



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

**PRINCIPALES DEPREDADORES ASOCIADOS A *Dendroctonus* spp.
e *Ips* spp. EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA SIERRA GORDA,
QUERÉTARO**

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA

Aminta María Curiel Granados



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Chapingo, México. Diciembre de 2015



La presente tesis titulada “**Principales depredadores asociados a *Dendroctonus* spp. e *Ips* spp. en la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda, Querétaro**” realizada por la alumna Aminta María Curiel Granados bajo la dirección del Comité Asesor indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:



DR. DAVID CIBRIAN TOVAR

CODIRECTOR:



DR. GABRIEL A. RODRIGUEZ YAM

ASESOR:



M. C. RODOLFO CAMPOS BOLAÑOS

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por financiar mi educación y brindarme la oportunidad de crecer académicamente.

A la Universidad Autónoma Chapingo por brindarme enseñanzas y educación.

Al. Dr. David Cibrián Tovar, por sus enseñanzas, apoyo, comprensión y aportes profesionales que contribuyeron a la construcción de este trabajo.

Al Dr. Gabriel A. Rodríguez Yam por el apoyo académico, correcciones y revisiones que enriquecieron el presente trabajo.

Al M. C. Rodolfo Campos Bolaños, por los comentarios, correcciones y revisiones que ayudaron al enriquecimiento de este documento.

Al M. C. Rolando Hernández Ruíz y a los Ing. Jesús Morales Bautista, Ing. Sergio Arturo Quiñonez Favila, Biol. Alcestis Llanderal Arango e Ing. Uriel M. Barrera Ruiz por su apoyo en la colecta y en la fase de laboratorio.

Al Ph. D. Alan Burke por su ayuda como especialista en la identificación de las especies de cléridos.

Al proyecto **“Diagnóstico y propuesta de manejo integral para el control de insectos descortezadores en los bosques templados de la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda (RBSG)”** a cargo de la Universidad Autónoma Chapingo, en coordinación con la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GIZ por sus siglas en Alemán), la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Núcleos agrarios y poseedores de recursos forestales.

A todas aquellas personas que contribuyeron, directa o indirectamente, en la realización de esta meta personal.

DEDICATORIA

A mis padres: Mario (†) y Margarita

A mis hermanos: Rafael, Juana, Maricela, José Alberto

A mis sobrinos: Eneida, Luis, Nancy, Fabiola

A mis amores del cielo: Mario (†) y Fer (†)

A lo más hermoso de mi vida: **Miguel**

A Abbá por pensarme

DATOS BIOGRÁFICOS

Aminta María Curiel Granados nació el 20 de abril de 1980 en el municipio de Pilcaya, Guerrero. La educación primaria la realizó en la Escuela Primaria Federal “Gral. Lázaro Cárdenas del Río” de 1986 a 1992 ubicada en el municipio de Ixtapaluca, Estado de México. De 1992 a 1995 realizó los estudios de secundaria en la Secundaria Oficial 572 Gral. Plutarco Elías Calles en Ixtapaluca, Edo. de México. El nivel medio superior lo cursó en la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo de 1995 a 1998. En el año 1998 inició la licenciatura en la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo, cursando la carrera de Ingeniero Forestal, egresando en 2002 con la tesis titulada *Evaluación del deterioro de Eucalyptus camaldulensis Dehnh. Infestados por el psílido Glycaspis brimblecombei Moore en Chapingo, Texcoco, Estado de México* presentada en junio de 2003.

Como profesionista ha laborado en la UCODEFI Topia en Santiago Papasquiaro, Dgo. como auxiliar técnico apoyando en los programas PRODEFOR y PAC; en el Departamento de Sanidad Forestal de la Comisión Forestal del Estado de Michoacán como auxiliar técnico realizando evaluaciones fitosanitarias de los viveros de la Comisión; en la Dirección General de Desarrollo Rural del H. Ayuntamiento de Ixtapaluca como Jefa de Departamento Forestal coordinando actividades de prevención y combate de incendios forestales, así como reforestaciones y seguimiento al Programa de Ordenamiento Ecológico municipal; en el vivero Ixtapaluca de PROBOSQUE como Jefa de Vivero realizando actividades para el proceso de producción de planta. En agosto de 2013 inició estudios de Maestría en la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo.

PRINCIPALES DEPREDADORES ASOCIADOS A *Dendroctonus* spp. e *Ips* spp. EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA SIERRA GORDA, QUERÉTARO

Aminta M. Curiel-Granados¹, David Cibrián-Tovar²

RESUMEN

Los enemigos naturales de los descortezadores desempeñan un papel importante en la dinámica poblacional de su presa. En bosques de pino de la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda (RBSG), Querétaro, los descortezadores *Dendroctonus* spp. e *Ips* spp. han causado severos daños. El presente estudio evaluó la respuesta de atracción de los principales depredadores asociados a descortezadores mediante trampas multiembudo cebadas con dos semioquímicos y su distribución espacial y temporal. En el vaso colector de cada trampa se colocó una banda plástica de insecticida (i.a tetraclorvinfos). Las trampas se colocaron en cinco sitios ubicados a diferentes altitudes en la RBSG. Los insectos se recolectaron cada semana, el cambio de atrayentes se realizó cada seis semanas. Los principales depredadores capturados fueron *Temnochila ca. chlorodia* (n=2,367), *Elacatis* sp. (n=845), *Enoclerus ablusus* (n=439) y *Enoclerus arachnodes* (n=33). *T. ca. chlorodia* y *E. arachnodes* se capturaron más con el atrayente frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno; *Elacatis* sp. y *E. ablusus* respondieron mejor a la mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron. *Elacatis* sp. mostró mayor abundancia a 1,602 m; *E. ablusus* y *T. ca. chlorodia* se capturaron más a 1,592 m; *E. arachnodes* se ubicó principalmente a 3,052 m.

Palabras clave: Atrayentes, *Elacatis* sp., *Enoclerus* spp., rango altitudinal, *Temnochila* spp., trampas multiembudo.

ABSTRACT

The natural enemies of bark beetles play an important role in the population dynamics of prey. In pine forests of the Biosphere Reserve Sierra Gorda (BRSG), Querétaro, the bark beetles *Dendroctonus* spp. and *Ips* spp. caused severe damage. This study evaluated the response of attracting of top predators associated to bark beetles through multifunnel traps baited with two semiochemicals and their spatial and temporal distribution. In the collection cup of each trap a plastic band insecticide (ia tetrachlorvinphos) was placed. The traps were placed at five sites located at different altitudes of the RBSG. The insects were collected each week, the change of attractants is performed every six weeks. The main predators captured were *Temnochila ca. chlorodia* (n=2,367), *Elacatis* sp. (n=845), *Enoclerus ablusus* (n=439) y *Enoclerus arachnodes* (n=33). *T. ca. chlorodia* y *E. arachnodes* are captured most with the attractant frontaline + endo-brevicomine + α and β -pinene; *Elacatis* sp. y *E. ablusus* responded better to the pheromone mixture ipsenol + ipsdienol + lanierol. *Elacatis* sp. showed greater abundance to 1,602 m; *E. ablusus* y *T. ca. chlorodia* were captured in greater numbers to 1,592 m; *E. arachnodes* was mainly located at 3,052 m.

Key words: Attractants, *Elacatis* sp., *Enoclerus* spp., altitudinal range, *Temnochila* spp., multiembudo traps.

¹ Tesista del Posgrado en Ciencias Forestales, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

² Director. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. HIPÓTESIS	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1 El género <i>Dendroctonus</i> spp. en México.....	5
4.2 El género <i>Ips</i> spp. en México	6
4.3 Estrategias de infestación de los descortezadores.....	7
4.4 Semioquímicos.....	8
4.5 Depredadores de los descortezadores <i>Dendroctonus</i> spp. e <i>Ips</i> spp.	11
5. METODOLOGÍA.....	18
5.1 Área de estudio.....	18
5.2 Instalación de trampas.....	20
5.3 Procesamiento de datos en laboratorio	22
5.4 Análisis estadístico.....	23
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
6.1 Identificación de depredadores	26
6.2 Monitoreo de descortezadores y depredadores	30
6.2.1 <i>Elacatis</i> sp	34
6.2.2 <i>Enoclerus ablusus</i>	36
6.2.3 <i>Enoclerus arachnodes</i>	37
6.2.4 <i>Temnoscheila</i> ca. <i>Chlorodia</i>	40
6.3 Coeficientes de correlación.....	43
7. CONCLUSIONES.....	45
8. LITERATURA CITADA.....	48
9. ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Vegetación predominante en los sitios de monitoreo.....	20
Cuadro 2. Distribución por periodo del monitoreo realizado en la RBSG, Querétaro...	23
Cuadro 3. Concentrado de insectos descortezadores y depredadores colectados con el atrayente frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno.....	32
Cuadro 4. Concentrado de insectos descortezadores y depredadores colectados con la mezcla feromonal ipsenol + ipsdienol + lanieron.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de área de estudio, Reserva de la Biósfera Sierra Gorda (RBSG), Querétaro.	19
Figura 2. Trampas en los sitios de monitoreo. A) El Pílon, B) El Tepozán, C) El Lobo, D) El Durazno y E) La Pingüica.	21
Figura 3. <i>Enoclerus ablusus</i> , A) nótese las puntuaciones presentes en los élitros; B) banda continua en la parte media de los élitros, ejemplar conespecífico de <i>E. ablusus</i>	27
Figura 4. <i>Elacatis</i> sp.	28
Figura 5. <i>Temnoscheila</i> ca. <i>chlorodia</i> a) cabeza y pronoto con ángulos apicales pintiagudos; b) genitalia de una hembra.	29
Figura 6. Capturas de <i>Elacatis</i> sp. en los sitios de monitoreo en la RBSG, Querétaro.	35
Figura 7. Capturas de <i>Enoclerus ablusus</i> en los sitios de monitoreo en la RBSG, Querétaro.	37
Figura 8. Capturas de <i>E. arachnodes</i> en los sitios de monitoreo en la RBSG, Querétaro.	38
Figura 9. Capturas de <i>T. ca. chlorodia</i> en los sitios de monitoreo en la RBSG, Querétaro.	42

1. INTRODUCCIÓN

Los insectos descortezadores de la familia Scolytidae, principalmente los géneros *Dendroctonus* spp. e *Ips* spp., son de gran importancia económica. Tienen una amplia gama de hospederos y resultan interesantes debido al uso de feromonas de agregación, las cuales aseguran la colonización masiva de los árboles atacados (Wood, 1982; Kirkendall, 1983).

Estos insectos pueden afectar árboles individuales, grupos pequeños o grandes masas forestales (Billings *et. al.*, 1996). La afectación se traduce en pérdidas económicas, además de daño ecológico y social.

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

La colonización y reproducción exitosa de los descortezadores en un árbol vivo requiere la liberación suficiente de feromona de agregación para asegurar la atracción de congéneres suficientes para agotar las defensas del árbol hospedante. Sin embargo, después de matar al árbol no se liberan feromonas por más tiempo para evitar una mayor competencia (Berryman *et. al.*, 1985).

En México el daño por insectos descortezadores ha sido significativo, en el periodo 2011-2013 la afectación por este tipo de plaga afectó una superficie de 562,815 hectáreas y un volumen aproximado de 2 millones de m³, principalmente en los estados de Chihuahua y Durango.

En el estado de Querétaro, en el mismo periodo, se tuvo una afectación por descortezadores en 5,965 hectáreas con un volumen dañado de 73,713 m³. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT), 2012, 2013b, 2014); la afectación se dio principalmente dentro de terrenos ubicados en la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda (RBSG), la cual es considerada una región prioritaria para la conservación por la biodiversidad que alberga.

Las infestaciones de *Dendroctonus frontalis* y *D. mexicanus* generaron preocupación por parte de propietarios de predios y administradores de la RBSG, por lo que se urgió a desarrollar una estrategia de manejo de estas plagas; ante ello se generó un programa de monitoreo y registro de las poblaciones de insectos plaga y de sus insectos asociados. En el presente estudio se plantea conocer a los insectos depredadores y su relación con *Dendroctonus frontalis*, *D. mexicanus* e *Ips* spp.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Evaluar la respuesta de atracción a semioquímicos de los principales depredadores de *Dendroctonus* spp. e *Ips* spp. mediante trampas cebadas para conocer su distribución espacial y temporal en la RBSG, Querétaro.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar los principales depredadores asociados a *Dendroctonus* spp. e *Ips* spp. mediante el uso de claves y la revisión por especialistas de los insectos capturados.
- Analizar la atracción de los principales depredadores de *Dendroctonus* spp. e *Ips* spp. hacia alguno de los atrayentes empleados
- Determinar la distribución en un rango altitudinal y a través del tiempo de los principales depredadores encontrados en la RBSG.
- Estimar la correlación que existe entre los insectos descortezadores y los principales depredadores capturados en la RBSG.

3. HIPÓTESIS

El presente trabajo plantea las siguientes hipótesis:

1. H_0 : No existe diferencia de atracción entre los cebos empleados y la captura de los principales insectos depredadores de *Dendroctonus* spp. e *Ips* spp. en la RBSG.

H_i : Existe diferencia de atracción al menos en uno de los cebos empleados, lo que influye en la captura de los principales insectos depredadores de *Dendroctonus* spp. e *Ips* spp. en la RBSG.

2. H_0 : No hay diferencia en la colecta de los principales depredadores de *Dendroctonus* spp. e *Ips* spp. en relación a las diferentes altitudes donde se establecieron los sitios de estudio.

H_i : Existe diferencia en la colecta de los principales depredadores de *Dendroctonus* spp. e *Ips* spp. al menos en uno de los sitios de estudio.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 El género *Dendroctonus* spp. en México

En México se encuentran 12 especies de este género (Salinas-Moreno *et al*, 2004). Varias de ellas tienen gran importancia económica, como lo son *Dendroctonus adjunctus* (Blandford), *D. frontalis* (Zimmermann), *D. mexicanus* (Hopkins), *D. pseudotsugae* (Hopkins) entre otros; se les reconoce como plagas forestales de gran importancia en el país. El reconocimiento específico se fundamenta en características morfológicas de los órganos genitales externos de los machos (Cibrián *et al*, 1995; SEMARNAT, 2013).

Cibrián *et al*. (1995) presentan una diagnosis del género modificada de la propuesta por Wood (1982):

...“El género se reconoce por ser de color café oscuro a negro, aunque algunas especies son rojizas. La frente es convexa y a menudo puede llevar elevaciones o tubérculos. Los ojos son ovales y enteros. Las antenas tienen un funículo formado por cinco segmentos, que dan base a una clava aplanada y subcircular 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 e interestrias con granulaciones y terminan en un declive elitral convexo y cubierto con setas que, según su tamaño y abundancia, sirven para identificar las especies”.

Las especies de *Dendroctonus* se distribuyen en ambientes templados y templados-fríos; las altitudes en las que se encuentran principalmente van de los 1,700 a los 2,500 metros sobre el nivel del mar (msnm). Sin embargo se les encuentra desde los 600 msnm hasta cerca de los 4,000 msnm (Salinas-Moreno *et al.*, 2004).

El género *Dendroctonus* en México presenta polifagia sobre el género *Pinus*, aunque diversos factores ecológicos, químicos y geográficos determinan que algunas especies de pinos sean preferidas por determinadas especies de insectos (Salinas-Moreno *et al.*, 2004).

Es común la simpatria geográfica entre varias de las especies de *Dendroctonus*, lo que da lugar a una coexistencia espacio-temporal entre ellas a lo largo de su distribución geográfica (Zúñiga *et al.*, 1995; Zúñiga *et al.*, 1999).

4.2 El género *Ips* spp. en México

Las especies de *Ips* se encuentran ampliamente distribuidas en los bosques de pino de todo el país. Algunas de ellas son plagas de importancia, porque

pueden causar la muerte de árboles o reducir la calidad de la madera. Son importantes competidores de las especies de *Dendroctonus*.

El género es fácil de identificar por presentar el declive elitral cóncavo, con 3 a 6 espinas en cada uno de sus lados. Su tamaño varía de 2.1 a 5.9 mm de longitud; son de forma cilíndrica el color varía de amarillento, café oscuro a casi negro. El pronoto cubre la cabeza desde la vista dorsal (Cibrián *et al.*, 1995).

4.3 Estrategias de infestación de los descortezadores

El proceso de infestación de los descortezadores comprende tres etapas principales: emergencia y dispersión, colonización y producción y desarrollo de las crías. Estas etapas se repiten continuamente (Coulson, 1979; Stark, 1982).

Las estrategias reproductivas pueden dividirse en tres tipos, dependiendo de dónde y cuándo se realice el apareamiento y el inicio de la construcción de la galería. En especies “monógamas”, las hembras inician el ataque y se unen a un solo macho. En especies “polígamas” el macho inicia los ataques, generalmente excavando una cámara nupcial donde se aparea con varias hembras. Algunas especies son “solitarias”, con las hembras apareadas atacan hospedantes debilitados pero vivos (Raffa *et al.*, 2015).

En especies monógamas, las hembras llegan a un árbol e inician la construcción de una galería mientras liberan feromonas. Los machos llegan e intentan entrar en la galería, una vez que entran se aparean. Un pequeño

porcentaje de las hembras se aparean antes de que emerjan (Bleiker *et al.*, 2013), y pueden llegar a un nuevo hospedante ya fértiles, lo que les permite construir una galería y producir descendencia sin otro macho (Raffa *et al.*, 2015).

Los productos químicos de los árboles hospederos juegan un papel importante en las estrategias reproductivas de los descortezadores debido a que pueden resultar atractivos, repelentes, tóxicos o nutritivos. Pueden influir en la selección del hospedante idóneo, la estimulación y disuasión de la alimentación, la resistencia del hospedero, la biosíntesis y comunicación feromona/alomona, así como en la atracción de los depredadores, parásitos y competidores de los insectos descortezadores (Byers, 1995).

La atracción de los descortezadores a sus feromonas suele darse por la unión con los monoterpenos del hospedante (Miller and Borden, 1990).

Los descortezadores usan terpenos oxigenados como feromonas de agregación. Estos pueden ser metabolizados a partir de compuestos del árbol hospedante, producidos tras la estimulación de los componentes del hospedero convertidos por la asociación microorganismos-descortezador (Seybold *et al.*, 2000).

4.4 Semioquímicos

Byers (1989) señala que la ecología química ha sido restringida al estudio de los productos químicos (semioquímicos) que median las interacciones entre los

individuos de una especie (feromonas) o entre especies co-evolucionadas (aleloquímicos como kairomonas y alomonas).

Las alomonas son compuestos químicos emitidos por un organismo, que provocan una reacción en otro organismo de una especie diferente y que resultan favorables para el emisor pero no para el receptor. Por su parte las kairomonas son compuestos emitidos por una especie que provocan beneficios para los individuos de otra especie pero que afecta a la especie que lo emite (Withman, 1988).

Un compuesto semioquímico puede actuar de varias formas al mismo tiempo; por ejemplo, una feromona de agregación atrae individuos de una especie pero a su vez puede atraer a sus enemigos naturales, en cuyo caso tendría una acción kairomonal. Los monoterpenos liberados por las coníferas pueden actuar como alomonas o kairomonas dependiendo del efecto que tengan en los organismos (Sánchez-Martínez *et al.*, 2007).

Diversas investigaciones se han llevado a cabo a través de los años para conocer la ecología química de los descortezadores, para identificar los semioquímicos específicos que intervienen en el proceso de ataque y que pueden ser útiles en el monitoreo de los descortezadores (Byers, 1989).

Entre los resultados obtenidos podemos mencionar que las hembras de *Dendroctonus frontalis* producen una feromona de agregación denominada frontalina (Kinzer *et al.*, 1969); las hembras de *Dendroctonus brevicomis* (LeConte) producen exo-brevicomina y los machos frontalina (Byers *et al.*,

1984). *Dendroctonus mexicanus* y *D. adjunctus* producen también la feromona frontalina (Mayers and McLaughlin, 1991).

A partir de los datos obtenidos en las investigaciones se han desarrollado señuelos comerciales (cebos) con semioquímicos multicomponentes destinados para la captura, y monitoreo, de las especies de mayor importancia económica; son generalmente específicas para las especies pero no están probadas a nivel regional (Byers, 2004; Sánchez-Martínez *et al.*, 2007).

Los cebos se colocan en trampas para insectos descortezadores. Dichas trampas consisten de una serie de embudos ensamblados de manera vertical. Al llegar los insectos a la trampa chocan con un embudo y caen a un contenedor donde quedan atrapados. En el fondo del contenedor se coloca un insecticida para evitar que los insectos escapen o sufran daño por insectos depredadores (Sánchez-Martínez *et al.*, 2007).

Varios estudios de campo han demostrado que al monitorear insectos descortezadores con semioquímicos también son atraídos sus depredadores (Byers, 1995; Sánchez-Martínez and Wagner, 2002; Dahlsten *et al.*, 2004).

Los enemigos naturales localizan a sus presas usando semioquímicos, es decir, que pueden utilizar las feromonas de los escarabajos como kairomonas específicos del hospedante o los volátiles emitidos por el árbol en respuesta al ataque del descortezador plaga (Aukema *et al.*, 2004).

Los componentes clave de atracción para la ubicación de los hospederos de coleópteros depredadores son los compuestos emitidos por los árboles

huésped tales como el etanol y alfa-pineno, y los monoterpenos sintetizados por los descortezadores plaga que forman la feromona de agregación, por ejemplo frontalina, cis-verbenol o ipsdienol (Schroeder and Weslien, 1994; Aukema *et al.*, 2000; Aukema and Raffa, 2005).

4.5 Depredadores de los descortezadores *Dendroctonus* spp. e *Ips* spp.

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

Algunos enemigos naturales llegan al mismo tiempo que los insectos descortezadores a los árboles recién atacados (Raffa *et al.*, 2015); otros siguen una secuencia distinta, los depredadores llegan antes que los parasitoides y colocan sus huevecillos junto a los descortezadores plaga, esto garantiza la sincronía entre las larvas del depredador y los huevecillos de los descortezadores plaga, de los cuales se alimentan las larvas.

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

Wegensteiner *et al.* (2015) señalaron que la gama de depredadores que atacan a los descortezadores plaga es muy amplia e incluye, entre otros, a escarabajos (Coleóptera), moscas (Díptera), chinches (Hemíptera), ácaros (Acari).

El orden Coleóptera incluye diversos depredadores. Pueden alimentarse de su presa en la superficie y debajo de la corteza; dependiendo de su tamaño, pueden consumir todas las etapas de vida de los descortezadores plaga, es decir, desde huevecillo hasta adulto (Wegensteiner *et al.*, 2015).

Puesto que las larvas de coleópteros depredadores suelen ser muy grandes, es frecuente que se encuentren en las secciones inferiores de los troncos de los árboles, donde la corteza es más gruesa (Stephen and Dahlsten, 1976; Gargiullo and Berisford, 1981; Wermelinger, 2002).

Entre los insectos que son depredadores se encuentran organismos de las familias Cleridae, Ostomidae, Carabidae, Staphylinidae, Histeridae, entre otros (Islas, 1980).

Cibrián (1987), estudiando la biología y disposición de *Dendroctonus adjunctus* encontró como depredadores a *Elacatis* sp. (Pascoe) de la familia Othnidae, así como a *Enoclerus arachnodes* (Klug), *Medetera* sp., *Corticeus* sp., y a larvas de las familias Orthoperidae, Colydiidae, Ostomidae, Staphylinidae y Elateridae, entre otras.

Los coleópteros depredadores más notables son los cleridae, sobre todo en las infestaciones de especies de *Dendroctonus* en Norte América. Esta familia incluye algunas especies muy importantes como *Thanasimus formicarius* (L.) en

Europa y *Thanasimus dubius* (F.) en Norte América. Varias especies de *Enoclerus* también están presentes en América (Wegensteiner *et al.*, 2015).

El consumo de insectos descortezadores adultos por cléridos es muy importante; *T. formicarius* consume 50 presas larvales durante su desarrollo larval (Mills, 1985; Dippelet *et al.*, 1997) y *Enoclerus lecontei* (Wolcott) hasta 158 presas durante toda su vida (Berryman, 1966).

Algunas especies de la familia Trogossitidae son reportadas como depredadores de descortezadores. En Norte América, *Temnochila virescens* (F) y *T. chlorodia* (Mannerheim) se encuentran con frecuencia en bosques de pino infestados con especies de *Dendroctonus* e *Ips* (Wegensteiner *et al.*, 2015). Es importante señalar que el descriptor de este género, Westwood, en 1830 lo denominó *Temnoscheila*; en 1844 Erichson realizó una enmienda cambiándolo a *Temnochila*; en una revisión de la familia Trogossitidae, Kolibáč (2013) consideró que la enmienda es injustificada y retoma el nombre empleado por Westwood. En el presente estudio se considera al género como *Temnoscheila*.

Los coleópteros de las familias cleridae y trogossitidae se alimentan de insectos descortezadores que arriban a un nuevo hospedante, ovipositan en las grietas de la corteza y sus larvas se introducen en las galerías de su presa donde se alimentan de cualquier organismo que se encuentren en el interior, incluyendo organismos de su misma especie (Raffa *et al.*, 2015).

Billings and Cameron (1984) señalan que *T. virescens* responde casi exclusivamente a atrayentes producidos por especies de *Ips* y muestra poca

respuesta a los atrayentes de *Dendroctonus frontalis*. Por su parte, Hofstetter *et al.* (2012) señalan que el α -pineno de los árboles aumenta significativamente la captura de *T. chlorodia* en trampas.

En México se han llevado a cabo diversos monitoreos de poblaciones de *Dendroctonus* e *Ips*, así como de sus enemigos naturales.

Macías *et al.* (2004) señalan que los depredadores que más se capturan en trampas cebadas con feromonas de *Dendroctonus* corresponden a las familias Trogositidae y Cleridae.

Domínguez-Sánchez *et al.* (2008) evaluaron la diversidad de escarabajos descortezadores y la respuesta de sus coleópteros asociados mediante feromonas comerciales de agregación. La evaluación se realizó en el estado de Chiapas. Los depredadores encontrados fueron *Temnochila chlorodia*, *Enoclerus ablusus* Barr. y *Elacatis* sp.

Rodriguez *et al.* (2010) identificaron a *Enoclerus arachnodes* y a *Cymatodera* spp como los principales enemigos naturales de *Dendroctonus adjunctus* en la Estación Forestal Experimental de Zoquiapan, Estado de México.

Rodriguez *et al.* (2013) en Los Pescados, Veracruz realizaron un estudio para determinar la fluctuación poblacional de *Dendroctonus adjunctus* y sus depredadores atraídos por frontalina más alfa-pineno; los principales depredadores que encontraron fueron *Enoclerus arachnodes*, *Cymatodera* spp. y *Temnochila virescens*.

En un experimento realizado en el municipio de Motozintla, Chiapas, para evaluar la respuesta de los descortezadores *D. frontalis* e *Ips* spp. y sus depredadores a trampas cebadas con feromonas y kairomonas comerciales de Estados Unidos, encontraron a los depredadores *Enoclerus ablusus*, *Elacatis* sp., *Temnochila chlorodia*, *T. virescens* y *Tenebroides corticalis* (Melsheimer) (Macías *et al.*, 2014).

A continuación se presentan algunas características de los principales depredadores de los descortezadores.

***Elacatis* sp.**

Son similares en apariencia a los cleridae; se alimentas de diferentes especies de insectos. Las larvas se reconocen con facilidad por presentar los “cerci” armados de una espina fuerte en su margen interno (Cibrián, 1987). Este género pertenece a la familia Salpingidae, la cabeza abruptamente constreñida es una característica de este grupo. El género *Elacatis* sp. se caracteriza por presentar cavidades procoxales cerradas, es algo similar a cucujoid; los élitros son bicoloreados y tienen ojos grandes (Lawrence, 2011).

***Enoclerus* spp.**

De acuerdo a Burke *et al.* (2011), los caracteres diagnósticos para identificar de manera rápida este género son el pronoto subesférico, los márgenes laterales

fuertemente redondeados, antenas extendiéndose no más allá del tercio distal pronotal y mazo antenal compacto.

Los adultos presentan el cuerpo delgado a robusto, miden entre 5 a 18 mm, son fuertemente pubescentes; la coloración del integumento variable, desde unicoloreados hasta con tres o más tonos presentes, diferencias mayormente visibles en la superficie de los élitros; ojos fuertemente escotados; antena capitada, con 11 segmentos antenales fuertemente unidos entre sí, mazo antenal conformado por los segmentos antenales 9-11, mazo fuertemente unido; 5 segmentos abdominales visibles (Burke *et al.*, 2011).

***Temnoscheila* spp. (syn. *Temnochila*)**

La mayoría de las especies presenta coloración metálica azul, verde o púrpura; la longitud del cuerpo varía de 9 a 26 mm; cabeza subconvexa, en el ápice casi tan ancha como el pronoto; con impresión longitudinal o línea mediana en la mayoría de las especies; ojos transversales, no prominentes; antena de 11 segmentos, maza antenal asimétrica de tres segmentos, campos sensoriales presentes (Barrón, 1971; Kolibáč, 2013).

Protórax subconvexo, márgenes laterales claramente marcados, prominentes hacia el ápice; ángulos apicales producidos en sentido anterior, interrumpiendo márgenes anteriores de pronoto y proesterno, este último más o menos plano, no o poco comprimido entre coxas; cavidades coxales delanteras cerradas; tibia frontal con o sin espinas; tibias media y trasera externamente y sin espinas.

Elitros subconvexos sin impresión basal; puntuaciones dispuestas en serie; intervalos con puntuaciones variables. Todos los machos de *Temnoscheila* se distinguen fácilmente por el *submentum* con un canal medio distintivo (Barrón, 1971).

5. METODOLOGÍA

5.1 Área de estudio

La RBSG abarca una superficie de 383,567-44-87.5 ha, está ubicada en la zona de transición entre la región Neártica y la región Neotropical. Presenta alturas que van desde los 300 hasta los 3,100 msnm, lo que propicia numerosas variantes climáticas que favorecen el establecimiento de comunidades vegetales representativas de la flora mexicana asociadas con algunas poblaciones frágiles de fauna silvestre (INE, 1999).

Presenta diversos climas, parte de los municipios de Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Pinal de Amoles y Landa de Matamoros (municipios donde se colocó el monitoreo) tienen un clima del tipo (A)C1(w0)(w); es el más seco de los subhúmedos, con régimen en verano, temperatura media del mes más frío superior a los 18 °C, bajo porcentaje de lluvias invernal menor del 5%, con verano cálido isotermal. Se tienen además climas templados subhúmedos con lluvias en verano C(w2) y C(w2) (w), con verano cálido, el más húmedo de los subhúmedos, con escasa precipitación invernal y extremoso; comprende altitudes entre 2,000 y 2,500 msnm (INE, 1999).

La Reserva exhibe diferentes tipos de vegetación, siendo los principales el bosque tropical subcaducifolio, bosque tropical caducifolio, el bosque mesófilo de montaña, el bosque de encino, el bosques de coníferas y el matorral xerófilo (INE, 1999).

Los géneros predominantes en los bosques de coníferas son *Pinus*, *Juniperus*, *Cupressuss* y *Abies*.

El presente estudio se realizó en cinco sitios en la RBSG en bosques de coníferas. Las trampas se instalaron en los parajes El Pílon (W), El Tepozán (T), El Durazno (D), El Lobo (L), El Durazno (D) y La Pingüica (P) (Figura 1).

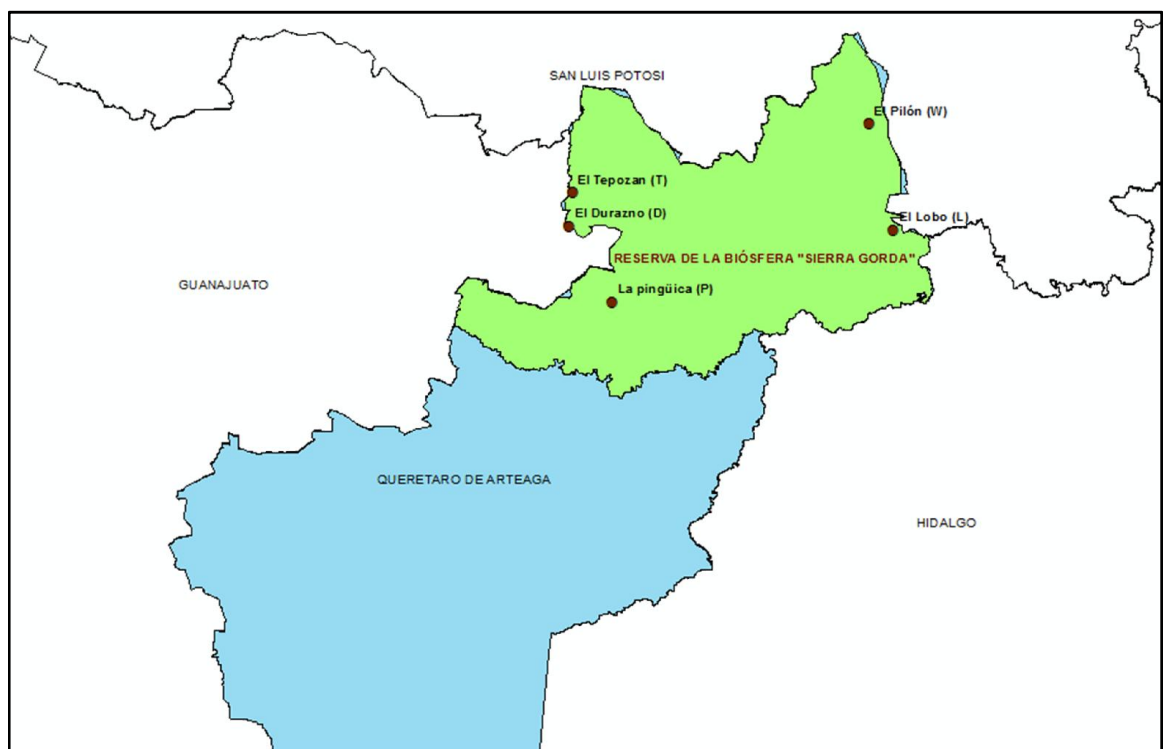


Figura 1. Ubicación de área de estudio, Reserva de la Biósfera Sierra Gorda (RBSG), Querétaro.

Las especies de árboles predominantes en las zonas donde se estableció el estudio se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Vegetación predominante en los sitios de monitoreo.

Paraje	Municipio	Altitud media (msnm)*	Especies dominantes
El Pílon (W)	Jalpan de Serra	1,139	<i>Pinus greggii</i>
El Tepozán (T)	Arroyo Seco	1,592	<i>Pinus oocarpa</i>
El Lobo (L)	Landa de Matamoros	1,602	<i>Pinus greggii</i>
El Durazno (D)	Arroyo Seco	2,237	<i>Pinus cembroides</i>
La Pingüica (P)	Pinal de Amoles	3,052	<i>Pinus hartwegii</i>

* msnm: metros sobre el nivel del mar.

5.2 Instalación de trampas

En cada paraje se colocaron cuatro trampas de intersección multiembudo (Figura 2): dos con atrayente de *Dendroctonus* spp. (frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno), y dos con atrayente de *Ips* spp (mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron).

En cada sitio la primera trampa se colocó a una distancia no menor de 300 metros de un brote activo o de una área con saneamiento fitosanitario (actual o con antecedentes); las siguientes tres trampas se colocaron a 150 m aproximadamente una de otra y con una diferencia altitudinal menor a 100 metros entre trampas; el vaso colector de las trampas se localizó a 1.5 m de altura respecto al suelo.

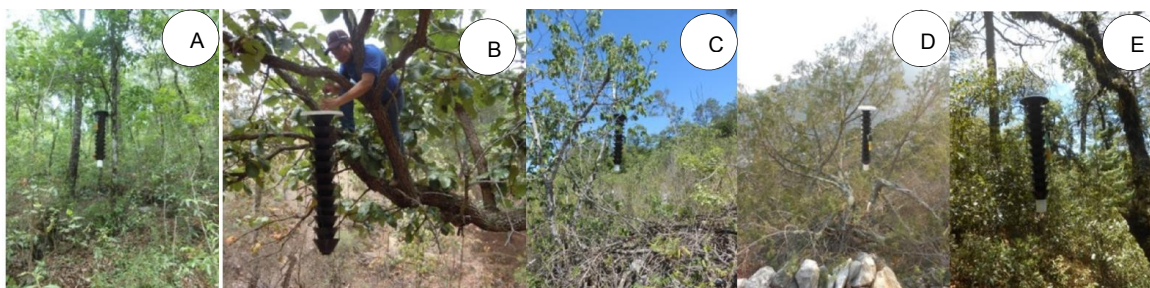


Figura 2. Trampas en los sitios de monitoreo. A) El Pílon, B) El Tepozán, C) El Lobo, D) El Durazno y E) La Pingüica.

Las trampas se dispusieron en especies latifoliadas para evitar la creación de nuevos brotes. Los atrayentes empleados se distribuyeron aleatoriamente en las cuatro trampas de cada sitio.

En el vaso colector de las trampas se colocó una banda plástica de insecticida (i.a tetraclorvinfos) para evitar la pérdida y/o deterioro de los insectos atrapados o partes de ellos (élitros, antenas, patas, entre otros), necesarios para su identificación.

El atrayente de *Dendroctonus* spp. así como la mezcla feromonal de *Ips* spp. fueron adquiridos de Sinergy Semiochemicals Corp. El cambio de los atrayentes se realizó cada seis semanas.

El monitoreo se realizó del 17 de mayo al 04 de octubre de 2014. La colecta del material se realizó semanalmente. Las muestras se colocaron en frascos con alcohol al 96%. Cada frasco se etiquetó con datos referentes al sitio, tratamiento, réplica y fecha de colecta.

Una vez colectados los insectos de todas las trampas, los frascos se colocaron en una hielera y se trasladaron al Laboratorio de Parasitología Forestal de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo donde se procesaron para su identificación taxonómica y para determinar el número de ejemplares atrapados.

En el monitoreo realizado en los bosques templados de la RBSG, Querétaro se estudiaron los insectos descortezadores primarios (*Dendroctonus* spp.), los insectos descortezadores secundarios (*Ips* spp. y *Pseudips*) y sus principales depredadores. En el presente estudio se hace énfasis en los depredadores y su relación con los principales descortezadores.

5.3 Procesamiento de datos en laboratorio

El contenido de cada frasco se vació en un cedazo, se lavó varias veces con agua corriente y se colocó en cajas de Petri con alcohol para eliminar impurezas (ramillas, corteza, hojas, entre otras).

Una vez limpios los insectos, con ayuda de un microscopio estereoscópico (Leica Zoom 2000), pinzas entomológicas y agujas de disección, se inició con el conteo e identificación de los mismos por familia, género y/o especie.

La identificación se basó en la información disponible. Cada grupo de insectos se guardó en frascos BD vacutainer® en alcohol al 96%; a cada frasco se le

colocó una etiqueta con datos de fecha de colecta, sitio y la clave del género o familia a la que correspondió.

La identificación de los principales depredadores atrapados en las trampas se realizó mediante características morfológicas y siguiendo la información de Barrón (1971) y Kolibáč (2013) para Trogossitidae; Lawrence (2001) para Salpingidae, Burke *et al.* (2011) para Cleridae, así como la información del Manual de Goyer *et al.* (1980). También se consultó Cibrián *et al.* (1995) para las características de otros insectos, así como a especialistas sobre las familias encontradas para identificar mejor los insectos colectados.

5.4 Análisis estadístico

Para estudiar las abundancias de los depredadores los datos obtenidos se agruparon en bloques de cuatro semanas, denominados mes, como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Distribución por periodo del monitoreo realizado en la RBSG, Querétaro.

Mes	Periodo englobado (2014)
1	17 de mayo – 14 de junio
2	14 de junio – 12 de julio
3	12 de julio – 09 de agosto
4	09 de agosto – 06 de septiembre
5	06 de septiembre – 04 de octubre

Se propuso un modelo lineal generalizado donde la variable respuesta es la distribución Poisson, debido a que este tipo de distribución brinda un modelo para variables aleatorias donde se registra el número de un evento de interés en una unidad de tiempo o espacio (Agresti, 2002; Di *et al.*, 2008).

Para incluir los “efectos” de los atrayentes, los sitios y los meses, la ecuación del modelo lineal generalizado completo que se consideró es:

$$Y_{ijk} \sim \text{Poisson}(\lambda_{ijk}) \dots \dots \dots (1)$$

$$\log(\lambda_{ijk}) = \alpha + \beta_i + \tau_j + \gamma_k,$$

Dónde:

Y_{ijk} : Número de insectos atrapados con el atrayente i , en el sitio j en el mes k .

α : Intercepto del modelo

β_i : Efecto del i -ésimo atrayente

τ_j : “Efecto” del j -ésimo sitio

γ_k : “Efecto” del k -ésimo mes.

Se utilizó el Criterio de Información de Akaike (AIC) para averiguar si se debe considerar un submodelo del modelo completo en (1). Dicho criterio consiste en seleccionar aquel modelo con el menor valor AIC (Solera, 2000).

Para ajustar los modelos/submodelos se implementó la función GLM del Proyecto R versión 3.2.0 (Team, 2015). Es importante señalar que al

contrastarse un factor principal con los elementos correspondientes y existir en algunos casos solo dos elementos, solo aparece un factor de respuesta.

Se obtuvo además el coeficiente de correlación de Pearson entre los depredadores y los descortezadores por tipo de atrayente empleado en aquellos sitios que presentaron mayores capturas. Las correlaciones se calcularon con la función `cor.test` del Proyecto R versión 3.2.0 (Team, 2015).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Identificación de depredadores

Se registró principalmente la presencia de insectos de las familias Carabidae, Cerambycidae, Cleridae, Cucujidae, Curculionidae Histeridae Salpingidae Staphylinidae Tenebrionidae y Trogositidae asociados a 14 especies de descortezadores, a saber: *Dendroctonus frontalis*, *D. mexicanus*, *D. adjunctus*, *D. approximatus*, *D. valens*, *D. parallelcollis*, *Ips confusus*, *I. integer*, *I. bonaneai*, *I. lecontei*, *I. cribricollis*, *I. calligraphus*, *I. grandicollis* y *Pseudips mexicanus*.

Los principales depredadores asociados a los descortezadores, por el número de insectos atrapados, pertenecen a las familias Cleridae, Salpingidae y Trogositidae. Los insectos de estas familias se identificaron hasta especie cuando se contó con la información.

Los Cleridae localizados en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda fueron *Enoclerus ablusus* y *E. arachnodes*.

Cabe señalar que de los *E. ablusus* colectados (439), alrededor del 9% presentaron variación morfológica que hizo pensar que se trataba de una nueva especie, sin embargo al consultar con especialistas se determinó que los ejemplares eran conespecíficos de *E. ablusus* y que puede tratarse de una subespecie.

La variación morfológica encontrada fue la banda presente en la parte media de los élitros, la cual no coincide con las típicas puntuaciones de *E. ablusus* (Figura 3).

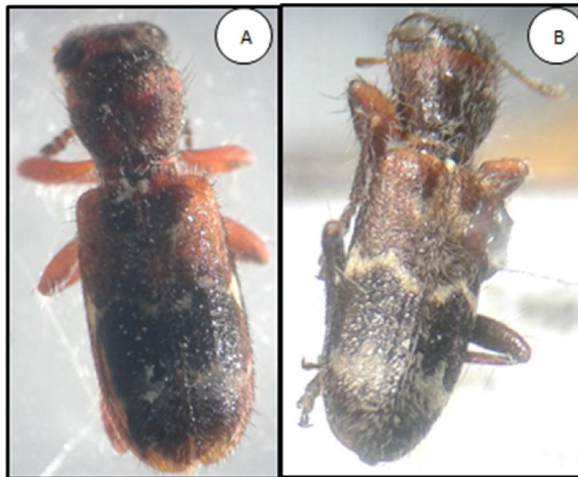


Figura 3. *Enoclerus ablusus*, A) nótese las puntuaciones presentes en los élitros; B) banda continua en la parte media de los élitros, ejemplar conespecífico de *E. ablusus*.

Los insectos de Salpingidae se identificaron a nivel de género, éstos pertenecen a *Elacatis* sp. (Figura 4). La información sobre este género es escasa.



Figura 4. *Elacatis* sp.

Diversos trabajos señalan la presencia de este depredador asociado a descortezadores en México, sin embargo se carece de información descriptiva a nivel de especie.

En cuanto a Trogositidae, los insectos colectados correspondieron al género *Temnoscheila*. La determinación de la especie se realizó mediante la comparación de las características del grupo de *T. virescens*, *T. acuta*, y *T. chlorodia* señaladas por Barrón (1971).

Una de las características que se tuvo en cuenta fue la distribución de las especies, *T. chlorodia* se distribuye al oeste de las grandes llanuras, mientras que *T. virescens* y *T. acuta* se distribuyen al este de dicha región. La RBSG queda ubicada en la parte correspondiente al oeste de las grandes llanuras.

La longitud de los insectos fue muy variable y no se consideró para la identificación.

Los ángulos apicales del pronoto de los *Temnoscheila* colectados son prominentes y puntiagudos (Figura 5a), además se obtuvieron genitalias de hembras (Figura 5b), características que ayudaron a considerar que la especie presente en la RBSG es *T. ca. chlorodia*.



Figura 5. *Temnoscheila ca. chlorodia* a) cabeza y pronoto con ángulos apicales puntiagudos; b) genitalia de una hembra.

Otras características señaladas por Barrón (1971), como son puntuaciones del vértex, ojos en vista dorsal, área sensorial novena y décima de los artículos antenales, entre otros, resultaron subjetivas por lo cual se consideró no darles mucho valor.

Se reconoce la necesidad de actualizar, a través de biología molecular, la información de las especies de *Temnoscheila* presentes en México debido a que la información disponible data de 1971. La caracterización de las especies de *Temnoscheila* permitirá conocer mejor la relación que hay entre estos

depredadores y las especies de *Dendroctonus* spp. e *Ips* spp. que afectan diversas zonas del país.

6.2 Monitoreo de descortezadores y depredadores

El periodo de monitoreo en la RBSG fue de mediados de la primavera a principios de otoño (17 de mayo al 04 de octubre). El inicio del vuelo de los depredadores coincide o es cercano al inicio del vuelo de los descortezadores en primavera, sin embargo termina antes de que termine la actividad de vuelo de la mayoría de los descortezadores en otoño (Williams *et al.*, 2009).

Las especies de depredadores capturados en la RBSG presentan patrones altitudinales bien definidos, la mayoría se ubica en altitudes cercanas a los 1,600 msnm, situación que se atribuye al rango altitudinal donde se desarrollan las presas de las que se alimentan.

Dendroctonus spp. se distribuye en México en ambientes templados y templados-fríos, encontrando que las altitudes preferentes a las que se encuentran sus especies oscilan entre los 1,700 y 2,500 msnm. Sin embargo, se les llega a encontrar desde los 600 a cerca de 4000 msnm (Salinas-Moreno *et al.*, 2004).

Temnochila chlorodia es más abundante en elevaciones bajas y medias (1,600 – 1,736 m y 2,058 – 2 230 m); algunas especies de *Enoclerus*, como *E. sphegeus* son más abundantes a mayores altitudes (2505 – 2651 m) y *E.*

lecontei no presenta ninguna tendencia altitudinal en relación a su abundancia (Williams *et al.*, 2009).

Los sitios el Tepozán y el Lobo presentan una altura similar (1,592 y 1,602 m respectivamente), sin embargo se encuentran en extremos opuestos de la Reserva.

En el paraje el Tepozán apenas se estaba iniciando el saneamiento de las áreas afectadas por descortezador cuando se inició el monitoreo, situación por la cual la aplicación de insecticidas es baja y se considera que esta actividad no ha influido en la presencia de los depredadores. En este sitio se tuvo el mayor número de depredadores colectados durante los cinco meses de monitoreo (59.7%).

Por el contrario, en el paraje El Lobo se han realizado saneamientos desde hace varios años y la aplicación de productos químicos ha sido constante. La captura de depredadores en este sitio fue del orden de 25.8% del total capturado en el estudio, menos de la mitad de lo capturado en El Tepozán.

El otro 14.5% de los depredadores se distribuyó en los otros tres sitios de monitoreo.

En seguida se presenta la distribución y abundancia de las principales especies de descortezadores y depredadores encontradas en la RBSG, Querétaro.

En el Cuadro 3 se presentan los datos de abundancia de los insectos descortezadores primarios y secundarios, así como de los principales

depredadores colectados en las trampas con el atrayente para las especies de *Dendroctonus* (frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno) en los cinco sitios de monitoreo.

Cuadro 3. Concentrado de insectos descortezadores y depredadores colectados con el atrayente frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno.

Especie	Sitios (altitud msnm)					Total
	El Pílon (1,139)	El Tepozán (1,592)	El Lobo (1,602)	El Durazno (2,237)	La Pingüica (3,052)	
<i>D. mexicanus</i>	242	273	1,370	5,010	1,926	8,821
<i>D. frontalis</i>	1,578	53,422	49,425	918	376	105,719
<i>D. aproximatus</i>	0	0	1	0	19	20
<i>D. valens</i>	29	12	35	37	29	132
<i>D. parallelocolis</i>	0	43	0	96	0	139
<i>I. confusus</i> ¹	0	0	0	1	0	1
<i>I. integer</i> ¹	0	0	0	0	1	1
<i>I. bonanseai</i> ¹	0	0	0	0	23	23
<i>I. lecontei</i> ¹	0	4	0	0	0	4
<i>I. cribricollis</i> ¹	0	2	4	0	0	6
<i>I. callygraphus</i> ¹	0	20	2	0	0	22
<i>I. grandicollis</i> ¹	0	6	4	0	0	10
<i>Pseudips mexicanus</i> ¹	0	2	21	7	30	60
<i>Elacatis</i> sp.	22	12	278	5	12	329
<i>E. ablusus</i>	0	40	5	4	2	51
<i>E. arachnodes</i>	0	0	0	1	24	25
<i>T. ca. chlorodia</i>	291	1,215	194	23	0	1,723
Total	2,210	55,051	51,339	6,102	2,442	117,086

¹ Datos tomados de Hernández, 2015.

En el Cuadro 4 se presentan los datos de abundancia de los insectos descortezadores primarios y secundarios, así como de los principales depredadores colectados en las trampas con la mezcla feromonal para las especies de *Ips* (ipsenol + ipsdienol + lanieron) en los cinco sitios de monitoreo.

Cuadro 4. Concentrado de insectos descortezadores y depredadores colectados con la mezcla feromonal ipsenol + ipsdienol + lanieron.

Especie	Sitios (altitud msnm)					Total
	El Pilón (1,139)	El Tepozán (1,592)	El Lobo (1,602)	El Durazno (2,237)	La Pingüica (3,052)	
<i>D. mexicanus</i>	1	0	119	687	6	813
<i>D. frontalis</i>	9	2,317	2,663	174	2	5,165
<i>D. aproximatus</i>	0	0	0	0	2	2
<i>D. valens</i>	1	3	0	2	0	6
<i>D. parallelcollis</i>	0	31	0	14	1	46
<i>I. confusus</i> ¹	0	0	0	15	0	15
<i>I. integer</i> ¹	0	0	0	0	20	20
<i>I. bonanseai</i> ¹	1	0	5	2	1,521	1,529
<i>I. lecontei</i> ¹	0	20	0	0	0	20
<i>I. cribricollis</i>	18	19	102	44	0	183
<i>I. callygraphus</i> ¹	0	9	0	0	0	9
<i>I. grandicollis</i> ¹	6	12	59	23	0	100
<i>Pseudips mexicanus</i> ¹	9	5	202	487	424	1,127
<i>Elacatis</i> sp.	16	50	432	4	14	516
<i>E. ablusus</i>	1	368	14	4	1	388
<i>E. arachnodes</i>	0	0	0	0	8	8
<i>T. ca. chlorodia</i>	100	513	28	2	1	644
Total	162	3,347	3,624	1,458	2,000	10,591

¹ Datos tomados de Hernández, 2015.

En total se colectaron 120,863 insectos en cinco especies de *Dendroctonus*; 3,130 insectos en siete especies de *Ips* y una especie de *Pseudips*, y 3,684 insectos en cuatro especies de depredadores (*Elacatis* sp., *E. ablusus*, *E. arachnodes* y *T. ca. chlorodia*).

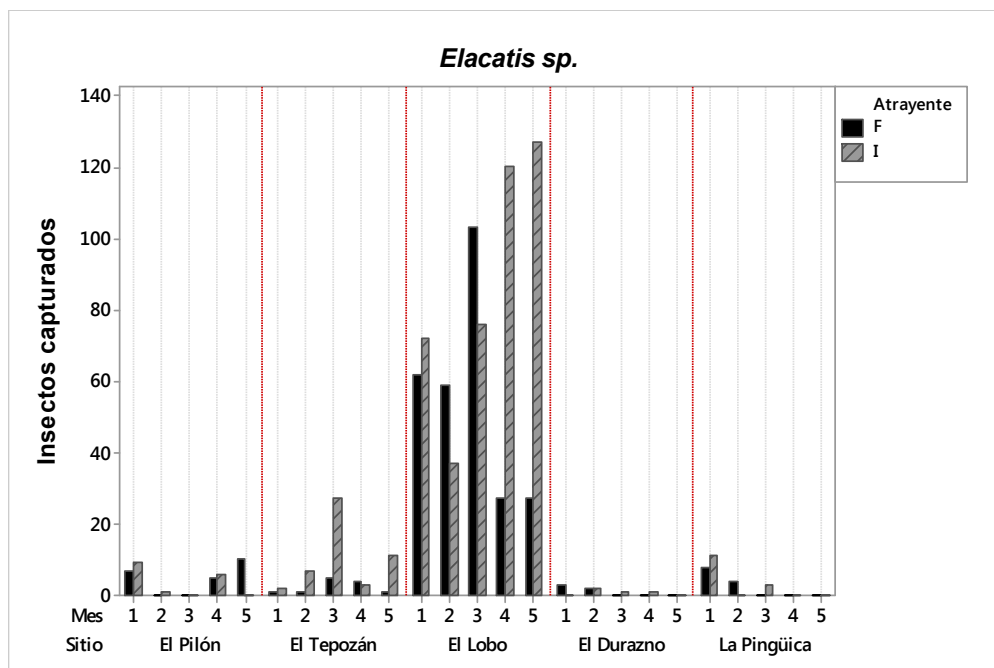
D. frontalis fue el descortezador que más se capturó en todo el monitoreo, incluso en las trampas cebadas con la mezcla feromonal para las especies de *Ips*.

A continuación se describe la distribución y abundancia de los principales depredadores encontrados en la RBSG, Querétaro.

6.2.1 *Elacatis* sp.

Este depredador se colectó en todo el gradiente altitudinal estudiado (1,139-3,052 m), sin embargo mostró mayores colectas en el sitio El Lobo (1,602 m) (Figura 6). Se capturaron en mayor cantidad en las trampas cebadas con la mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron. A partir del 12 de julio se observó el incremento en la población de éste género con el atrayente antes mencionado.

Para esta especie, a partir del análisis GLM realizado, se determinó que el modelo completo propuesto que evalúa los efectos de los atrayentes, sitios y meses resultó adecuado de acuerdo al AIC (Anexo 1.1). El modelo seleccionado indica que existe diferencia de atracción entre los atrayentes utilizados. En el caso de los sitios solo se compararon aquellos que presentaron mayores capturas (Figura 6), encontrando también diferencia significativa entre ellos. Los meses 2, 3 y 5 presentaron diferencia significativa en la tasa de captura de *Elacatis* sp.



Atrayente F: frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno; I: Ipsenol+ipsdienol+lanieron

Figura 6. Capturas de *Elacatis* sp. en los sitios de monitoreo en la RBSG, Querétaro.

El principal hospedero de esta especie es *Pinus greggii*, también se le encuentra en *P. oocarpa*, *P. cembroides* y *P. hartwegii* pero en menores proporciones.

Los insectos de este género se han observado en árboles infestados por *Dendroctonus adjunctus*; su apariencia es similar a los cléridos y se alimentan de diferentes insectos (Cibrián, 1987). Fonseca *et al.* (2009) indican que *Elacatis* sp. es un depredador significativo de *Ips*; de los insectos depredadores recolectados en su trabajo, este género representó el 22%.

En el presente estudio, *Elacatis* sp. representó el 22.9% del total de depredadores capturados.

6.2.2 *Enoclerus ablusus*

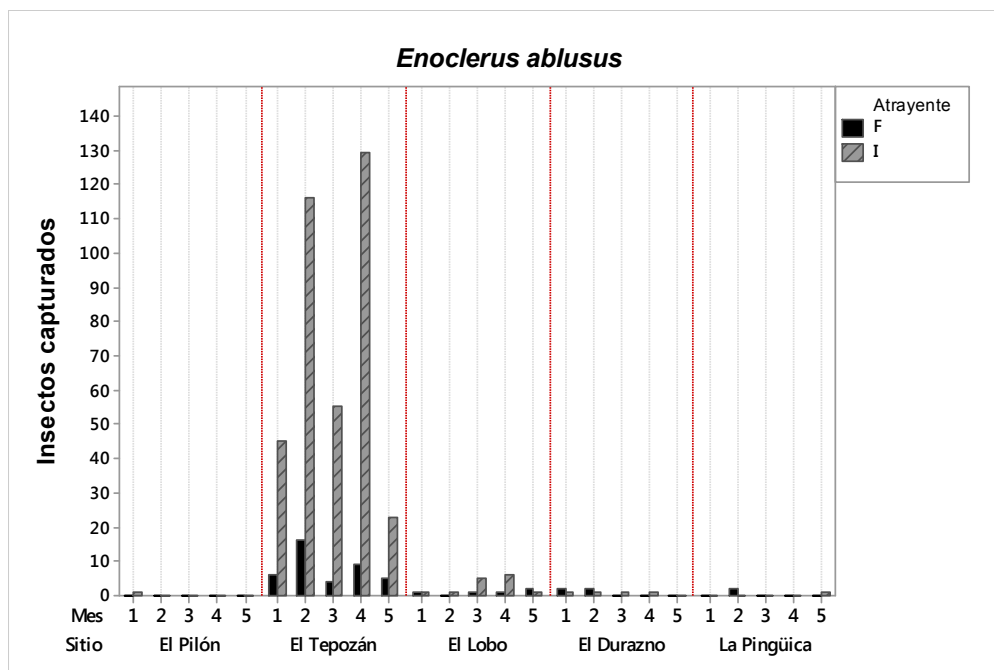
La presencia de este depredador varió en función del atrayente empleado (Figura 7). Se colectó en cuatro sitios en las trampas que contenían el atrayente para las especies de *Dendroctonus* (frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno), con ausencia en el sitio El Pilón, sitio de menor altitud de todo el gradiente estudiado. En las trampas que tenían la mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron se capturó en todos los sitios de monitoreo y en mayor proporción que con el atrayente para las especies de *Dendroctonus*.

El modelo completo propuesto no explica la tasa de captura de esta especie de depredador, con el AIC se determinó que el mejor submodelo es el que considera los efectos atrayente y mes (Anexo 1.2).

E. ablusus fue atraído significativamente al atrayente con la mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron (Figura 7). Estos resultados coinciden con lo reportado por Domínguez-Sánchez *et al.* (2008) y Macías *et al.* (2014).

Se observó mayor captura de este depredador en el sitio El Tepozán ubicado a 1,592 m; en los demás sitios donde tuvo presencia se tuvieron colectas inferiores a 10 individuos por mes.

Se observó crecimiento discontinuo de la población, las mayores colectas se presentaron en los meses 2 y 4 los cuales corresponden al periodo comprendido entre el 14 de junio al 12 de julio y del 09 de agosto al 06 de septiembre respectivamente.



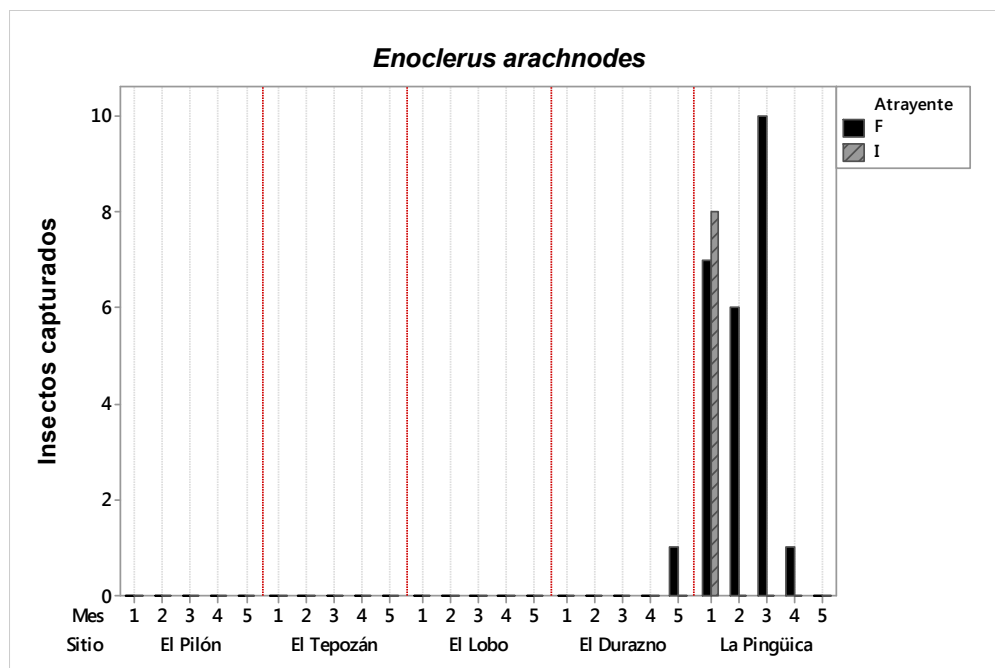
Atrayente F: frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno; I: Ipsenol+ipsdienol+lanieron

Figura 7. Capturas de *Enoclerus ablusus* en los sitios de monitoreo en la RBSG, Querétaro.

El principal hospedero de este depredador fue *Pinus oocarpa*.

6.2.3 *Enoclerus arachnodes*

Este depredador se colectó en números bajos, 33 individuos en los cinco meses de monitoreo en los cinco sitios. Se ubicó principalmente en el sitio La pingüica, el cual presenta la mayor altitud (3,052 m) dentro del rango altitudinal estudiado (Figura 8).



Atrayente F: frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno; I: Ipsenol+ipsdienol+lanieron

Figura 8. Capturas de *E. arachnodes* en los sitios de monitoreo en la RBSG, Querétaro.

Este depredador se ha asociado con el “descortezador de las alturas” (*D. adjunctus*); los ataques de este descortezador se presentan entre los 1,300 a 3,940 m con preferencia entre los 2,500 y los 3,000 m (Salinas-Moreno *et al.*, 2010).

D. adjunctus se encuentra activo todo el año, sin embargo presenta mayores poblaciones en primavera y otoño. Puede ser capturado con trampas tipo Lindgreen cebadas con frontalina + α -pineno. Los depredadores que se han colectado asociados a este descortezador son: *E. arachnodes*, *Cymatodera* spp., *Temnochila virescens* (Rodríguez *et al.*, 2010; Rodríguez *et al.*, 2013).

Romero (1993) indica que *E. arachnodes* arriba dos días después del ataque de los descortezadores y permanece entre cuatro y cinco días en los árboles atacados, cerca de los orificios de entrada de los descortezadores. Presenta en promedio tres generaciones por año, dependiendo el área de estudio, con sobreposición de estados de desarrollo. Se requieren aproximadamente 112 días para completar una generación entre primavera y verano (mediados de abril a finales de julio) y de 126 días para completar una segunda generación entre verano y otoño (mediados de agosto hasta mediados de diciembre).

Lo anterior explica porque la mayor colecta de *E. arachnodes* se presentó entre el 12 de julio y el 09 de agosto, esto es la época en la que el depredador alcanza el estado adulto.

En el presente estudio no se colectaron ejemplares del descortezador *D. adjunctus*; además, el bajo número de colectas del depredador *E. arachnodes* hace suponer que el atrayente empleado no es adecuado para la captura de este insecto.

El principal hospedero de este depredador fue *Pinus hartwegii*.

A partir del análisis realizado, se observó que el modelo completo propuesto que incluye los efectos atrayente, sitio y mes no explica adecuadamente la tasa de captura de esta especie por lo que, con base en el AIC, se seleccionó el submodelo con los efectos atrayente y mes (Anexo 1.3). Se observa diferencia significativa entre atrayentes así como en los meses 2 y 4 del monitoreo.

El efecto sitio parece no jugar un papel importante debido a que esta especie se capturó principalmente en un sitio (Figura 8).

6.2.4 *Temnoscheila ca. Chlorodia*

La captura de este depredador en los sitios de monitoreo varió en función del atrayente empleado (Figura 9). Se colectó en cuatro sitios en las trampas que contenían el atrayente para las especies de *Dendroctonus* (frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno), con ausencia en el sitio de mayor altitud del rango estudiado (La Pingüica).

En las trampas que tenían la mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron, *T. ca. chlorodia* se capturó en todos los sitios de monitoreo; sin embargo, en el rango comprendido entre los 2,237 y los 3,052 m (sitios El Durazno y La Pingüica) las capturas fueron bajas.

Cabe recordar que las características para la identificación de la especie encontrada en la RBSG coinciden más con las reportadas para *T. chlorodia* sin embargo tiene semejanzas también con *T. virescens*.

La especie capturada en la RBSG fue significativamente atraída al tratamiento para las especies de *Dendroctonus* (frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno). Lo anterior contradice lo reportado por Billings and Cameron (1984) para *T. virescens*, así como lo que señala Hofstetter *et al.* (2012) para *T. chlorodia*. Ambos autores indican que dichas especies responden casi

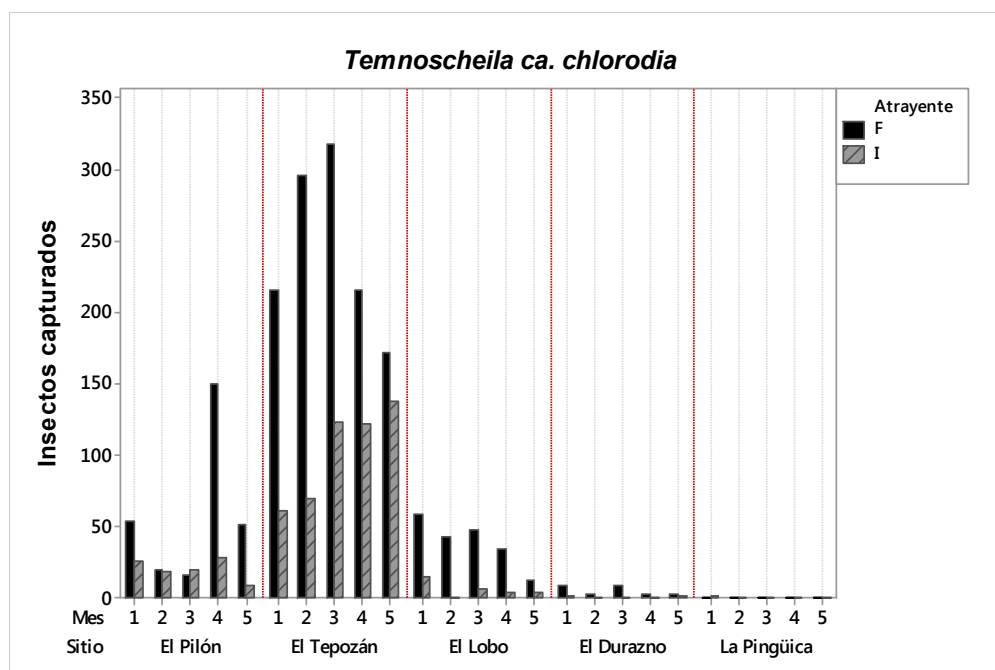
exclusivamente a los atrayentes producidos por las especies de *Ips*, y que en el caso de *T. chlorodia* son menos atraídos a los componentes feromonales de las especies de *Dendroctonus*.

Por su parte, Domínguez-Sánchez *et al.* (2008) indican que *T. chlorodia* fue atraído hacia las tres feromonas de agregación empleadas: frontalina, ipsenol e ipsdienol.

Macías *et al.* (2014) señalan que *T. chlorodia* fue atraída significativamente a todos los tratamientos empleados (α -pineno; frontalina + α -pineno; ipsenol + α -pineno e ipsdienol + α -pineno) comparados con el control; *T. virescens* fue atraído solo a la mezcla con frontalina + α -pineno.

Derivado de lo anterior podemos inferir que el atrayente empleado (frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno) resultó adecuado para la captura de la especie de *Temnoscheila* presente en la RBSG.

Las mayores colectas de este depredador se presentaron en el sitio El Tepozán (1,592 m). En las capturas de las trampas con la mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron, se observó crecimiento continuo de la población durante los meses de monitoreo; en las trampas con el atrayente (frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno) se observó crecimiento en los primeros meses, alcanzando las mayores capturas en el mes 3 correspondientes a las semanas del 12 de julio al 09 de agosto, a partir de esa fecha se observó que la abundancia de *T. ca. chlorodia* comenzó a decrecer.



Atrayente F: frontalina + endo-brevicomin + α y β -pineno; I: Ipsenol+ipsdienol+lanierol

Figura 9. Capturas de *T. ca. chlorodia* en los sitios de monitoreo en la RBSG, Querétaro.

Los principales hospederos de *T. ca. chlorodia* en la RBSG son *Pinus oocarpa* y *P. greggii*.

Para esta especie, a partir del análisis GLM realizado, se determinó que el modelo completo propuesto que evalúa los efectos atrayente, sitio y mes explica mejor la tasa de captura de acuerdo al AIC (Anexo 1.4).

Se observa diferencia significativa entre atrayentes; la evaluación de sitios solo consideró aquellos que presentaron mayores colectas (El Pílon, El Tepozán y El Lobo), observándose también diferencia significativa entre ellos, así como en los meses 3 y 4.

6.3 Coeficientes de correlación

Elacatis sp.

Las poblaciones del descortezador *D. frontalis* y el depredador *Elacatis* en el sitio El Lobo presentaron una correlación positiva (0.4955252) con el atrayente frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno (Anexo 2.1), esto implica que al crecer la población del descortezador aumenta la población de depredadores aunque a un ritmo menor; la correlación con la mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron fue diferente, se tuvo una correlación negativa (-0.217308) (Anexo 2.2), al aumentar la población de *D. frontalis* la población de *Elacatis* sp. disminuye.

Se obtuvo también correlación positiva (0.5383578) (Anexo 2.3) entre el descortezador *Pseudips mexicanus* y *Elacatis* con la mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron.

Enoclerus ablusus

Sólo se calculó la correlación entre *D. frontalis* y *E. ablusus* en el sitio El Tepozán con la mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron; la correlación que se obtuvo fue negativa (-0.7153261), así entre más crece la población del descortezador los depredadores tienden a disminuir (Anexo 2.4).

E. arachnodes

Por los bajos números en que se presentó este depredador no se obtuvo ninguna correlación con los descortezadores presentes en la RBSG.

Temnoscheila ca. chlorodia

La correlación entre la población de *D. frontalis* y *T. ca. chlorodia* se obtuvo en dos sitios, El Pílon y El Tepozán. En el primer caso, se calculó únicamente con el atrayente para las especies de *Dendroctonus* (frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno); no se encontró correlación entre las especies (0.009001355) (Anexo 2.5).

En el sitio El Tepozán, se obtuvo la correlación entre *D. frontalis* y *T. ca. chlorodia* considerando cada atrayente empleado; se obtuvo correlación positiva con ambos atrayentes, (0.2987228) con frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno) (Anexo 2.6) y (0.4107873) con la mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron (Anexo 2.7). Se observa que al aumentar la población del descortezador aumenta la población de *T. ca. chlorodia* pero a un ritmo inferior.

7. CONCLUSIONES

En los cinco meses de monitoreo en la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda, Querétaro, se encontraron diversos insectos asociados a los descortezadores *Dendroctonus* spp. e *Ips* spp.; en función de su abundancia los principales depredadores capturados fueron: *T. ca. chlorodia*, *Elacatis* sp., *Enoclerus ablusus* y *Enoclerus arachnodes*.

Los atrayentes empleados en las trampas mostraron diferencia significativa en relación a la captura de los depredadores ($p < 0.05$); *T. ca. chlorodia* y *E. arachnodes* resultaron atraídos a las trampas con el compuesto frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno; *Elacatis* sp. y *E. ablusus* mostraron mayor atracción hacia las trampas con la mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron.

Así mismo, se encontró diferencia significativa en la colecta de los depredadores ($p < 0.05$) en relación a las diferentes altitudes donde se establecieron los sitios de monitoreo. *Elacatis* sp. se distribuyó en todo el gradiente altitudinal estudiado (1,139 a 3,052 m), con mayor abundancia a 1,602 m (sitio El Lobo).

E. ablusus se distribuyó en todo el gradiente altitudinal estudiado en las trampas que tenían la mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron; en las trampas con frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno se capturó en el rango 1,592 a 3,052 m, observándose mayores colectas a 1,592 m (sitio EL Tepozán) con ambos atrayentes.

E. arachnodes se distribuyó principalmente en el sitio de mayor altitud (3,052 m), se observó presencia de este depredador a 2,237 m pero en números bajos (1 ejemplar colectado durante los cinco meses de monitoreo). *T. ca. chlorodia* se distribuyó en todo el gradiente altitudinal estudiado en las trampas con la mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron; en las trampas con frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno se capturó en el rango 1,139 a 2,237 m, las mayores colectas de este depredador se registraron a los 1,592 m (sitio El Tepozán) con ambos atrayentes.

Las especies de coníferas dominantes en el área de estudio fueron *Pinus greggii*, *P. oocarpa*, *P. cembroides* y *P. hartwegii*.

Las correlaciones encontradas entre los descortezadores *D. frontalis* y *Pseudips mexicanus* con los principales depredadores variaron en función del atrayente.

D. frontalis - *Elacatis* sp. en el sitio El Lobo, presentó correlación positiva (0.4955252) con el atrayente frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno, mientras que con la mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron presentó correlación negativa (-0.217308). *Pseudips mexicanus* - *Elacatis* sp.

presentó un índice de correlación positiva de 0.5383578, lo que implica que al aumentar una población la otra también lo hace pero a un ritmo más lento.

D. frontalis - *E. ablusus* presentó correlación negativa (-0.7153261) en el sitio El Tepozán con la mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron. En el caso de *E. arachnodes* no fue posible realizar una correlación con los insectos descortezadores por el número bajo de sus capturas.

El coeficiente de correlación de *D. frontalis* y *T. ca. chlorodia* en El Pílon con el atrayente frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno, sugiere que no existe correlación entre las especies consideradas. En el sitio El Tepozán se obtuvo correlación positiva entre *D. frontalis* y *T. ca. chlorodia* con ambos atrayentes empleados, (0.2987228) con el atrayente para las especies de *Dendroctonus* (frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno) y (0.4107873) con la mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron.

8. LITERATURA CITADA

- Aukema, B. H., D. L. Dahlsen and K. F. Raffa. 2000. Improved population monitoring of bark beetles and predators by incorporating disparate behavioral responses to semiochemicals. *Environmental Entomology*. 29: 618–629. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/0046-225X-29.3.618>
- Aukema, B. H. and K. F. Raffa. 2004. Behavior of adult and larval *Platysoma cylindrica* (Coleoptera: Histeridae) and larval *Medetera bistriata* (Diptera: Dolichopodidae) during subcortical predation of *Ips pini* (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Insect Behavior*. 17: 115–128.
- Aukema, B. H. and K. F. Raffa. 2005. Selective manipulation of predators using pheromones: responses to frontalin and ipsdienol pheromone components of bark beetles in the Great Lakes region. *Agricultural and Forest Entomology*. 7: 193–200. DOI: 10.1111/j.1461-9555.2005.00250.x
- Barrón, J. R. 1971. A revision of the trogositidae of America North of Mexico (Coleoptera: Cleroidea). *Memoirs of the Entomological Society of Canada*. 103 (S75):1-143. DOI: 10.4039/entm10375fv.
- Berryman, A. A., B. Dennis, K. F. Raffa and N. C. Stenseth. 1985. Evolution of optimal group attack with particular reference to bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Ecology* 66: 891-903. DOI: 10.2307/1940552.

- Berryman, A. A. 1966. Studies on the behavior and development of *Enoclerus lecontei* (Wolcott), a predator of the western pine beetle. The Canadian Entomologist. 98: 519–526. DOI: <http://dx.doi.org/10.4039/Ent98519-5>
- Billings, R. F. and R. S. Cameron. 1984. Kairomonal responses of Coleoptera, *Monochamus titillator* (Cerambycidae), *Thanasimus dubius* (Cleridae), and *Temnochila virescens* (Trogositidae), to behavioral chemicals of southern pine bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). Environmental Entomology. 13: 1542–1548. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/ee/13.6.1542>
- Billings, R. F., J. E. Flores L. y R. S. Cameron. 1996. Los escarabajos descortezadores del pino, con énfasis en *Dendroctonus frontalis*: Métodos de control directo. Texas Forest Service. Publication 150. 19 p.
- Bleiker, K. P., R. J. Heron, E. C. Braithwaite and G. D. Smith. 2013. Preemergence mating in the mass-attacking bark beetle, *Dendroctonus ponderosae* (Coleoptera: Curculionidae). The Canadian of Entomologist. 145 (01): 12–19. DOI: <http://dx.doi.org/10.4039/tce.2012.102>
- Burke, A. F., D. Cibrián-Tovar, C. Llanderal-Cázares, A. Plascencia-González y I. López-Pérez. 2011. Adiciones y aportaciones para el género *Enoclerus* Gahan (Coleoptera: Cleridae) en bosques de clima templado de México. Acta Zoológica Mexicana. 27(1): 145-167.
- Byers, J. A., D. L. Wood, J. Craig, and L. B. Hendry. 1984. Attractive and inhibitory pheromones produced in the bark beetle *Dendroctonus brevicornis*, during host colonization: regulation of inter- and intraspecific competition. Journal of Chemical Ecology 10(6):861-867.
- Byers, J. A. 1989. Chemical ecology of bark beetles. Experientia 45: 271-283. En línea en <http://www.chemical-ecology.net/pdf/Byers1989a.pdf>.

Byers, J. A. 1995. Host tree chemistry affecting colonization in bark beetles, in R.T. Cardé and W.J. Bell (eds.). Chemical Ecology of Insects 2. Chapman and Hall, New York, pp. 154-213. En línea en: <http://www.chemical-ecology.net/pdf/Byers1995.pdf>

Byers, J. A. 2004. Chemical ecology of bark beetles in a complex olfactory landscape. In: Bark and wood boring insects living in trees in Europe, a synthesis. F. Lieutier, K. R Day, A. Battisti, J-C Gregoire, H. F Evans (Eds), Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 89–134.

Cibrián T., D. 1987. Estudios sobre la biología y disposición espacial del descortezador de pinos *Dendroctonus adjunctus* Blandf (Coleoptera:Scolytidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Edo. de Méx. México. Pp. 67- 83.

Cibrián T., D., J. T. Méndez–Montiel, R. Campos–Bolaños, H. O. Yates III y J. Flores–Lara. 1995. Insectos Forestales de México/Forest Insects of Mexico. Universidad Autónoma Chapingo. SARH, Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre México. USDA Forest Service, Natural Resources Canada. Comisión Forestal de América del Norte–FAO. Pub. # 6. Chapingo, Edo. de Méx., México. 453 p.

Coulson, R. N. 1979. Population dynamics of bark beetles. Annual Review of Entomology 24(1): 417-447. DOI: 10.1146/annurev.en.24.010179.002221

Dahlsten, D. L., D. L. Six, D. L Rowney, A. B. Lawson, N. Erbilgin and K. F. Raffa. 2004. Attraction of *Ips pini* (Coleoptera: Scolytinae) and its predators to natural attractants and synthetic semiochemicals in Northern California: Implications for population monitoring. Environmental entomology, 33(6): 1554-1561. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/0046-225X-33.6.1554>

Di R., J. A., F. Casanoves, L. A. González, E. M. Tablada, M. D. P. Díaz, C. W. Robledo & M. G. Balzarini. 2008. Estadística para las ciencias agropecuarias. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (CATIE).(Ago, 2005), (75), 87-88.

- Dippel, C., C. Heidger, V. Nicolai y M. Simon. 1997. The influence of four different predators on bark beetles in European forest ecosystems (Coleoptera: Scolytidae). *Entomologia Generalist*. 21(3): 161–175.
- Domínguez-Sánchez, B., J. E. Macías-Sámano, N. Ramírez-Marcial y J.L. León-Cortés. 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 (1): 175-183.
- Fonseca G., J., C. Llanderal C., D. Cibrián T., A. Equihua M. y H.M. De Los Santos P. 2009. Secuencia de arribo de coleópteros en árboles de *Pinus montezumae* Lamb dañados por incendios. *Ciencia Forestal en México*. 34 (106): 149-170.
- Gargiullo, P.M. and C. W. Berisford. 1981. Effects of host density and bark thickness on the densities of parasites of the southern pine beetle. *Environmental Entomology*. 10: 392–399.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/ee/10.3.392>
- Goyer, R.A., G. J. Lenhard, T. E. Nebeker and L. D. Jarrard. 1980. Southern pine beetle Handbook: How to identify common insect associates of the southern pine beetle. Agriculture Handbook No. 563. United States Department of Agriculture. 33 p.
- Hernández R., R. 2015. Diversidad y distribución de especies de *Ips* en la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda, Querétaro. Tesis de Maestría, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México.
- Hofstetter, R. W., M. L. Gaylord, S. Martinson and M.R. Wagner. 2012. Attraction to monoterpenes and beetle-produced compounds by syntopic *Ips* and *Dendroctonus* bark beetles and their predators. *Agricultural and Forest Entomology*. 14: 207–215. DOI: 10.1111/j.1461-9563.2011.00560.x

- INE. 1999. Programa de Manejo de la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda. SEMARNAP. México, D. F. http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/sierra_gorda.pdf
- 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. México, D. F. Boletín Técnico/ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales No. 27 p.
- Kausrud, K., B. Okland, O. Skarpaas, J-C. Gregoire, N. Erbilgin and N.C.Stenseth. 2012. Population dynamics in changing environments: the case of an eruptive forest pest species. *Biological Reviews*. 87(1): 34–51. DOI: 10.1111/j.1469-185X.2011.00183.x
- Kinzer, G. W., A. F. Fentiman J., T. F. Page J., R. L. Foltz, J. P. Vité and G. B. Pitman. 1969. Bark beetle attractants: identification, synthesis and field bioassay of a compound isolated from *Dendroctonus*. *Nature* 221: 447-478. DOI:10.1038/221477a0
- Kirkendall, L. R. 1983. The evolution of mating systems in bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*. 77: 293–352.
- Kohnle, U. and J. P. Vité. 1984. Bark beetle predators: strategies in the olfactory perception of prey species by clerid and trogositid beetles. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. 98: 504–508. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1984.tb02741.x
- Kolibáč, J. 2013. Trogossitidae: A review of the beetle family, with a catalogue and keys. *ZooKeys* 366: 1–194. doi: 10.3897/zookeys.366.6172
- Lawrence, J. F. 2001. Salpingidae. Instituto Nacional de Biodiversidad de Costa Rica. En línea en <http://www.inbio.ac.cr/papers/coleoptera/SALPININ.html>

- Lawson, S. A. and F. D. Morgan. 1992. Rearing of two predators, *Thanasimus dubius* and *Temnochila virescens*, for the biological control of *Ips grandicollis* in Australia. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 65: 225–233. DOI: 10.1111/j.1570-7458.1992.tb00675.x
- López-González, E. y M. Ruíz-Soler. 2011. Análisis de datos con el Modelo Lineal Generalizado. Una aplicación con R. *Revista Española de Pedagogía*. 69 (248): 59-80.
- Macías S., J. E., A. Niño D., J. A. Cruz L. y R. Altúzar M. 2004. Monitoreo de descortezadores y sus depredadores mediante el uso de semioquímicos. Manual. Colegio de la Frontera Sur. 27 p.
- Macías-Sámano, J. E., M.L. Rivera-Granados, R. Jones y G. Ibarra. 2014. Respuesta de insectos descortezadores de pino y de sus depredadores a semioquímicos en el sur de México. *Madera y Bosques*. 20 (3): 41-47.
- Mayers, M. S. and J. R. McLaughlin. 1991. Handbook of insect pheromones and sex attractants. Boca Raton, Florida: CRC Press. 1096 p.
- Miller, D. R. and J. H. Borden. 1990. The use of monoterpenes as kairomones by *Ips latidens* (Leconte) (Coleoptera:Scolytidae). *The Canadian Entomologist*. 122: 301-307. DOI: <http://dx.doi.org/10.4039/Ent122301-3>
- Mills, N. J. 1985. Some observations on the role of predation in the natural regulation of *Ips typographus* populations. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. 99: 209–215. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1985.tb01980.x
- Moore, G. E., 1972. Southern pine beetle mortality in North Carolina caused by parasites and predators. *Environmental Entomology*. 1: 58–65. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/ee/1.1.58>
- Raffa, K. F., J-C. Grégoire and B. Staffan L. 2015. Natural history and ecology of bark beetles. In: *Bark Beetles Biology and ecology of native an invasive species*. F.E. Vega and R.W. Hofstetter (Eds). Academic Pres.

- Reeve, J. D., M. P. Ayres and P. L. Lorio Jr. 1995. Host suitability, predation and bark beetle population dynamics. In: Cappuccino, N., Price, P.W. (Eds.), Population Dynamics: New Approaches and Synthesis. Academic Press, San Diego, pp. 339–357.
- Rodríguez-Ortega, A., A. Equihua-Martínez, J. Cibrián-Tovar, E.G. Estrada-Venegas, J.T. Méndez-Montiel y J. Villa-Castillo. 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 (1): 20-27.
- Rodríguez O., A., A. Equihua M., J. Cibrián T., E.G. Estrada V., J.T. Méndez M., J. Villa C.astillo 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.
- Romero, L. C.1993. Estudio de depredadores de la familia Cleridae y su relación con *Dendroctonus mexicanus* (Hopk.). Tesis de Maestría, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México, México.
- Salinas-Moreno, Y., M. G. Mendoza, M. A. Barrios, R. Cisneros, J. Macías-Sámano and G. Zúñiga. 2004. Areography of the genus *Dendroctonus* (Coleoptera: Curculionidae) in Mexico. Journal of Biogeography. 31:1163-1177.
- Sánchez-Martínez, G., L. M. Torres-Espinosa, I. Vázquez-Collazo, E. González-Gaona y R. Narváez-Flores. 2007. Monitoreo y manejo de insectos descortezadores de coníferas. Aguascalientes, México. INIFAP, CIRNOC, Campo Experimental Pabellón. Libro Técnico No. 4. 107 p.
- Sánchez-Martinez, G. and M. R. Wagner. 2002. Bark beetle community structure under four ponderosa pine forest stand conditions in northern

Arizona. Forest Ecology and Management, 170(1): 145-160.
DOI:10.1016/S0378-1127(01)00771-X

Schroeder, L. M. and J. Weslien. 1994. Reduced offspring production in bark beetle *Tomicus piniperda* in pine bolts baited with ethanol and α -pinene, which attract antagonistic insects. Journal of Chemical Ecology. 20: 1429–1444.

SEMARNAT. 2012. Anuario Estadístico de la producción Forestal 2011. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. México, D. F. pp: 187-189. En línea en http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/forestalsuelos/Anuarios/ANUARIO_2011.pdf

SEMARNAT. 2013a. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental. Edición 2012. México, D. F. en línea en http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf

SEMARNAT. 2013b. Anuario Estadístico de la producción Forestal 2012. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. México, D. F. pp: 191-198. En línea en http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/forestal/anuarios/anuario_2012.pdf

SEMARNAT. 2014. Anuario Estadístico de la producción Forestal 2013. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. México, D. F. pp: 191-197. En línea en http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/forestal/anuarios/anuario_2013.pdf

Seybold, S. J., J. Bohlmann and K. F. Raffa. 2000. Biosynthesis of coniferophagous bark beetle pheromones and conifer isoprenoids: evolutionary perspective and synthesis. The Canadian Entomologist. 132: 697-753. DOI: <http://dx.doi.org/10.4039/Ent132697-6>

- Solera, R. A. 2000. Criterios para la selección de modelos estadísticos. Departamento de Investigaciones Económicas. Banco Central de Costa Rica. Documento de trabajo. 17 p. En línea en: <http://www.bccr.fi.cr/ndie/NT-07-2000.PDF>
- Stark, R. W. 1982. Generalized ecology and life cycle of bark beetles. In: Bark beetles of North American conifers: A system for the study of evolutionary biology. Mitton, J. B. and K. B. Sturgeon (eds). Austin, TX: University of Texas Press. Pp: 21-45.
- Stephen, F. M. and D. L. Dahlsten. 1976. The arrival sequence of the arthropod complex following attack by *Dendroctonus brevicomis* (Coleoptera: Scolytidae) in ponderosa pine. The Canadian Entomologist. 108: 283–304. DOI: <http://dx.doi.org/10.4039/Ent108283-3>
- Team, R. C. 2015. The R project for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. En línea en: <https://www.r-project.org/>
- Withman, D. W. 1988. Allelochemical interactions among plants, herbivores and their predators. In: P. Barbosa and D. K. Letorneau (eds.). Novel aspects on insect-plant interactions. New York. John Wiley. Pp. 11-64.
- Wegensteiner, R., B. Wermelinger and M. Herrmann. 2015. Natural Enemies of Bark Beetles: Predators, Parasitoids, Pathogens, and Nematodes. In Bark Beetles Biology and Ecology of Native and Invasive Species. F. E. Vega and R. W. Hofstetter (Eds.). Academic Press.
- Wermelinger, B. 2002. Development and distribution of predators and parasitoids during two consecutive years of an *Ips typographus* (Col., Scolytidae) infestation. Journal of Applied Entomology. 126: 521–527. DOI: 10.1046/j.1439-0418.2002.00707.x
- Williams, K. K., J. D. McMillin and T. E. DeGomez. 2009. Relative and seasonal abundance of three bark beetle predators (Coleoptera: Trogositidae, Cleridae) across an elevation gradient in ponderosa pine forests of north

central Arizona. *Western North American Naturalist*, 69(3): 351-363.
doi: <http://dx.doi.org/10.3398/064.069.0309>

Wood, D. L. 1982. The role of pheromones, kairomones, and allomones in the host selection and colonization behavior of bark beetles. *Annual Review of Entomology*. 27: 411–446.

Zúñiga, G., R. Cisneros y Y. Salinas-Moreno. 1995. Coexistencia de *Dendroctonus frontalis* Zimmerman y *Dendroctonus mexicanus* Hopkins (Coleoptera: Scolytidae) sobre un mismo hospedero. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie)*. 64: 59-62. Nota científica.

Zúñiga, G., G. Mendoza C., R. Cisneros y Y. Salinas-Moreno. 1999. Zonas de sobreposición en las áreas de distribución geográfica de las especies mexicanas de *Dendroctonus* Erichson (Coleoptera: Scolytidae) y sus implicaciones ecológico evolutivas. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva serie)*. 77:1-22.

9. ANEXOS

1. Modelo/Submodelos del Modelo Lineal Generalizado completo con distribución Poisson.

Anexo 1.1 *Elacatis* sp.

Sintaxis del Modelo completo: $Y \sim \text{Atrayente} + \text{Sitio} + \text{Mes}$

Sintaxis del Modelo seleccionado: $\text{glm}(\text{formula} = y \sim \text{Atrayente} + \text{Sitio} + \text{Mes}, \text{family} = \text{poisson}(\log), \text{data} = \text{Datos})$

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-4.4743	-2.1900	-0.6626	2.2973	4.2132

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	3.85716	0.09780	39.438	< 2e-16 ***
Atrayente[T.I]	0.50806	0.07432	6.836	8.12e-12 ***
Sitio[T.T]	-2.43813	0.13243	-18.411	< 2e-16 ***
Mes[T.2]	-0.27559	0.13006	-2.119	0.0341 *
Mes[T.3]	0.43188	0.10972	3.936	8.28e-05 ***
Mes[T.4]	0.11697	0.11744	0.996	0.3193
Mes[T.5]	0.19201	0.11543	1.663	0.0962 .

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 878.26 on 19 degrees of freedom

Residual deviance: 151.28 on 13 degrees of freedom

AIC: 256.52

Number of Fisher Scoring iterations: 5

Anexo 1.2 *Enoclerus ablusus*

Sintaxis del Modelo completo: $Y \sim \text{Atrayente} + \text{Sitio} + \text{Mes}$

Sintaxis del Modelo seleccionado: `glm(formula = y ~ Atrayente + Mes, family = poisson(log), data = Datos)`

Deviance Residuals:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.4334	0.8197	-0.7860	-1.3120	1.2192	-0.1480	-0.2816	0.2432	0.4036
10								
-0.4556								

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	1.6094	0.2053	7.839	4.55e-15 ***
Atrayente[T.I]	2.2192	0.1665	13.330	< 2e-16 ***
Mes[T.2]	0.9510	0.1649	5.768	8.03e-09 ***
Mes[T.3]	0.1457	0.1912	0.762	0.4460
Mes[T.4]	0.9954	0.1639	6.074	1.24e-09 ***
Mes[T.5]	-0.5996	0.2352	-2.549	0.0108 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 434.9777 on 9 degrees of freedom

Residual deviance: 5.2161 on 4 degrees of freedom

AIC: 66.063

Number of Fisher Scoring iterations: 4

Anexo 1.3 *Enoclerus arachnodes*

Sintaxis del Modelo completo: $Y \sim \text{Atrayente} + \text{Sitio} + \text{Mes}$

Sintaxis del Modelo seleccionado: `glm(formula = y ~ Atrayente + Mes, family = poisson(log), data = Datos)`

Deviance Residuals:

1	2	3	4	5	6	7	8
-1.36293	0.67245	0.86813	0.27453	-0.00019	1.90341	-1.73205	-2.23607
9	10						
-0.70711	-0.00011						

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	2.4204	0.2776	8.718	< 2e-16 ***
Atrayente[T.I]	-1.0986	0.4082	-2.691	0.00712 **
Mes[T.2]	-0.9163	0.4830	-1.897	0.05784 .
Mes[T.3]	-0.4055	0.4082	-0.993	0.32062
Mes[T.4]	-2.7081	1.0328	-2.622	0.00874 **
Mes[T.5]	-20.2641	3936.4883	-0.005	0.99589

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 53.625 on 9 degrees of freedom

Residual deviance: 15.262 on 4 degrees of freedom

AIC: 44.822

Number of Fisher Scoring iterations: 16

Anexo 1.4 *Temnoscheila ca. chlorodia*

Sintaxis del Modelo completo: $Y \sim \text{Atrayente} + \text{Sitio} + \text{Mes}$

Sintaxis del Modelo seleccionado: `glm(formula = y ~ Atrayente + Sitio + Mes, family = poisson(log), data = Datos)`

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-7.2155	-2.5417	-0.6028	1.4694	8.6949

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	3.38352	0.08109	41.728	< 2e-16 ***
Atrayente[T.I]	-0.97535	0.04635	-21.043	< 2e-16 ***
Sitio[T.T]	2.05204	0.07130	28.782	< 2e-16 ***
Sitio[T.W]	0.56603	0.08404	6.736	1.63e-11 ***
Mes[T.2]	0.03895	0.06770	0.575	0.565
Mes[T.3]	0.21375	0.06499	3.289	0.001 **
Mes[T.4]	0.25623	0.06438	3.980	6.89e-05 ***
Mes[T.5]	-0.10588	0.07024	-1.507	0.132

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 2541.34 on 29 degrees of freedom

Residual deviance: 352.62 on 22 degrees of freedom

AIC: 530.53

Number of Fisher Scoring iterations: 5

2. Correlaciones descortezador-depredador

Anexo 2.1 Sitio El Lobo *D. frontalis*- *Elacatis* sp. atrayente para *Dendroctonus* (frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno).

```
with(Datos, cor.test(elacatis, frontalis, alternative="two.sided",  
method="pearson"))
```

Pearson's product-moment correlation

```
data: elacatis and frontalis  
t = 0.98812, df = 3, p-value = 0.3959  
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0  
95 percent confidence interval:  
-0.6871554 0.9586737  
sample estimates:  
cor  
0.4955252
```

Anexo 2.2 Sitio El Lobo *D. frontalis*- *Elacatis* sp. mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron

```
with(Datos, cor.test(Elacatis, frontalis, alternative="two.sided",  
method="pearson"))
```

Pearson's product-moment correlation

```
data: Elacatis and frontalis  
t = -0.3856, df = 3, p-value = 0.7255  
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0  
95 percent confidence interval:  
-0.9226758 0.8226869  
sample estimates:  
cor  
-0.217308
```

Anexo 2.3 Sitio El Lobo *Pseudips mexicanus*- *Elacatis* sp. mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron

```
with(Datos, cor.test(Elacatis, Pseudips, alternative="two.sided",  
method="pearson"))
```

Pearson's product-moment correlation

data: Elacatis and Pseudips

t = 1.1065, df = 3, p-value = 0.3493

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-0.6550329 0.9631514

sample estimates:

cor

0.5383578

Anexo 2.4 Sitio El Tepozán *D. frontalis*- *E. ablusus* mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron

```
with(Datos, cor.test(ablusus, frontalis, alternative="two.sided",  
method="pearson"))
```

Pearson's product-moment correlation

data: ablusus and frontalis

t = -1.773, df = 3, p-value = 0.1743

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-0.9794522 0.4525456

sample estimates:

cor

-0.7153261

Anexo 2.5 Sitio El Pilón *D. frontalis*- *Temnoscheila* atrayente para *Dendroctonus* (frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno).

```
with(Datos, cor.test(frontalis, Temnos, alternative="two.sided",  
method="pearson"))
```

Pearson's product-moment correlation

```
data: frontalis and Temnos  
t = 0.015591, df = 3, p-value = 0.9885  
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0  
95 percent confidence interval:  
-0.8802557 0.8842455  
sample estimates:  
cor  
0.009001355
```

Anexo 2.6 Sitio El Tepozán *D. frontalis*- *Temnoscheila* atrayente para *Dendroctonus* (frontalina + endo-brevicomina + α y β -pineno).

```
with(Datos, cor.test(fronta, Temno, alternative="two.sided", method="pearson"))
```

Pearson's product-moment correlation

```
data: fronta and Temno  
t = 0.54216, df = 3, p-value = 0.6254  
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0  
95 percent confidence interval:  
-0.7923771 0.9346574  
sample estimates:  
cor  
0.2987228
```

Anexo 2.7 Sitio El Tepozán *D. frontalis*- *Temnoscheila* mezcla feromonal de ipsenol + ipsdienol + lanieron

```
with(Datos, cor.test(frontalis, Temnos, alternative="two.sided",  
method="pearson"))
```

Pearson's product-moment correlation

data: frontalis and Temnos

t = 0.78039, df = 3, p-value = 0.4921

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-0.7394868 0.9490833

sample estimates:

cor

0.4107873