine ecosystems: impact on succession. In Mattson, W. J., *The Role of Arthropods in Forest Ecosystem*. Nueva York.
- Berryman Alan A. 1989. Forest insect principles and practice of population management, New York, ed. Plenum press.
- Binkley Dan, 1993. Nutrición forestal prácticas de manejo, carolina del norte. Ed, limusa.
- Bovey R. 1989. La defensa delas plantas cultivadas. 2da. Ed. Omega, Barcelona. Pp. 18 – 27.
- Bright D. and Skidmore R, (1995-1999), a catalog of Scolytidae and Platypodidae (coleóptera) Supplement 2. (Ed.) National Research Council.
- Byer J. A, 1989. Chemical ecology of bark beetles. *Experientia* 45: 271-283.
- Chamberlin W. J., 1958. The Scolytoidea of the north best. Oregon State College Corvallis pp. 1-208.
- Cibrián Tovar D. 1981. Investigation on the biology and spatial disposition of bark beetle *Dendroctonus adjunctus* Blandf. (Coleoptera: Scolytidae)].
- Cibrián Tovar David, Méndez Montiel J. Tulio, Campos Bolaños Rodolfo, Yates III Harry O. y Flores Lara Jaime, 1995, insectos forestales de México, México. Imprenta madero.
- CONAFOR (2007). Manual de sanidad forestal, Departamento de Combate y Control de la Coordinación General de Conservación y Restauración de la Comisión Nacional Forestal. (Ed.) Unidad de Comunicación Social. Zapopan, Jalisco
- Coulson Robert N. & Witter John A., 1990, entomología forestal ecología y control, México ed. LIMUSA.
- Dajoz Roger, 1974. Tratado de ecología, Madrid, ed. Mundi-prensa
- Daniel T. W., J. A. Helms y F. S. Backer. 1982. Principios de Silvicultura. 2da edición en inglés. Ed. McGraw-Hill. México, D.F. 311 – 312.
- Finney H. R., N. Holloway y M. R. Heddleson. 1962. The influence microclimate on the morphology of certain soils of the Allegheny plateau Ohio. *Soil Sci. Soc. Am. Proc*26. Pp. 287 – 292.
- Furniss M.M., R. L. Livingston and M. D. McGregor, 1981. Development of a stand susceptibility classification for Douglas – fir beetle. In: Hedden, R.

- L., S. J. Barras and J. E. Coster, Hazard-Rating System in Forest Insect Pest Management: Symposium Proceedings. USDA Forest Service Washington Office, Gen. Tech. Report WO-27. Pp. 115-128.
- Furniss R. L. and V. M. Carolin, 1977. *Wester Forest Insects*. Washington, D.C. USDA Forest Service. Miscellaneous Publication No. 1339. Pp 654.
- García S. J., 2002. *Manual de repoblaciones forestales*. Tomo I. Ed. MUNDI-PRENSA, Madrid, España. 2da. Edición pp. 60 – 61.
- Gillette N. E., C. J. Mehmel, J. N. Webster, R. R. Mori, N. Erbilgin, D. L. Wood, D. J. Stein, 2009. Aerially applied methylcyclohexenone-releasing flakes protect *Pseudotsuga menziesii* stands from attack by *Dendroctonus pseudotsugae*. *Forest Ecology and Management* 257: 1231-1236.
- Guillermo Sánchez Martínez, Constance J. Mehmel, Nancy E. Gillette, Ernesto Gonzalez Gaona, Juan Antonio Lopez Hernandez, Jose Carlos Monarrez Gonzalez, Jose Leonardo Garcia Rodriguez, Sylvia R. Mori, Hector E. Alanis Morales, Jorge Manuel Mejia Bojorquez, Miguel Cano Rodriguez, Marco Antonio Cortes Chamorro, Luis Mario Torres Espinoza, 2012. *Fundamentos para el control integral del descortezador Dendroctonus pseudotsugae barragani Furniss en México*, 46
- Gutiérrez Palacio Alfonso, 1989, *Conservacionismo y desarrollo del recurso forestal texto guía forestal*, México, ed, trillas.
- Harold W. y Hocker Jr. 1984. *Introducción a la biología forestal*. D.F. ed. AGT EDITOR S.A.
- Hawley Ralph C y Smith David M. 1972, *silvicultura práctica*, Barcelona. Ed. Omega.
- Hopkins, 1909. *Contribution toward a monograph of the Scolytid beetles*. USDA., B.E Tech. Ser. 17 pt. 1, pp. 121-126.g
- Nava M. J. L., 2014. *Informe Técnico P.P. La Angostura y Agua Blanca Municipio de Arteaga, Coahuila*.
- Islas Salas Federico, 1974, *observaciones sobre la biología y el combate de los escarabajos descortezadores de los pinos: Dendroctonus adjunctus Blf. Y Dendroctonus mexicanus Hpk. En algunas regiones del estado de mexico, boletín técnico* 40.
- Islas Salas Federico, 1975. *Especies dañinas de escarabajos descortezadores de los pinos y su combate*. *Bosques y Fauna*. Vol. 12 (6). Pp. 19-25.
- Lee R. y C. R. Sypolt, 1974. *Toward a biophysical evaluation of forest site potential*. *For. Sci* 20 (2). Pp. 145 – 154.
- Meyer Bernard S., Anderson Donald B. y Böhning Richard H. 1976, *introducción a la fisiología vegetal, argentina, ed. Universitaria de buenos aires*.

- Moller A. P., 1995. Leaf – mining insects and fluctuating asymmetry in elm *Ulmus glabra* leaves. *J. anim. Ecol.*, 64; pp 697 – 707.
- Moreno Ricoa O., Sánchez Martínez G., Marmolejo Monsiváis J. G., Pérez Hernández K. y Moreno Manzano C. E. 2015. Diversidad de hongos Ophiostomatoides en pinos de la Sierra Fría de Aguascalientes, México, asociados con *Dendroctonus mexicanus*.
- Musálem Santiago, M. A. 2006. Fichas de 27 especies de coníferas incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Base de datos SNIB-CONABIO proyecto No. DK003. México D. F.
- Odum Eugene P. 1972, ecología, México, ed. Interamericana S. A. de C. V.
- Permacultura.MX, (2013). Enciclopedia de plantas. Permacultura.org.mx
- Perusquia O. J., 1978. Descortezador de los pinos *Dendroctonus* spp. Taxonomía y distribución. *Bol. Tec.* 55. SARH, DGICF, México. Pp. 31.
- Peterman R. M. 1978. The ecological role of mountain pine beetle in lodgepole pine forests *Practice of mountain Pine Beetle Management in Lodgepole Pine forests*. Symposium Proceeding's. University of Idaho, Moscow.
- Pritchett W. L., 1986. Suelos Forestales. Ed. LIMUSA, México, D.F. pp.634.
- Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Arteaga, Coahuila de Zaragoza Clave geoestadística, 2009.
- Raffa K. F y A. A. Berryman.1983. physiological aspects of lodgepole pine wound responses of the southern pine beetle to a fungal symbiont of the mountain pine beetle – *Dendroctonus ponderosae* (Coleoptera: Scolytidae). *Canad. Ent.*, 115: 723 – 734.
- Rivera Rojas M., B. Locatelli y R. Billings, (2010), Cambio climático y eventos epidémicos del gorgojo descortezador del pino *Dendroctonus frontalis* en Honduras
- Rodríguez L. R., 1990. Plagas forestales y su control en México. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Rodríguez Lara Raúl, 1990. Plagas forestales y su control en México.
- Ruiz E. A., 2009. Historia demográfica y filogeografía de *Dendroctonus pseudotsugae* Hopkins (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). México, D.F.
- Ruiz E. A., J. Victor, J. L. Hayes and G. Zuñiga. 2009. Molecular and morphological analysis of *Dendroctonus pseudotsugae* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae): An assessment of the taxonomic status of subspecies. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 102 (6): 282-207.
- Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. LIMUSA. México.

- Salinas Moreno Y., Vargas Mendoza F., Zúñiga G., Víctor J., Ager A. y Hayes J. L. 2010. Atlas de distribución geográfica de los descortezadores del género *Dendroctonus* (Curculionidae: Scolytinae) en México. Instituto Politécnico Nacional
- Sánchez Salas J. A y Torres Espinosa L. M 2006. Manual para la identificación de los principales problemas fitosanitarios de los bosques del estado de Coahuila, Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria. Pub. Esp. Num.7.
- Sánchez Martínez G., Narváez Flores R. y Olivo Martínez J. A., 2008. Ciclo biológico y patrón de dispersión estacional del descortezador de las alturas (*Dendroctonus adjunctus* Blandford) en la sierra la raspadura, Chihuahua.
- Sánchez Martínez G., Torres Espinosa L. M., Vázquez Collazo I., González Gaona E. y Narváez Flores R., 2007. Monitoreo y manejo de insectos descortezadores de coníferas. Libro técnico núm. 4.
- 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, Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria, Folleto técnico núm. 29
- Sánchez Salas J. A. y Torres Espinoza L. M., 2004. Manejo del descortezador *Dendroctonus pseudotsugae* Hopkins en los bosques de Coahuila. CIRNE. Campo Experimental Saltillo Folleto Técnico Núm. 15. Coahuila, México. 23p.
- Sánchez Salas J. A., Torres Espinosa L. M. Cano Pineda A. y Martínez Burciaga O. U. 2003. Daños y diversidad de insectos descortezadores de coníferas del Noreste de México. México Revista ciencia forestal en México, vol. 28, núm. 93.
- Schowalter T. D. 1981. Insect herbivore relationship to the state of the host plant: biotic regulation of nutrient through ecological succession, *Oikos* 37:126-130.
- Schowalter T. D., Coulson R. N. y Crossley Jr D. A. 1981. The role of southern pine beetle and fire in maintenance of structure and function of southeastern coniferous forest. *Environ, entomol.*
- Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), 1990. Principales insectos descortezadores de México identificación n campo y su control, 1990. D.F.
- SEMARNAT. Norma Oficial Mexicana NOM-019-SEMARNAT-2006, Que establece los lineamientos técnicos de los métodos para el combate y control de insectos descortezadores
- SEMARNAT. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-

Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, 2010.

- SPP (1983) Síntesis Geográfica de Coahuila. Dirección general de geografía e informática. Secretaria de Programación y Presupuesto. México. 163p.
- Spurr Stephen H. y Barnes Burton V. 1980, Ecología Forestal, México, ed. AGT EDITOR, S.A.
- Teuscher H y R. Adler, 1987. El Suelo y su fertilidad. Ed. C.E.C.S.A. México. PP. 510.
- Torres Espinoza Luis Mario y Sánchez Salas José Alfredo, 2005. Manejo integrado del escarabajo descortezador *Dendroctonus adjunctus* Blandford en los bosques de *Pinus rudis* en el estado de Coahuila. Folleto técnico 17.
- Torres Espinoza Luis Mario, Sánchez Salas José Alfredo, Cano Pineda Antonio y Martínez Burciaga Oscar Ulises, 2004. Uso de feromonas en el manejo integrado del descortezador de pinos *Dendroctonus adjunctus* Blandford. Folleto técnico 13.
- White T. C. R., 1974. A hypothesis to explain outbreaks of looped caterpillars, whit special reference to populations of *Selidosoma suavis* in a plantation of *Pinus radiata* in New Zealand. *Ecologia*, 16: pp. 279 – 301.
- Worrell R., 1983. Damage by the spruce bark beetle in South Norway 1970-80: A survey, and factors affecting its occurrence, *Norsk Inst. Skogforsk*, 38 (6): 134.