

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



FLUCTUACIÓN POBLACIONAL Y ALTITUDINAL DE CUATRO ESPECIES DE  
*Dendroctonus spp.*, Y SU RELACION CON LAS CARACTERÍSTICAS DEL RODAL  
EN NUEVO LEÓN Y COAHUILA, MÉXICO

Tesis

Que presenta CECILIA GUADALUPE RUIZ GONZÁLEZ

como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2017

FLUCTUACIÓN POBLACIONAL Y ALTITUDINAL DE CUATRO ESPECIES DE  
*Dendroctonus spp.*, Y SU RELACION CON LAS CARACTERÍSTICAS DEL RODAL  
EN NUEVO LEÓN Y COAHUILA, MÉXICO

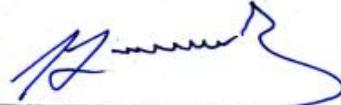
Tesis

Elaborada por CECILIA GUADALUPE RUIZ GONZÁLEZ como requisito parcial  
para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS  
DE PRODUCCIÓN con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Jorge Méndez González

Asesor principal



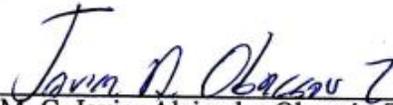
Dr. Alejandro Zermeño González

Asesor



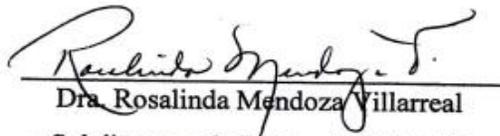
Dr. Mario Alberto García Aranda

Asesor



M. C. Javier Alejandro Obregón Zúñiga

Asesor



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal

Subdirectora de Postgrado UAAAN

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2017

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por permitirme seguir adelante, darme salud y fuerzas para terminar un proyecto más en mi vida y por cuidarme y darme la vida que tengo.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** por la beca otorgada durante los dos años de estudio de maestría.

A **mis padres**, María del Carmen González García y Guadalupe Ruiz Santis por apoyarme cuando más lo necesito, darme su amor incondicional y aconsejarme cuando más lo necesito los Amo mucho y gracias por todo lo que me han dado y por ser quien soy.

A **mis hermanos**, Carlos Miguel Ruiz González y Samuel Roveló Ruiz González que siempre estuvieron con migo en las buenas y en las malas y compartieron con migo los mejores momentos que he vivido, los quiero mucho, son los mejores hermanos que pueda tener.

A **mi novio**, Juan Carlos Montoya Jiménez, gracias por estar con migo en las buenas y en las malas, apoyarme en los momentos de alegría y tristeza y juntos hemos logrado una meta más que nos propusimos, espero seguir cumpliendo más sueños junto a ti Te Amo.

A **mis tías y tíos**, por apoyarme con sus consejos y apoyo para seguir adelante los quiero.

A **mis abuelos**, gracias por ayudarme y quererme mucho sé que alguno de ellos ya no están con migo pero sé que me cuidan donde quiera que estén y los que aún siguen con migo gracias por aconsejarme darme su amor incondicional los quiero.

A la familia **Méndez Bazaldúa**, gracias por permitirme convivir con ustedes y ser su amiga, gracias por los buenos consejos que me brindaron, ustedes forman parte de mi vida y son muy especiales (Dr. Jorge, doña Paulina, Thelma Catherine y Sofía Jamileth).

A **mis amigos**, Librado Sosa Díaz, Gladis Selene Ramírez Ruiz y Edith, por pasar buenos momentos juntos se les quiere, y a los amigos que sin querer omití gracias por estar con migo y compartir buenos momentos.

Al **Dr. Jorge** Méndez González por aportarme conocimientos que me ayudarán en un futuro y por la asesoría de la tesis para terminarla en tiempo y forma.

Al **mis asesores**, Dr. Alejandro Zermeño González, Dr. Mario García Aranda y M. C. Javier Alejandro Obregón Zúñiga por toda la ayuda brindada para concluir la tesis.

A **Erika Gabriela Solís** Berlanga por su amabilidad y disponibilidad en el transcurso de la maestría y su ayuda en los procesos de titulación.

## **DEDICATORIA**

### **A Dios**

Por permitirme cumplir una meta más y darme salud y bienestar para lograr lo que me propongo.

### **A mis padres**

Este logro se los dedico a ustedes con todo el amor y cariño, gracias a ustedes he logrado una meta más en mi vida ya que nunca dejaron de apoyarme los Amo papitos.

### **A mis hermanos**

Este logro se los dedico a ustedes, espero que los motive a seguir adelante y superarse los quiero mucho.

### **A mi Novio Juan Carlos Montoya Jiménez**

Este grado más lo quiero compartir contigo y dedicártelo amor ya que tú fuiste y seguirás siendo una de las personas que más me apoyo y que más me quiere, a tu lado quiero seguir compartiendo grandes momentos de alegría y tristeza Te Amo.

### **A mi Familia**

A toda mi familia que siempre han creído en mí y me han apoyado incondicionalmente los quiero abuelos, tías, tíos y primos.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	2
General .....	2
Específicos.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Importancia del Cambio Climático .....	3
Factores Climáticos y su Relación con las Plagas Forestales .....	3
Impacto de las Plagas en los Bosques .....	4
Distribución de los Descortezadores en México .....	4
Especies Hospederas del Género <i>Dendroctonus spp.</i> .....	5
Descripción de <i>Dendroctonus spp.</i> .....	5
Métodos de Control de las Plagas de Descortezadores .....	7
Importancia del Uso de Feromonas y Trampas en el Manejo de <i>Dendroctonus spp.</i> .....	8
Modelos de Distribución Potencial de Especies.....	9
MATERIALES Y MÉTODOS .....	10
Ubicación del Área de Estudio.....	10
Establecimiento del Experimento, Captura e Identificación .....	10
Medición de Variables Ambientales y Dasométricas del Bosque.....	11
Análisis Estadístico de Datos .....	11
Relación de Variables del Rodal con <i>Dendroctonus spp.</i> .....	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	13
Fluctuación Poblacional de <i>Dendroctonus frontalis</i> y <i>Dendroctonus mexicanus</i> entre Transectos en Nuevo León .....	13
Fluctuación Poblacional de <i>Dendroctonus adjunctus</i> y <i>Dendroctonus brevicomis</i> entre Años y Transectos en Coahuila .....	14
Fluctuación Poblacional Temporal de <i>Dendroctonus frontalis</i> y <i>Dendroctonus mexicanus</i> en Nuevo León .....	17

Fluctuación Poblacional Estacional de <i>Dendroctonus adjunctus</i> y <i>Dendroctonus brevicomis</i> en Coahuila .....	22
Fluctuación Poblacional Altitudinal de <i>Dendroctonus frontalis</i> y <i>Dendroctonus mexicanus</i> en Nuevo León .....	24
Fluctuación Poblacional Altitudinal de <i>Dendroctonus adjunctus</i> y <i>Dendroctonus brevicomis</i> en Coahuila .....	27
Relación de <i>Dendroctonus frontalis</i> y <i>Dendroctonus mexicanus</i> con Variables del Rodal en Nuevo León .....	28
Relación de <i>Dendroctonus adjunctus</i> y <i>Dendroctonus brevicomis</i> con la Temperatura y Variables del Rodal en Coahuila .....	31
CONCLUSIONES .....	33
REFERENCIAS .....	34

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Prueba de Kruskal-Wallis para denotar diferencias de abundancia de <i>Dendroctonus frontalis</i> y <i>Dendroctonus mexicanus</i> en dos transectos altitudinales. ....	13
<b>Cuadro 2.</b> Características dasométricas promedio del bosque en dos transectos altitudinales en Peñitas Nuevo León, México. ....	14
<b>Cuadro 3.</b> Prueba de Kruskal-Wallis para denotar diferencias de abundancia de <i>Dendroctonus adjunctus</i> y <i>Dendroctonus brevicomis</i> entre años y transectos altitudinales en Santa Rita, Arteaga Coahuila, México. ....	16
<b>Cuadro 4.</b> Características dasométricas promedio del bosque en dos transectos altitudinales en Santa Rita, Arteaga Coahuila, México. ....	17
<b>Cuadro 5.</b> Prueba de rangos de Kruskal-Wallis para denotar fluctuaciones temporales de <i>Dendroctonus frontalis</i> y <i>Dendroctonus mexicanus</i> en dos transectos altitudinales en Peñitas Nuevo León, México. ....	19
<b>Cuadro 6.</b> Prueba de rangos de Kruskal-Wallis para denotar diferencias altitudinales de <i>Dendroctonus frontalis</i> y <i>Dendroctonus mexicanus</i> en Peñitas Nuevo León, México. ....	26
<b>Cuadro 7.</b> Correlación entre variables del sitio con <i>Dendroctonus frontalis</i> y <i>Dendroctonus mexicanus</i> en dos transectos en el estado de Nuevo León México. ....	29
<b>Cuadro 8.</b> Correlación entre variables del sitio y temperatura con <i>Dendroctonus adjunctus</i> y <i>Dendroctonus brevicomis</i> en dos transectos altitudinales en Santa Rita, Arteaga Coahuila, México. ....	32

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fotografía de <i>Dendroctonus mexicanus</i> (A), <i>Dendroctonus frontalis</i> (B), <i>Dendroctonus adjunctus</i> (C) y <i>Dendroctonus brevicomis</i> (D) en Nuevo León y Coahuila México.....	7
<b>Figura 2.</b> Fluctuación poblacional de <i>Dendroctonus frontalis</i> (izquierda) y <i>Dendroctonus mexicanus</i> (derecha) y su relación con temperatura promedio en el transecto A.....	20
<b>Figura 3.</b> Fluctuación poblacional de <i>Dendroctonus frontalis</i> (izquierda) y <i>Dendroctonus mexicanus</i> (derecha) y su relación con temperatura promedio en el transecto B.....	21
<b>Figura 4.</b> Prueba de rangos de Kruskal-Wallis para denotar fluctuaciones temporales de <i>Dendroctonus adjunctus</i> y <i>Dendroctonus brevicomis</i> en Santa Rita, Arteaga Coahuila, México.....	23
<b>Figura 5.</b> Fluctuación poblacional de <i>Dendroctonus adjunctus</i> y <i>Dendroctonus brevicomis</i> y su relación con temperatura promedio en Santa Rita, Arteaga Coahuila, México.....	24
<b>Figura 6.</b> Prueba de rangos de Kruskal-Wallis para denotar diferencias altitudinales de <i>Dendroctonus adjunctus</i> y <i>Dendroctonus brevicomis</i> en Santa Rita, Arteaga Coahuila, México.....	28
<b>Figura 7.</b> Registros de descortezadores en el área de estudio (A) y probabilidad (de 0 a 1) de ocurrencia de <i>Dendroctonus spp.</i> , en el área de estudio en el estado de Nuevo León.....	30

## RESUMEN

FLUCTUACIÓN POBLACIONAL Y ALTITUDINAL DE CUATRO ESPECIES DE  
*Dendroctonus spp.*, Y SU RELACION CON LAS CARACTERÍSTICAS DEL RODAL  
EN NUEVO LEÓN Y COAHUILA, MÉXICO

POR

CECILIA GUADALUPE RUIZ GONZÁLEZ  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DR. JORGE MÉNDEZ GONZÁLEZ-ASESOR

SALTILLO, COAHUILA

DICIEMBRE 2017

El incremento de la temperatura global debido al cambio climático ha modificado la distribución espacial y temporal de las plagas forestales en todo el mundo. El objetivo del presente estudio fue evaluar la fluctuación poblacional, altitudinal y temporal de insectos descortezadores (*Dendroctonus frontalis*, *D. mexicanus*, *D. adjunctus* y *D. brevicomis*) en Nuevo León y Coahuila, México; se hipotetiza que ésta es dependiente de temperatura y de las características del rodal. El muestreo fue estratificado con selección sistemática con dos repeticiones por estrato. En dos transectos altitudinales (1900 hasta 2600 mnsnm Nuevo León y 2600 hasta 3300 mnsnm en Coahuila) se colocaron trampas Lindgren® de ocho embudos, cebadas con frontalina, endobrevicomina y alfa-pineno, cada 100 m de altitud. Los insectos se recolectaron quincenalmente. La temperatura y los datos del arbolado se obtuvieron en cada altitud. La abundancia de descortezadores en Nuevo León y Coahuila fue diferente entre transectos, altitud y fechas de colecta, y ocurre a los 2300 msnm (Nuevo León) y 3000 a 3300 msnm (Coahuila), durante altas temperaturas. Esto se debió a variaciones en el microclima, estructura del bosque y proporción de especies hospederas. El diámetro normal, altura de los árboles, área basal y número de árboles se correlacionó positivamente con el número de insectos descortezadores. Por su dependencia con temperatura y características del rodal, las áreas de riesgo de ataque de *D. frontalis* pueden predecirse. Con tratamientos silvícolas puede minimizarse el riesgo de invasión de esta plaga.

**Palabras clave.** *Dendroctonus frontalis*, *Dendroctonus mexicanus*, *Dendroctonus adjunctus*, *Dendroctonus brevicomis*, clima, altitud, México.

**ABSTRACT**

POPULATION AND ALTITUDINAL FLUCTUATION OF FOUR SPECIES OF  
*Dendroctonus spp.*, AND ITS RELATIONSHIP TO STAND CHARACTERISTICS IN  
NUEVO LEON AND COAHUILA, MEXICO

BY

CECILIA GUADALUPE RUIZ GONZÁLEZ  
MASTER OF SCIENCE PRODUCTION SYSTEMS ENGINEERING

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DR. JORGE MÉNDEZ GONZÁLEZ-ADVISOR-

SALTILLO, COAHUILA

DECEMBER 2017

The increase in global temperature due to climate change has modified the spatial and temporal distribution of forest pests around the world. The objective of the present study was to evaluate the population, altitudinal and temporal fluctuation of bark beetles (*Dendroctonus frontalis*, *D. mexicanus*, *D. adjunctus* and *D. brevicomis*) in Nuevo Leon and Coahuila, Mexico; we hypothesized that this is dependent on temperature and stand characteristics. The sampling was stratified with systematic selection with two repetitions per stratum. In two altitudinal transects (1900 to 2600 asl in Nuevo Leon and 2600 to 3300 asl in Coahuila), Lindgren® traps of eight funnels, baited with frontalin, endo-brevicomin and alpha-pinene, were placed every 100 m of altitude. The insects were collected biweekly, the temperature and stand data were obtained for each altitude. The abundance of bark beetles in Nuevo Leon and Coahuila was different between transects, altitude and dates of collection, and it occurs at 2300 asl (Nuevo Leon) and 3000 at 3300 asl (Coahuila), during high temperatures. This was due to variations in the microclimate, forest structure and proportion of host species. The diameter at breast height, height, basal area and number of trees correlated positively with the number of bark beetles. Due to its temperature dependence and stand characteristics, the areas of attack risk of *D. frontalis* can be predicted. With silvicultural management the risk of invasion of this pest can be minimized.

**Key words.** *Dendroctonus frontalis*, *Dendroctonus mexicanus*, *Dendroctonus adjunctus*, *Dendroctonus brevicomis*, climate, altitude, Mexico.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques del mundo son muy importantes ya que albergan diversidad de especies, protegen el suelo y contribuyen a la estabilidad del clima, también suministran diversos productos como madera, combustible y productos no maderables (Bergh y Promis, 2011). El cambio climático es irreversible, el aumento de la temperatura global es del orden de 0.85 °C durante el periodo de 1880 al 2012, además de la modificación substancial del régimen de precipitación (IPCC, 2013). El impacto del cambio climático se ha observado en la redistribución de especies de plantas y animales; este se ha acentuado en Europa (Parmesan, 2006). Específicamente, temperatura y precipitación están relacionadas a fluctuaciones poblacionales de las plagas forestales y determinan la intensidad de dispersión de plagas (Kocmánková *et al.*, 2010). Este es el caso de las especies de descortezadores del género *Dendroctonus*, que pertenecen a una de las familias más diversas como lo son la familia Curculionidae y subfamilia Scolytinae. La tendencia común es ampliar el intervalo altitudinal del hábitat; sin embargo, este cambio es errático a las predicciones del calentamiento global y se han relacionado a cambios climáticos locales y regionales (Parmesan, 2006). Los descortezadores están presentes en todos los bosques del mundo, se ha considerado la plaga más destructiva de los bosques de pino en América Central (Billings *et al.*, 2004), Europa (Hódar *et al.*, 2012) y México (Cibrián *et al.*, 1995; Pérez-De la Cruz *et al.*, 2016). Específicamente en México, *Dendroctonus mexicanus* Hopkins y *Dendroctonus frontalis* Zimmermann se consideran las plagas más importantes (Sánchez y Torres, 2007; Cuéllar *et al.*, 2013; Armendáriz *et al.*, 2014), incluso éstas coexisten sobre un mismo hospedero (Zúñiga *et al.*, 1995). *Dendroctonus adjunctus* es considerada como plaga primaria y *Dendroctonus brevicomis* como secundaria (Rodríguez *et al.*, 2013). *D. mexicanus* y *D. adjunctus* poseen mayor distribución geográfica y altitudinal, con mayor número de huéspedes, mientras que *D. frontalis* se distribuye junto con otras especies como *D. brevicomis*, *D. jeffreyi*, *D. ponderosae*, *D. pseudotsugae* y *D. vitei* que tienen distribuciones restringidas (1500 a 3300 msnm) (Salinas-Moreno *et al.*, 2010). En México, las infestaciones en los bosques de pino por insectos descortezadores tomaron importancia en la década de 1950; pero los daños más notables se observaron en 1960 (Islas, 1980). CONAFOR

(2015) reportó que entre 2004 y 2014 la superficie afectada fue de 30,365 ha, atribuidas a 12 especies de insectos descortezadores, de aquí se derivó que los bosques del estado de Nuevo León fueran clasificados de alto riesgo de brotes de descortezadores, Sánchez *et al.* (2003) reportaron en el estado de Coahuila brotes activos de *Dendroctonus spp.*, afectando un volumen total de 36,749 m<sup>3</sup> de madera en rollo, es por eso que estas áreas fueron clasificadas con alto riesgo al ataque de *Dendroctonus spp.*, (Sánchez y Torres, 2007; Cuéllar *et al.*, 2012). A pesar de los esfuerzos realizados, en México existen pocas áreas sujetas a diagnosticar los impactos de plagas forestales sobre los bosques y no existen estudios sobre el rango de expansión altitudinal de estos insectos.

## OBJETIVOS

### General

- Evaluar la dinámica poblacional, con respecto a la altitud y temporalidad de *D. frontalis* y *D. mexicanus*, *D. adjunctus* y *D. brevicomis* y su relación con la temperatura y las características del bosque.

### Específicos

- Evaluar la distribución altitudinal de *Dendroctonus spp.*, en el estado de Nuevo León y Coahuila.
- Conocer la distribución temporal de las cuatro especies de descortezadores en el estado de Nuevo León y Coahuila.
- Determinar la relación que existe entre las variables dasométricas del bosque y la fluctuación poblacional del escarabajo descortezador en Nuevo León y Coahuila.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Importancia del Cambio Climático**

En México y en cualquier parte del mundo el cambio climático ha tomado gran importancia desde el último siglo (XX) debido a la disminución de la superficie terrestre cubierta por nieve, el aumento del nivel mar, el cambio en los patrones de precipitación, en los eventos climáticos extremos, el aumento de la temperatura, etc., la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmosfera está estrechamente relacionada con actividades humanas, se estima que para el 2050 habrá un aumento de 550 a 700 partes por millón (González *et al.*, 2003). Actualmente existen modelos de circulación general en la atmósfera que permiten conocer escenarios de cambio climático a futuro, los modelos predicen que a mayor concentración de gases de efecto invernadero, mayor será la anomalía climática (Martínez y Fernández, 2004).

### **Factores Climáticos y su Relación con las Plagas Forestales**

Los bosques en cualquier parte del mundo brindan bienes y servicios tales como: refugio a la biodiversidad, productos forestales, protección al suelo, provisión de alimentos, etc., además los bosques influyen en el clima (Bonan, 2008). Se ha documentado que el cambio en la temperatura y la precipitación influye en el desequilibrio en los bosques provocando estrés y sequía a las especies forestales y desarrollando brotes de plagas, los patógenos en los bosques se benefician con el cambio climático debido a la relación directa que existe entre la supervivencia, reproducción y distribución de patógenos (Ayres y Lombardero, 2000). Otro problema que existe en los bosques es la mortalidad de los árboles asociados por el clima tales como incendios forestales o insectos que provocan la muerte a diferentes tipos de vegetación, la deforestación que existe causada por los humanos ha contribuido directamente al cambio climático (Allen *et al.*, 2010). Hódar *et al.* (2012) reportaron que las plagas forestales (insectos defoliadores) se ven afectados por el aumento de temperatura, esto se debe al beneficio que obtienen con el aumento de la temperatura en el ciclo reproductivo y a su vez la relación del estado de salud en el que se encuentra el árbol hospedero, si el árbol se encuentra en mal estado de salud es más sensible a daños por plagas y enfermedades.

### **Impacto de las Plagas en los Bosques**

Los insectos y patógenos forestales son altamente destructivos en los árboles, en América del Norte un brote de plaga afecta casi 50 veces más que un incendio forestal, estos insectos pueden tener efectos significativos en el ciclo de nutrientes, la biodiversidad y el secuestro de carbono en los bosques, la dinámica de las poblaciones de plagas es muy importante debido que los insectos presentan tiempos de generaciones cortos y de alta fecundidad y a su vez son muy capaces de invadir nuevos hábitat (Logan *et al.*, 2003). Las plagas afectan la estructura y las funciones del bosque alterando el hábitat y generando daños ecológicos y económicos, los brotes de insectos afectan principalmente al follaje, la muerte y la vitalidad de los árboles especialmente en arbolados dañados y con altas densidades de árboles (Dukes *et al.*, 2009). El género *Dendroctonus* ataca 24 de las 47 especies de *Pinus* distribuidas en México (Salinas *et al.*, 2004), recientemente en México se han reportado superficies de 30,365 ha dañadas por insectos descortezadores (CONAFOR, 2015) atribuidas al género *Dendroctonus spp.* En el estado de Nuevo León se reportó de 1997 al 2002 brotes de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins con daños de aproximadamente de 2727 ha, este impacto es de gran importancia ya que implica hacer cortas de saneamiento y aprovechamiento de la madera en mal estado en los bosques afectando drásticamente el costo maderable y los bienes y servicios (Sánchez y Torres, 2007).

### **Distribución de los Descortezadores en México**

En México las especies de descortezadores más importantes son: *D. adjunctus*, *D. frontalis*, *D. mexicanus* y *D. rhizophagus*, consideradas como especies primarias dentro de los bosques de coníferas (SEMARNAT, 2005), estas se localizan en los principales sistemas montañosos, desde la Sierra de Baja California, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Faja Volcánica Transmexicana, Sierra Madre del Sur, hasta la Sierra de Chiapas (Salinas *et al.*, 2004). *Dendroctonus frontalis* Zimmermann y *D. mexicanus* Hopkins se ha reportado desde el sur centro y norte del país en los estados de Chiapas, Guerrero, Hidalgo, México, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro y San Luis Potosí, estas especies se consideran primarias para los estados antes mencionados; *D. mexicanus* también se presenta en Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Colima,

Distrito Federal, Durango, Jalisco, Morelos, Sinaloa, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas siendo esta especie la de mayor distribución geográfica en México (Salinas-Moreno *et al.*, 2010). *Dendroctonus mexicanus* fue registrada en el Sur de los Estados Unidos (Moser *et al.*, 2005).

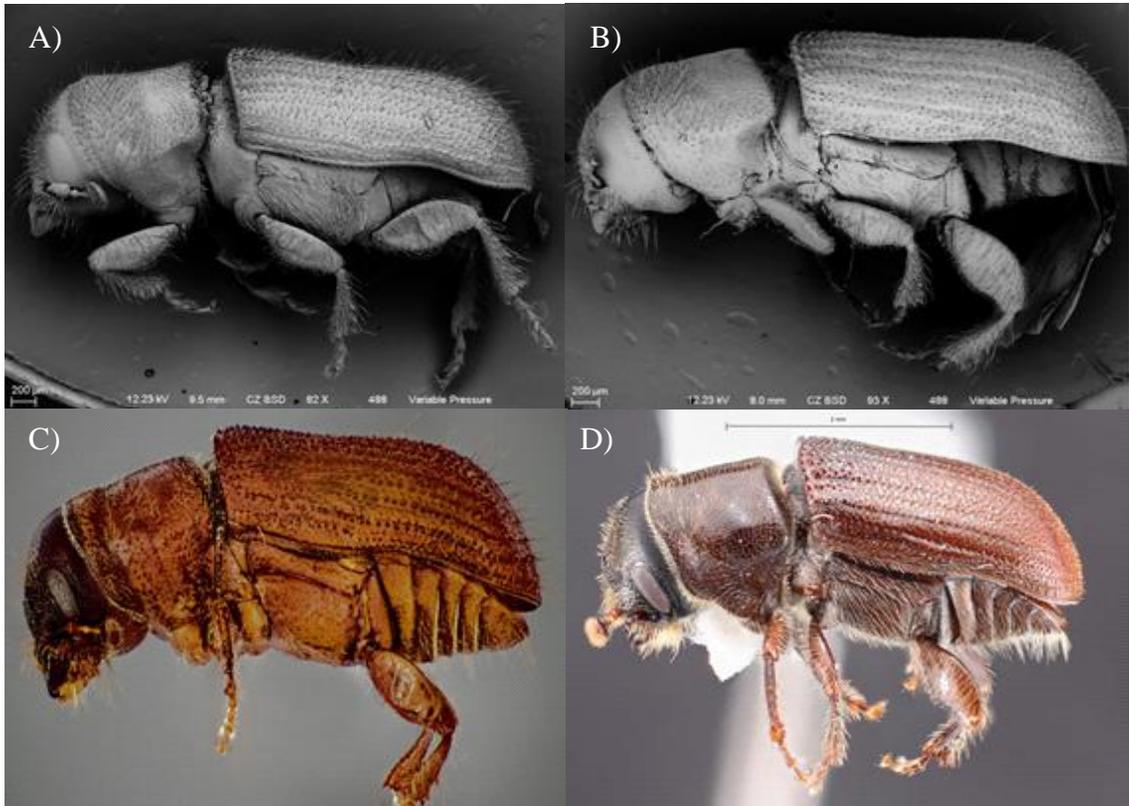
### **Especies Hospederas del Género *Dendroctonus spp.***

Los hospederos de los insectos descortezadores por lo general son las coníferas, en México las especies en las que se encuentra *Dendroctonus spp.*, son *Pinus arizonica* Engelm., *Pinus ayacahuite* Ehren., *Pinus cembroides* Zucc., *Pinus devoniana* Lindley, *Pinus douglasiana* Martínez, *Pinus durangensis* Ehren., *Pinus engelmannii* Carr., *Pinus greggii* Englem., *Pinus hartwegii* Lindl., *Pinus herrerae* Martínez, *Pinus lawsonii* Roehl., *Pinus leiophylla* Schlecht & Cham, *Pinus lumholtzii* Robins & Ferns, *Pinus maximinoi* H. E. Moore, *Pinus montezumae* Lamb., *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus patula* Schl. et Cham, *Pinus pringlei* Shaw, *Pinus pinceana* Gordon, *Pinus pseudostrobus* Lindl y *Pinus teocote* Schiede ex Schltld. El mayor porcentaje de incidencias de *D. frontalis* se presenta en *P. oocarpa* (41 %), *D. mexicanus* en *P. leiophylla* (38 %), *D. adjunctus* en *P. hartwegii* (58 %) y *D. brevicornis* se presenta en *P. durangensis* y *P. engelmannii* (31 % en cada una) (Salinas *et al.*, 2004; Salinas-Moreno *et al.*, 2010; Cuéllar *et al.*, 2012).

### **Descripción de *Dendroctonus spp.***

Los descortezadores del género *Dendroctonus* son muy importantes en la renovación y saneamiento de los bosques, no obstante esta especie se convierte en plagas debido al aumento de brotes o daños que provocan en los árboles, de las especies presentes en México *D. mexicanus*, *D. frontalis*, *D. adjunctus* y *D. rhizophagus* pueden considerarse muy importantes debido a que estos descortezadores inician la colonización de los árboles estresados o enfermos (SEMARNAT, 2005; Salinas-Moreno *et al.*, 2010.). *Dendroctonus mexicanus* Hopkins (Figura 1A): los adultos de esta especie varían en tamaño de 2.3 a 4.5 mm de longitud, la coloración es café muy oscura, casi negra y brillante, la frente de la cabeza es convexa, con dos elevaciones separadas por un surco que baja por la parte media de la cabeza, los machos presentan en la cabeza dos

elevaciones (tubérculos frontales) bien desarrolladas y las hembras poco o nada desarrolladas, en los élitros presenta nueve estrías con puntuaciones bien marcadas poco profundas, las interestrias presentan pequeñas granulaciones elevadas que portan setas, el declive elitral es convexo con las estrías fuertemente marcadas, las setas del declive son de más de dos tamaños y son moderadamente abundantes (Cibrián *et al.*, 1995; Torres y Sánchez, 2006). El ciclo de vida de *D. mexicanus* el tiempo de generación (de huevo a huevo) varía de acuerdo a la temperatura y condiciones de desarrollo, desde 42 hasta 125 días, por lo que puede haber de 3 a 5 generaciones por año (SEMARNAT, 2008). *Dendroctonus frontalis* Zimmermann (Figura 1B): los adultos su longitud del cuerpo varía de 2.2 a 3.2 mm, son 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, el pronoto presenta la superficie lisa, con puntuaciones laterales poco abundantes y poco profundas, con declive elitral con pendiente moderada; setas abundantes de dos clases de tamaños, las más pequeñas de la misma longitud que la anchura de una interestría (Cibrián *et al.*, 1995). El ciclo de vida es de 43 a 70 días, aunque puede variar de acuerdo a las estaciones del año, el ciclo es más largo en el invierno que en el verano, presentándose de 6 a 7 generaciones al año (SEMARNAT, 2008). *Dendroctonus adjunctus* Blandford (Figura 1C): la longitud del cuerpo del macho oscila de 2.9 a 6.6 mm, y la de la hembra de 3.4 a 6.9 mm, el color del cuerpo del insecto maduro es negro o café oscuro, los élitros tienen sus lados rectos y subparalelos en los dos tercios basales y son redondeados, el declive es moderadamente pronunciado y convexo, las setas de dicho declive salen de gránulos bien definidos y son grandes y escasas, el ciclo de vida es de una generación por año (Cibrián *et al.*, 1995; Torres y Sánchez, 2006; SEMARNAT, 2008). *Dendroctonus brevicomis* LeConte (Figura 1D): El adulto tiene una longitud de 2.5 a 4.8 mm y es de coloración café oscura, las protuberancias frontales son más notables en el macho que en la hembra, los márgenes del pronoto son curvados, con puntuaciones pequeñas, las estrías de los élitros no están fuertemente marcadas, las setas del declive son todas del mismo tamaño y cortas el ciclo de vida es de 3 a 4 generaciones al año (Torres y Sánchez, 2006; SEMARNAT, 2008).



**Figura 1.** Fotografía de *Dendroctonus mexicanus* (A), *Dendroctonus frontalis* (B), *Dendroctonus adjunctus* (C) y *Dendroctonus brevicomis* (D) en Nuevo León y Coahuila México.

### Métodos de Control de las Plagas de Descortezadores

Existen diferentes métodos acerca del control de descortezadores y se clasifican en dos grupos, en primer lugar se encuentra el control mecánico-físico y en segundo lugar son los métodos químicos. Dentro del primer grupo se encuentra el derribo, troceo, descortezado y quema o enterrado o abandono de la corteza, este método consiste en el derribo y troceo del arbolado afectado por insectos descortezadores; el descortezado de las trozas, tocones y ramas, se debe realizar a árboles con evidencias de daño, para posteriormente apilar y quemar el total de la corteza, ramas y fustes de diámetros pequeños que sean difíciles de descortezar, la corteza, ramas y fustes de diámetros pequeños que sean difíciles de descortezar, deberán de ser enterrados, por lo menos a 20 cm de profundidad; otro método que se encuentra dentro de este apartado es el derribo y extracción inmediata o abandono que consiste en el derribo del arbolado infestados por

descortezadores que solo presentan una generación al año, después de ser extraídos se procede a llevar hacia aserradores ubicados fuera del área forestal (Sánchez y Torres, 2007; SEMARNAT, 2008). El segundo grupo está compuesto por los métodos de control aplicación de plaguicidas y uso de polietileno y pastillas fumigantes, el primero método de control dentro de este grupo consiste en el derribo y troceados de los árboles afectados para luego aplicarles plaguicidas mediante aspersion a punto de goteo sobre las ramas y trozas los productos deben de ser con registro de uso forestal o recomendados por la Secretaria para tratamientos fitosanitarios, los árboles sometidos a este proceso no podrán removerse antes de los 10 días, el segundo método consiste en el uso de polietileno pastillas fumigantes este método se realiza derribando y troceando los arboles afectados, estos deben ser apilados y cubiertos con polietileno de grueso calibre y sin aditamentos, para posteriormente depositar y distribuir pastillas de fosfuro de aluminio (56.0 o 56.7 % de ingrediente activo), en dosis de 5 pastillas por m<sup>3</sup>, se cubre con tierra y se espera 72 horas para quitar la tierra (Sánchez y Torres, 2007; Cibrián, 2014).

#### **Importancia del Uso de Feromonas y Trampas en el Manejo de *Dendroctonus spp.***

El uso de feromonas es de gran importancia en el manejo de *Dendroctonus spp.*, ya que se ha propuesto como método protector de los árboles contra los ataques de los escarabajos descortezadores, los semioquímicos proporcionan una herramienta prometedora para manipular el comportamiento de *Dendroctonus spp.* (Strom *et al.*, 2001), al desarrollar nuevos planes de manejo de descortezadores con atrayentes sexuales sintéticos, ha permitido controlar brotes e infestación de plagas y poder evitar el esparcimiento a los rodales susceptibles (Torres *et al.*, 2004). El uso de las trampas cebadas con atrayentes son de gran importancia ya que ayuda a monitorear la población de insectos y con los datos obtenidos se puede determinar la dinámica poblacional de los escarabajos, también ayuda a conocer cuando y donde enfocar los esfuerzos para el control de insectos (Torres *et al.*, 2004). Al utilizar trampas de embudo Lindgren de diferentes tamaños ha proporcionado información substancias en el manejo de descortezadores (Díaz-Núñez *et al.*, 2006).

### **Modelos de Distribución Potencial de Especies**

La cantidad de metodologías y algoritmos para modelar y proyectar la distribución de especies han incrementado significativamente (Elith *et al.*, 2006; Pliscoff y Fuentes, 2011), según Baldwin, (2009) el mayor crecimiento de estudios sobre modelación de distribución potencial se presentó cuando fue publicado el algoritmo de máxima entropía (MaxEnt) desarrollado por Phillips *et al.* (2006). Para llevar a cabo la modelación de distribución potencial de especies es necesario contar registros de presencia y un conjunto de variables que nos ayuden a predecir, estas pueden ser climáticas, topográficas, edafológicas e incluso biológicas (Mateo *et al.*, 2011). La modelación de especies es una herramienta muy útil ya que nos puede ayudar para diferentes objetivos de investigación: pérdida de hábitat (Botello *et al.*, 2015); conservación de especies (Benito de Pando y Peñas, 2007); predicción de plagas (Trotta *et al.*, 2008) aunque estos trabajos tienen diferentes enfoques de modelado, conservan la premisa que es relacionar observaciones de campo con variables ambientales de predicción (Guisan y Zimmermann, 2000).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del Área de Estudio

El estudio se realizó en un par de localidades de dos estados de México una de ellas es la comunidad La Peñita, municipio de Santiago, Nuevo León, México (25° 13' y 25° 31' N y 100° 02' y 100° 33' O) con las siguientes características: el clima es semicálido subhúmedo (A) C (w1), con temperaturas que oscilan entre 10 y 24 °C, precipitación entre 500 y 1100 mm, y de 1500 y 3500 m de altitud, correspondiente a bosque de coníferas y latifoliadas algunas especies son: *Quercus spp.*, *P. cembroides*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote*, *Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) Franco, *P. greggii*, *P. arizonica* y *Pinus rudis* Endl (INEGI, 2009a). La segunda área de estudio es la localidad Santa Rita, Arteaga Coahuila, se ubica entre 25° 17' 36'' y 25° 16' 15'' de latitud norte; 100° 30' 52'' y 100° 27' 52'' de longitud oeste, las características de este lugar son las siguientes: el clima es templado subhúmedo con lluvias escasas todo el año cuya fórmula climática es BS1K (x'), el rango de temperatura es de 8 a 20 °C, precipitación de 300 a 700 mm, con rango altitudinal entre 1300 y 3700 msnm; el tipo de vegetación es bosque de coníferas (INEGI, 2009b), cuyas principales especies son: *P. rudis*, *P. ayacahuite*, *Pseudotsuga flahaultii* Flous, *Abies vejarii* Martínez, *Ceanothus coeruleus* Lag., *Ceanothus buxifolius* Willd y *Garrya ovata* Benth (Cano *et al.*, 2007).

### Establecimiento del Experimento, Captura e Identificación

El muestreo fue de tipo estratificado, con selección sistemática, dos tratamientos y dos repeticiones por tratamiento, dando un total de cuatro por estrato. El experimento se estableció sobre una ladera con exposición norte (Nuevo León) y exposición sur (Coahuila), formando dos transectos de muestreo (*A* y *B*) separados entre sí por 1000 m aproximadamente. Cada transecto se dividió en ocho altitudes desde 1900 hasta 2600 m (Nuevo León) y 3000 a 3300 msnm (Coahuila); en un árbol no hospedero de cada altitud se colocó una trampa Lindgren® de ocho embudos, debidamente etiquetada, cebada con feromonas (frontalina, endo-brevicomina y alfa-pineno) y a la par a 50 m de distancia se colocó una trampa control (sin atrayente). El vaso colector se ubicó a una altura de 1.5 m sobre el nivel del suelo, al cual se le vertió anticongelante marca PRESTONE AF EX

para conservar los insectos en buen estado antes de ser capturados. El periodo de estudio para Nuevo León fue de febrero de 2015 a febrero de 2016 y en Coahuila febrero 2015 a febrero 2017, la captura de insectos se realizó cada 15 días, las colectas fueron llevadas al laboratorio para limpiarlas y separar los descortezadores de interés de otros insectos, se colocaron en botes identificados y con alcohol al 70% para evitar que las muestras se echaran a perder. El segundo paso fue identificar los escarabajos descortezadores de interés a nivel especie con apoyo de claves taxonómicas (Wood, 1986; Cibrián *et al.*, 1995) y con la ayuda de un estereoscopio LEICA™ modelo EZ4

### **Medición de Variables Ambientales y Dasométricas del Bosque**

Sobre un árbol cercano a cada trampa, a una altura de aproximadamente 1.5 m, se colocó un Data Logger LASCAR™ modelo EL-USB-2, programado para registrar cada 30 minutos datos de temperatura (°C), humedad relativa (%) y punto de rocío (°C), información que fue descargada cada seis meses usando el software EasyLogUSB. Para las condiciones de sitio se consideró cada trampa como punto central, se delimitó una parcela de forma cuadrada (50 x 50 m) y de cada árbol se obtuvo: especie, diámetro a la altura del pecho (cm), altura total (m), diámetro de copa (m), densidad de copa (%), estado fitosanitario (sano e infestado), pendiente (%) y exposición (N, S, E y O).

### **Análisis Estadístico de Datos**

Los datos de abundancia de *D. mexicanus* y *D. frontalis* fueron sometidos a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ( $\alpha = 0.05$ ), al no cumplir con este supuesto se usó la prueba no paramétrica de Kruskal y Wallis, KW (1952) y la prueba de rangos para denotar diferencias del número de insectos por transecto y mes. Para relacionar la abundancia de *D. mexicanus*, *D. frontalis*, *D. adjunctus* y *D. brevicomis* con las variables climáticas y dasométricas del arbolado se realizó un análisis de correlación de Spearman.

### **Relación de Variables del Rodal con *Dendroctonus spp.***

Con información derivada de sitios del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (2009 - 2014) se generaron las siguientes superficies biológicas: número de árboles ( $\text{ha}^{-1}$ ), número de especies (sitio), diámetro promedio de árboles (sitio), altura promedio de

árboles (sitio), área basal ( $\text{ha}^{-1}$ ) y área de copa ( $\text{ha}^{-1}$ ), así como también altitud, pendiente y exposición, para modelar la distribución de descortezadores *spp.*, en el estado de Nuevo León, usando el algoritmo de MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006), con 2300 registros de presencia de descortezadores obtenidos del 2005 al 2015 también proporcionados por la CONAFOR. El modelo fue evaluado mediante análisis de omisión/comisión y sensibilidad Curva Operada por el Receptor (ROC) - Área bajo la curva (AUC) (Aguirre y Duivenvoorden, 2010) y pruebas jackknife para medir el efecto de cada variable en el modelo (Hijmans *et al.*, 2005).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Fluctuación Poblacional de *Dendroctonus frontalis* y *Dendroctonus mexicanus* entre Transectos en Nuevo León

Los resultados demostraron que en las trampas testigo no se registraron insectos descortezadores, motivo por el cual en lo sucesivo se omite información de ellas. La prueba de KW mostró que en el transecto A se registra casi el doble de insectos descortezadores (*D. frontalis* y *D. mexicanus*) que en el transecto B (Cuadro 1), esto es debido a la mayor proporción (%) de especies hospederas primarias en el transecto A (Cuadro 2) y que han sido reportadas por Salinas *et al.* (2004). Las variables del bosque: diámetro, altura y número de árboles son similares entre transectos (Cuadro 2), pero la proporción de especies hospederas determinó la abundancia de descortezadores entre transectos. Jiménez *et al.* (2005); Bennie (2008); Cuéllar *et al.* (2013) documentaron que en conjunto, la densidad del arbolado, radiación y temperatura, son factores que influyen en el número de descortezadores ya que determinan la condición del arbolado y con ello la vulnerabilidad al ataque de *Dendroctonus*.

**Cuadro 1.** Prueba de Kruskal-Wallis para denotar diferencias de abundancia de *Dendroctonus frontalis* y *Dendroctonus mexicanus* en dos transectos altitudinales.

Especie	Transecto	Rangos	Medias	C	H	p
<i>D. frontalis</i>	B	177.26 a	6.66	0.94	28.09	< 0.0001
	A	239.74 b	19.29			
<i>D. mexicanus</i>	B	183.16 a	7.94	0.98	18.48	< 0.0001
	A	233.84 b	19.39			

Donde: C: factor de corrección del estadístico por observaciones empatadas, H: estadístico de la prueba no corregido por empates y p: significancia estadística.

**Cuadro 2.** Características dasométricas promedio del bosque en dos transectos altitudinales en Peñitas Nuevo León, México.

Altitud	AB	Dn	H	N	T	Especies de <i>Pinus</i> (%)					
						<i>Pc</i> †	<i>Pp</i> †	<i>Pt</i> †	<i>Pm</i>	<i>Pg</i> †	<i>Pa</i>
Transecto A											
1900	6.23	14.67	8.63	288.00	12.48	11.1	88.9				
2000	0.51	13.33	8.10	32.00	13.58		100				
2100	1.22	15.96	9.12	52.00	14.11	38.5	61.5				
2200	3.16	24.53	10.19	92.00	13.67		39.1	60.9			
2300	1.20	19.46	9.78	72.00	13.81		38.9	61.1			
2400	7.52	24.03	11.05	136.00	13.72			94.1	5.9		
2500	0.12	19.80	9.27	4.00	13.07				100		
2600	1.81	20.32	10.43	44.00	12.30			36.4	54.6	9.1	
Transecto B											
1900	2.34	17.92	8.92	76.00	12.92	15.8	57.9		21.1	5.3	
2000	3.90	17.56	7.39	136.00	14.34	100					
2100	7.96	16.86	10.11	284.00	14.81	18.3		1.4			80.3
2200	1.76	14.21	6.55	84.00	13.39	42.9		19.1			38.1
2300	7.77	21.94	8.40	176.00	14.31	4.6		84.1	9.1		2.3
2400	0.64	32.00	7.06	8.00	13.99	100					
2500	0.00	0.00	0.00	0.00	13.76						
2600	0.15	14.65	8.85	8.00	13.01				100		

Donde AB: área basal ( $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ ), Dn: diámetro normal (cm), H: altura total (m), N: número de árboles ( $\text{ha}^{-1}$ ), T: temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), *Pc*: *Pinus cembroides*, *Pp*: *Pinus pseudostrobus*, *Pt*: *Pinus teocote*, *Pm*: *Pseudotsuga menziesii*, *Pg*: *Pinus greggii*, *Pa*: *Pinus arizonica*, *Pr*: *Pinus rudis*, (†): especies hospederas.

### Fluctuación Poblacional de *Dendroctonus adjunctus* y *Dendroctonus brevicomis* entre Años y Transectos en Coahuila

La fluctuación de *D. adjunctus* y *D. brevicomis* en el transecto A durante el primer año (28/02/15 - 20/02/16) fue más alta, con medias de 8.36 y 8.50 para cada especie, mientras que en el segundo año la población fue menor con promedio de 4.5 para ambos escarabajos, en el transecto B en ambas especies no se encontró diferencias significativas

( $p = 0.9515$  y  $0.2033$ ) (Cuadro 3). La fluctuación de *D. adjunctus* y *D. brevicomis* entre transectos fue diferente ( $p = 0.0001$ ) en el transecto *A* hubo mayor abundancia de descortezadores con medias de 6.33 y 6.36 para cada especie y en el transecto *B* no se encontró alta abundancia de insectos medias de 2.62 y 1.64 respectivamente (Cuadro 3) esto se debe a que en el transecto *A* se encuentra el 58.81 % de las especies hospederas de descortezadores (*P. rudis*, *Pinus flexilis* E. James y *Abies vejarii*) donde *P. rudis* es la especie hospedera dominante (46.75 %), otro factor importante es la temperatura y en el transecto *A* hay mayor temperatura promedio de 9.45 °C (Cuadro 4). Sánchez *et al.* (2003) reportaron brotes de *D. adjunctus* y *D. brevicomis* en *Pseudotsuga flahaultii*, *Abies vejarii*, *P. rudis*, *P. teocote*, *P. pseudostrobus* y *P. arizonica* en la Sierra de Arteaga Coahuila, lo cual concuerda con las especies hospederas de este estudio (*P. rudis* y *Abies vejarii*), Torres y Sánchez (2006) mencionaron que poblaciones de altas densidades de *P. rudis* con 466 árboles/ha, son más susceptibles a brotes de *D. adjunctus* y *D. brevicomis* debido a la competencia entre árboles y la susceptibilidad de estrés que puede existir, los resultados obtenidos en el presente estudio comprueban que en el transecto *A* hubo mayor densidad de arbolado 378 árboles/ha<sup>-1</sup> causando mayores brotes de descortezadores. En Estados Unidos y Canadá las especies hospederas para *D. adjunctus* son *P. arizonica*, *P. engelmannii*, *P. flexilis*, *P. leiophylla*, *Pinus ponderosa* Douglass ex Lawson, *Pinus strobiformis* Engelm, mientras que *D. brevicomis* se presentan en *Pinus coulteri* D. Don, *P. ponderosa* (Bentz *et al.*, 2010) mientras que en Coahuila las especies afectadas son *P. rudis*, *P. flexilis* y *Abies vejarii*, el aumento de temperatura para Estados Unidos y Canadá que se han pronosticado para el 2100 van en aumento de 3 - 5 °C lo cual propiciará aumentos de brotes en plagas (Dukes *et al.*, 2009).

**Cuadro 3.** Prueba de Kruskal-Wallis para denotar diferencias de abundancia de *Dendroctonus adjunctus* y *Dendroctonus brevicomis* entre años y transectos altitudinales en Santa Rita, Arteaga Coahuila, México.

Especie	Transecto	Año	Rangos	Medias	Gl	C	H	p
Comparación entre años								
<i>D. adjunctus</i>	A	21/02/16 - 18/02/17	196.68 <i>a</i>	4.31	1	0.72	4.02	0.0178
		28/02/15 - 20/02/16	220.32 <i>b</i>	8.36				
	B	28/02/15 - 20/02/16	208.79	3.31	1	0.64	0.0024	0.9515
		21/02/16 - 18/02/17	208.21	1.93				
<i>D. brevicomis</i>	A	21/02/16 - 18/02/17	198.43 <i>a</i>	4.23	1	0.74	2.92	0.0477
		28/02/15 - 20/02/16	218.57 <i>b</i>	8.50				
	B	28/02/15 - 20/02/16	213.90	2.28	1	0.52	0.84	0.2033
		21/02/16 - 18/02/17	203.10	1.00				
Comparación entre transectos								
<i>D. adjunctus</i>	B		399.77 <i>a</i>	2.62	1	0.68	4.03	0.0147
	A		433.23 <i>b</i>	6.33				
<i>D. brevicomis</i>	B		380.79 <i>a</i>	1.64	1	0.64	18.37	<0.0001
	A		452.21 <i>b</i>	6.36				

Donde: donde: Gl: grados de libertad, C: factor de corrección del estadístico por observaciones empatadas, H: estadístico de la prueba no corregido por empates y p: significancia estadística.

**Cuadro 4.** Características dasométricas promedio del bosque en dos transectos altitudinales en Santa Rita, Arteaga Coahuila, México.

A	AB	Dn	H	N	T	M	Especies de <i>Pinaceae</i> (%)				
							<i>Pm</i>	<i>Av</i>	<i>Pr</i>	<i>Pf</i> †	<i>Ps</i> †
Transecto A											
2600	4.89	27.33	16.56	72	9.66	16.67	50.00	27.78	11.11	11.11	
2700	10.88	23.85	13.77	176	9.80	22.73	36.36	61.36	2.27		
2800	15.97	28.21	16.36	216	9.78	48.15	85.19	5.56	7.41		1.85
2900	11.52	17.71	14.49	384	9.28	41.67	8.33	56.25	35.42		
3000	25.58	25.62	13.93	420	9.14	54.29	0.95		23.81		71.43 3.81
3100	22.74	26.26	13.50	352	9.38	69.32			30.68		69.32
3200	26.01	17.90	9.11	816	9.39	69.61			29.90		70.10
3300	20.91	19.12	9.21	584	9.20	68.49	2.74		47.26		50.00
Transecto B											
2600	1.93	23.39	11.76	36	10.34	33.33	33.33				11.11 55.56
2700	14.43	35.52	17.25	132	10.22	45.45	81.82	3.03	15.15		
2800	9.19	26.58	12.50	124	10.15	25.81	48.39	25.81	12.90		12.90
2900	19.58	20.53	10.02	508	9.52	41.73		28.35	70.08		1.57
3000	12.31	25.17	11.47	180	9.04	31.11	2.22	20.00	75.56		2.22
3100	21.21	18.77	12.40	616	8.69	35.06	11.04	59.09	27.92		1.95
3200	19.18	22.77	12.13	344	8.81	40.70	53.49		40.70		5.81
3300	48.29	27.03	17.04	744	7.78	70.97	29.57		16.13		54.30

Donde A: altitud, AB: área basal ( $m^2 ha^{-1}$ ), Dn: diámetro normal (cm), H: Altura total (m), N: número de árboles ( $ha^{-1}$ ), T: temperatura ( $^{\circ}C$ ), M: mortalidad (%), *Pm*: *Pseudotsuga menziesii*, *Av*: *Abies vejarii* *Pr*: *Pinus reflexa* E. James, *Pf*: *Pinus flexilis*, *Ps*: *Pinus rudis*, *Pc*: *Pinus cembroides*, (†): especies hospederas.

### Fluctuación Poblacional Temporal de *Dendroctonus frontalis* y *Dendroctonus mexicanus* en Nuevo León

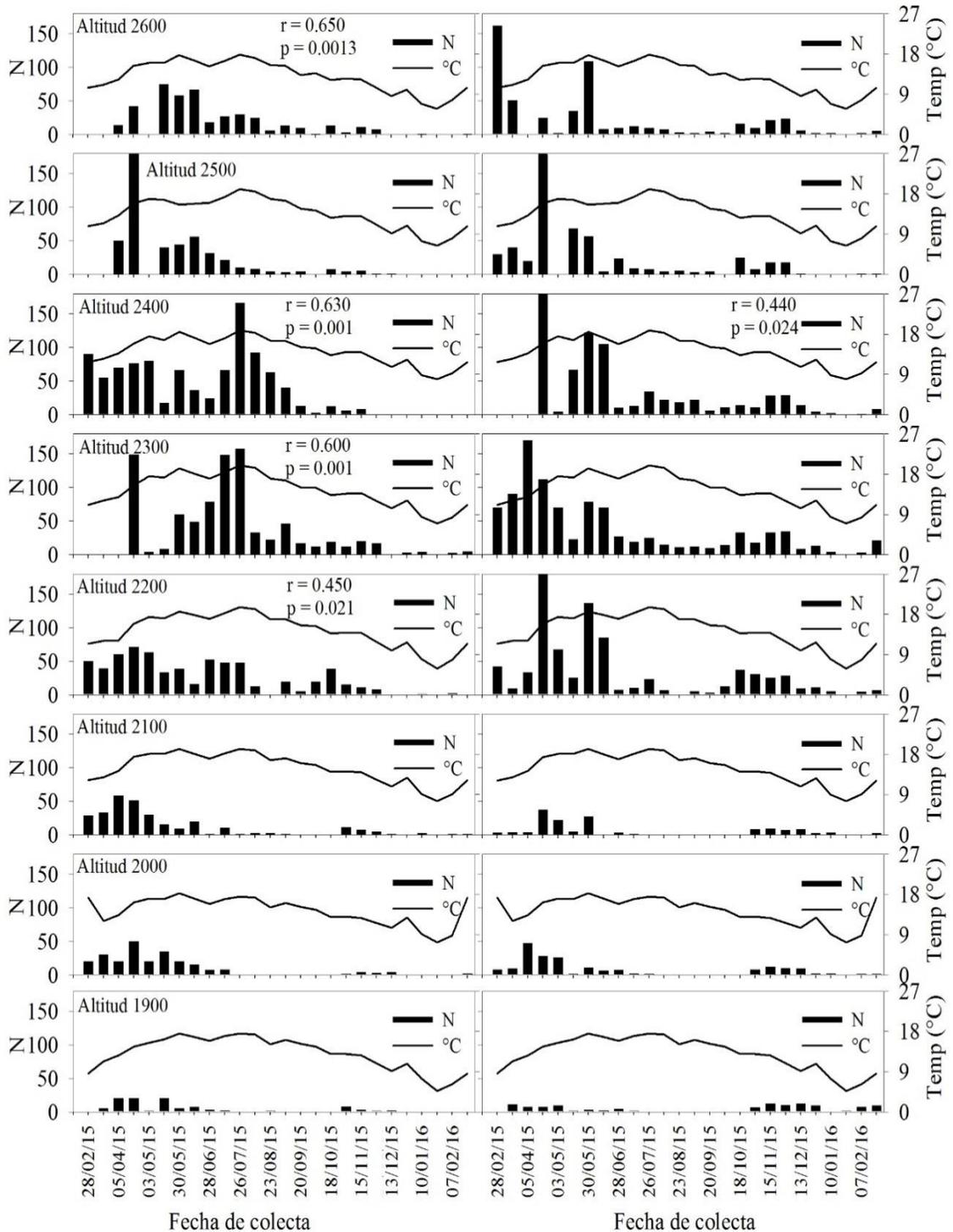
**Transecto A. *D. frontalis*:** El mayor número de insectos se registró de abril a junio con más de 40 individuos en promedio, abril representó 23.18 % del total (Cuadro 5) la temperatura media de ese mes fue de 14.44  $^{\circ}C$  (Figura 2 izquierda). Enero fue el mes con menos registros, se tuvo una temperatura de 7  $^{\circ}C$ , incluso la nieve del 27 de enero

de 2016 dejó temperaturas por debajo de 0 °C y no afectó la abundancia de descortezadores. *D. mexicanus* se registró mayormente en abril (66 individuos en promedio, Cuadro 5) con 26.28 % respecto al total (Figura 2 derecha); esta especie registró fluctuaciones importantes a lo largo del año, las más altas ocurrieron en marzo, mayo, junio y noviembre; en enero solo se encontró un insecto en promedio por trampa (Cuadro 5). **Transecto B. *D. frontalis***. En el mes de junio (temperatura de 17.22 °C) se presentó la mayor cantidad de insectos (21.38) de esta especie (Cuadro 5 y Figura 3). En los meses de octubre, julio y mayo se tuvieron más de 13 individuos por trampa; nuevamente en enero se contabilizó la menor cantidad de insectos. Acorde a los rangos de KW, noviembre fue el mes con mayor número de insectos de *D. mexicanus* seguido de mayo, marzo y junio (Cuadro 5); septiembre, registró solo un insecto en promedio. Estos resultados difieren a los de Moser *et al.* (2005) al encontrar en Arizona mayor abundancia de *D. frontalis* en invierno (490 insectos en total) hospedando *Pinus leiophylla* var. *chihuahuana*, en temperaturas de 19 °C. En Nicaragua *D. frontalis* ocurre principalmente en septiembre y diciembre (7 y 8 individuos en promedio), a temperaturas de 23 hasta 24 °C (Jiménez *et al.*, 2005). En un bosque de *P. oocarpa* en Chiapas México, Domínguez *et al.* (2008) reportaron que julio, agosto y septiembre son los meses de mayor abundancia de *D. frontalis* con 50, 83 y 53 respectivamente. Cuéllar *et al.* (2012) documentaron que en Aramberri, Nuevo León, en noviembre se registra el mayor número de *D. mexicanus* ( $56.22 \pm 3.28$ ); en Michoacán Vázquez *et al.* (2007) mencionan que esta especie de descortezador ocurre principalmente en abril, mayo y junio (495, 1189 y 1937 respectivamente) y de octubre a diciembre con menor número de insectos. La mayor infestación de arbolado se observó entre las altitudes de 2000 a 2300 m con 30 % de total. Las diferencias de la abundancia de insectos descortezadores entre estudios radican en: el área de estudio, clima local, número y tipo de trampas utilizadas y número de embudos, duración del estudio, además de características propias del sitio como área basal, número de árboles, diámetro normal, edad etc., incluso en el análisis estadístico, mientras que algunos contabilizan la suma, otros analizan promedios.

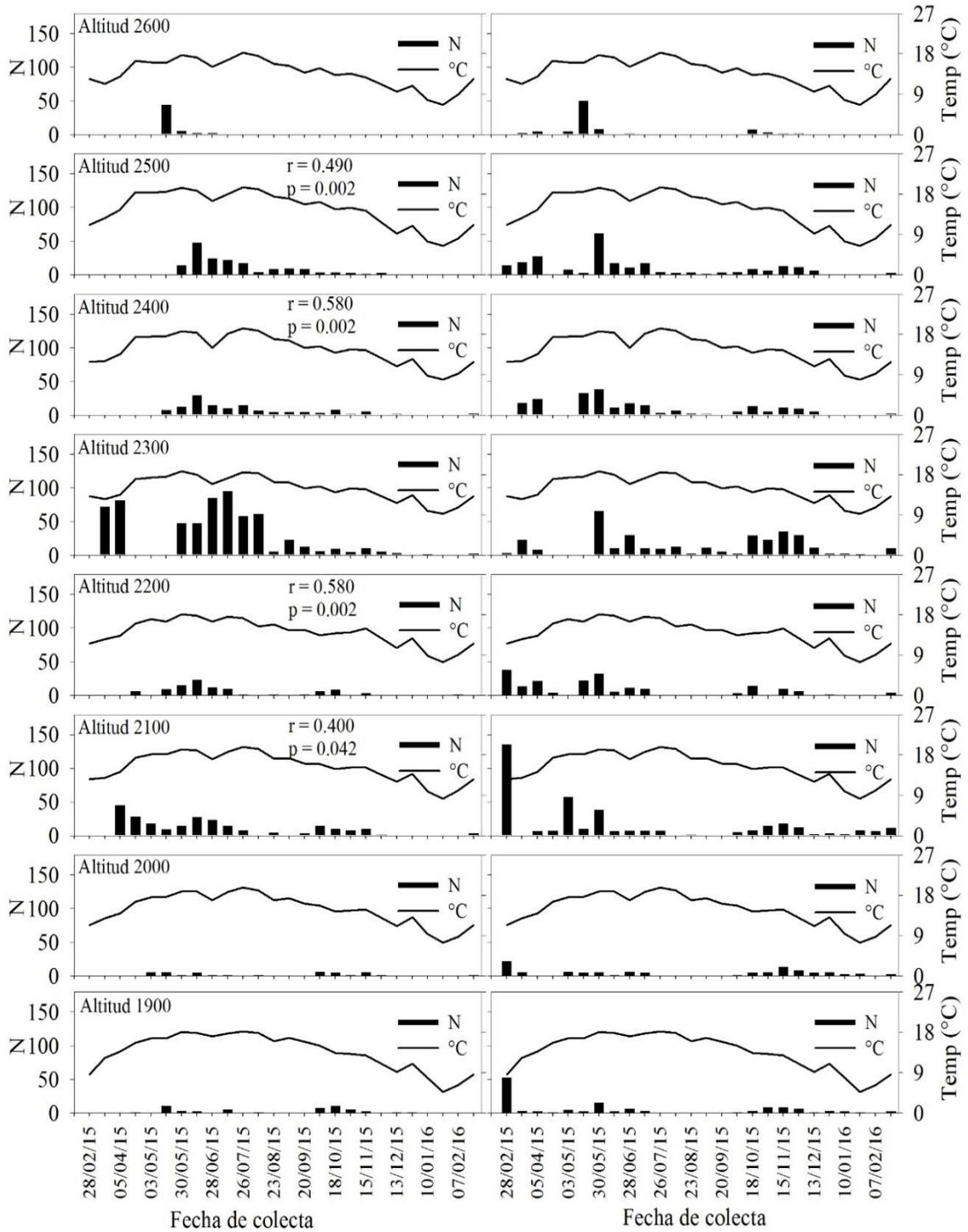
**Cuadro 5.** Prueba de rangos de Kruskal-Wallis para denotar fluctuaciones temporales de *Dendroctonus frontalis* y *Dendroctonus mexicanus* en dos transectos altitudinales en Peñitas Nuevo León, México.

Transecto A						Transecto B					
<i>D. frontalis</i>			<i>D. mexicanus</i>			<i>D. frontalis</i>			<i>D. mexicanus</i>		
GL = 11; C = 0.97; H = 84.86; p < 0.0001			GL = 11; C = 0.99; H = 60.75; p = 0.0001			GL = 11; C = 0.89; H = 63.27; p < 0.0001			GL = 11; C = 0.97; H = 54.43; p < 0.0001		
Mes	Rangos	Media	Mes	Rangos	Media	Mes	Rangos	Media	Mes	Rangos	Media
1	43.06 a	0.50	1	40.22 a	1.19	1	54.25 a	0.06	9	54.78 a	1.31
12	46.69 a	0.69	9	67.44 ab	4.44	2	65.08 ab	0.38	1	61.63 ab	1.31
2	68.75 ab	8.42	8	72.28 ab	5.69	12	66.88 abc	0.38	8	63.59 ab	1.75
10	82.94 ab	7.75	10	89.56 bc	10.25	3	69.81 abcd	9.00	12	83.22 abc	2.69
9	95.31 b	10.63	2	89.88 bc	16.13	4	88.94 abcd	10.06	2	96.35 bcd	12.63
11¶	103.94 bc	7.08	12	96.16 bc	6.88	9	101.84 bcde	3.94	4	98.03 bcd	6.50
8	104.63 bc	16.88	7	102.34 bc	10.38	8	108.03 cde	5.94	7	106.47 cde	5.50
3	109.75 bcd	20.25	6	116.94 cd	23.13	11*	110.83 de	2.75	10	119.97 cdef	6.69
7	138.13 cde	46.44	3	129.63 cd	26.75	5*	128.56 ef	9.08	6	133.38 def	8.75
5¶	144.08 de	30.88	11*	140.90 d	17.17	7	140.00 ef	15.94	3	134.50 def	10.13
6	148.22 de	30.06	5*	142.33 d	40.38	10	143.34 ef	6.06	5*	138.88 ef	19.25
4	169.50 e	58.13	4	149.09 d	66.25	6	163.59 f	21.38	11*	144.90 f	10.58

Donde: Mes: 1, 2, 3,...,12 corresponde a enero, febrero, marzo,..., diciembre, Gl: grados de libertad, C: factor de corrección del estadístico por observaciones empataadas, H: estadístico de la prueba no corregido por empates, p: significancia estadística, ¶: tres colectas por mes. Tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes ( $\alpha = 0.05$ ).



**Figura 2.** Fluctuación poblacional de *Dendroctonus frontalis* (izquierda) y *Dendroctonus mexicanus* (derecha) y su relación con temperatura promedio en el transecto A.

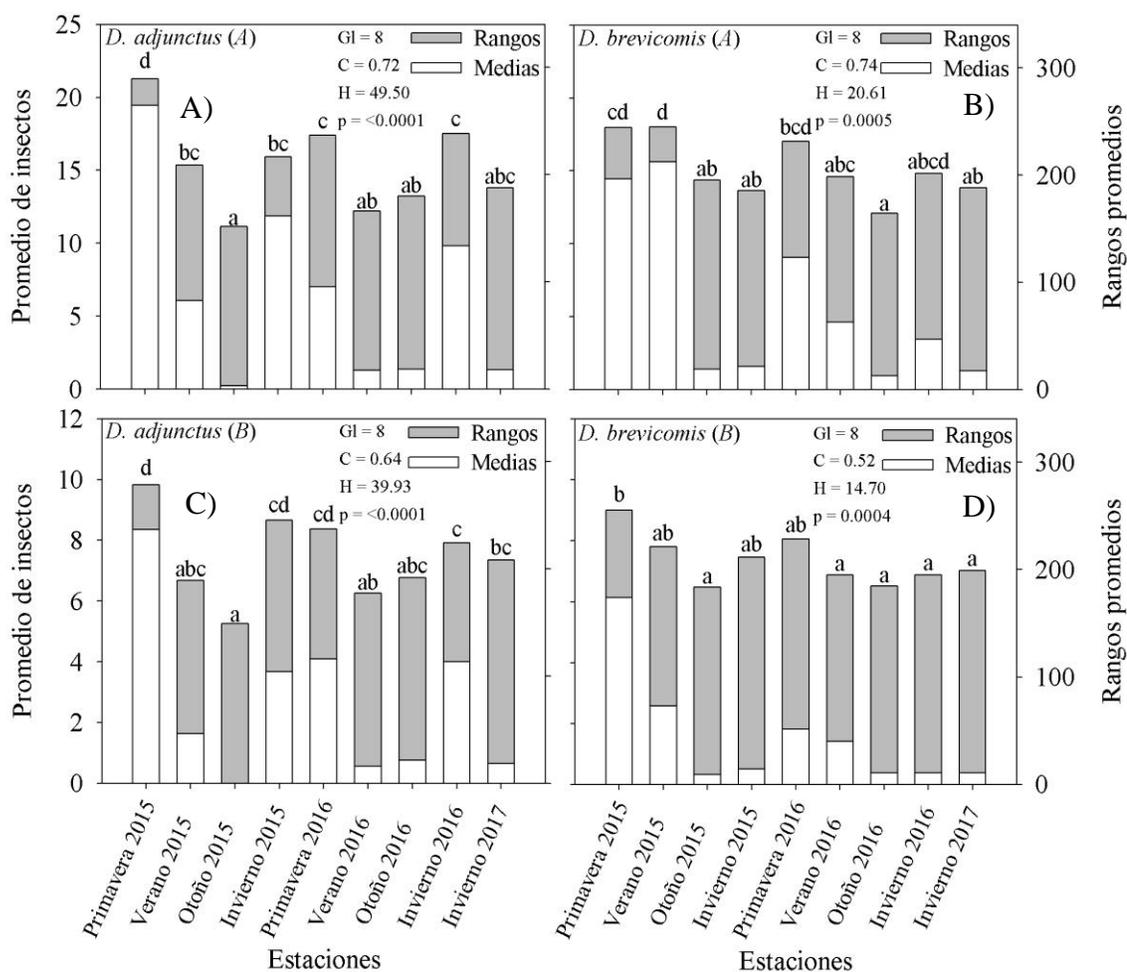


**Figura 3.** Fluctuación poblacional de *Dendroctonus frontalis* (izquierda) y *Dendroctonus mexicanus* (derecha) y su relación con temperatura promedio en el transecto B.

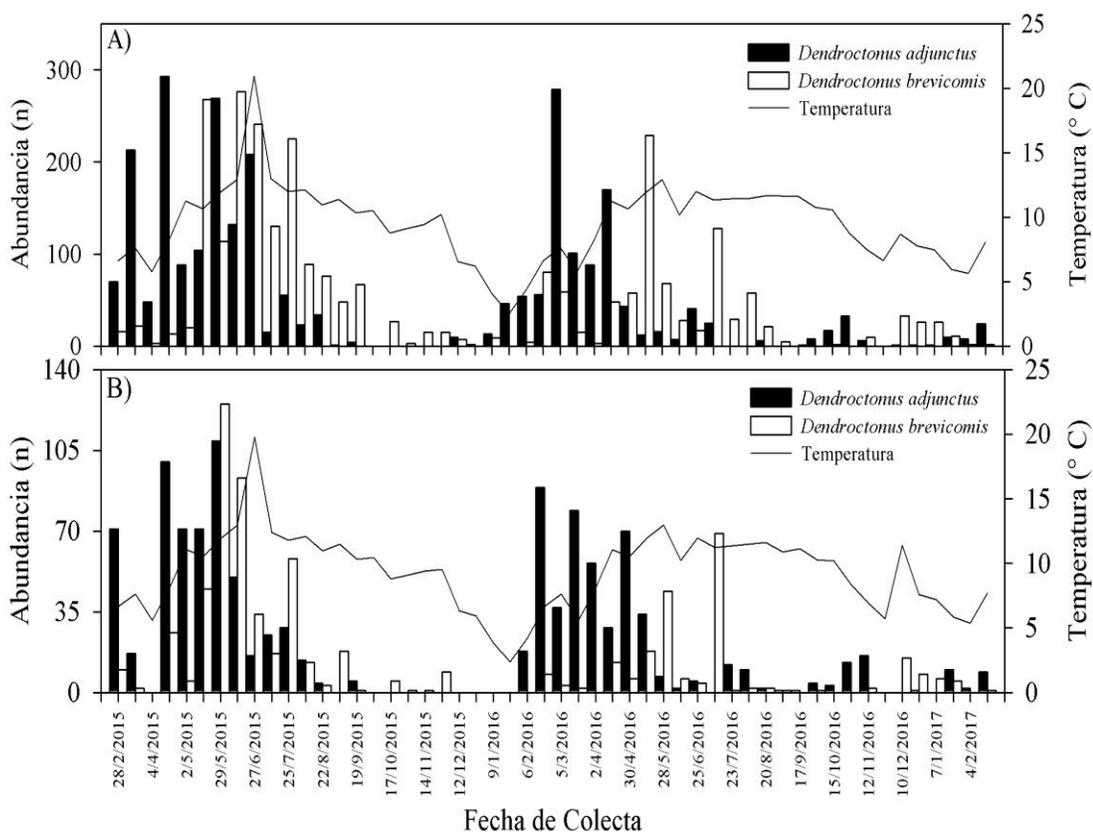
### **Fluctuación Poblacional Estacional de *Dendroctonus adjunctus* y *Dendroctonus brevicomis* en Coahuila**

**Transecto A:** la presencia de *D. adjunctus* en Santa Rita fue estadísticamente diferente entre estaciones del año ( $p < 0.0001$ ), la estación con mayor abundancia fue primavera del 2015 con 19.46 insectos en promedio y la de menor presencia de descortezadores fue otoño del 2015 ( $n = 0.21$ ) (Figura 4A); *D. brevicomis* presentó un patrón similar siendo verano y primavera del año 2015 ( $n = 15.64, 14.46$ ) las estaciones de mayor vuelo de descortezadores, otoño del 2016 fue la de menor ausencia de insectos con media de 0.94 (Figura 4B). La temperatura en primavera y verano del 2015 fue de 10 y 13 °C respectivamente siendo las temperaturas más altas y las estaciones con mayor abundancia de insectos, para las estaciones donde no hubo mayor presencia de descortezadores (otoño 2015 y 2016) las temperaturas fueron de 9.10 y 8.83 °C (Figura 5A), para el año 2016 presentó un patrón similar de presencia y ausencia de descortezadores (Figura 4A y 4B). **Transecto B:** durante el periodo de evaluación el mayor registro de *D. adjunctus* y *D. brevicomis* fue en primavera del año 2015 con medias de 8.35 y 6.13 respectivamente (Figura 4C y 4D), mientras que en otoño del 2015 la fluctuación de descortezadores decreció a 0.33 insectos en promedio para *D. brevicomis* (Figura 4C) y en el caso de *D. adjunctus* no hubo presencia significativa (Figura 4D), primavera se caracterizó por presentar altas temperaturas de 11 a 13 °C y mayor fluctuación de insectos de 200 a 400 descortezadores en total (Figura 5B). Esto se debe a los periodos de vuelo que presentan estas especies al estar en función de la temperatura principalmente, los resultados obtenidos concuerdan con Sánchez-Martínez *et al.* (2008) y Rodríguez *et al.* (2010) al reportar primavera como la estación de mayor incidencia de descortezadores ( $n = 20$  y 6.53 en promedio respectivamente), las especies hospederas reportadas son *P. arizonica* y *P. hartwigi*, estos dos autores mencionan también a otoño con alta incidencia de descortezadores lo cual no concuerda con este estudio debido a que en otoño se encontró la menor abundancia, también no se encontró coincidencia con las especies hospederas. Un comportamiento similar a lo obtenido en este estudio se observó en Veracruz, al capturar *D. adjunctus* en primavera ( $n = 170$  insectos en promedio) y *P. rudis* como especie hospedera (Rodríguez *et al.*, 2013), Vázquez *et al.* (2007) mencionaron que la mayor fluctuación poblacional de *D.*

*mexicanus* en Michoacán se presentó de marzo a junio, esto se debe que durante el periodo de evaluación el predio se encontraba en manejo y los árboles son más susceptibles a ataques de insectos.



**Figura 4.** Prueba de rangos de Kruskal-Wallis para denotar fluctuaciones temporales de *Dendroctonus adjunctus* y *Dendroctonus brevicomis* en Santa Rita, Arteaga Coahuila, México.



**Figura 5.** Fluctuación poblacional de *Dendroctonus adjunctus* y *Dendroctonus brevicomis* y su relación con temperatura promedio en Santa Rita, Arteaga Coahuila, México.

### Fluctuación Poblacional Altitudinal de *Dendroctonus frontalis* y *Dendroctonus mexicanus* en Nuevo León

**Transecto A y B.** *D. frontalis*: aunque el diseño experimental no permite analizarlo estadísticamente, la mayor abundancia de descortezadores de esta especie se presentó a los 2400 msnm de altitud, la menor ocurrió a 1900 msnm (Cuadro 6). En el transecto B casi el 50 % de los insectos de *D. frontalis* se observaron a los 2300, la menor abundancia ocurrió a 2600 msnm (Cuadro 6). Se ha encontrado que *D. frontalis* se ubica preferentemente en altitudes desde 1020 hasta 1550 en Nuevo León (Zúñiga *et al.*, 1999), 1100 hasta 2000 (Salinas *et al.*, 2004), 2000 en la Sierra Madre Oriental y Occidental (Lanier *et al.*, 1988) y de 600 a 3200 msnm (Salinas-Moreno *et al.*, 2010), en la mayoría de los casos hospedando *P. oocarpa* y después a *P. teocote*. **Transecto A y**

*B. D. mexicanus*: la mayor abundancia de esta especie se observó desde los 2200 a 2400, en ambos transectos (Figura 2 y 3), con más de 37 individuos en promedio por trampa; el menor registro de ocurrió en 2100 y 2600 en transectos *A* y *B* respectivamente (Cuadro 6). Según estudios, *D. mexicanus* se presenta desde 1020 a 1550 (Zúñiga *et al.*, 1999), 1800 a 2500 (Lanier *et al.*, 1988), 2300 (Cuéllar *et al.*, 2013) y de 2100 a 2500 msnm (Salinas *et al.*, 2004) hospedante de *P. cembroides* y *P. pseudostrobus*, coincidiendo con este estudio. La distribución de ambas especies de descortezadores es explicada en parte, por la misma altitud en la que se distribuye la especie de descortezador, por las características del sitio y de la proporción de especies hospederas (Cuadro 2).

**Cuadro 6.** Prueba de rangos de Kruskal-Wallis para denotar diferencias altitudinales de *Dendroctonus frontalis* y *Dendroctonus mexicanus* en Peñitas Nuevo León, México.

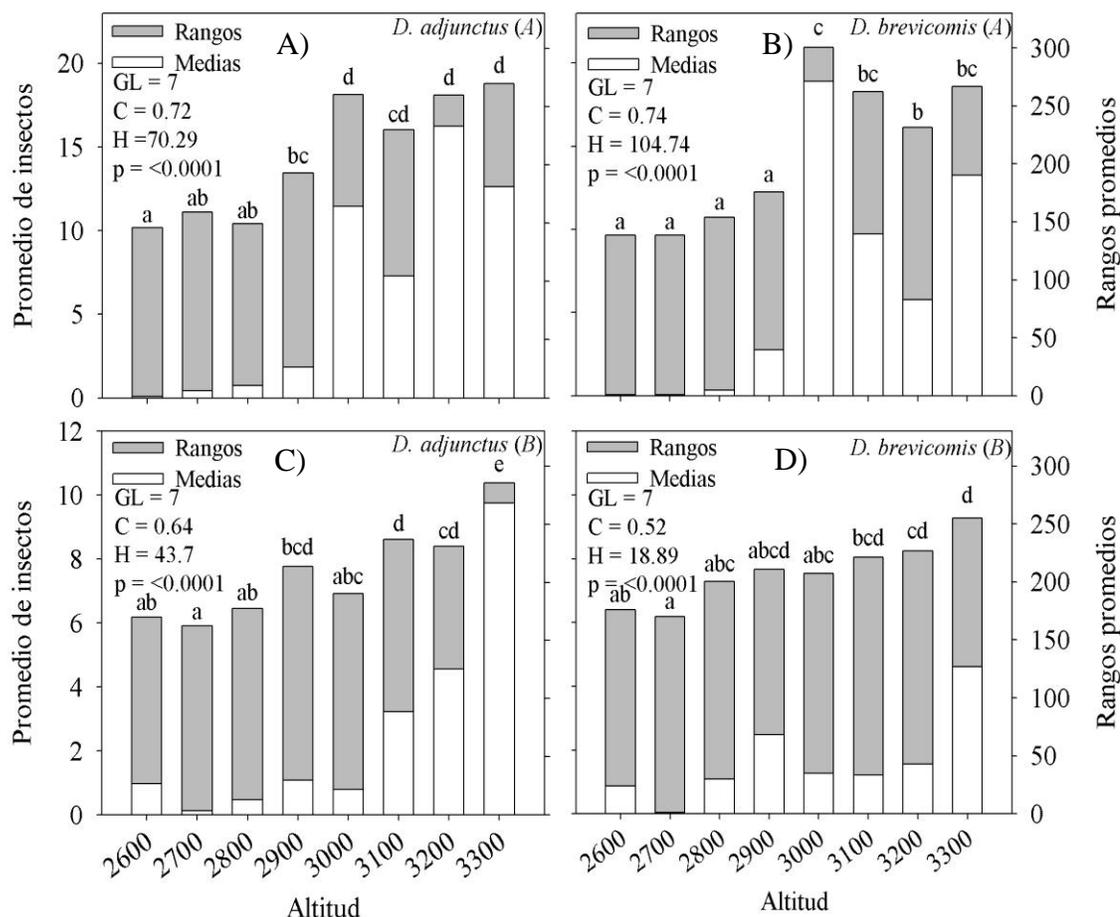
Transecto A						Transecto B					
<i>D. frontalis</i>			<i>D. mexicanus</i>			<i>D. frontalis</i>			<i>D. mexicanus</i>		
Gl = 7; C = 0.97;			Gl = 7; C = 0.99;			Gl = 7; C = 0.89;			Gl = 7; C = 0.97;		
H = 23.78; p < 0.0001			H = 47.57; p < 0.0001			H = 28.48; p < 0.0001			H = 26.45; p < 0.0001		
Altitud	Rangos	Media	Altitud	Rangos	Media	Altitud	Rangos	Media	Altitud	Rangos	Media
1900	69.23 a	3.77	2100	67.94 a	5.58	2600	65.65 a	2.04	2600	62.35 a	3.12
2000	86.13 ab	9.19	1900	69.58 a	4.27	2000	89.00 ab	1.38	1900	91.04 ab	4.81
2500	95.62 abc	18.00	2000	79.69 ab	7.35	1900	89.85 ab	1.85	2000	91.98 ab	3.85
2100	97.21 abc	11.08	2500	103.00 bc	20.62	2200	100.29 bc	3.69	2200	100.44 bc	7.46
2600	105.42 bcd	16.19	2600	108.54 bc	20.23	2500	108.60 bcd	6.31	2400	111.35 bc	8.31
2300	124.67 cd	33.35	2400	121.31 cd	28.27	2400	113.44 bcd	4.77	2500	119.06 bc	9.04
2200	127.19 cd	24.92	2200	133.10 cd	30.96	2100	128.31 cd	9.19	2100	128.31 c	14.23
2400	130.52 d	37.81	2300	152.85 d	37.85	2300	140.87 d	24.04	2300	131.48 c	12.73

Donde: Gl = grados de libertad; C = factor de corrección del estadístico por observaciones empatadas; H = estadístico de la prueba no corregido por empates; p = significancia estadística. Tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes ( $\alpha = 0.05$ ).

### **Fluctuación Poblacional Altitudinal de *Dendroctonus adjunctus* y *Dendroctonus brevicomis* en Coahuila**

**Transecto A:** la prueba de Kruskal-Wallis demostró que *D. adjunctus* y *D. brevicomis* se distribuyó altitudinalmente de los 3000 a 3300 m, encontrándose la mayor abundancia a los 3300 msnm ( $n = 12.62$ ) y 3000 msnm ( $n = 18.92$ ), la menor cantidad de insectos en ambas especies ocurrió de los 2600 a 2800 (Figura 6A y 6B), las temperaturas en estas altitudes son de 11.22 y 11.53 °C (Cuadro 4). **Transecto B:** el registro del mayor número de descortezadores promedio de *D. adjunctus* y *D. brevicomis* fue en la altitud de 3300, la menor presencia de estas dos especies fue 2700 msnm con 0.12 y 0.04 insectos en promedio m (Figura 6C y 6D). El rango altitudinal de 3000 a 3300 m se caracterizó por presentar mayor abundancia de insectos, esto se debe al alto porcentaje de especies hospederas *Abies vejarii* y *P. rudis* (80 %), a la densidad del arbolado (400 a 800 árboles  $ha^{-1}$ ) y al porcentaje de mortalidad en los árboles (50 al 70 %) (Cuadro 4).

Los resultados obtenidos concuerdan con los rangos de distribución altitudinal reportados por Salinas *et al.* (2004) y Salinas-Moreno *et al.* (2010) en México (*D. adjunctus* en intervalo de 3100 a 3500 msnm y *D. brevicomis* de 1680 a 3300 msnm) estos también reportaron el mayor porcentaje de incidencias en *D. adjunctus* en *P. hartwegii* (58 a 83.3 %) y *D. brevicomis* en *P. durangensis* y *P. engelmannii* (31 a 40 %), lo cual no concordó con las especies hospederas de este estudio. Los brotes de *D. adjunctus* en la Sierra Raspadura, Chihuahua se presentaron entre los rangos altitudinales de 2560 a 2860 esto se debió a la mayor distribución de especies hospederas (*P. arizonica*) y altas densidades de *Pinus* (109 árboles  $ha^{-1}$ ) que se registraron en el área de estudio (Sánchez y Silva, 2008). En Arizona el rango de distribución para *D. adjunctus* se encuentra aproximadamente entre 2500 a 2700 msnm y *D. brevicomis* entre 2050 a 2250 el cual no concuerda con el presente estudio, pero mencionan que el mayor número de insectos se atribuye a la densidad de especies hospederas (*Pinus ponderosa*) y a temperaturas altas de 14.5 °C (Hayes *et al.*, 2008; Williams *et al.*, 2008).



**Figura 6.** Prueba de rangos de Kruskal-Wallis para denotar diferencias altitudinales de *Dendroctonus adjunctus* y *Dendroctonus brevicomis* en Santa Rita, Arteaga Coahuila, México.

### Relación de *Dendroctonus frontalis* y *Dendroctonus mexicanus* con Variables del Rodal en Nuevo León

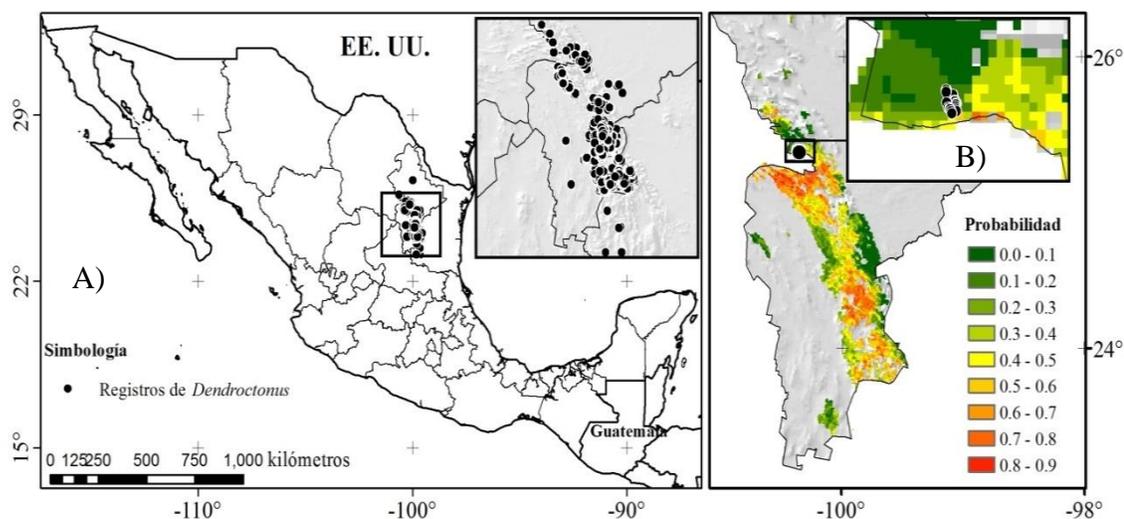
Los resultados demuestran que existe una correlación significativa ( $p = 0.0001$ ) del número de insectos de *D. frontalis* y *D. mexicanus* con diámetro normal y con la altura de los árboles, análisis hecho con información derivada de las parcelas de muestreo, esto en el transecto A. En el transecto B, la correlación no fue muy clara (Cuadro 7), pero esto puede ser fácilmente explicado porque la proporción de especies hospedadoras de los descortezadores no es igual entre transectos y por ende tampoco en la abundancia de

insectos (Cuadro 2), esto también ha sido argumentado por Vázquez *et al.* (2007), al demostrar que la proliferación de *D. mexicanus* incrementa con la existencia de especies hospederas. Al igual que en varios estudios e.g. Zúñiga *et al.* (1995) se evidenció la coexistencia entre *D. frontalis* y *D. mexicanus* al mostrar una correlación altamente significativa ( $p < 0.0001$ ). Correlación positiva de temperatura con abundancia de descortezadores fue reportada por Aukema *et al.* (2008) y Bentz *et al.* (2010), por el contrario una correlación negativa de temperatura media con el número de insectos de *D. mexicanus* ( $r = -0.40$  y  $p = 0.05$ ) fue evidenciada por Cuéllar *et al.* (2012), lo que demuestra la alta variabilidad de comportamiento de esta especie, pero también la inconsistencia entre estudios.

**Cuadro 7.** Correlación entre variables del sitio con *Dendroctonus frontalis* y *Dendroctonus mexicanus* en dos transectos en el estado de Nuevo León México.

Especies		AB	Dn	H	N	T	<i>D. f.</i>	<i>D. m.</i>
Transecto A								
<i>D. f.</i>	r	0.0808	0.2713	0.2811	0.0598	0.1682	1.0000	
	p	0.2459	0.0001	0.0001	0.3906	0.0151		
<i>D. m.</i>	r	0.0269	0.3213	0.3337	0.0605	0.1097	0.5400	1.0000
	p	0.7000	< 0.0001	< 0.0001	0.3851	0.1147	0.0001	
Transecto B								
<i>D. f.</i>	r	-0.0779	0.1490	-0.0899	0.0664	0.2471	1.0000	
	p	0.2632	0.0317	0.1967	0.3404	0.0003		
<i>D. m.</i>	r	-0.0881	0.1130	-0.1038	0.0480	0.2279	0.5588	1.0000
	p	0.2058	0.1040	0.1356	0.4907	0.0009	0.0001	

Donde: *D. f.*: *Dendroctonus frontalis*, *D. m.*: *Dendroctonus mexicanus*, r: coeficiente de correlación de Spearman, p: significancia estadística, AB: área basal ( $m^2 ha^{-1}$ ), Dn: diámetro normal (cm), H: altura total (m), N: número de árboles ( $ha^{-1}$ ), T: temperatura ( $^{\circ}C$ ).



**Figura 7.** Registros de descortezadores en el área de estudio (A) y probabilidad (de 0 a 1) de ocurrencia de *Dendroctonus spp.*, en el área de estudio en el estado de Nuevo León.

Acorde a los resultados de la modelación realizada con MaxEnt, el modelo se ajustó bien, el AUC (Area Under Curve) fue de 0.956 para los datos de entrenamiento del modelo y de 0.947 para los datos de validación, Aguirre y Duivenvoorden (2010) sugieren que un modelo con valor de AUC por encima de 0.7 es estadísticamente bueno. Tres variables (superficies biológicas) representaron el 82 % del modelo, siendo éstas: el número de especies, de 1 a 2 (38.6 %), altura de los árboles, de 6 a 10 m (28.6 %) y diámetro normal de 12 a 24 cm (14.8 %), sin embargo, el área basal y la pendiente determinan también la distribución de estos insectos. Sánchez-Martínez y Wagner (2002) denotaron que aunque la densidad de árboles determina la abundancia de descortezadores, en este estudio esta variable tuvo poco efecto en la abundancia de descortezadores y parece obedecer a que en este rodal la densidad de árboles es baja ( $< 100$  árboles  $ha^{-1}$ ), así como la baja cantidad de especies hospederas (entre 3 y 4). Es de resaltar que en este estudio la prueba de jackknife indicó que la variable con la ganancia más alta en el modelo fue el número de especies. La baja abundancia de descortezadores encontrados aquí valida el modelo generado por el algoritmo de MaxEnt, pues el área de estudio (Figura 7B), se ubica donde la probabilidad de ocurrencia es de 0.2 a 0.5.

### **Relación de *Dendroctonus adjunctus* y *Dendroctonus brevicomis* con la Temperatura y Variables del Rodal en Coahuila**

Las correlaciones entre la abundancia de *D. adjunctus* y *D. brevicomis*, fueron altamente significativas ( $r = 0.5195$  y  $0.3721$ ), estas dos especies de descortezadores en ambos transectos (*A* y *B*) se correlacionaron positivamente con el área basal y el número de árboles por hectárea ( $p < 0.0001$ ). En el transecto *A* el diámetro normal y la altura se correlacionaron negativamente con *D. adjunctus* ( $r = -0.2388$  y  $-0.3773$ ) y *D. brevicomis* con la altura  $p < 0.0001$  (Cuadro 8). La temperatura se correlacionó significativamente ( $p = 0.0001$ ) con la abundancia de *D. brevicomis* en el transecto *B* (Cuadro 8). Los resultados obtenidos en el presente estudio son similares a los de Sánchez y Silva (2008) donde mencionan que *D. adjunctus* tiende a presentarse en diámetros de 32.2 cm en promedio en *P. arizonica*, y correlaciones significativas entre la abundancia de insectos con el área basal ( $p > 0.0001$ ). Hayes *et al.* (2008) demostraron que entre más área basal exista en el área de estudio mayor será la fluctuación de *Dendroctonus* este resultado coincide con lo obtenido en esta investigación debido que existe relación entre el área basal y la abundancia de descortezadores, los resultados obtenidos y los reportados por otros autores han demostrado que las características de los sitios de estudio (altitud, área basal, diámetro, especies hospederas y la densidad del arbolado) están determinando la fluctuación del género descortezadores.

**Cuadro 8.** Correlación entre variables del sitio y temperatura con *Dendroctonus adjunctus* y *Dendroctonus brevicomis* en dos transectos altitudinales en Santa Rita, Arteaga Coahuila, México.

Especie	AB	Dn	H	N	T	<i>D. a.</i>	<i>D. b.</i>	
Transecto A								
<i>D. a.</i>	r	0.4108	-0.2388	-0.3773	0.4405	-0.0465	1.0000	0.5195
	p	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.3440	<0.0001	<0.0001
<i>D. b.</i>	r	0.4832	-0.1236	-0.3461	0.4335	0.1221	0.5195	1.0000
	p	<0.0001	0.0116	<0.0001	<0.0001	0.0127	<0.0001	<0.0001
Transecto B								
<i>D. a.</i>	r	0.3547	-0.0867	0.0411	0.3706	-0.1304	1.0000	0.3721
	p	<0.0001	0.0772	0.4027	<0.0001	0.0077	<0.0001	<0.0001
<i>D. b.</i>	r	0.2286	-0.0573	0.0075	0.2519	0.1385	0.3721	1.0000
	p	<0.0001	0.2436	0.8796	<0.0001	0.0001	<0.0001	<0.0001

Donde: *D. a.*: *Dendroctonus adjunctus*, *D. b.*: *Dendroctonus brevicomis*, r = coeficiente de correlación de Spearman; p = significancia estadística; AB = área basal (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>); Dn = diámetro normal (cm); H = altura total (m); N = número de árboles por hectárea; T = temperatura (°C).

## CONCLUSIONES

La abundancia de *D. frontalis*, *D. mexicanus*, *D. adjunctus* y *D. brevicomis* en Nuevo León y Coahuila está relacionada directamente con la temperatura media, esto permite predecir su época de vuelo el cual ocurre principalmente en primavera y verano. La mayor presencia de *D. frontalis* se presentó en las altitudes de 2400 y 2300 msnm transecto A y B, mientras que *D. mexicanus* en los dos transectos se presentó en 2300 msnm. En Coahuila *D. adjunctus* la mayor abundancia fue a los 3300 msnm y *D. brevicomis* a los 3000 y 3300 msnm esto se debe a la distribución de especies hospederas en cada altitud. En Nuevo León se encontró correlaciones positiva entre la abundancia de descortezadores con el diámetro a la altura del pecho y la altura de los árboles y en Coahuila el área basal, número de árboles, altura total y la temperatura se correlacionó positivamente la abundancia de insectos, el ataque de descortezadores puede minimizarse mediante la manipulación de la estructura de especies y de edades del bosque. Se encontró áreas susceptibles de ocurrencia de descortezadores en Nuevo León.

## REFERENCIAS

- Aguirre G. J., and J. Duivenvoorden F. 2010. Can we expect to protect threatened species in protected areas? A case study of the genus *Pinus* in México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 875-882.
- Allen C. D., A. K. Macalady, H. Chenchouni, D. Bachelet, N. McDowell, M. Vennetier, T. Kitzberger, A. Rigling, D. D. Breshears, E. H. Hogg, P. Gonzalez, R. Fensham, Z. Zhang, J. Castro, N. Demidova, J.-H. Lim, G. Allard, S. W. Running, A. Semerci, and N. Cobb. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* 259: 660-684.
- Armendáriz T., F., A. Niño, B. T. Sullivan, J. Macías S., J. Víctor, S. R. Clarke, and G. Zúñiga. 2014. Two species within *Dedroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae): evidence from morphological, karyological, molecular, and crossing studies. *Annals of the Entomological Society of America* 107: 11-27.
- Aukema B. H., A. L. Carroll., Y. Zheng., J. Zhu., K. F. Raffa., R. D. Moore., K. Stahl., and S. W. Taylor. 2008. Movement of outbreak populations of mountain pine beetle: influences of spatiotemporal patterns and climate. *Ecography* 31: 348-358.
- Ayres M. P., y M. J. Lombardero. 2000. Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens. *The Science of the Total Environment* 262: 263-286.
- Benito-de Pando B., y J. Peñas de G. 2007. “Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica”, *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica* 7: 100-119.
- Bennie J., B. Huntley, A. Wiltshire, M. O. Hill, y R. Baxter. 2008. Slope, aspect and climate: spatially and implicit models of topographic microclimate in chalk grassland. *Ecological modelling* 216: 47-59.
- Bentz B. J., J. Régnière, C. J. Fettig, E. M. Hansen, J. L. Hayes, J. A. Hicke, R. G. Kelsey, y J. F. Negrón, S. J. Seybold. 2010. Climate change and bark beetles of the Western United States and Canada: Direct and indirect effects. *Bioscience* 60: 602-613.
- Bergh G. y A. Promis. 2011. Conservación de los bosques nativos de Chile un análisis al Informe FAO sobre la Evaluación de los Recursos Forestales Nacionales. *Revista Bosque Nativo* 48: 9-11.

- Billings R. F., S. R. Clarke, V. Espino M., P. Cordón C., B. Meléndez F., J. R. Campos, y G. Baeza. 2004. Gorgojo descortezador e incendios: una combinación devastadora para los pinares de América Central. *Unasylva* 217: 15-21.
- Bonan G. B. 2008. Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests. *Science* 320: 1444-1449.
- Botello F., V. Sánchez C., y M. A. Ortega H. 2015. Disponibilidad de hábitats adecuados para especies de mamíferos a escalas regional (estado de Guerrero) y nacional (México). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86: 226-237.
- Cano P. A., O. U. Martínez B., y A. Quiñonez Ch. 2007. Caracterización y diagnóstico del medio físico de la microcuenca Santa Rita del municipio de Arteaga, Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Publicación Especial Núm. 13. Coahuila, México. 44 p.
- Cibrián T. D. 2014. Guía para el monitoreo de plagas forestales a nivel comunitario, adecuada al contexto de la sierra Raramuri. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Proyecto de Reducción de Emisiones por la Deforestación y la Degradación de Bosques de México (Alianza México-REDD+), México, Distrito Federal. 36 p.
- Cibrián T., D., J. T. Méndez M., R. Campos B., H. O. Yates III., y J. E. Flores L. 1995. Insectos Forestales de México/Forest Insects of México. Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México. 453 p.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2015. Superficie forestal afectada por plagas y enfermedades forestales. Base de Datos Estadísticos-Badesniarn. [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/approot/dgeia\\_mce/html/mce\\_index.html?De=BADESNIARN](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/approot/dgeia_mce/html/mce_index.html?De=BADESNIARN). (Consulta: julio de 2016).
- Cuéllar R., G., A. Equihua M., E. Estrada V., T. Méndez M., J. Villa C., y J. Romero N. 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: 12-19.
- Cuéllar R., G., A. Equihua M., J. Villa C., E. G. Estrada V., T. Méndez M., y J. Romero N. 2013. Análisis espacio-temporal de los bosques de *Pinus cembroides* Zucc., atacados por *Dendroctonus mexicanus* Hopkins. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4: 42-49.
- Díaz-Núñez V., G. Sánchez-Martínez, y N. E. Gillete. 2006. Respuesta de *Dendroctonus mexicanus* (Hopkins) a dos isómeros ópticos de verbenona. *Agrociencia* 40: 349-354.

- Domínguez S., B., J. E. Macías S., N. Ramírez M., y J. L. León C. 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: 175-183.
- Dukes J. S., J. Pontius, D. Orwig, J. R. Garnas, V. L. Rodgers, N. Brazeel, B. Cooke, K. A. Theoharides, E. E. Stange, R. Harrington, J. Ehrenfeld, J. Gurevitch, M. Lerdau, K. Stinson, R. Wick, and M. Ayres. 2009. Responses of insect pests, pathogens, and invasive plant species to climate change in the forests of northeastern North America: What can we predict?. *Canadian Journal of Forest Research* 39: 231-248.
- Elith J., C. H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. McC. M. Overton, A. T. Peterson, S. J. Phillips, K. Richardson, R. S. Pereira, R. E. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M. S. Wisz, y N. E. Zimmermann. 2006. Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography* 29: 129-151.
- González E. M., E. Jurado, S. González E., O. Aguirre C., J. Jiménez P., y J. Navar. 2003. Cambio climático mundial: origen y consecuencias. *Ciencia UANL* 6: 377-386.
- Guisan, A., and N. E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- Hayes Ch. J., T. E. DeGomez, K. M. Clancy, K. K. Williams, J. D. McMillin, and J. A. Anhold. 2008. Evaluation of funnel traps for characterizing the bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) communities in Ponderosa Pine forests of North-Central Arizona. *Journal of Economic Entomology* 101: 1253-1265.
- Hijmans J. R., S. Cameron E., J. L. Parra, P. G. Jones, and A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- Hódar J. A., R. Zamora, y L. Cayuela. 2012. Cambio climático y plagas: algo más que el clima. *Ecosistemas* 21: 73-78.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2009b) Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Arteaga, Coahuila de Zaragoza. Clave geoestadística 05004. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/05/05004.pdf>.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009a. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Santiago, Nuevo León. Clave geoestadística 19049. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/19/19049.pdf>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2013. Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Stocker, T. F., D. Qin, G-K. Plattner, M. M. B. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, y P. M. Midgley (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América. 204 pp.
- Islas S., F. 1980. Observaciones sobre la biología y el combate de los escarabajos descortezadores de los pinos: *Dendroctonus adjunctus* Blf; *D. mexicanus* Hpk. y *D. frontalis* Zimm., en algunas regiones de la república mexicana. Boletín Técnico Núm. 66. Instituto Nacional de Investigación Forestal. México. 27 p.
- Jiménez M., E., L. B. López Z., L. I. Toledo M., y M. Zelaya O. 2005 Identificación y fluctuación poblacional e identificación de (*Dendroctonus frontalis* Zimm) y otros insectos descortezadores de pino en Nueva Segovia. La Calera 5: 22-27.
- Kocmánková E., M. Trnka, J. Eitzinger, H. Formayer, M. Dubrovský, D. Semerádová, Z. Žalud, J. Juroch, and M. Možný. 2010. Estimating the impact of climate change on the occurrence of selected pests in the Central European region. Climate Research 44: 95-105.
- Kruskal W. H., and A. Wallis W. 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. Journal of the American Statistical. Association 47: 583-621.
- Lanier G. N., J. P. Hendrichs, and J. E. Flores. 1988. Biosystematics of the *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae) complex. Annals of the Entomological Society of America 81: 403-418.
- Logan J. A., J. Régnière, and J. A. Powell. 2003. Assessing the impacts of global warming on forest pest dynamics. Frontiers in Ecology and the Environment 1: 130-137.
- Martínez, J., y A. Fernández. 2004. Cambio climático: una visión desde México. Instituto Nacional de Ecología, México, D. F., 525 p.
- Mateo R. G., A. M. Felicísimo, y J. Muñoz. 2011. Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. Revista Chilena de Historia Natural 84: 217-240.
- Moser J. C., B. A. Firzibbon, and K. D. Klepzig. 2005. The Mexican pine beetle, *Dendroctonus mexicanus*: first record in the United States and co-occurrence

with the southern pine beetle-*Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae or Curculionidae: Scolytinae). *Entomological News* 116: 235-243.

- Parmesan C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 37: 637-669.
- Pérez-De la Cruz, M., M. A. Hernández-May, A. De la Cruz-Pérez, y S. Sánchez-Soto. 2016. Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) de dos áreas de conservación en Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical* 64: 335-342.
- Phillips S. J., R. Anderson P., and R. Schapire E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- Pliscoff P., y T. Fuentes C. 2011. Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Revista de Geografía Norte Grande* 48: 61-79.
- Rodríguez O. A., A. Equihua M., J. Cibrián T., E. G. Estrada V., J. T. Méndez M., J. Villa C. y R. M. Barrón Y. 2013. Fluctuación de *Dendroctonus adjunctus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) y sus depredadores atraídos por frontalina + alfa-pineno, en los Pescados, Veracruz, México. *Revista Chilena de Entomología* 38: 41-50.
- Rodríguez O. A., A. Equihua M., J. Cibrián T., y E. G. Estrada V. 2010. Fluctuación de *Dendroctonus adjunctus* Blandford (Curculionidae: Scolytinae) y sus depredadores atraídos por frontalina+alfa-pineno, en la estación experimental de Zoquiapan, Edo. de México. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 11: 20-27.
- Salinas M., Y., M. G. Mendoza, M. A. Barrios, R. Cisneros, J. Macías S., and G. Zúñiga. 2004. Areography of the genus *Dendroctonus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Mexico. *Journal of Biogeography* 31: 1163-1177.
- Salinas-Moreno., Y., C. F. Vargas M., G. Zúñiga, J. Víctor, A. Ager, y J. L. Hayes. 2010. Atlas de distribución geográfica de los descortezadores del género *Dendroctonus* (Curculionidae: Scolytinae) en México. Instituto Politécnico Nacional, Comisión Nacional Forestal. 90 p.
- Sánchez M. G., y S. Silva R. 2008. Caracterización de un brote de *Dendroctonus adjunctus* registrado en el estado de Chihuahua. INIFAP. Campo Experimental Pabellón. Folleto técnico Núm. 38. Aguascalientes, México. 48 p.
- Sánchez S. J. A., L. M. Torres E., A. Cano P. y O. U. Martínez B. 2003. Daños y diversidad de insectos descortezadores de coníferas del Noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 28: 41-56.

- Sánchez S., J. A., y L. M. Torres E. 2007. Biología y hábitos del descortezador *Dendroctonus mexicanus* Hopkins y estrategias de control en *Pinus teocote* en Nuevo León. CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 29 Coahuila, México. 35 p.
- Sánchez-Martínez G., R. Narváez-Flores, y J. A. Olivo-Martínez. 2008. Ciclo biológico y patrón estacional del descortezador de las alturas (*Dendroctonus adjunctus* Blandford) en la Sierra la Raspadura, Chihuahua. INIFAP. Campo Experimental Pabellón. Folleto técnico Núm. 37. Aguascalientes, México. 31 p.
- Sánchez-Martínez, G., & Wagner, M. R. (2002). Bark beetle community structure under four ponderosa pine forest stand conditions in northern Arizona. *Forest Ecology and Management*, 170: 145-160.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2005. Capítulo 5. Aprovechamiento de los recursos forestales, pesqueros y de la vida silvestre. SEMARNAT, Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Consulta: 16 noviembre de 2017. Disponible en: [http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/informe\\_mex2005/cap5.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/informe_mex2005/cap5.pdf).
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2008. Norma oficial Mexicana NOM-019-SEMARNAT-2006, Que establece los lineamientos técnicos de los métodos para el combate y control de insectos descortezadores. Diario Oficial. 23 de julio de 2008. 16 p.
- Strom B. L.; R. A. Goyer, and P. J. Shea. 2001. Visual and olfactory disruption of orientation by the western pine beetle to attractant-baited traps. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 100: 63-67.
- Torres E. L. M., y J. A. Sánchez S. 2006. Determinación de la fluctuación estacional de *Dendroctonus adjunctus* Blandford en *Pinus rudis* mediante el uso de feromonas. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto técnico Núm. 27 Coahuila, México. 39 p.
- Torres E. L. M., y J. A. Sánchez S. 2006. Principales insectos descortezadores en los bosques de coníferas del estado de Coahuila. CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 21. Coahuila, México. 31 p.
- Torres E. L. M.; J. A. Sánchez S., A. Cano P., y O. U. Martínez B. 2004. Uso de feromonas en el manejo integrado del descortezador de pinos *Dendroctonus adjunctus* Blandford. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 13. Coahuila, México. 16 p.
- Trotta M. N., J. M. Lobo, y F. J. Cabrero S. 2008. Distribución conocida y potencial de las especies de Geotrupinae (Coleoptera: Scarabaeoidea) en México. *Acta zoológica mexicana* 24(2): 39-65.

- Vázquez C., I., G. Sánchez M., y S. Madrigal H. 2007. Fluctuación poblacional de *Dendroctonus mexicanus* Hopk., bajo dos condiciones de manejo forestal en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 32: 57-77.
- Williams K. K., J. D. McMillin, T. E. DeGomez, K. M. Clancy, and A. Miller. 2008. Influence of elevation on bark beetle (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) community structure and flight periodicity in Ponderosa Pine forests of Arizona. *Environmental Entomology* 37: 94-109.
- Wood S. L. 1986. A reclassification of the genera of Scolytidae (Coleoptera). *Great Basin Naturalist Memoirs* 10: 1-126.
- Zúñiga G., G. Mendoza C., R. Cisneros, y Y. Salinas M. 1999. Zonas de sobreposición en las áreas de distribución geográfica de las especies mexicanas de *Dendroctonus* Erichson (Coleoptera: Scolytidae) y sus aplicaciones ecológico-evolutivos. *Acta Zoológica Mexicana* 77: 1-22.
- Zúñiga G., R. Cisneros, y Y. Salinas. 1995. Coexistencia de *Dendroctonus frontalis* Zimmermann y *D. mexicanus* Hopkins (Coleoptera: Scolytidae) sobre un mismo hospedero. *Acta Zoológica Mexicana* 64: 59-62.