



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

“RESPUESTA KAIROMONAL DE DEPREDADORES ASOCIADOS A
DESCORTEZADORES DEL COMPLEJO *Dendroctonus frontalis*,
Dendroctonus mexicanus EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA
GORDA DE QUERÉTARO.”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

PRESENTA:

TORRES HUERTA BRENDA

ASESOR:

BIOL. JOSÉ FRANCISCO RESÉNDIZ MARTÍNEZ





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“Sólo una cosa convierte en imposible un sueño, el miedo a fracasar.”
-Paulo Coelho-

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Sr. José Antonio Torres Monroy & Sra. María del Pilar Huerta Hernández: Por ser mis ejemplos a seguir, motivarme e impulsarme día a día, valoro todo el esfuerzo que hacen por darnos a mis hermanas y a mí siempre lo mejor. Gracias por todo su apoyo, comprensión, cariño, amor, por enseñarme y guiarme desde pequeña, por hacer de mí la persona que soy.

A MIS HERMANAS:

Barbara & Berenice Torres Huerta: Por creer en mí, ser mis confidentes y apoyo en esos momentos difíciles, en el que un consejo o regaño era lo que necesitaba para continuar, por ser mis amigas y cómplices.

A MIS MEJORES AMIGAS:

Perla Xatzibe Rosas Peñaloza & Anahí Monroy Tapia: Por nuestra amistad que ha perdurado a través del tiempo, porque más que amigas, las considero mis hermanas, han sido parte y participes de mi crecimiento personal y profesional, por aceptarme tal cual soy y apoyarme incondicionalmente.

A LA PROFESORA:

Biol. Miriam Hernández †: Por ser un maravilloso ser humano y una magnífica profesora, por fomentar en sus estudiantes el amor a la ciencia y sobre todo a esta hermosa carrera, lo cual fue una gran influencia en mis decisiones profesionales, gracias por todo.

&

PARA:

Arturo Romero Santamaría: Por ayudarme en las situaciones difíciles, apoyarme y escucharme en los buenos y malos momentos, por tus palabras de aliento, consejos y por aguantarme en mis momentos de estrés, gracias por estar a mi lado.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por el financiamiento otorgado para la realización de este trabajo, que forma parte del Proyecto SIGI No. 16433532511: “Generación de nuevas estrategias de monitoreo y control de los insectos descortezadores *Dendroctonus mexicanus*, *Dendroctonus frontalis* e *Ips lecontei*, mediante el uso de semioquímicos y entomopatógenos” (2014-2016).

INIFAP CENID-COMEF

Biol. José Francisco Reséndiz Martínez

Por permitirme trabajar con usted, por sus sabios consejos, ser además de un gran profesor un guía, incursionarme en el área forestal y ayudarme a crecer como profesionista y persona. Mi respeto, cariño y admiración para usted siempre.

Dr. Víctor López Gómez

Por el apoyo que me brindó para la realización de esta tesis, en el ámbito académico y personal, por aconsejarme en momentos confusos y compartirme sus experiencias, de las cuales he aprendido demasiado. Además de ser un gran investigador, se convirtió en un muy buen amigo, al que le tengo un gran cariño y respeto.

Dra. Adriana Gijón Hernández y Dr. Víctor Javier Arriola Padilla

Por permitirme entrar en su equipo de trabajo, brindarme la confianza y las oportunidades para mi desarrollo académico. A lo largo de mi estancia en el INIFAP, tuve la fortuna de desarrollar muchas capacidades y habilidades, que si bien, me falta mucho por aprender, me han ayudado a mejorar cada día.

Biol. Juan Leonardo Escobar Betanzos

Por el gran equipo de trabajo que hicimos, la comunicación y las ganas de sacar las metas adelante, además de brindarme tu amistad, compartimos gratas experiencias en campo y laboratorio.

A mis amigos del INIFAP, gracias por hacerme sentir parte de sanidad forestal, desde el primer día que ingresé, por todas las experiencias y vivencias que hemos pasado, por qué a pesar de los malos ratos, siempre les vimos el lado divertido a las situaciones y aprendimos de ellas.

SEMARNAT, Laboratorio de Análisis y Referencia en Sanidad Forestal (LARSF)

M. en C. Eduardo Jiménez Quiroz

Por las oportunidades y la confianza que me has brindado desde que te conocí y el apoyo para la culminación de éste proyecto, por ser una gran persona y amigo, gracias por compartir tus conocimientos y experiencias conmigo.

COMITÉ SINODAL UNAM-FESI

Dra. Leticia Ríos Casanova, Dr. Esteban Jiménez Sánchez, M. en C. Ana Lilia Muñoz Viveros y Biol. Gerardo Ricardo Medina Ortiz. Por las sugerencias y observaciones que me permitieron enriquecer éste trabajo.

Y por último, a mis amigos de la carrera de biología, por su cariño, por las risas y cada momento compartido, por su infinita paciencia y sobre todo, gracias por el apoyo que nos hemos brindado para continuar en esta gran travesía.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| DEDICATORIAS..... | II |
| AGRADECIMIENTOS..... | III |
| ÍNDICE..... | V |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | VII |
| ÍNDICE DE CUADROS..... | XI |
| RESUMEN..... | XII |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. OBJETIVOS..... | 4 |
| 2.1. GENERAL..... | 4 |
| 2.2. PARTICULARES..... | 4 |
| 2.3. HIPÓTESIS..... | 4 |
| 3. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| 3.1. Situación forestal en México..... | 5 |
| 3.2. Complejo <i>Dendroctonus frontalis</i> y <i>Dendroctonus mexicanus</i> | 6 |
| 3.2.1. Descripción..... | 6 |
| 3.2.2. Ciclo de vida y hábitos..... | 7 |
| 3.2.3. Daños..... | 8 |
| 3.2.4. Importancia..... | 9 |
| 3.2.5. Hospedantes..... | 9 |
| 3.2.6. Resistencia y defensa del hospedero..... | 9 |
| 3.2.7. Distribución..... | 10 |
| 3.3. Identificación del género <i>Dendroctonus</i> mediante características morfológicas y la extracción de genitalia del macho..... | 12 |
| 3.4. Control..... | 14 |
| 3.5. Feromonas y antecedentes..... | 15 |
| 3.6. Trampas Lindgren..... | 18 |
| 3.7. Depredadores y antecedentes..... | 19 |
| 4. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 24 |
| 4.1 Área de estudio..... | 24 |

| | |
|--|----|
| 4.1.1. Pinal de Amoles..... | 24 |
| 4.1.2 Landa de Matamoros..... | 26 |
| 4.2. Ubicación de los sitios de monitoreo y colocación de trampas..... | 28 |
| 4.3. Establecimiento de los tratamientos..... | 29 |
| 4.4. Colecta y separación de descortezadores y entomofauna..... | 32 |
| 4.5. Determinación de los depredadores..... | 33 |
| 4.6. Abundancia y riqueza de los depredadores..... | 33 |
| 4.7. Análisis estadísticos..... | 33 |
| 5. RESULTADOS..... | 34 |
| 5.1. Complejo <i>Dendroctonus frontalis</i> y <i>D. mexicanus</i> | 34 |
| 5.2. Enemigos naturales..... | 35 |
| 5.3. Fluctuación poblacional de depredadores y respuesta de atracción a las feromonas comerciales de agregación..... | 38 |
| 5.4. Riqueza de depredadores..... | 42 |
| 5.5. Correlaciones depredador-presa..... | 45 |
| 6. DISCUSIÓN..... | 49 |
| 6.1. Complejo <i>Dendroctonus frontalis</i> y <i>D. mexicanus</i> | 49 |
| 6.2. Enemigos naturales..... | 49 |
| 6.3. Fluctuación poblacional de depredadores y respuesta de atracción a las feromonas comerciales de agregación..... | 51 |
| 6.4. Riqueza de depredadores..... | 53 |
| 6.5. Correlaciones depredador-presa..... | 54 |
| 7. CONCLUSIONES..... | 56 |
| 8. PERSPECTIVA..... | 57 |
| 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 57 |
| ANEXO 1. ESPECIES DE DESCORTEZADORES..... | 71 |
| ANEXO 2. ESPECIES DE DEPREDADORES ASOCIADAS AL GÉNERO <i>Dendroctonus</i> | 74 |
| ANEXO 3. ESPECIES DE PARASITOIDE Y COMPETIDOR DE ESPACIO ASOCIADOS AL GÉNERO <i>Dendroctonus</i> | 81 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Distribución geográfica de <i>Dendroctonus mexicanus</i> y sus especies de huésped en México (Tomado de Salinas-Moreno, et al., 2010)..... | 10 |
| Figura 2. Distribución geográfica de <i>Dendroctonus frontalis</i> y sus especies de huésped en México (Tomado de Salinas-Moreno et al., 2010)..... | 10 |
| Figura 3. Vista dorsal y ventral del aparato reproductor masculino de <i>Dendroctonus sp.</i> Donde se muestra el Pene (Pen), la Capsula seminal (SmlRd), el Tegmen (Tgm) y la espícula (Spcl), además se observa el ancha (Anch), los apodemas (Apod), el orificio basal (BOr) y el ostium (Ost). Tomado de Cerezke, 1964..... | 13 |
| Figura 4. Vista general de la capsula seminal del aparato reproductor masculino de <i>Dendroctonus sp.</i> (Tomado de Cerezke, 1964) | 13 |
| Figura 5. Saneamientos llevados a cabo en el Municipio Landa de Matamoros, Querétaro..... | 14 |
| Figura 6. Saneamientos llevados a cabo en el Municipio Pinal de Amoles, Querétaro..... | 15 |
| Figura 7. Feromonas utilizadas para la atracción de algunos descortezadores del género <i>Dendroctonus</i> e <i>Ips</i> (Tomado de Salinas <i>et al.</i> 2004)..... | 17 |
| Figura 8. Trampa tipo Lindgren de 12 conos (multiembudo)..... | 18 |
| Figura 9. Gráfico de predicciones del escarabajo descortezador del sur. Las predicciones de las etapas de las infestaciones y los niveles de ocurrencia es derivado de la medición de la abundancia media del descortezador por trampa y día y su porcentaje de un año para una localidad dada. (Tomado de Billings y Upton, 2010)..... | 20 |
| Figura 10. Precisión del sistema de predicción del escarabajo descortezador del sur (SDS) <i>Dendroctonus frontalis</i> , en 12 estados del sur de Estados Unidos de 1987 al 2005. (Tomado de Billings y Upton, 2010)..... | 21 |

| | |
|---|----|
| Figura 11. Climas del municipio Pinal de Amoles, Querétaro; tomado del prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, tomado de INEGI, 2010..... | 25 |
| Figura 12. Climas del municipio Landa de Matamoros, Querétaro; tomado del prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, tomado de INEGI, 2007..... | 27 |
| Figura 13. Ubicación de trampas en el municipio Landa de Matamoros, en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Querétaro..... | 28 |
| Figura 14. Ubicación de trampas en el municipio Pinal de Amoles, en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Querétaro..... | 29 |
| Figura 15. Arreglo de los tratamientos por trampa, establecidos en cada uno de los predios de monitoreo seleccionados en el municipio Pinal de Amoles y Landa de Matamoros, RBSG de Querétaro [t1: Testigo, t2: frontalina + endo-brevicomina + alfa-pineno (Synergy, Canadá) y t3: frontalina + alfa-pineno (ChemTica Int., Costa Rica)..... | 30 |
| Figura 16. Ubicación de tratamientos en las trampas multiembudo tipo Lindgren de 12 unidades en los municipios Landa de Matamoros y Pinal de Amoles en la RBSG de Querétaro..... | 31 |
| Figura 17. Tira de insecticida de baja toxicidad que se colocó en los contenedores de las trampas..... | 31 |
| Figura 18. Colecta y separación de descortezadores y entomofauna..... | 32 |
| Figura 19. Abundancia de las especies <i>Dendroctonus mexicanus</i> y <i>Dendroctonus frontalis</i> en el municipio Pinal de Amoles y Landa de Matamoros, RBSG de Querétaro..... | 34 |
| Figura 20. Proporción de enemigos naturales presentes en el municipio Landa de Matamoros y Pinal de Amoles, RBSG de Querétaro..... | 36 |
| Figura 21. Proporción de depredadores en los municipios Landa de Matamoros y Pinal de Amoles en la RBSG de Querétaro..... | 37 |

Figura 22. Efecto del tiempo e interacción tiempo \times municipio en la abundancia de las especies de depredadores I. *Temnoscheila virescens*, II. *Elacatis* sp., III. *Leptacinus* sp. y IV. *Platynus* sp. del complejo *D. mexicanus* y *D. frontalis* en la RBSG de Querétaro. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($P>0.05$). Medida de dispersión: Error estándar.....40

Figura 23. Efecto del municipio y tratamiento en la abundancia de las especies de depredadores I. *Temnoscheila virescens*, II. *Elacatis* sp., III. *Leptacinus* sp. y IV. *Platynus* sp. asociados al complejo *D. mexicanus* y *D. frontalis* en la RBSG de Querétaro. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($P>0.05$). Medida de dispersión: Error estándar.....41

Figura 24. Riqueza de depredadores en el municipio Landa de Matamoros y Pinal de Amoles en la RBSG de Querétaro. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($P>0.05$). Medida de dispersión: Error estándar.....43

Figura 25. Riqueza de depredadores respecto a los tratamientos de feromonas de agregación y alfa-pineno. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($P>0.05$). Medida de dispersión: Error estándar.....43

Figura 26. Riqueza (S) de depredadores en los municipios Landa de Matamoros y Pinal de Amoles en la RBSG de Querétaro. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($P>0.05$). Medida de dispersión: Error estándar.....44

Figura 27. Correlaciones entre las abundancias del complejo *Dendroctonus frontalis*, *D. mexicanus* y las especies de depredadores, la abundancia total de depredadores, la riqueza y diversidad, en el municipio Landa de Matamoros en la Reserva de la Sierra Gorda de Querétaro. (NS: No Significativa, $*=0.05$, $**<0.01$, $***<0.001$).....47

Figura 28. Correlaciones entre las abundancias del complejo *Dendroctonus frontalis*, *D. mexicanus* y las especies de depredadores, la abundancia total de depredadores, la riqueza y

| | |
|---|----|
| diversidad, en el municipio Pinal de Amoles en la Reserva de la Sierra Gorda de Querétaro. (NS: No Significativa, *=0.05, **<0.01, ***<0.001)..... | 48 |
| Figura 29. <i>Dendroctonus frontalis</i> Zimmerman, 1868 (Curculionidae: Scolytinae). I: vista lateral de cuerpo, II: varilla seminal..... | 71 |
| Figura 30. <i>Dendroctonus mexicanus</i> Hopkins, 1905 (Curculionidae: Scolytinae). I: vista lateral de cuerpo, II: varilla seminal..... | 71 |
| Figura 31. <i>Dendroctonus valens</i> LeConte, 1860 (Curculionidae: Scolytinae). I: vista lateral de cuerpo, II: varilla seminal..... | 72 |
| Figura 32. <i>Pseudoips mexicanus</i> Hopkins, 1905 (Curculionidae: Scolytinae). I: vista lateral de cuerpo, II: aedeago..... | 72 |
| Figura 33. <i>Dendroctonus adjunctus</i> Blandford, 1897 (Curculionidae: Scolytinae)..... | 73 |
| Figura 34. <i>Temnoscheila chlorodia</i> Mannerheim, 1843 (Coleoptera: Trogossitidae). I: vista dorsal del cuerpo, II: vista ventral, III: vista lateral..... | 74 |
| Figura 35. <i>Temnoscheila virescens</i> Fabricius, 1775 (Coleoptera: Trogossitidae). I: vista dorsal del cuerpo, II: vista ventral, III: vista lateral..... | 75 |
| Figura 36. <i>Elacatis</i> sp. Pascoe, 1860 (Coleoptera: Salpingidae). I: vista dorsal del cuerpo, II: vista ventral, III: vista lateral..... | 76 |
| Figura 37. <i>Leptacinus</i> sp. Erichson, 1889 (Coleoptera: Staphylinidae). I: vista dorsal del cuerpo, II: vista ventral, III: vista lateral..... | 77 |
| Figura 38. <i>Platynus</i> sp. Bonelli, 1810 (Coleoptera: Carabidae). I: vista dorsal del cuerpo, II: vista ventral, III: vista lateral..... | 78 |
| Figura 39. <i>Cymindis</i> sp. Latreille, 1860 (Coleoptera: Carabidae). I: vista dorsal del cuerpo, II: vista ventral, III: vista lateral..... | 79 |
| Figura 40. <i>Enoclerus arachnoides</i> Klug, 1842 (Coleoptera: Cleridae)..... | 80 |
| Figura 41. <i>Tomocobia</i> sp. Ashmed, 1899 (Hymenoptera: Pteromalidae)..... | 81 |

Figura 42. *Tomolips* sp. Wollaston, 1873 (Coleoptera: Curculionidae).....81

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Enemigos naturales del género *Dendroctonus*, identificados en el monitoreo llevado a cabo en el municipio Landa de Matamoros y Pinal de Amoles en la RBSG de Querétaro.....35

Cuadro 2. Resultados del GLM con distribución Poisson que prueba el efecto del tiempo de colecta, el municipio de monitoreo, el tratamiento y su interacción (sitio × tiempo y tratamiento × sitio) sobre la abundancia de las especies de depredadores naturales de *D. frontalis* y *D. mexicanus* en el municipio de Landa de Matamoros y Pinal de Amoles en la RBSG de Querétaro.....39

Cuadro 3. Resultados del GLM con distribución Poisson que prueba el efecto del tiempo de colecta, el municipio y el tratamiento, sobre la riqueza de los depredadores asociados a *D. frontalis* y *D. mexicanus* en la RBSG de Querétaro.....42

Cuadro 4. Correlaciones entre las abundancias del complejo *Dendroctonus frontalis*, *D. mexicanus* y las especies de depredadores, su abundancia total, riqueza y diversidad.....45

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en bosques de coníferas de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Querétaro, nuestro objetivo general fue evaluar la respuesta kairomonal de las especies de depredadores hacia las feromonas comerciales de agregación utilizadas en el monitoreo de *Dendroctonus frontalis* y *Dendroctonus mexicanus*, así como determinar la relación que existe entre las abundancias de los depredadores y los escarabajos descortezadores a lo largo de un año de monitoreo en los municipios Landa de Matamoros y Pinal de Amoles.

Se establecieron 3 sitios de monitoreo en Pinal de Amoles y 2 en Landa de Matamoros. En cada uno se colocaron: 2 trampas Lindgren de 12 unidades cebadas con frontalina + alfa-pineno, 2 trampas de frontalina + endo-brevicomina + alfa-pineno y una trampa testigo. Se realizaron colectas quincenales durante un año, las cuales se trasladaron al CENID-COMEF donde se determinaron y contabilizaron las especies *D. mexicanus* y *D. frontalis*, así como sus enemigos naturales y se determinó sólo el grupo de depredadores a género y en algunos casos a especie, además se registró su abundancia mensual en una base de datos. Se evaluó el efecto del mes, municipio, tratamiento y sus interacciones sobre la abundancia y riqueza de depredadores. Los datos se analizaron mediante un GLM en el programa R-project y con STATISTICA 7 se realizaron pruebas de Tukey para aquellos que mostraran significancia. Asimismo, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para conocer el grado de asociación entre la abundancia de *D. frontalis* y *D. mexicanus* con la abundancia de las especies de depredadores, su abundancia total y riqueza.

Se identificaron tres grupos de enemigos naturales: parasitoides, competidores de espacio y depredadores, estos últimos fueron el grupo más abundante conformado por 7 especies, de las cuales *Elacatis* sp., *Temnoscheila* spp. y *Leptacinus* sp., fueron las de mayor abundancia. Los picos de abundancia más altos se registraron en los meses de marzo a julio en ambos municipios y se observó una respuesta de atracción preferencial por parte de ambas especies de *Temnoscheila* y de *Leptacinus* sp. al cebo comercial frontalina + alfa-pineno y de *Elacatis* sp. al cebo frontalina + endo-brevicomina + alfa-pineno, mientras que

la respuesta de los demás depredadores fue indistinta. Se presentó mayor riqueza de depredadores en el municipio Landa de Matamoros utilizando la mezcla de feromonas de agregación (frontalina + endo-brevicomina) y alfa-pineno.

En Landa de Matamoros se encontró una correlación significativa y positiva entre la abundancia de *D. frontalis* y *D. mexicanus* con *Elacatis* sp. y *Leptacinus* sp., sin embargo, ambos depredadores se relacionaron más con *D. frontalis*. Mientras que, en Pinal de Amoles, *Elacatis* sp. se relacionó directamente y de manera similar con ambas especies de escoltinos. Por otro lado, las especies de *Temnoscheila* no presentaron ninguna correlación significativa con el complejo de descortezadores.

1. INTRODUCCIÓN

Los descortezadores (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) son pequeños escarabajos que habitan el interior de la corteza de ciertas especies de árboles en donde se alimentan y reproducen. Son agentes esenciales en la sucesión, estructura y composición forestal, sin embargo, bajo condiciones epidémicas atacan arboles vigorosos, aumentan su densidad poblacional y se tornan en plagas (Díaz et al., 2005).

Aunque existen más de 600 especies, el género *Dendroctonus* Erichson, 1836 contiene los de mayor importancia económica y ecológica. *Dendroctonus frontalis* Zimmerman, 1868 y *Dendroctonus mexicanus* Hopkins, 1905 son las principales plagas primarias de los bosques de pino en el país, son responsables de la muerte de miles de árboles, lo que provoca un desequilibrio ecológico y pérdidas económicas de gran magnitud (Stark, 1982).

Durante 2012 y 2013, la actividad de estos descortezadores se incrementó en varios estados de la República Mexicana, de los cuales Querétaro fue uno de los más afectados (Parra, 2014). En el 2011 se registró una de las sequías más severas, la baja precipitación ocasionó estrés en el arbolado, lo cual propició una contingencia fitosanitaria en varios municipios pertenecientes a la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda (RBSG) de Querétaro, con daños de aproximadamente 71,000 m³ de madera. Cabe destacar la importancia de esta Reserva, ya que es una de las áreas más representativas de la biodiversidad de México por su gran variedad de tipos de vegetación, además, es uno de los sitios con macizos boscosos mejor conservados del país (Cibrián et al., 2014; INE, 1999).

Entre los municipios afectados por descortezadores se encuentran Pinal de Amoles y Landa de Matamoros, donde las infestaciones han causado una alta mortalidad en bosque natural de pino, principalmente en poblaciones de *Pinus patula* Schl. & Cham, 1831 y *Pinus gregii* Engelm, 1868 (Comunicación Personal Ing. Efraín Santiago Hernández, Analista Técnico de Sanidad, CONAFOR, Querétaro, 26 de abril de 2013).

En México, el manejo de insectos descortezadores está regulado por la Norma Oficial Mexicana NOM-019-SEMARNAT-2006, que establece medidas de control mecánico y

químico, los cuales, son completamente destructivos para los bosques de coníferas, además de que pese a su implementación, estos escarabajos continúan causando grandes pérdidas económicas. Por tal motivo, durante varias décadas, diversos investigadores han buscado alternativas de control que sean amigables con el ambiente, sobre todo para áreas cuyo objetivo es la conservación de la biodiversidad (SEMARNAT, 2006; Hofstetter et al., 2008).

Una de las alternativas que se han generado, van enfocadas al monitoreo del descortezador, con el fin de obtener bases para prever fases epidémicas de las poblaciones, o bien, para aplicar algún método de control dirigido, entre los que destacan planes de manejo basados en el complejo sistema de comunicación química (semioquímicos) que presentan estas especies, y que interviene en el éxito de colonización y resistencia hacia las defensas de los hospederos, mediado por feromonas de agregación (Domínguez-Sánchez et al., 2008). Estas sustancias conductuales son de alta especificidad y de nulo impacto al ambiente, y existen por lo menos cinco feromonas (frontalina, endo o exo-brevicomina, verbenona y metil-ciclo hexanona) que tienen alguna actividad de agregación o disgregación, así como ciertos componentes de la resina (monoterpenos o α -pineno) que mejoran el efecto de atracción de las feromonas; cabe destacar que además de ser utilizados en el monitoreo, también son empleados para controlar brotes de infestaciones, ya que mantiene las poblaciones en niveles bajos. (Rodríguez, 1990; Díaz, 2005; Narváez-Flores, 2007).

Esta comunicación, es percibida como kairomonal por las especies de enemigos naturales de los descortezadores, los cuales juegan papeles importantes en su dinámica poblacional, al ser capaces de disminuir su abundancia a valores más bajos de los que alcanzarían sin su presencia, ello constituye un control biológico natural (Viñuela et al., 1993; 2002).

Macías -Sámano et al. (2004) y Sánchez-Martínez et al. (2007) recomiendan que al llevar a cabo el monitoreo de descortezadores, se identifique y contabilicen sus enemigos naturales (en especial a los depredadores), debido a que estos datos sirven para determinar su papel en su dinámica poblacional. Al respecto, varios trabajos (Turchin et al. 1991; Reeve, 2002) mencionan que el conocer una proporción entre los descortezadores y sus depredadores,

puede servir como base para implementar un sistema de monitoreo predictivo de situaciones epidémicas, ya que se ha sugerido, que además de la influencia de los factores climáticos, los comportamientos atípicos de estas especies pueden ser debidas a interacciones denso-dependientes (Amman y Cole, 1983; Reeve, 2002; Turchin et al., 1999).

Por otro lado, además de determinar el papel regulador que tienen los diferentes depredadores sobre los descortezadores, se cree que el evaluar la respuesta y conocer la afinidad de estos a las diversas feromonas comerciales podría ser una base para seleccionar aquellos que pudieran tener éxito en el control biológico, ya que, en diversos estudios se ha observado que los principales depredadores de las especies de *Dendroctonus*, difieren en sus preferencias relativas a las diferentes feromonas de agregación para escolítidos (isómeros ópticos y otros componentes) (Seybold et al. 1992 , Raffa y Dahlsten 1995).

Asimismo, en específico para *D. frontalis* y *D. mexicanus*, se recalca la importancia de caracterizar la respuesta de sus depredadores a las diferentes feromonas de agregación, ya que, dada su amplia distribución geográfica, se ha visto que existen variaciones en la asociación de especies de depredadores, es decir, estas asociaciones podrían depender de la relación espacio-tiempo, y esto también influirá en su respuesta a los diversos semioquímicos (Wood, 1985; Domínguez-Sánchez et al., 2008; Hofstetter et al. 2008).

2. OBJETIVOS

2.1. GENERAL

Evaluar la respuesta kairomonal de las especies de depredadores hacia los cebos comerciales de agregación empleados en el monitoreo de *D. frontalis* y *D. mexicanus*, así como determinar la relación que existe entre las abundancias de los depredadores y los escarabajos descortezadores a lo largo de un año de monitoreo en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Querétaro.

2.2. PARTICULARES

- Determinar y contabilizar a los descortezadores *Dendroctonus frontalis* y *D. mexicanus* en dos municipios de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Querétaro.
- Identificar los enemigos naturales asociados al complejo *D. frontalis-D. mexicanus*.
- Evaluar el efecto del municipio, tratamiento, mes y las interacciones entre estos factores sobre la abundancia de los depredadores y establecer sus fluctuaciones poblacionales durante un año de colecta (2014-2015).
- Evaluar el efecto del municipio, tratamiento, mes y las interacciones entre estos factores sobre la riqueza de depredadores.
- Determinar la relación que existe entre la abundancia de las especies de depredadores, su abundancia total y riqueza con la abundancia de *D. frontalis* y *D. mexicanus* en un periodo anual en la RBSG de Querétaro.

2.3. HIPÓTESIS

- Los escarabajos descortezadores emiten feromonas para la colonización exitosa a un nuevo hospedero, las cuales generan una respuesta específica de agregación de sus congéneres; estas señales químicas intraespecíficas son utilizadas por las diferentes especies de insectos depredadores para localizarlos, por lo que su respuesta kairomonal hacia los cebos empleados en el monitoreo de *D. frontalis* y *D. mexicanus* será diferencial y significativa.

- Los depredadores desempeñan un papel fundamental en la regulación de las poblaciones de escarabajos descortezadores, por lo que existirá una relación directa y positiva entre cada una de las abundancias de las especies de depredadores, su abundancia total y riqueza con la abundancia de *D. frontalis* y *D. mexicanus*.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Situación forestal en México

Alrededor del 15% del territorio mexicano está cubierto por bosques de coníferas, distribuidos en un amplio rango altitudinal que abarca de los 1500 a 3000 msnm, estos bosques producen importantes cantidades de madera y proveen servicios ambientales tales como hábitat para especies, provisión de agua, retención de suelos, captura y almacenamiento de carbono, belleza escénica y regulación del microclima. (SEMARNAT, 2005; Duran y Poloni, 2014). Sin embargo, en la actualidad uno de los principales problemas que presentan estos bosques es la alta tasa de deforestación, la cual ocupa uno de los primeros lugares en el mundo, cuyos rangos fluctúan entre 75,000 ha/año a cerca de 1.98 millones de hectáreas por año (ARD, 2002; Cruz, 2007).

Uno de los aspectos que incide en la preservación de la cantidad y calidad de los ecosistemas forestales, es su salud. Las plagas y enfermedades constituyen un factor importante de degradación de los bosques y la principal causa de su propagación es el largo tiempo que demora su control. En México, entre 1999 y 2010 la superficie afectada por problemas fitosanitarios anual fue de 51 mil ha, y de estas 15 mil fueron atribuidas a descortezadores (SEMARNAT, 2012).

El cambio climático es uno de los factores que está alterando el comportamiento de estos insectos y sus efectos en los ecosistemas forestales (Sánchez-Martínez et al., 2007). Expertos meteorólogos han documentado que nueve de los diez años más calurosos de la época moderna son posteriores a 1990 (Cuellar et al., 2012). El calor, combinado con

la sequía, y otros factores como la tala ilegal y los incendios forestales, han contribuido a generar una ola epidémica de descortezadores en los bosques de coníferas de Norte y Centro de México, cuyos daños se han incrementado particularmente a partir del año 2001 (Cibrián et al., 2014).

En las últimas décadas, los brotes de descortezadores de las plagas primarias ha aumentado, ocasionando la muerte de miles de árboles, por ejemplo en 2013, el 12% la superficie perturbada superó a la de los incendios forestales; por lo que su detección y manejo son una parte fundamental para la preservación nuestras áreas forestales (Florescano, 1980; Díaz et al. 2005; FAO, 2009; CCMSS, 2012).

3.2. Complejo *Dendroctonus frontalis* y *Dendroctonus mexicanus*

Las especies del género *Dendroctonus* Erichson han sido agrupadas en seis complejos taxonómicos por su semejanza morfológica y los atributos biológicos que comparten (Wood, 1985). Uno de estos complejos taxonómicos es el *frontalis*, el cual incluye varias especies, entre ellas a *D. mexicanus* y *D. frontalis* (Piña y Muñiz, 1991; Zuñiga et al., 1995).

3.2.1. Descripción

El huevo en ambas especies es de color aperlado, pero se torna más cremoso al madurar, de forma ovalada de consistencia suave y lisa, su tamaño varía de 1 a 1.5 mm. En cuanto a las larvas, los escarabajos pasan por cuatro estadios larvarios, pero en general la larva son apodas de color cremoso, presenta la cabeza bien esclerosada, con un aparato bucal masticador; su cuerpo es cilíndrico con setas pequeñas en *D. mexicanus* y casi o nada visibles en *D. frontalis*. Las pupas son de tipo exarata y su tamaño varía de 2.2 a 3.2 mm de longitud (Moreno, 1954; Cibrián, 1995).

El adulto *D. mexicanus* varía en tamaño de 2.3 a 4.5 mm de longitud, con promedio de 3.3 mm. La coloración es café muy oscuro, casi negro y brillante. La frente de la cabeza es convexa, con dos elevaciones separadas por un surco que baja por la parte media de la

cabeza, además, en estas elevaciones se encuentran tubérculos frontales, los cuales son muy evidentes en los machos y poco desarrollados en las hembras. Cada uno de los élitros presenta nueve estrías con puntuaciones bien marcadas y poco profundas, en cada interestría hay pequeñas granulaciones que presentan 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.

El tamaño de *D. frontalis* varía de 2.2 a 3.2 mm, con promedio de 2.8 mm, su coloración es café oscuro, casi negro; presenta características morfológicas similares a *D. mexicanus*, sin embargo, *D. frontalis* presenta el declive elitral con pendientes moderada y setas abundantes de dos clases de tamaños, las más pequeñas de la misma longitud que la anchura de una interestría (Perusquia, 1978; Cibrián, 1995; Salinas-Moreno et al., 2004).

3.2.2. Ciclo de vida y hábitos

Los descortezadores son insectos endofíticos durante la mayor parte de su ciclo, exceptuando la fase de vuelo en el estado adulto. El ciclo biológico está condicionado por factores como la temperatura y humedad subcortical (Equihua y Burgos, 2002).

En un ciclo de vida típico, las hembras de ambas especies fungen como pioneras al seleccionar el hospedante, en donde realizan orificios de entrada; si el árbol es vigoroso, puede ahogarlas en la resina que expulsa como consecuencia de la horadación; sin embargo, cuando no hay una resistencia apropiada, las hembras logran entrar a la parte del floema, donde inician la emisión de feromonas específicas de agregación, que junto con olores liberados por las perforaciones frescas, atraen a los machos al fuste del hospedero. Posteriormente la hembra se mueve a la zona del cambium e inicia su alimentación; las hembras de estas especies liberan esporas de hongos manchadores de la madera, cuyas hifas bloquean los conductos de resina y las traqueidas transportadoras de agua, permitiendo mejores condiciones de vida a los descortezadores (Cibrián, 1995; Salinas-Moreno *et al.*, 2010).

Una vez que los machos llegan, se introducen a las galerías donde se produce la cópula, poco después la hembra inicia la oviposición. Después de 1 a 3 semanas, dependiendo de la

temperatura, eclosionan las larvas. Los primeros dos estadios se alimentan de la región interna del floema, mientras que el tercero construye una cámara de alimentación en la misma zona, finalmente el cuarto se dirige hacia la corteza externa en donde hace una cámara de pupación. Posteriormente el preadulto permanece en la cámara hasta que se presentan los procesos cuticulares de esclerosamiento y obscurecimiento. Cuando los adultos terminan su desarrollo en la cámara de pupación, inician la barrenación a través de la corteza externa, hasta un orificio de emergencia al exterior, completando su ciclo de vida (García, 1992; Cibrián, 1995).

El tiempo de generación depende de la especie, el ciclo de vida de *D. mexicanus* varía de 42 hasta 125 días y puede haber de 3 a 5 generaciones al año, dependientes de las condiciones climáticas y fisiográficas, mientras que *D. frontalis* presenta ciclos de vida más cortos que van de 43 a 70 días, aunque puede variar de acuerdo a las estaciones del año o con la altitud a la que se encuentra la infestación presentándose de 6 a 7 generaciones al año (Cibrián, 1955; Rose, 1966).

3.2.3. Daños

El daño directo que ocasiona es la muerte de los árboles, los insectos introducen hongos manchadores de la madera que contribuyen de manera importante en la muerte del árbol, la cual ocurre en pocos días. El tamaño que puede alcanzar una infestación o manchón depende de la disponibilidad de árboles susceptibles, de las condiciones climáticas y de la cantidad de enemigos naturales presentes, generalmente ataca bosques debilitados ya sea por incendios, sequías prolongadas, explotación irresponsable del producto maderable o resinaciones forzadas (Landaverde, 2001).

Los manchones pueden variar en tamaño dependiendo la especie, *D. mexicanus* afecta áreas forestales de 0.1 hasta 4 ha y solo en caso excepcionales pueden cubrir superficies de hasta 10 ha, estos manchones se incrementan en tamaño durante tres o cuatro generaciones, después de lo cual se colapsan en forma natural por la acción de los factores de mortalidad. Por otra parte, por su misma naturaleza de ciclo rápido, *D. frontalis* provoca infestaciones en los árboles vecinos, por lo que los manchones de arbolado plagado pueden ser muy

grandes, de más de 10 ha y estos se detienen en forma natural por la acción de los factores de mortalidad (Moreno, 1954; Piña, 1981; Salinas-Moreno et al., 2010).

3.2.4. Importancia

Sus infestaciones contribuyen en la deforestación de regiones completas del centro del país. El impacto que causa en la producción de madera es relevante, ya que con frecuencia obliga a realizar cortas de saneamiento y aprovechamiento de maderas muertas, y se estima que el impacto económico que causa en la depreciación del producto, puede ser superior al 80% en su costo (Cibrián et al., 1995; Cruz, 2007).

3.2.5. Hospedantes

El grado de especificidad hacia el hospedero es variable, sin embargo, este tipo de insectos tienen un hábito alimenticio xilemicetófago o micófago, esto reduce su dependencia hacia el hospedero; por lo que se les considera insectos polífagos y una sola especie puede desarrollarse en más de una especie de pino (López-Romero *et al.*, 2007).

D. mexicanus ataca a 21 especies de pino, entre los que podemos encontrar a *Pinus ayacahuite* Ehrenb, 1838, *P. arizonica* Engelm, 1878, *P. cembroides* Zucc, 1832, *P. cooperi* C.E. Blanco, 1949, *P. douglasiana* Martinez, 1940, *P. durangensis* Martínez, 1942, *P. engelmannii* Carr, 1854, *P. gregii*, *P. hartwegii* Lindl, 1838, *P. herrerae* Martínez, 1998, *P. lawsoni* Roezl, 1862, *P. leiophylla* Schl. & Cham, 1982, *P. maximinoi* H.E. Moore, 1966, *P. michoacana* Martínez, 1986, *P. montezumae* Lamb, 1832, *P. patula*, *P. pincheana* Gordon & Glend, 1858, *P. pseudostrobus* Lindl, y *P. teocote* Schl. & Cham, 1830.

Por otra parte, *D. frontalis* presenta un número menor de hospedantes, entre ellos se encuentra *Pinus arizonica*, *P. durangensis*, *P. greggii*, *P. maximinoi*, *P. oocarpa*, *P. pringlei* Shaw, 1905, *P. tecunumanni*, Eguiluz & Perry, 1937, *P. teocote*. (Perusquia, 1978; Salinas-Moreno *et al.*, 2010).

3.2.6. Resistencia y defensa del hospedero

La producción de compuestos químicos repelentes y atrayentes por parte del hospedante, su morfología y anatomía, además del estado nutricional son características básicas, cuyas

variaciones pueden ser la causa de los desequilibrios en la relación insecto-árbol, que influyen sobre la resistencia del mismo (Beck, 1965). Por otro lado, la resina producida por el árbol tras la etapa de colonización de las hembras de descortezadores juega un papel paradójico, puesto que representa una defensa contra los insectos y sus asociados, pero al mismo tiempo posee características atrayentes y algunos de sus componentes son utilizados por el insecto como precursores de sus feromonas de agregación. La resina de las coníferas está compuesta principalmente por ácidos diterpenoides (70%), monoterpenos y pequeñas cantidades de sesquiterpenos, alcoholes terpénicos y ácidos grasos (Hanover, 1972; Macías, 2001; Hernández, 2010).

3.2.7. Distribución

El límite altitudinal de *D. mexicanus* se ubican entre los 800 y 3 650 m, con un intervalo preferente entre los 2 000 y 2 500 m, tiene la distribución más amplia en los bosques de México (Figura 1); sin embargo, los registros que se han hecho indican que es más común en el centro de México a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) (Moser *et al.*, 2005). Se distribuye en los estados de: Aguascalientes, Chiapas, Colima, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas (Salinas-Moreno *et al.*, 2010).

Dendroctonus frontalis se ha reportado en varios sistemas montañosos del Noreste, centro, Sur y Sureste del país, es frecuente en áreas en el Norte de la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre del Sur, su distribución altitudinal se encuentra entre los 600 y 3 200 m, con un intervalo preferente entre los 1 500 y 2 000 m. Se distribuye en los estados de: Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro y San Luis Potosí (Figura 2) (Zuñiga, 1999; Salinas-Moreno *et al.*, 2010).

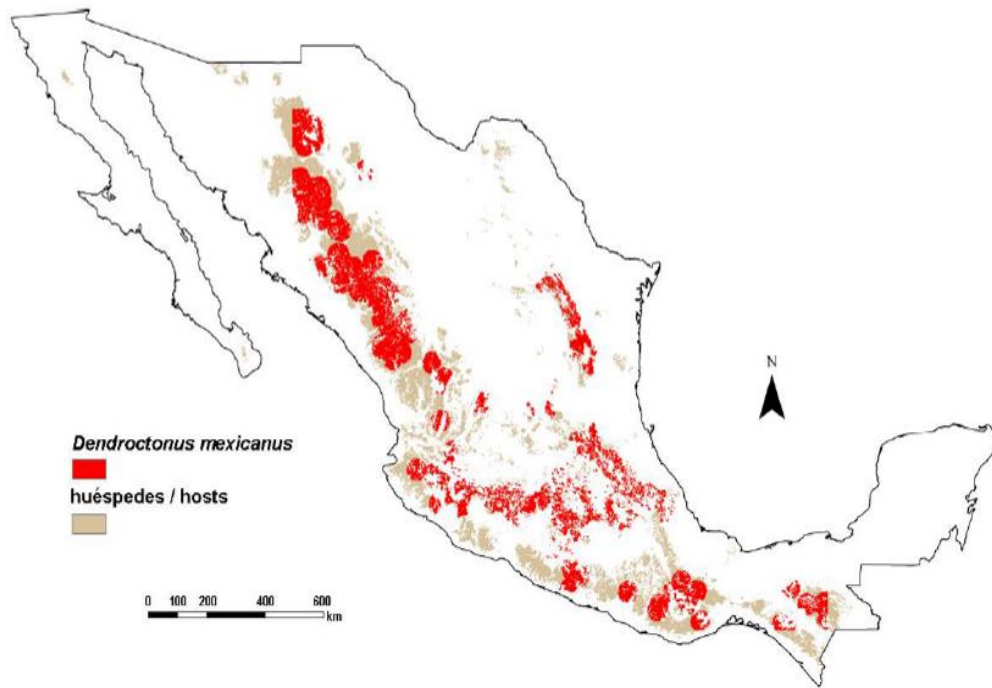


Figura 1. Distribución geográfica de *Dendroctonus mexicanus* y sus especies de huésped en México (Tomado de Salinas-Moreno, et al., 2010).

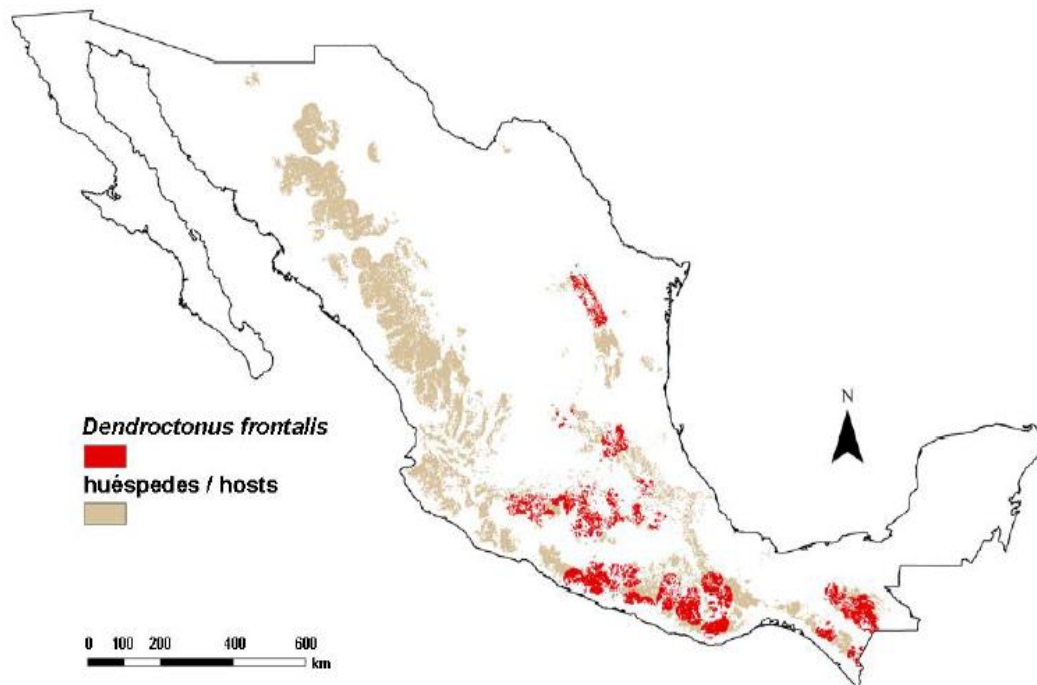


Figura 2. Distribución geográfica de *Dendroctonus frontalis* y sus especies de huésped en México (Tomado de Salinas-Moreno et al., 2010).

3.3. Identificación del género *Dendroctonus* mediante características morfológicas y la extracción de genitalia del macho.

En la actualidad, la identificación de este género se realiza mediante claves basadas principalmente en características morfológicas externas, en este caso, el número, tamaño y disposición de setas y granulaciones (puntuaciones) en el declive elitral. Sin embargo, estas características tienen la dificultad de que sólo pueden ser interpretadas con precisión por especialistas experimentados en la taxonomía de los escolítidos, además, la semejanza morfológica y atributos biológicos compartidos (Wood, 1963), ha generado la necesidad de recurrir al estudio de la anatomía interna del insecto para obtener una alternativa para su identificación (Hopkins, 1915).

Tradicionalmente los órganos genitales masculinos externos, sobre todo los órganos de retención, han sido considerados, en mayor o menor medida, como derivados de las extremidades del noveno segmento, y son considerados características relevantes para la identificación específica del género *Dendroctonus* (Hernández, 2010).

La genitalia masculina consiste en cuatro estructuras esclerotizadas asociadas a musculo y tejido membranoso (Figura 3 y 4). Las variaciones morfológicas encontradas en la varilla seminal del género *Dendroctonus* e *Ips* sirven por si mismas para la identificación de las especies mexicanas, o bien para corroborar identificaciones hechas a partir de claves basadas en características morfológicas externas (Correa, 1989).

Las diferencias entre las varillas seminales de *Dendroctonus mexicanus* y *D. frontalis* se observa en vista lateral, donde se aprecia los brazos, en el caso de *D. mexicanus* el brazo es mucho más largo que el de *D. frontalis*, y parece una pequeña espina, mientras tanto el brazo de *D. mexicanus* es mucho más estrecho y presenta un margen redondeado.

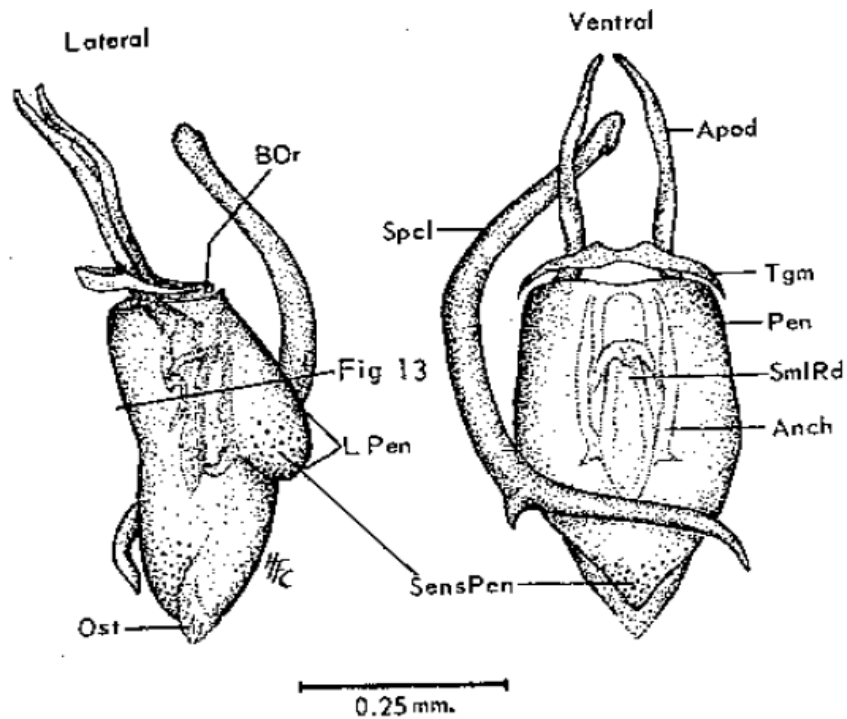


Figura 3. Vista dorsal y ventral del aparato reproductor masculino de *Dendroctonus sp.* Donde se muestra el Pene (Pen), la Capsula seminal (SmlRd), el Tegmen (Tgm) y la espícula (Spcl), además se observa el ancha (Anch), los apodemas (Apod), el orificio basal (BOR) y el ostium (Ost). (Tomado de Cerezke, 1964).

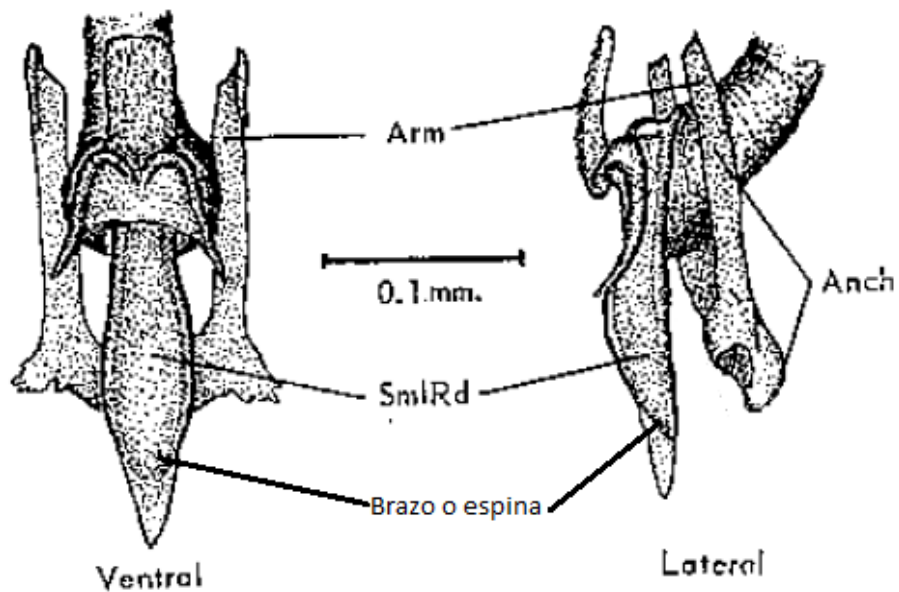


Figura 4. Vista general de la capsula seminal del aparato reproductor masculino de *Dendroctonus sp.* (Tomado de Cerezke, 1964).

3.4. Control

Los árboles afectados por los descortezadores, tienen que ser manejados de manera oportuna, para evitar la dispersión de los insectos a nuevas áreas (Islas, 1979). Esta acción ha de estar justificada por razones biológicas y económicas, además, los métodos a emplear deben ser adecuados a las circunstancias existentes (Romanyk y Madahia, 2002). En este sentido, la Norma Oficial Mexicana NOM-019 SEMARNAT 2006 señala los principales métodos de combate y control, los cuales consisten en la remoción y destrucción de los insectos plaga, a través de métodos físicos, mecánicos y químicos (Diario oficial de la Federación, 2008; Olvera, 2014).



Figura 5. Saneamientos llevados a cabo en el Municipio Landa de Matamoros, Querétaro.



Figura 6. Saneamientos llevados a cabo en el Municipio Pinal de Amoles, Querétaro.

3.5. Feromonas y antecedentes.

Los descortezadores han desarrollado sistemas de comunicación mediada por sustancias químicas conductuales (semioquímicos) que intervienen en muchas funciones como comportamiento sexual, oviposición, alarma y defensa; además, también promueven la localización, agregación o disgregación de individuos (Billings, et al., 1995; Pureswaran et al., 2008).

Cuando estos compuestos ejercen su efecto sobre individuos de la misma especie se llaman feromonas (Primo, 1991), las cuales probablemente evolucionaron en el contexto sexual del cortejo y de la competencia entre machos, por lo que son importantes para el éxito de la colonización, ya que propician la atracción de sus congéneres en ataques en masa, y así sobrepasar las defensas del hospedero (De León, 1983). Estos compuestos son producidos

por las glándulas exocrinas, a través de las heces, estos compuestos son liberados e inmediatamente inducen una reacción específica (Olvera, 2014).

Por más de tres décadas, especialistas en la ecología química de insectos han buscado la aplicación del conocimiento en esta materia, con el fin de identificar los semioquímicos específicos que intervienen en el proceso de ataque y colonización para crear métodos que prevengan y controlen las infestaciones de los escarabajos descortezadores (Macías-Sámano et al., 2004).

Los atrayentes que se han estudiado principalmente, son de especies de *Dendroctonus*, *Ips* De Geer, 1775, *Scolytus* Geoffroy, 1762, *Gnatostrichus* Eichhoff, 1868 y *Trypodendron* Stephens, 1830. En este sentido, se han logrado aislar y sintetizar artificialmente, varios de los componentes químicos de feromonas en diferentes especies de descortezador (figura 7), sobre todo de *Dendroctonus* e *Ips* (Salinas et al. 2004).

Los conocimientos generados han servido para elaborar señuelos con semioquímicos multicomponentes destinados para la captura de especies con importancia económica; un señuelo generalmente contiene una o dos feromonas, más un componente volátil del hospedero, los cuales suelen ser componentes principales de la resina de pino y otras coníferas como el α -pineno, el cual incrementa el poder de atracción de las feromonas comerciales (Sánchez-Martínez et al., 2007).

Sánchez y colaboradores (2005) llevaron a cabo en la Sierra Fría al noreste del estado de Aguascalientes un monitoreo de *D. mexicanus* para evaluar el efecto de frontalina, endobrevicomina y α -pineno. Al principio del monitoreo, se obtuvo una captura mayor con el tratamiento consistente en la combinación de frontalina + α -pineno, sin embargo, pero más tarde todas las capturas fueron similares con el tratamiento endo-brevicomina + α -pineno.

Por otra parte, se han hecho varios trabajos con combinaciones de feromonas comerciales, como Sánchez y Torres en el 2007, quienes emplearon varias combinaciones de feromonas (frontalina+ α -pineno; frontalina; α -pineno; frontalina+exo-brevicomina) en el estado de

Nuevo León. El mejor tratamiento fue el de frontalina + α -pineno para la atracción de *D. mexicanus*, con el 38.07 % del total de la colecta.

Así mismo, Hofstetter y colaboradores en el 2008, utilizaron trampas cebadas con una mezcla de frontalina + exo-brevicomina + mirceno y frontalina + mezcla de terpenos, donde el señuelo con exo-brevicomina fue el que dio mejores resultados para la atracción de *D. frontalis* y *D. brevicomis* LeConte, 1876.

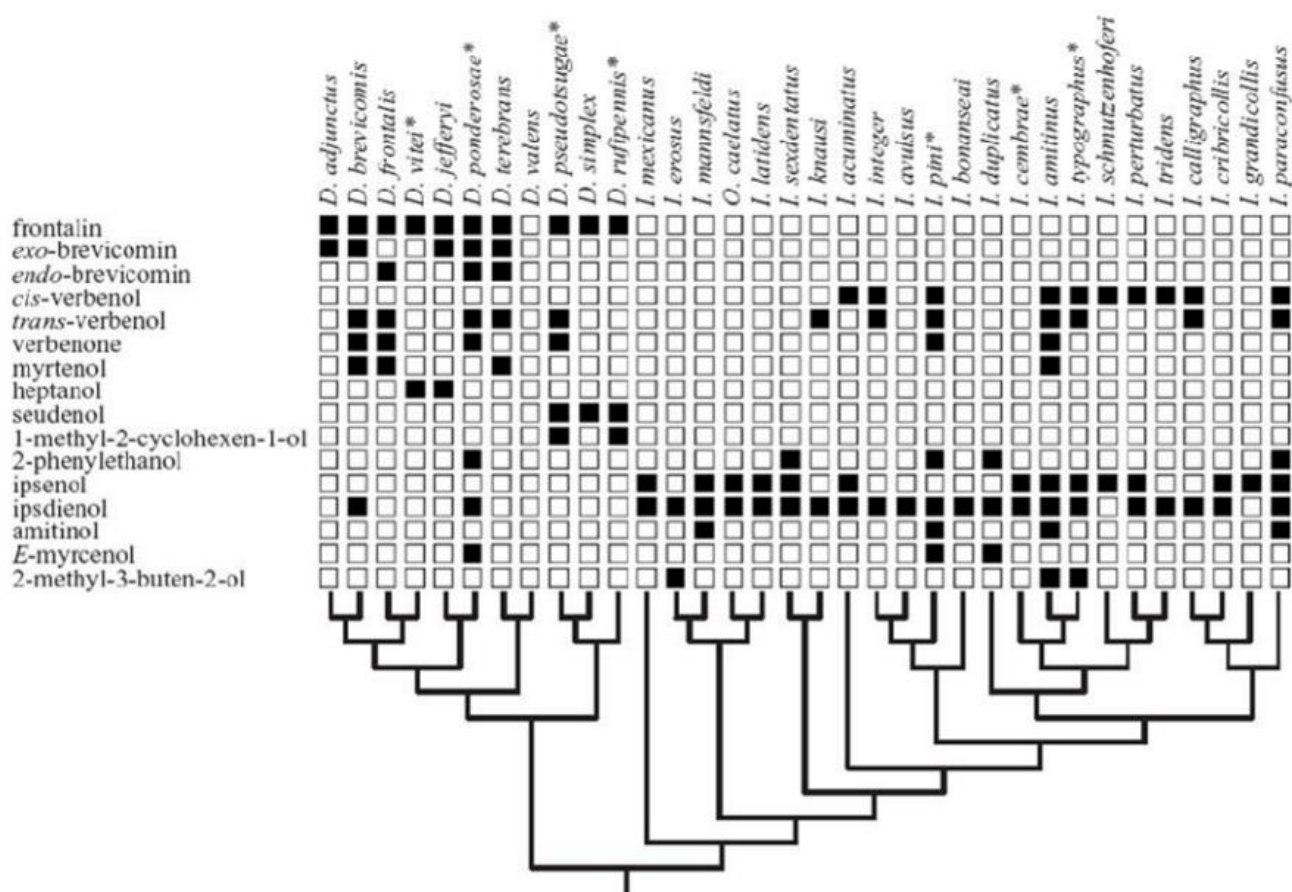


Figura 7. Feromonas utilizadas para la atracción de algunos descortezadores del género *Dendroctonus* e *Ips* (Tomado de Salinas et al. 2004).

3.6. Trampas Lindgren

Lindgren (1983), describió a las trampas de embudos múltiples (figura 8) para escolítidos como una técnica eficiente, consiste de una serie de embudos de plástico, durables y reusables, que están alineados verticalmente, con un frasco colector al centro. Están diseñadas para evitar el escape de los descortezadores y los embudos ayudan a dispersar ampliamente los semioquímicos. Cuando los escarabajos van volando, chocan con los embudos, que tienen un plástico que impiden la adherencia de los descortezadores, estos al caer protegen su rasgo más vulnerable, sus alas, cerrándolas bajo sus élitros y caen en el vaso colector. Una confusión evita el vuelo hacia arriba y afuera y los escarabajos se orientan hacia las paredes blancas del vaso colector en donde se coloca una tira de insecticida (Lindgren, 1983; Torres, et al., 2004).



Figura 8. Trampa tipo Lindgren de 12 conos (multiembudo).

3.7. Depredadores y antecedentes.

El sistema de comunicación química de los descortezadores mediado por feromonas, es percibida como kairomonal (semioquímicos que ejercen su efecto sobre individuos de otra especie y que son perjudiciales para la especie emisora) por las especies de enemigos naturales, en su mayoría depredadores. Un hospedero que ha sido atacado por descortezadores puede contener una comunidad diversa de insectos, algunos compitiendo por el mismo recurso, otros parasitando o bien, depredando a los consumidores primarios (Byers, 1989; Primo, 1991).

En ese sentido, dado el papel regulador que ejercen los depredadores sobre la población de la presa, es importante conocer la relación que existe entre estos, ya que podría ser una alternativa de prevención de ataques. Al respecto, se ha postulado por varios investigadores, que el conocer una proporción numérica nos brinda información para establecer el dinamismo de la población a lo largo del tiempo y así prevenir temporadas de infestación y los niveles de la población (Kinzer, et al., 1969; Reeve et al., 1995).

Este sistema ha sido implementado satisfactoriamente por el Servicio Forestal de Texas desde 1986 para predecir las tendencias y niveles de infestaciones del escarabajo descortezador del sur (EDS) *D. frontalis*. El sistema se basa en el uso de semioquímicos dispuestos en trampas y que son atrayentes del descortezador y sus depredadores. El monitoreo se lleva a cabo en los mayores picos de dispersión del EDS y se llevan a cabo colectas durante 4 semanas consecutivas, posteriormente, se lleva a cabo el conteo y registro de abundancia de las especie de descortezador y su mayor depredador (Moser y Dell, 1979).

Con los datos obtenidos se llevan a cabo predicciones de la infestaciones de los descortezadores, su evolución y nivel relativo de la población del año del monitoreo basado en la abundancia media por trampa por día y porcentaje del EDS $((\text{número de } D.\textit{frontalis} \times 100)/(\text{Número de } D.\textit{frontalis} + \text{Número de Cleridae}))$; los datos se comparan en una tabla de predicción la cual fue desarrollada y perfeccionada a lo largo de los años (desde 1987)

mediante la comparación de la relación entre las dos variables independientes en cada una de las localidades o estados (Billings 1988).

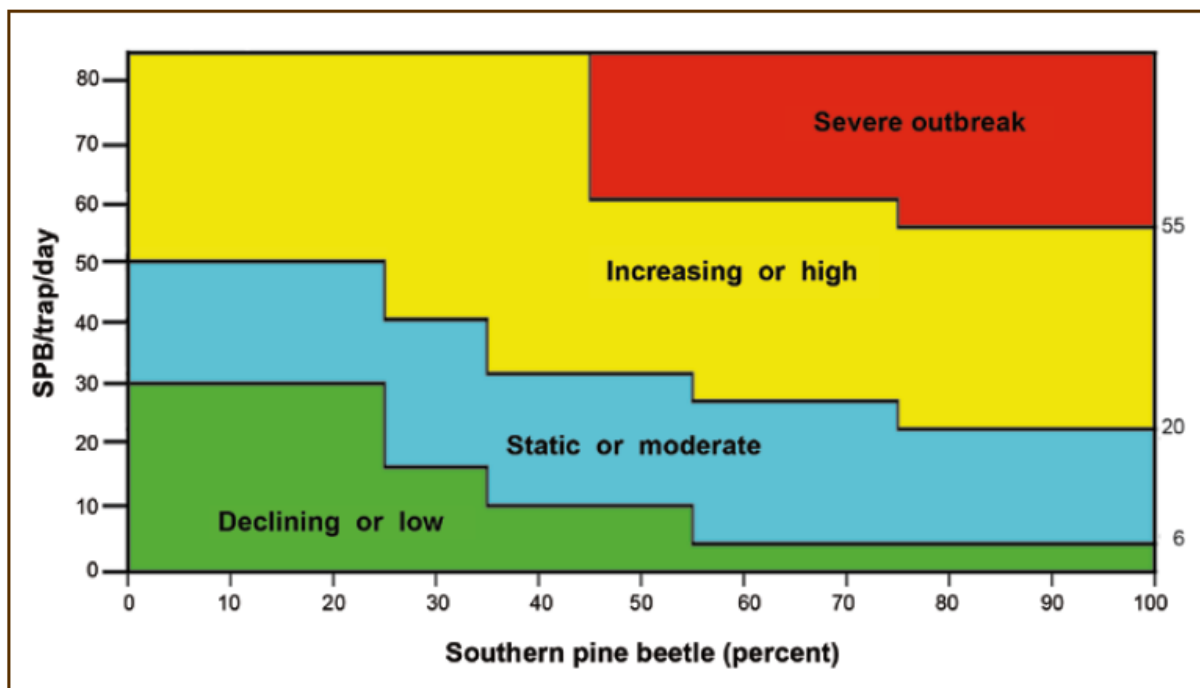


Figura 9. Gráfico de predicciones del escarabajo descortezador del sur. Las predicciones de las etapas de las infestaciones y los niveles de ocurrencia es derivado de la medición de la abundancia media del descortezador por trampa y día y su porcentaje de un año para una localidad dada (Tomado de Billings y Upton, 2010).

La precisión de las predicciones realizadas con este procedimiento a nivel estatal desde 1987 se resume en la figura 10 (1987-2005). El sistema de predicción se inició en 12 Estados del Sur de Estados Unidos, se compararon las predicciones de 1987 al 2005 para determinar si la exactitud de predicción a nivel estatal ha mejorado en los últimos años como consecuencia de las actualizaciones en el sistema, y obtuvieron como resultados que, las tendencias de predicciones aumentaron de un 68% antes de 1999 a 82% en los siguientes, años (Billings y Upton, 2010).

En ese sentido, si en México se busca emplear esta alternativa de prevención para las principales plagas primarias de escarabajos descortezadores y poder aplicarla, es necesario definir las bases del método y determinar la dispersión a lo largo de un año del escarabajo

descortezador de interés así como de sus depredadores en una localidad dada, para conocer la relación que existe entre la dispersión de ambos y así, delimitar el procedimiento.

| State | Years Surveyed | Locations | Spots Detected | Correct Trend | Major Error Trend | Correct Level | Major Error Level |
|-------------------|----------------|-----------|----------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|
| -----Percent----- | | | | | | | |
| OK | 9 | 15 | 0 | 89 | 0 | 100 | 0 |
| AR | 19 | 123 | 17,004 | 79 | 5 | 84 | 0 |
| TX | 19 | 357 | 27,236 | 89 | 11 | 89 | 5 |
| LA | 19 | 340 | 30,182 | 79 | 0 | 79 | 5 |
| MS | 19 | 156 | 44,123 | 84 | 11 | 53 | 11 |
| AL | 19 | 97 | 99,956 | 68 | 5 | 58 | 0 |
| KY | 6 | 17 | 5,137 | 83 | 17 | 67 | 0 |
| GA | 19 | 173 | 50,121 | 58 | 21 | 63 | 5 |
| TN | 19 | 79 | 46,301 | 68 | 26 | 53 | 5 |
| VA | 19 | 61 | 28,706 | 79 | 11 | 89 | 0 |
| FL | 13 | 240 | 6,957 | 69 | 15 | 77 | 0 |
| SC | 19 | 390 | 156,058 | 58 | 16 | 47 | 0 |
| NC | 19 | 160 | 37,831 | 68 | 21 | 68 | 0 |
| MD | 18 | 51 | 455 | 78 | 17 | 83 | 0 |
| DE | 5 | 5 | 3 | 60 | 0 | 100 | 0 |
| NJ | 4 | 21 | 637 | 50 | 25 | 50 | 0 |
| Total | 245 | 2,285 | 550,707 | | | | |
| Mean | | | | 72.4 | 12.6 | 72.5 | 1.9 |
| ±SE | | | | 2.96 | 2.17 | 4.39 | 0.82 |

Note: Based on State averages, with Locations column indicating counties, parishes, and National Forest Ranger Districts surveyed.

Figura 10. Precisión del sistema de predicción del escarabajo descortezador del sur (SDS) *Dendroctonus frontalis*, en 12 estados del sur de Estados Unidos de 1987 al 2005. (Tomado de Billings y Upton, 2010)

Por otro lado, otra de las alternativas de control que se busca para el manejo integral de escarabajos descortezadores, es el biológico (cuya meta es determinar aquellos organismos depredadores o parasitoides que tienen el potencial de causar su muerte facilitando el encuentro entre los mismos y así, ocasionar un efecto negativo en las poblaciones del descortezador) (Bellows et al., 1999).

Al respecto, sólo en Europa se han llevado a cabo investigaciones sobre control biológico para *Dendroctonus* y se han reportado casos exitosos y eficientes al utilizar el depredador *Rhizophagus grandis* Gyllenhal, 1827 (Coleoptera: Rhizophagidae) como control de

Dendroctonus micans Kugelann, 1794; convirtiéndolo en la estrategia más utilizada para el control de los descortezadores de esta especie y que se ha reportado con resultados satisfactorios en bosques de *Picea orientalis* (L.) Peterm, *P. abies* (L.) Karst. 1881, *P. sitchensis* (Bong.) Carr. y *P. amorica* Purk en Georgia, Francia, Bélgica y Gran Bretaña (Kobakhidze, 1965; Gregoire et al. 1985; Fielding, 1992; Evans y Fielding, 1994).

En México, en la actualidad no se han llevado a cabo estudios sobre la eficiencia de los enemigos naturales, en específico de los depredadores como controladores biológicos de las poblaciones de escarabajos descortezadores, sin embargo, se han hecho descripciones de los posibles depredadores que atacan a estos insectos plaga a partir de lo que se registró en trampas con semioquímicos.

Cómo antecedentes, Villa (1985) observó la dinámica del complejo de enemigos naturales que interactúan en el desarrollo anual de *D. adjunctus* en el Parque Nacional Nevado de Colima, el cual estuvo compuesto por las familias Nitidulidae, Cleridae, Tenebrionidae, Staphylinidae, Sciaridae y Braconidae, siendo la especies de los depredadores *Enoclerus arachnodes* (Coleoptera: Cleridae) las más abundantes, así mismo Chansler (1967), destaca a *Enoclerus sphegues* Fabricius, 1787 (Coleoptera: Cleridae) como el depredador más importante.

Cruz (2007) estimó la fluctuación de poblaciones de *D. mexicanus*, así como la presencia de sus enemigos naturales en el predio "Las Cruces", Estado de México; mediante un trampeo con feromonas de agregación, en donde la especie *Temnoscheila virescens* Fabricius, 1775 (Coleoptera: Trogossitidae) fue atraída en mayor número por los tratamientos con frontalina, seguido de *Cymatodera* spp. (Coleoptera: Cleridae).

Domínguez-Sánchez y colaboradores (2008) evaluaron la diversidad de escarabajos descortezadores y la respuesta de sus coleópteros asociados a feromonas de agregación (frontalina, ipsenol e ipsdienol) en bosques de pino del estado de Chiapas, México, durante los meses de junio a octubre del 2006, se registró respuesta kairomonal específica de los depredadores *Temnoscheila chlorodia* Mannerheim, 1843 (Coleoptera: Trogossitidae),

Enoclerus ablusus Barr, 1978 (Coleoptera: Cleridae) para el género *Dendroctonus* y *Elacatis* sp. (Coleoptera: Salpingidae) para el género *Ips*.

Rodríguez-Ortega et al. (2010) realizaron un monitoreo anual de *D. adjunctus* y sus depredadores usando la feromona frontalina+ α -pineno, en la Estación Experimental Forestal de Zoquiapan, Estado de México, se identificaron a *Enoclerus arachnoides* Klug, 1842 (Coleoptera: Cleridae) y *Cymmatodera spp.* (Coleoptera: Cleridae) como los principales depredadores.

Asimismo, en varios trabajos que se han desarrollado en México (Zhou et al., 2001; Macías-Sámano et al., 2004; Domínguez-Sánchez et al., 2008) se exhibe la importancia de evaluar la respuesta de los depredadores a las diferentes feromonas de agregación de las especies de *Dendroctonus*. En México a diferencia de Europa, los descortezadores *Dendroctonus*, principalmente *frontalis* y *mexicanus*, presentan una amplia distribución geográfica, desde el sur de Estados Unidos, hasta el norte de Nicaragua y por ende una gama más amplia de depredadores asociados, aunado a que, se ha observado, que en México, un mismo depredador en diferentes regiones puede responder inclusive a feromonas de otros grupos de descortezadores como el género *Ips*, por lo que es más difícil definir relaciones depredador-presa más específicas (Hofstetter et al. 2008).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

4.1.1. Pinal de Amoles

Ubicación geográfica: El municipio Pinal de Amoles (Figura 11) pertenece a la provincia Sierra Madre Oriental y Mesa del Centro, tiene una extensión de 705.3698 km² que representan el 6.04% de la superficie estatal. Se ubica al norte del Estado de Querétaro, a 153 kilómetros de la capital estatal. Colinda al norte con los municipios de Arroyo Seco y Jalpan de Serra, al este con los municipios de Jalpan de Serra y San Joaquín, al sur con los municipios de Cadereyta de Montes y San Joaquín, al oeste con el municipio de Peña Miller y el estado de Guanajuato. Geográficamente está situado entre los paralelos 21° 22' y 20° 58' latitud norte; los meridianos 99° 25' y 99° 43' de longitud Oeste, entre los 600 y 3 100 msn m (INEGI, 2010).

Clima: El sitio de monitoreo presenta un clima templado húmedo con lluvias en verano y temperatura media anual de entre los 12°C y 18°C; con poca lluvia invernal y una precipitación media anual de 850 mm. Este clima se presenta en altitudes mayores a 2 000 m s n m.

Suelo: Existen 4 tipos de suelo, sin embargo, los leptosoles son los suelos más representados (50.91%), tienen razonable cantidad de materia orgánica y subsisten en lugares con clima de templado a frío con lluvias abundantes.

Vegetación: El sitio de monitoreo está ubicado en bosques de pino y bosque de pino-encino (INAFED, 2009).

Fauna: Venado cola blanca, pinto rabo, coyote, mapache, tlacuache, armadillo, zorra, zorrillo, liebre y conejo. También existe una gran variedad de aves: carpintero, jilguero, gorrión, guacamaya y cuervo. Del mismo modo, habitan reptiles tales como la víbora de cascabel y coralillo (INAFED, 2009).

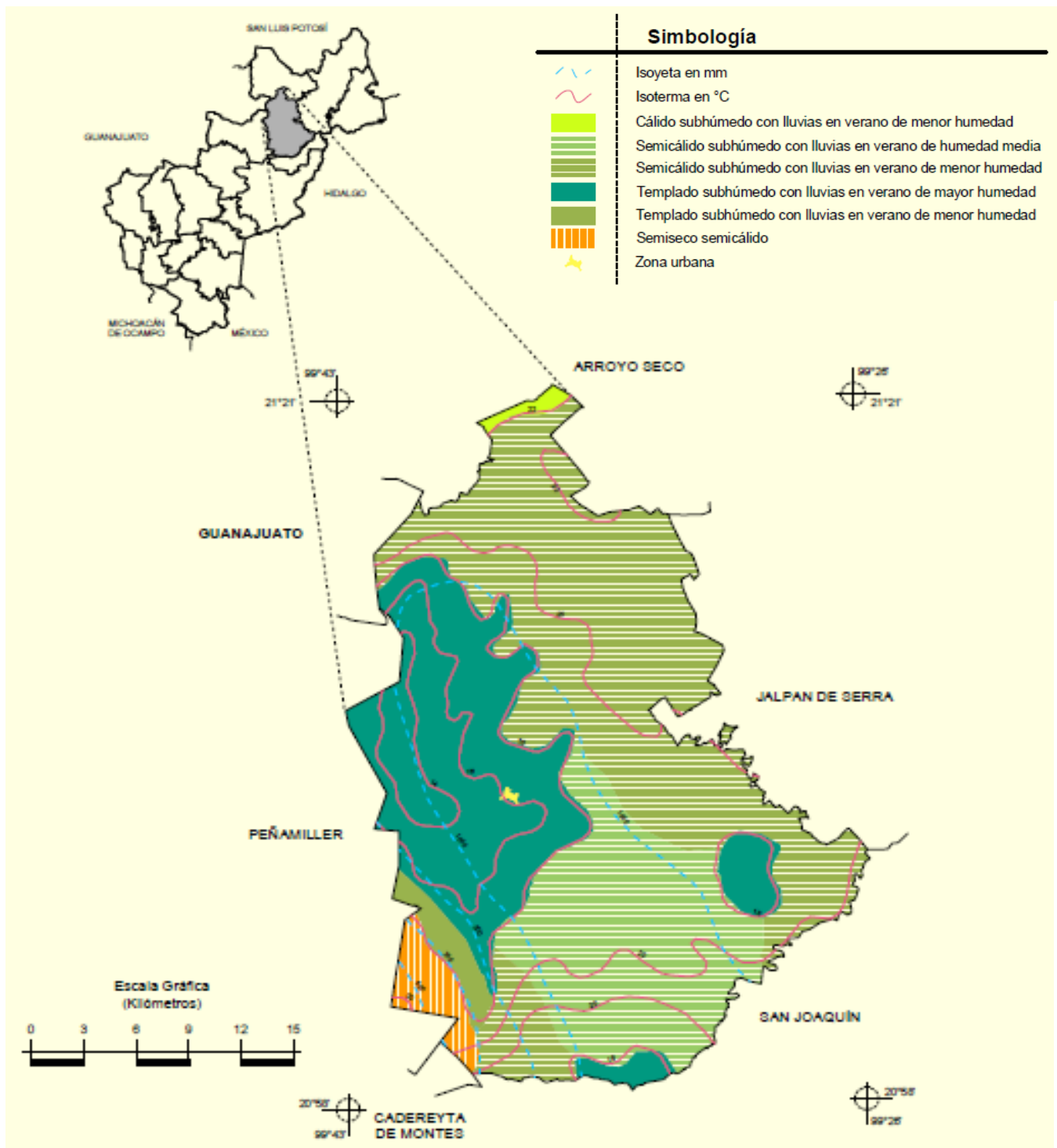


Figura 11. Climas del municipio Pinal de Amoles, Querétaro; Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, tomado de INEGI, 2010.

4.1.2 Landa de Matamoros

Ubicación geográfica: El municipio Landa de Matamoros (Figura 12) pertenece a la provincia Sierra Madre Oriental, está ubicado al extremo noreste del estado, tiene una extensión de 840 km² que representan el 6.2% de la superficie estatal. Colinda al norte con el municipio de Jalpan de Serra y el estado de San Luis Potosí; al este con los estados de San Luis Potosí e Hidalgo; al sur con el estado de Hidalgo y el municipio de Jalpan de Serra; al oeste con el municipio de Jalpan de Serra. Geográficamente está situado entre los paralelos 21° 06' y 21° 28' de latitud norte; los meridianos 99° 02' y 99° 22' de longitud oeste; altitud entre 200 y 3 000 m. (INEGI, 2007; INAFED, 2009)

Clima: El sitio de monitoreo presenta un clima templado húmedo con lluvias en verano y temperatura media anual de entre los 14°C y 19°C; y una precipitación media anual de 850 mm (c).

Edafología: Los leptosoles son los suelos más representados (57.5%), tienen razonable cantidad de materia orgánica y subsisten en lugares con clima de templado a frío con lluvias abundantes. (INEGI, 2007).

Vegetación: En el municipio se encuentra principalmente la selva baja caducifolia, bosques de pino, bosque de encino-pino, sin embargo, los sitios de monitoreo solo se establecieron en bosque de pino y bosque de pino-encino (INAFED, 2009).

Fauna: Puma, tigrillo, coyote, zorra, armadillo, tejón, gato montés, conejo, liebre, tlacuache, venado cola blanca, ardilla, correcaminos, lagartija, paloma, jilguero, ceniztonle, cardenal, cuervo, gorrión, cucho, guacamaya y loro, entre otros. (INAFED, 2009).

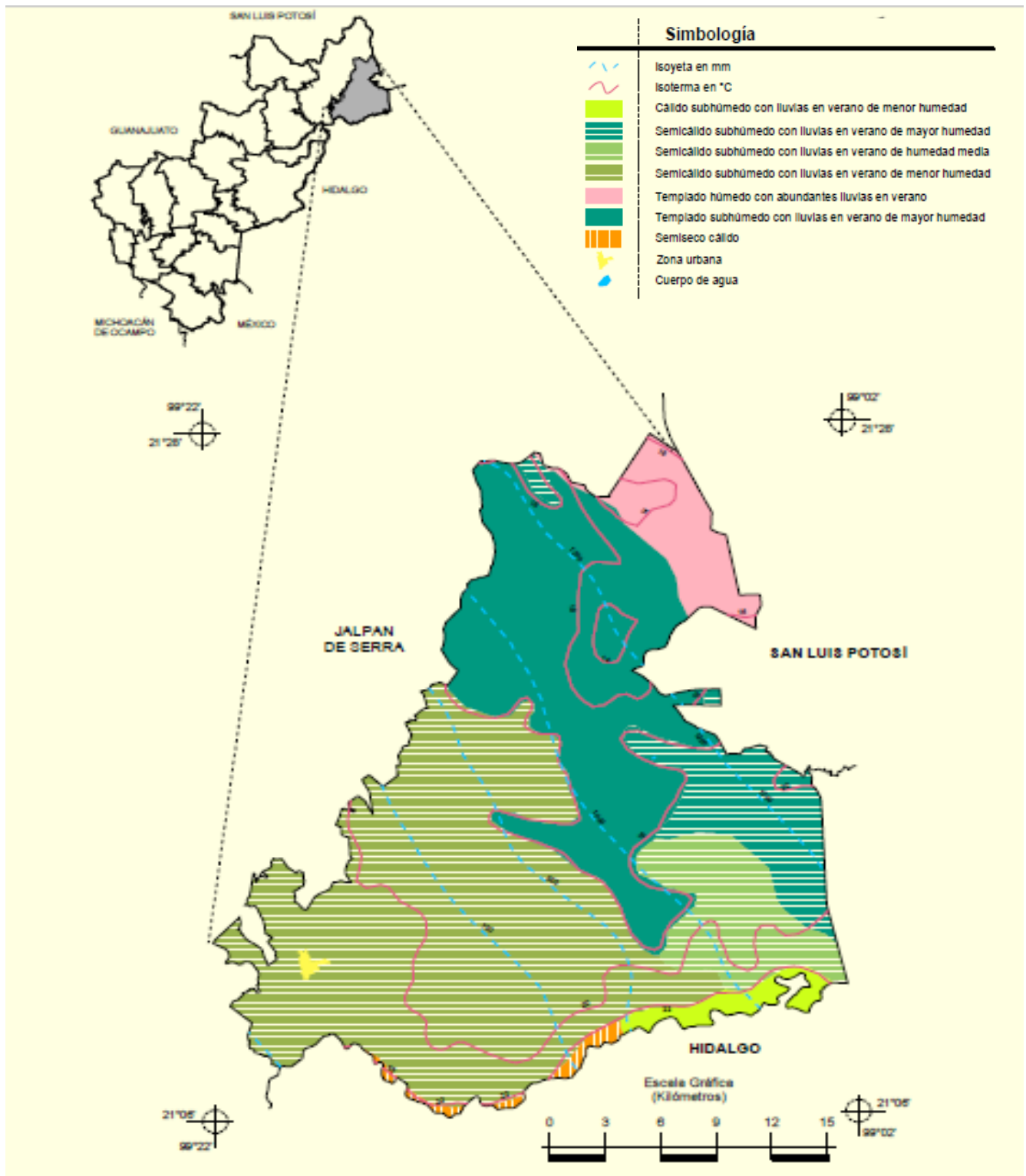


Figura 12. Climas del municipio Landa de Matamoros, Querétaro; Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, tomado de INEGI, 2007.

4.2. Ubicación de los sitios de monitoreo y colocación de trampas

El diseño experimental fue en bloques al azar, en abril de 2014 se eligieron cinco predios, donde se establecieron cinco sitios de monitoreo respectivamente; tres en el municipio Pinal de Amoles (Campo Santo, La Gachupina y El Tejamanil) y dos en Landa de Matamoros (El Madroño y Pinalito de la Cruz). Para la elección de los predios se usaron como referencia los reportes de sitios infestados por insectos descortezadores de la Comisión Nacional Forestal, además características como hospederos con fustes mayores a 15 cm, y señales de daños ocasionados por descortezadores. En cada uno de los predios se colocaron 5 trampas multiembudo tipo Lindgren de 12 unidades (cada una de ellas con una separación mínima de 50 m entre sí), en total se colocaron 25 trampas. Ya colocadas, se registraron las coordenadas geográficas (latitud norte y longitud oeste) y altitud con ayuda de un GPS map 60CSx (GARMIN) Datum: WGS 84 (figura 13 y 14).

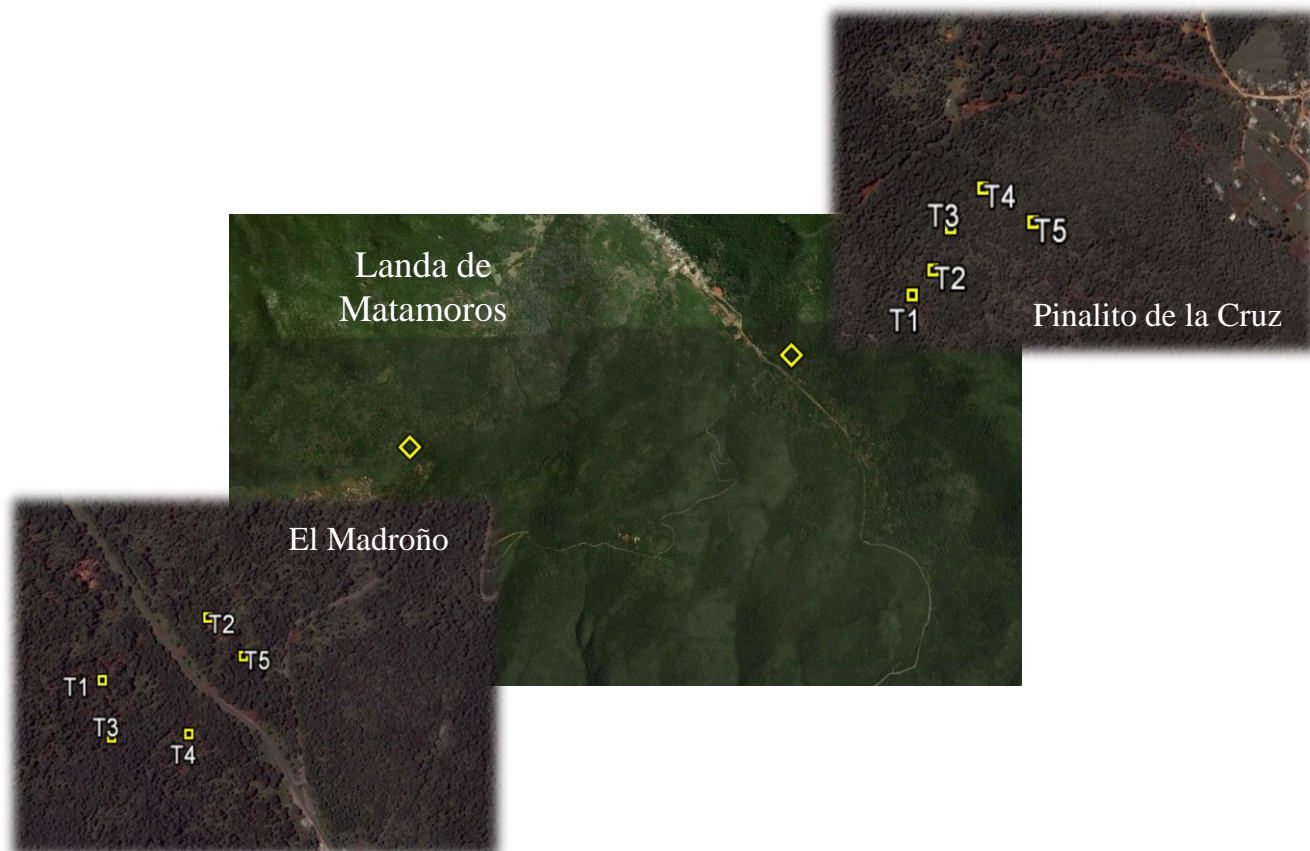


Figura 13. Ubicación de trampas en el municipio Landa de Matamoros, en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Querétaro.

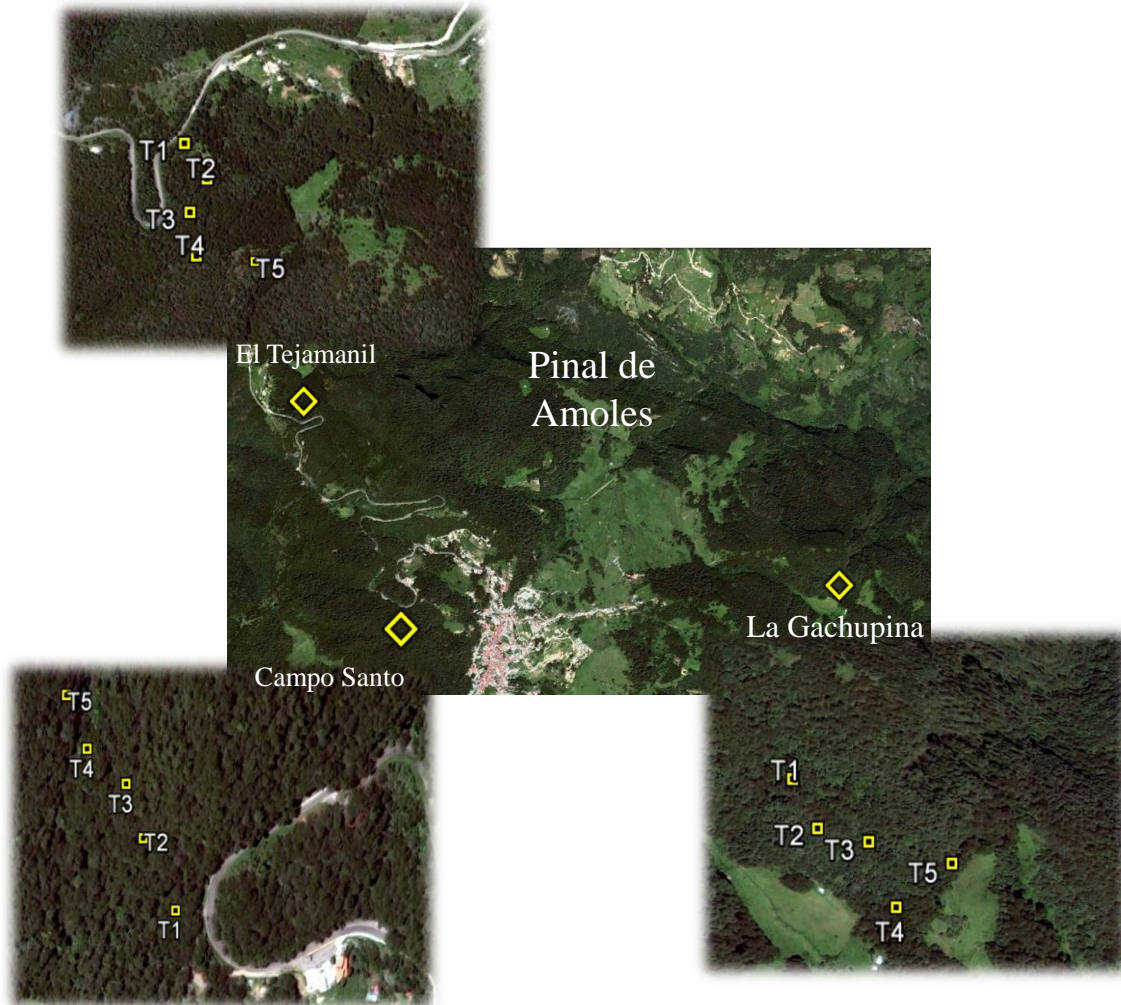


Figura 14. Ubicación de trampas en el municipio Pinal de Amoles, en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Querétaro.

4.3. Establecimiento de los tratamientos

En cada predio se distribuyeron al azar tres tratamientos (testigo y dos cebos comerciales) en las cinco trampas de embudo, con el fin de no favorecer alguno por estar en una posición determinada. La distribución de los tratamientos quedó de la siguiente forma (figura 15): una trampa sin cebo, dos trampas cebadas con Frontalina + α -pineno, (ChemTica Int., Costa Rica) y dos trampas cebadas con Frontalina + endo-brevicomina + α -pineno (Synergy, Canadá). Es decir, en cada predio, los tratamientos consistentes en las feromonas de agregación se colocaron por duplicado y para el testigo sólo hubo una réplica.

Una vez que se situaron los tratamientos, se etiquetaron las trampas con cintas plásticas de distintos colores para poder diferenciarlos (Figura 16) y en cada uno de los contenedores se colocó una tira plástica de 2 cm impregnada con un insecticida de baja toxicidad, para evitar el escape de los insectos y prevenir su depredación. (Figura 17).

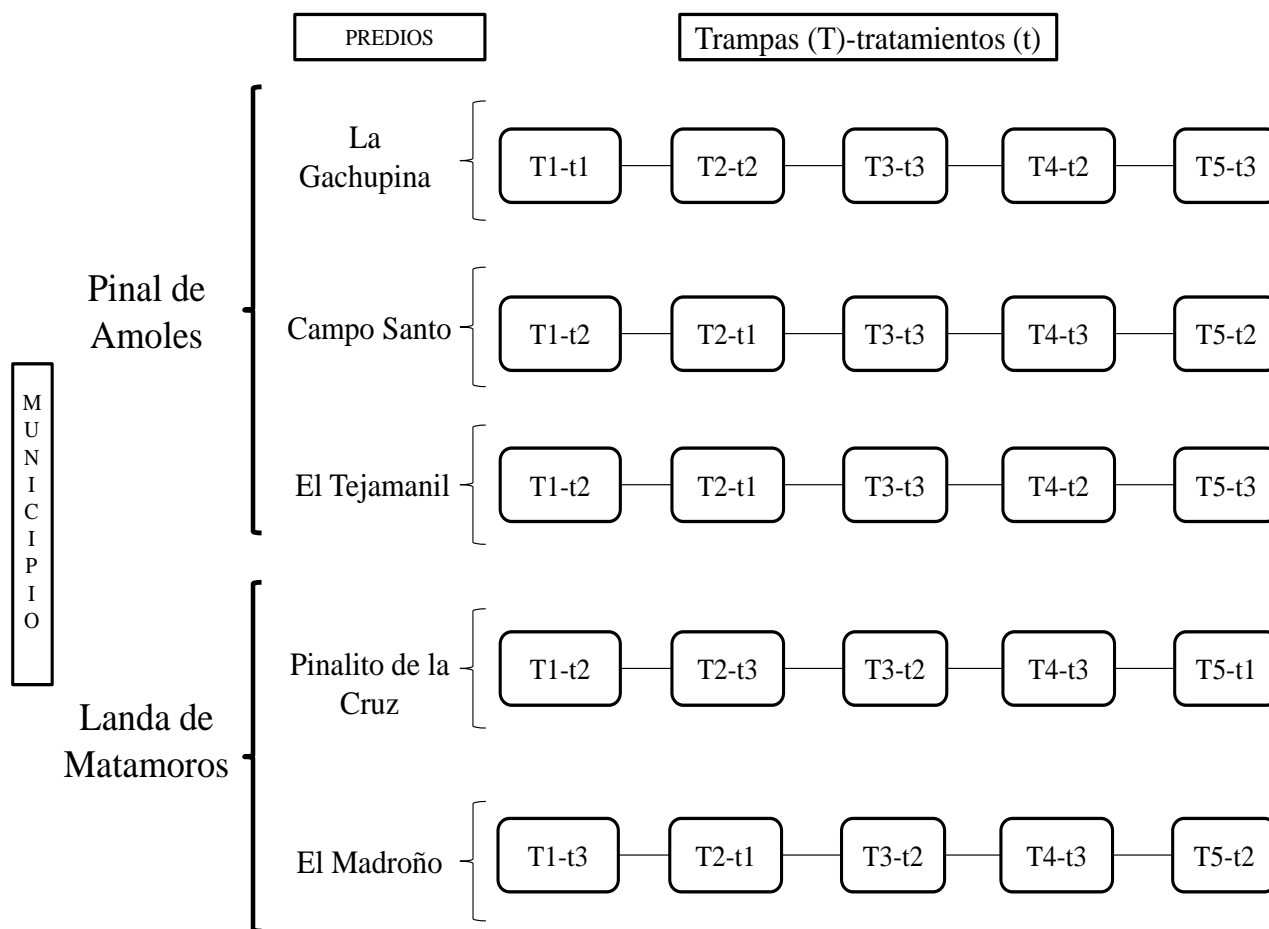


Figura 15. Arreglo de los tratamientos por trampa, establecidos en cada uno de los predios de monitoreo seleccionados en el municipio Pinal de Amoles y Landa de Matamoros, RBSG de Querétaro [t1: Testigo, t2: frontalina + endo-brevicomina + alfa-pineno (Synergy, Canadá) y t3: frontalina + alfa-pineno (ChemTica Int., Costa Rica)]



Figura 16. Ubicación de tratamientos en las trampas multiembudo tipo Lindgren de 12 unidades en los municipios Landa de Matamoros y Pinal de Amoles en la RBSG de Querétaro.



Figura 17. Tira de insecticida de baja toxicidad que se colocó en los contenedores de las trampas.

4.4. Colecta y separación de descortezadores y entomofauna

Se realizaron recolectas cada 15 días durante un año (abril/2014-abril/2015) y para mantener el efecto atrayente, las feromonas fueron reemplazadas cada mes y medio, al igual que el insecticida. Todos los insectos se colocaron dentro de un frasco de vidrio limpio con alcohol al 70%, y se etiquetaron con su respectivo tratamiento, número de trampa, predio y fecha de colecta (Figura 18).

Las muestras se trasladaron y depositaron en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias, en donde se separaron los descortezadores de la entomofauna. Posteriormente se determinaron y contaron los descortezadores pertenecientes a las especies *D. mexicanus* y *D. frontalis*, mediante el uso de guías de identificación de descortezadores de pino (Wood, 1985 y Cibrián et. al, 1995) y extracción de genitalia (Perusquia, 1978 y Ríos-Reyes et al., 2009).



Figura 18. Colecta y separación de descortezadores y entomofauna.

4.5. Determinación de los enemigos naturales

De la entomofauna de cada colecta, se separaron todos los insectos por orden (solo se identificaron los pertenecientes los órdenes Coleoptera, Diptera e Hymenoptera) y posteriormente se separaron por familias y morfoespecie. Una vez separados, se seleccionaron aquellas familias registradas según la literatura como enemigos naturales del género *Dendroctonus*.

4.6. Abundancia y riqueza de los depredadores

Con la ayuda de claves de identificación (Borror et al., 1989; Garrido et al., 1996; Arnett et al., 2002; Burke et al., 2011; Kolibác, 2013) se determinó cada depredador a género y en algunos casos a especie. Se registraron sus abundancias mensuales en una base de datos y el número de especies (riqueza) de cada municipio, por mes y tratamiento.

4.7. Análisis estadísticos

Para probar el efecto del mes, el municipio, tratamiento y sus interacciones sobre la abundancia y riqueza de depredadores, se compararon los datos mediante un Modelo Lineal Generalizado (GLM), distribución Poisson y función logarítmica en el programa R-project. Posteriormente, para aquellos factores que fueron significativos estadísticamente se realizaron pruebas de Tukey ($p \leq 0.05$), con el paquete STATISTICA 7.

Por otro lado, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para conocer el grado de asociación entre la abundancia de *D. frontalis* y *D. mexicanus* con la abundancia de las especies de depredadores, su abundancia total, riqueza y diversidad con el paquete STATISTICA 7.

5. RESULTADOS

5.1. Complejo *Dendroctonus frontalis* y *D. mexicanus*

Se registró un total de 135, 453 *Dendroctonus*. En el municipio Pinal de Amoles se contabilizó 12, 282 (9% de la captura total), de los cuales 11,326 pertenecieron a la especie *D. mexicanus* (Anexo 1, Figura 29) y 956 a *D. frontalis* (Anexo 1, Figura 30) , mientras que en el Municipio Landa de Matamoros se contabilizó un total de 123, 171 (91% de la captura total) individuos de los cuales 3,242 fueron de la especie *D. mexicanus* y 120, 885 *D. frontalis* (Figura 19). Además, se registraron otros descortezadores de las especies *D. adjunctus* (Anexo 1, Figura 33), *D. valens* (Anexo 1, Figura 31) y *Pseudoips mexicanus* (Anexo 1, Figura 32).

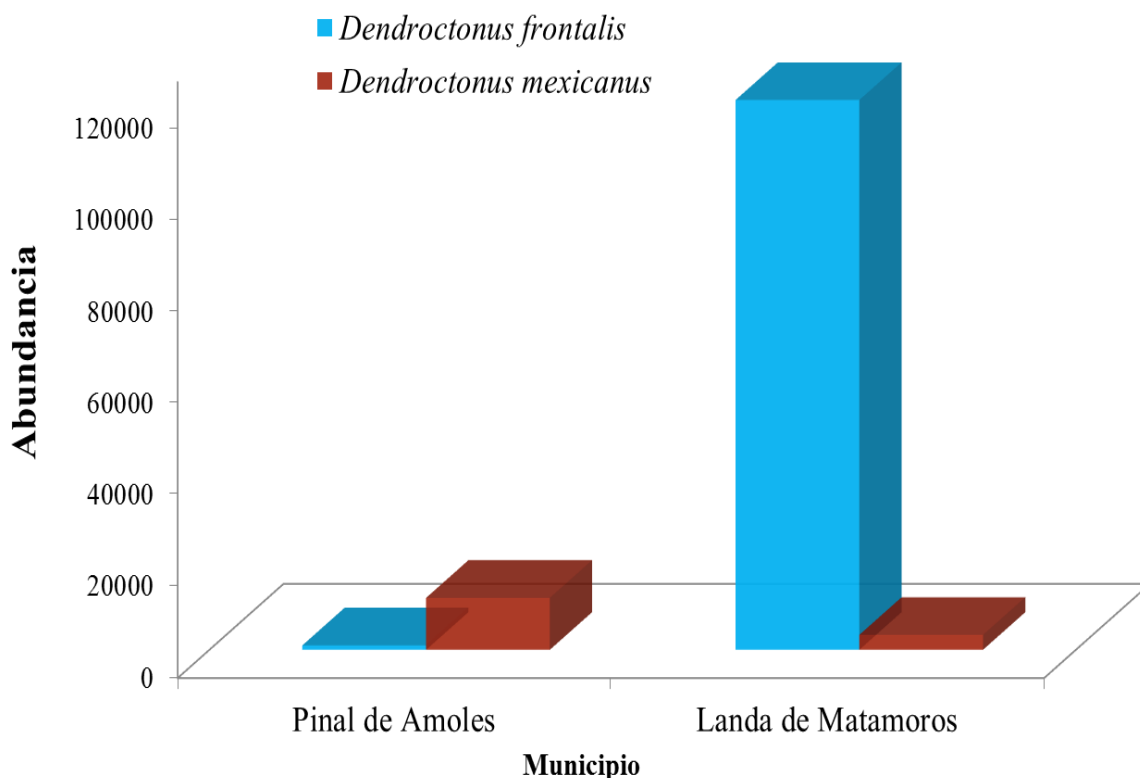


Figura 19. Abundancia de las especies *Dendroctonus mexicanus* y *Dendroctonus frontalis* en el municipio Pinal de Amoles y Landa de Matamoros, RBSG de Querétaro.

5.2. Enemigos naturales

La entomofauna que se colectó mediante el trapeo con feromonas comerciales de agregación estuvo compuesto por once familias del orden Coleoptera (Cleridae, Salpingidae, Staphylinidae, Silphidae, Trogossitidae, Carabidae, Curculionidae, Cerambycidae, Histeridae, Elateridae, Nitidulidae), tres familias del orden Diptera (Cecidomyiidae, Sciaridae, Tachinidae) y una familia del orden de Hymenoptera (Pteromalidae), de las cuales, sólo ocho han sido registradas como enemigos naturales del género *Dendroctonus* (Cuadro 2).

Cuadro 2. Enemigos naturales del género *Dendroctonus*, identificados en el monitoreo llevado a cabo en el municipio Landa de Matamoros y Pinal de Amoles en la RBSG de Querétaro.

| Tipo de enemigo natural | Orden | Familia | Especie |
|-------------------------|-------------|---------------|---|
| Depredador | Coleoptera | Trogossitidae | <i>Temnoscheila virescens</i> Fabricius, 1775 |
| | Coleoptera | Trogossitidae | <i>Temnoscheila chlorodia</i> Mannerheim, 1843 |
| | Coleoptera | Salpingidae | <i>Elacatis</i> sp. Pascoe, 1860 |
| | Coleoptera | Cleridae | <i>Enoclerus arachnoides</i> Klug, 1842 |
| | Coleoptera | Staphylinidae | <i>Leptacinus</i> sp. Erichson, 1989 |
| | Coleoptera | Carabidae | <i>Platynus</i> sp. Bonelli, 1810 |
| | Coleoptera | Carabidae | <i>Cymindis</i> sp. Latreille, 1860 |
| Parasitoide | Hymenoptera | Pteromalidae | <i>Tomocobia</i> sp. Ashmed, 1899 (Anexo 3, Figura 38) |
| Competidor de espacio | Coleoptera | Curculionidae | <i>Tomolips</i> sp. Wollaston, 1873 (Anexo 3, Figura 39) |

Se registraron en total 1,887 enemigos naturales, agrupados en depredadores, parasitoides y competidores de espacio (figura 20), de los cuales los depredadores fueron los más

abundantes con 1, 846 individuos (96%), el 86% se registró en el municipio Landa de Matamoros y solo el 14% en Pinal de Amoles (Figura 20).

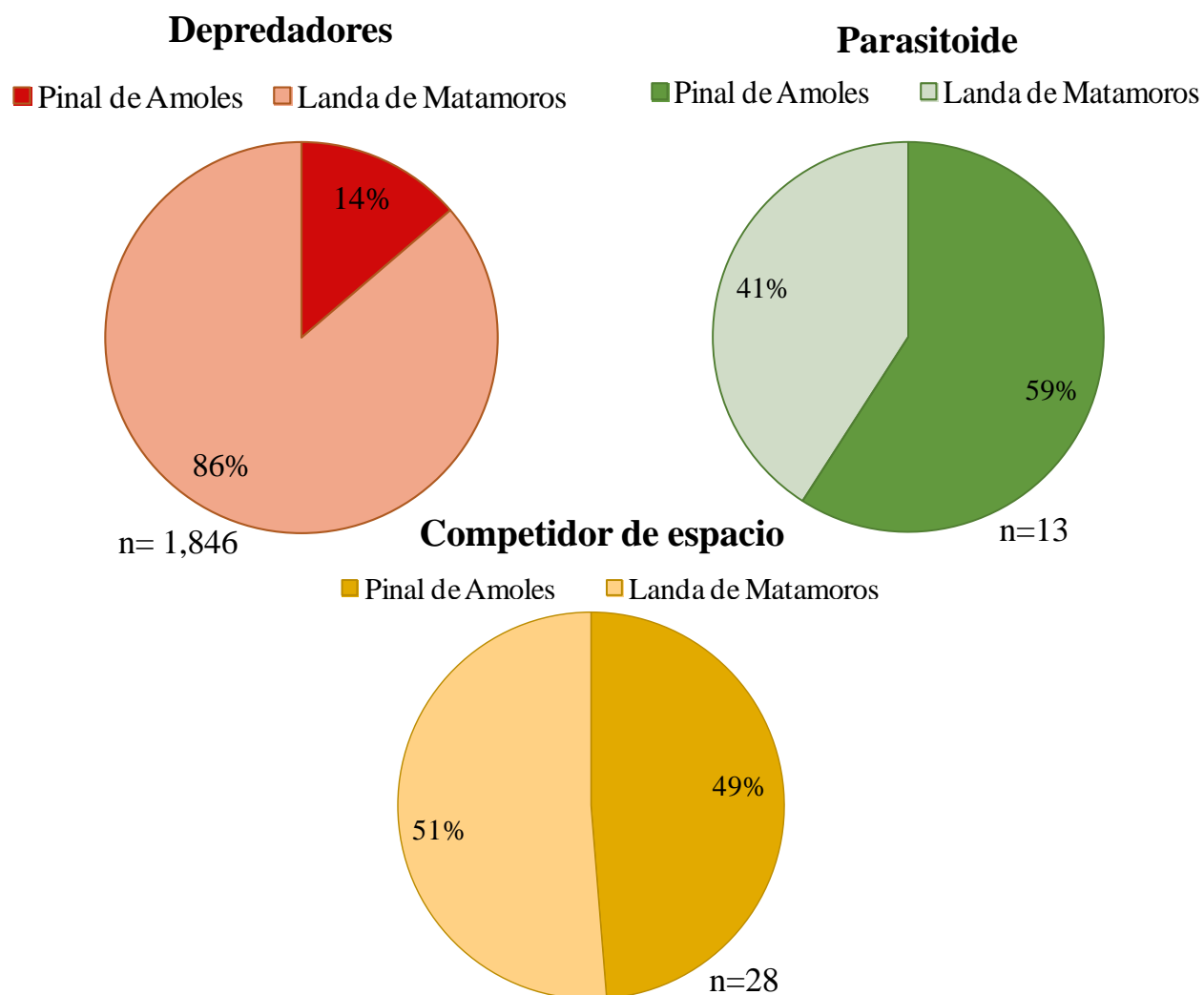


Figura 20. Proporción de enemigos naturales presentes en el municipio Landa de Matamoros y Pinal de Amoles, RBSG de Querétaro.

El grupo de los depredadores estuvo conformado por siete especies: *Temnoscheila virescens* (Anexo 2, Figura 35), *Temnoscheila chlorodia* (Anexo 2, Figura 34), *Elacatis* sp. (Anexo 2, Figura 36), *Leptacinus* sp. (Anexo 2, Figura 37), *Enoclerus arachnoides* (Anexo 2, Figura 40), *Platynus* sp. (Anexo 2, Figura 38) y *Cymindis* sp. (Anexo 2, Figura 39) (Cuadro 2). En el municipio Landa de Matamoros se contabilizaron 1,593 individuos,

Elacatis y *Temnochila* fueron los de mayor abundancia con 53.6% y 35% de la captura total, seguidos de *Leptacinus* (7.7%), mientras que los géneros *Cymindis* y *Platynus* representaron menos del 4% de la captura total (Figura 21).

En el municipio Pinal de Amoles se contabilizaron 253 depredadores, los más abundantes fueron *Elacatis* con el 46.2% de la captura total, seguido del género *Platynus* y *Leptacinus* con el 28.5% y 14.6% respectivamente, mientras que *Temnoscheila* spp. y *Enoclerus* *arachnoides* representaron menos del 12% de la captura total (Figura 21).

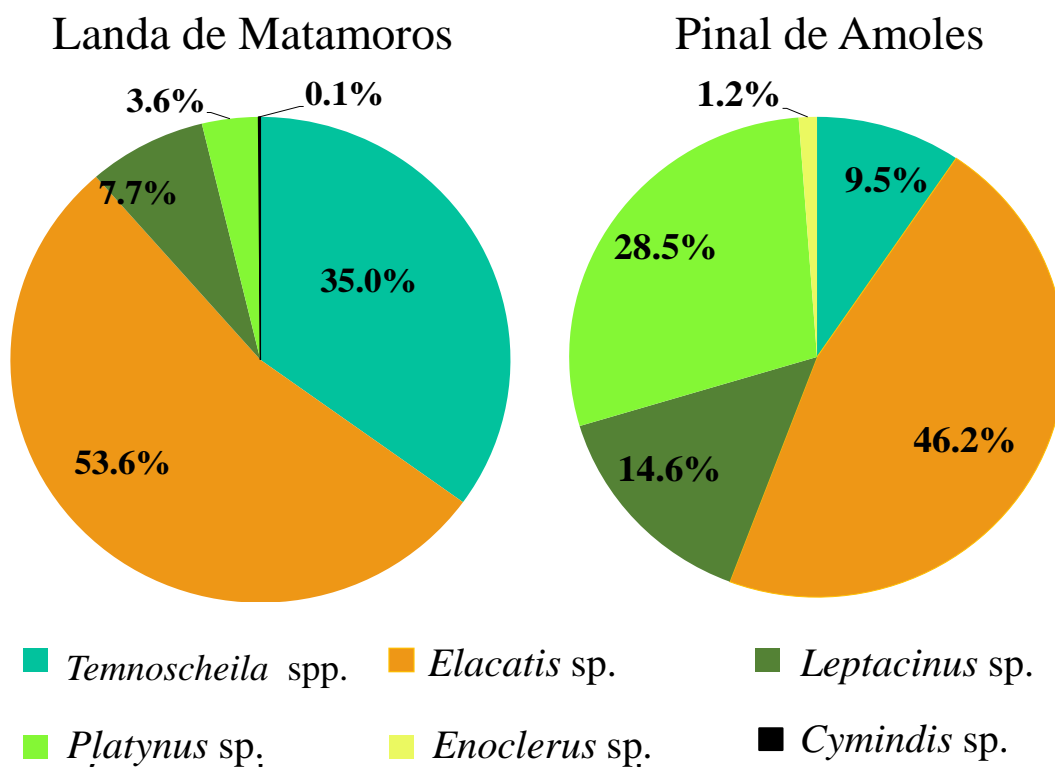


Figura 21. Proporción de depredadores en los municipios Landa de Matamoros y Pinal de Amoles en la RBSG de Querétaro.

5.3. Fluctuación poblacional de depredadores y respuesta de atracción a las feromonas comerciales de agregación.

Se presentó un efecto significativo ($P < 0.05$) del municipio, el mes de colecta y su interacción (tiempo \times municipio) (Cuadro 3), sobre la abundancia de los depredadores *Temnoscheila*, *Elacatis* y *Leptacinus*; mientras que para *Platynus* sólo se registró un efecto significativo del tiempo de colecta (Cuadro 4). Cabe mencionar que no se realizaron análisis estadísticos para *Enoclerus arachnoides* y *Cymindis*, debido a la baja cantidad de registros que presentaron.

En ese sentido, en cuanto a la fluctuación poblacional de las especies de los depredadores se puede observar que las especies de *Temnoscheila* presentaron en mayo un pico de abundancia en el municipio Landa de Matamoros y en marzo en Pinal de Amoles. Para *Elacatis* sp. y *Leptacinus* sp. las abundancias más altas en Landa de Matamoros se presentaron en julio, mientras que en Pinal de Amoles se observaron ligeros incrementos en el mes de octubre y noviembre, respectivamente. Por último, para *Platynus* los picos de abundancia fueron en abril, junio y octubre (Figura 22).

Asimismo, se obtuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) del tratamiento sobre la abundancia de las especies ambas especies de *Temnoscheila* y el género *Platynus* y de la interacción tratamiento \times municipio sobre las especies de *Elacatis* sp. y *Leptacinus* sp. (Cuadro 3). La atracción de las especies de depredadores resultó diferencial entre los cebos comerciales empleados; las especies del género *Temnoscheila* y *Leptacinus* sp. tuvieron una mejor respuesta de atracción para el tratamiento consistente en la frontalina y la mezcla de monoterpenos en ambos municipios (Figura 23). Por otro lado, *Elacatis* sp. sólo mostró una respuesta significativa para el tratamiento de la mezcla de feromonas de agregación (frontalina y endo-brevicomina) y la mezcla de monoterpenos en el municipio Landa de Matamoros, mientras que en Pinal Amoles no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Por último, *Platynus* sp. no mostró ninguna diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 23).

Cuadro 3. Resultados del GLM con distribución Poisson que prueba el efecto del mes de colecta, el municipio de monitoreo, el tratamiento y su interacción (sitio × tiempo y tratamiento × sitio) sobre la abundancia de las especies de depredadores naturales de *D. frontalis* y *D. mexicanus* en el municipio de Landa de Matamoros y Pinal de Amoles en la RBSG de Querétaro.

| Factores | <i>Temnoscheila</i> spp. | | | <i>Elacatis</i> sp. | | | <i>Leptacinus</i> sp. | | | <i>Platynus</i> sp. | | |
|--|--------------------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|
| | g.l. | χ^2 | <i>P</i> | g.l. | χ^2 | <i>P</i> | g.l. | χ^2 | <i>P</i> | g.l. | χ^2 | <i>P</i> |
| Municipio | 1 | 1710.5 | <0.001 | 1 | 3739.8 | <0.001 | 1 | 512.1 | <0.001 | 1 | 364.3 | <0.001 |
| Tiempo | 11 | 1349.3 | <0.001 | 11 | 2903.8 | <0.001 | 11 | 423.9 | <0.001 | 11 | 362.6 | 0.19 |
| Tratamiento | 1 | 1859.8 | <0.001 | 1 | 2964.6 | <0.001 | 1 | 314.8 | <0.001 | 1 | 243.9 | <0.001 |
| Municipio × Tiempo | 11 | 852.4 | 0.09 | 11 | 1563 | <0.001 | 11 | 232.2 | <0.001 | 11 | 219.6 | 0.12 |
| Municipio × Tratamiento | 1 | 1113.1 | <0.001 | 1 | 1867.2 | 0.021 | 1 | 305.6 | 0.21 | 1 | 237.1 | 0.44 |
| Tiempo × Tratamiento | 11 | 965.1 | <0.001 | 11 | 1738.9 | <0.001 | 11 | 278.6 | 0.004 | 11 | 230.6 | 0.8 |
| Municipio × Tiempo × Tratamiento | 11 | 507.2 | 0.61 | 11 | 984.2 | <0.001 | 11 | 167.1 | 0.76 | 11 | 182.2 | 0.9 |

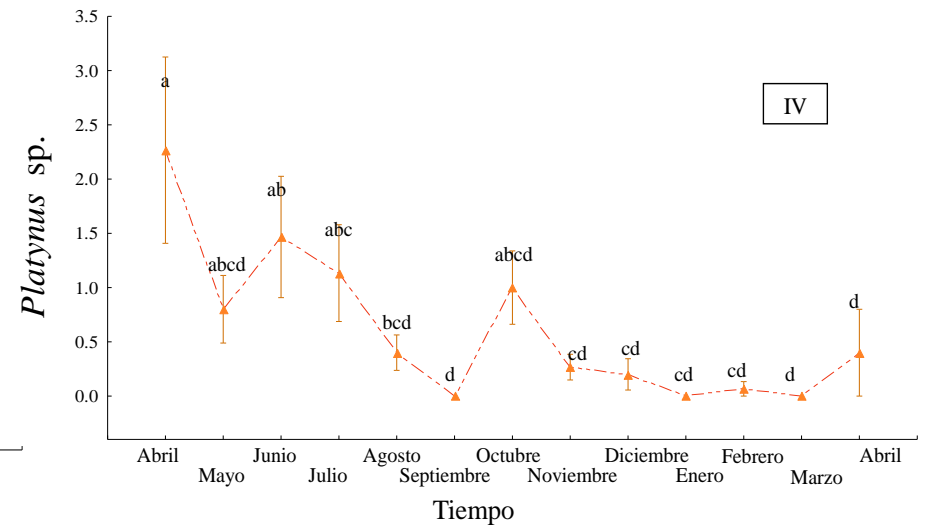
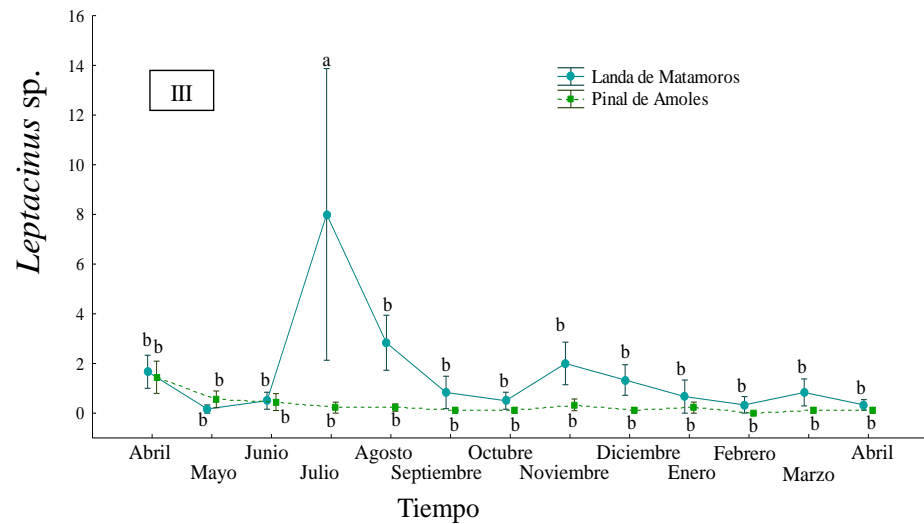
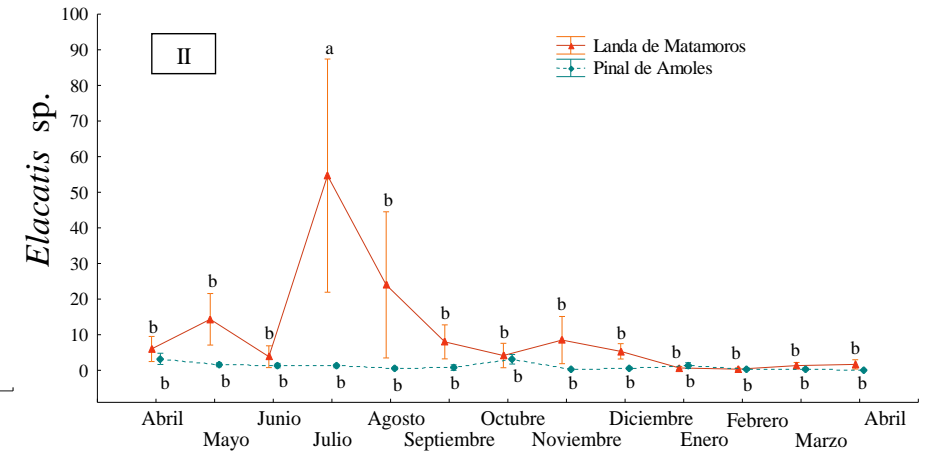
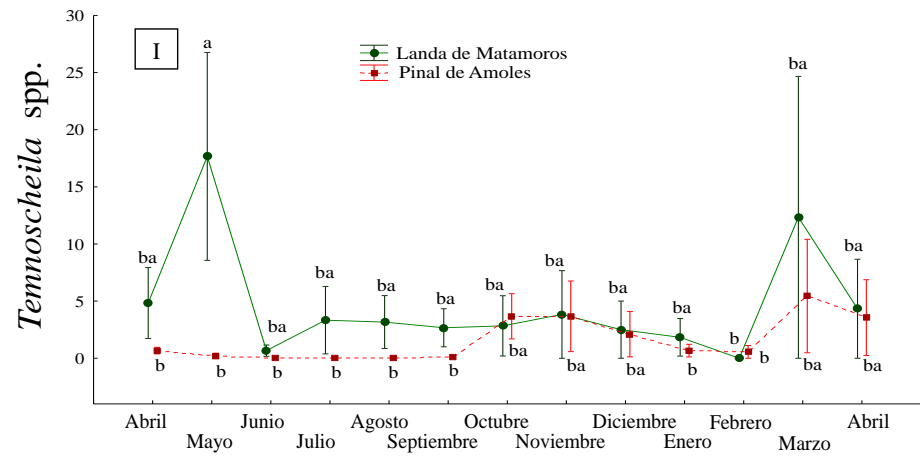


Figura 22. Efecto del tiempo e interacción tiempo × municipio en la abundancia de las especies de depredadores I. *Temnoscheila virescens*, II. *Elacatis* sp., III. *Leptacinus* sp. y IV. *Platynus* sp. del complejo *D. mexicanus* y *D. frontalis* en la RBSG de Querétaro. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($P>0.05$). Medida de dispersión: Error estándar.

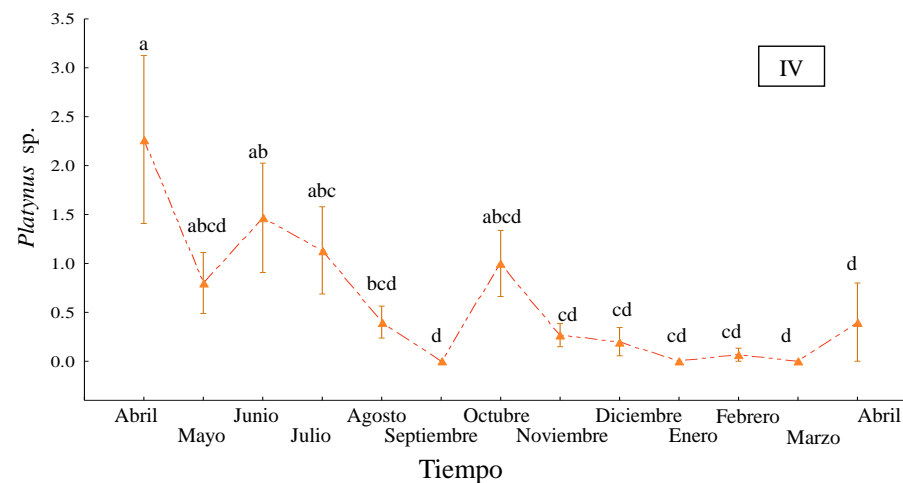
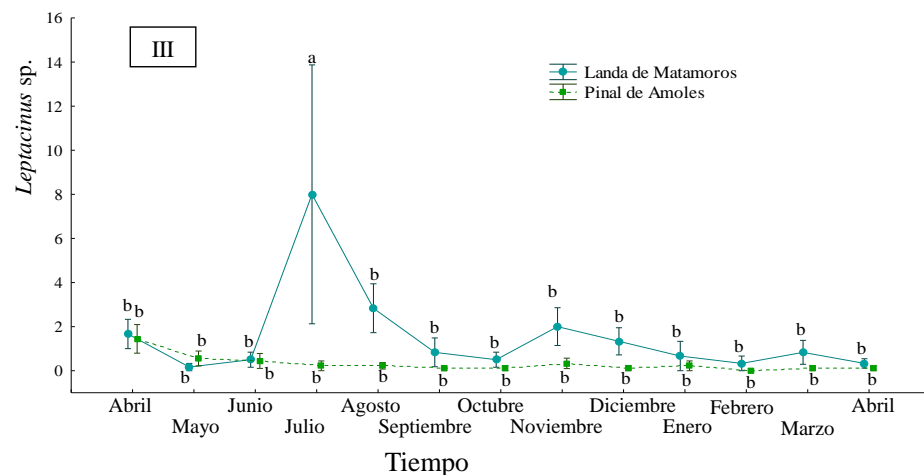
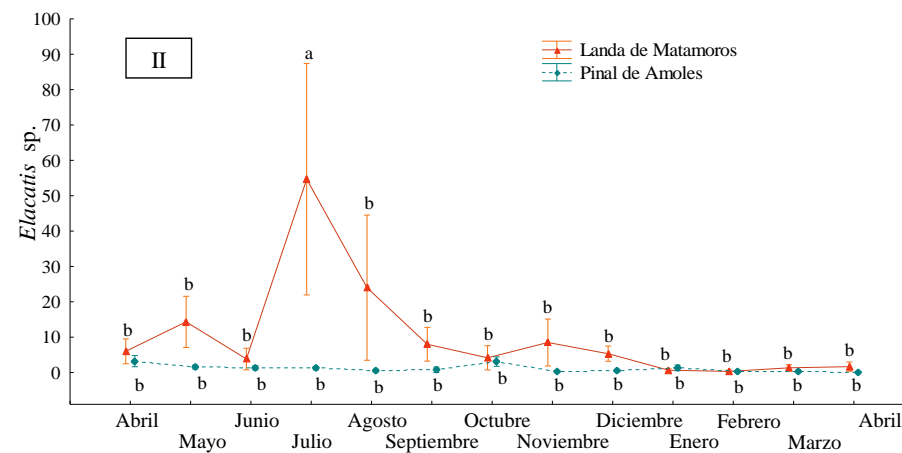
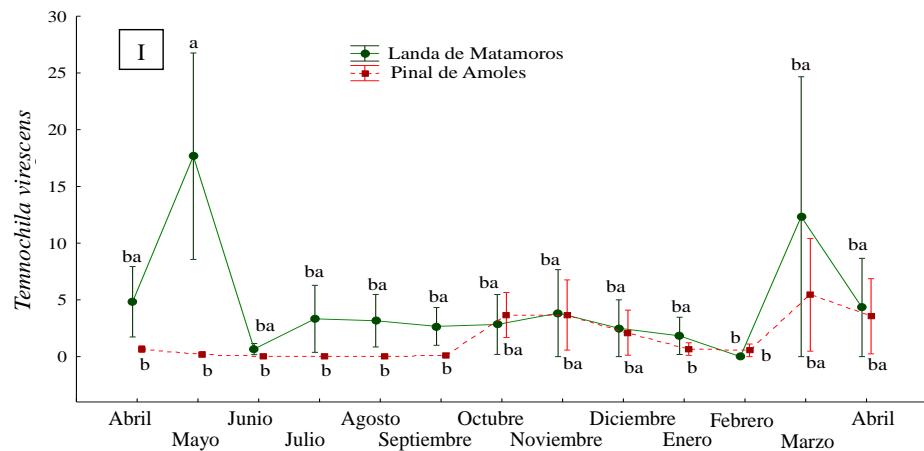


Figura 23. Efecto del municipio y tratamiento en la abundancia de las especies de depredadores I. *Temnoscheila* spp., II. *Elacatis* sp., III. *Leptacinus* sp. y IV. *Platynus* sp. asociados al complejo *D. mexicanus* y *D. frontalis* en la RBSG de Querétaro. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($P > 0.05$). Medida de dispersión: Error estándar.

5.4. Riqueza de depredadores

Se obtuvo un efecto significativo ($P>0.05$) entre el tiempo, tratamiento y municipio sobre la riqueza de depredadores (Cuadro 4).

Cuadro 4. Resultados del GLM con distribución Poisson que prueba el efecto del tiempo de colecta, el municipio y el tratamiento, sobre la riqueza de los depredadores asociados a *D. frontalis* y *D. mexicanus* en la RBSG de Querétaro.

| Factores | Riqueza (S) | | |
|-------------------------------|-------------|----------|--------|
| | g.l. | χ^2 | P |
| Mes | 11 | 360.5 | 0.002 |
| Tratamiento | 1 | 302.8 | <0.001 |
| Municipio | 1 | 278.4 | <0.001 |
| Mes × Tratamiento | 11 | 269.9 | 0.67 |
| Mes × Municipio | 11 | 263.7 | 0.85 |
| Tratamiento × Municipio | 1 | 263.6 | 0.97 |
| Mes × Tratamiento × Municipio | 11 | 260.8 | 0.99 |

La riqueza de depredadores fue mayor en el municipio Landa de Matamoros (Figura 24). La mezcla de feromonas de agregación (frontalina + endo-brevicomina) y monoterpenos obtuvo la mayor riqueza en ambos municipios (Figura 25). Por otra parte, se obtuvo una mayor riqueza de depredadores en el mes de mayo en Pinal de Amoles y Landa de Matamoros (Figura 26).

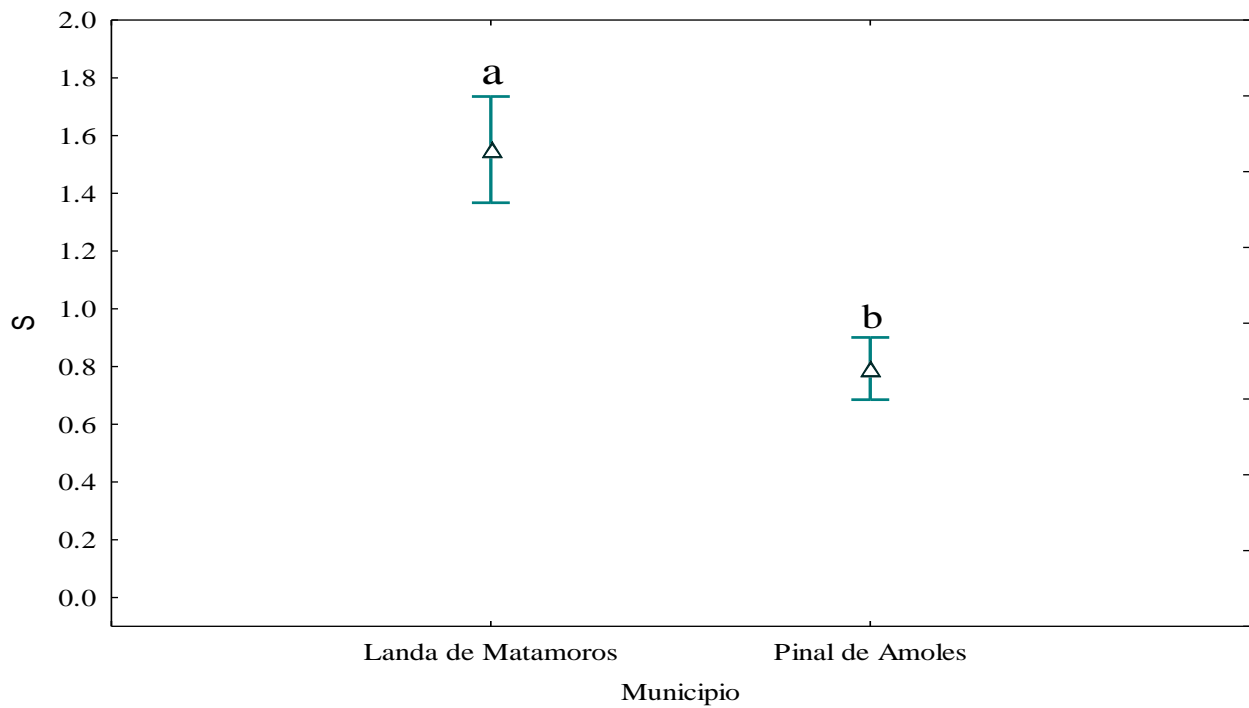


Figura 24. I. Riqueza de depredadores en el municipio Landa de Matamoros y Pinal de Amoles en la RBSG de Querétaro. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($P>0.05$). Medida de dispersión: Error estándar.

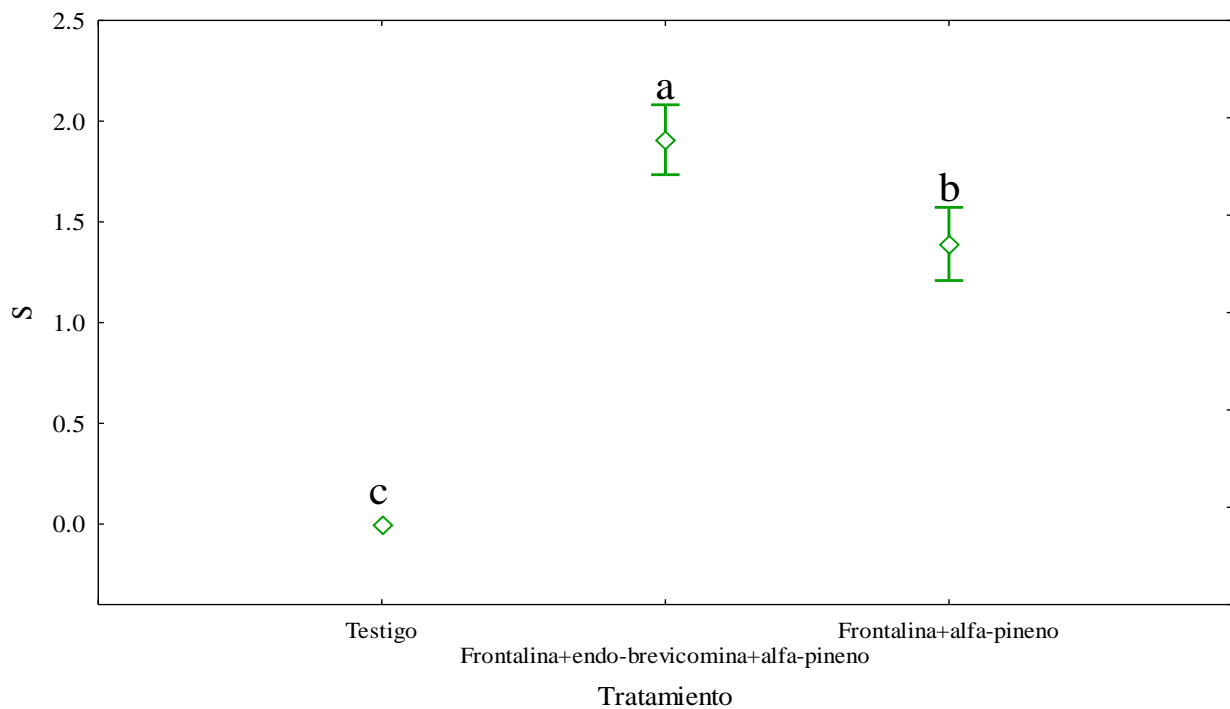


Figura 25. Riqueza de depredadores respecto a los tratamientos de feromonas de agregación y alfa-pineno. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($P>0.05$). Medida de dispersión: Error estándar.

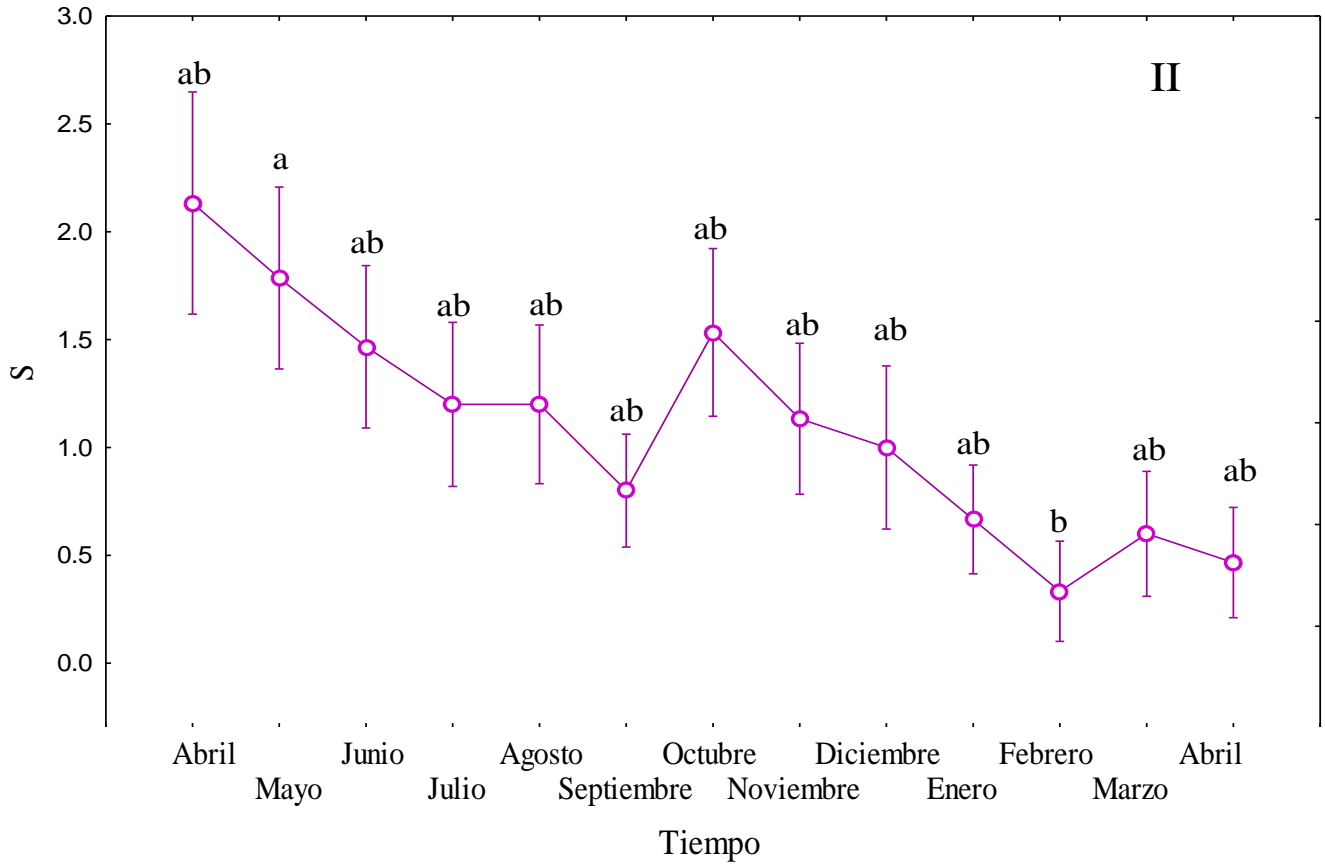


Figura 26. Riqueza (S) de depredadores en los municipios Landa de Matamoros y Pinal de Amoles en la RBSG de Querétaro. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($P > 0.05$). Medida de dispersión: Error estándar.

5.5. Correlaciones depredador-presa

En Landa de Matamoros se encontró una correlación significativa ($P < 0.05$) y positiva entre la abundancia de *D. frontalis* y *D. mexicanus* con los depredadores *Elacatis* sp., *Leptacinus* sp., mientras que, en Pinal de Amoles, se observó una correlación significativa y positiva entre la abundancia de ambas especies de descortezadores con *Elacatis* sp. (Figura 27 y 28). Cabe mencionar que en ambos municipios, las especies de *Temnoscheila* no presentaron ninguna correlación significativa, con ambas especies de escolítidos.

Asimismo, en ambos municipios se presentaron correlaciones significativas ($P < 0.05$) y positivas entre la abundancia de ambos escolítidos con la abundancia total de depredadores y su riqueza.

Por otro lado, en Landa de Matamoros, los depredadores *Elacatis* sp. y *Leptacinus* sp. presentaron una relación mayor con la abundancia de *D. frontalis*. Mientras que, en Pinal de Amoles *Elacatis* sp. se relacionó de manera similar con ambas especies de descortezador, sin embargo, para este último caso, los coeficientes de determinación son bajos. Por último, la abundancia total de los depredadores, riqueza y diversidad están más relacionadas con la variación de las abundancias de ambas especies de escolítidos en Landa de Matamoros (Cuadro 5).

Cuadro 5. Correlaciones entre las abundancias del complejo *Dendroctonus frontalis*, *D. mexicanus* y las especies de depredadores, su abundancia total, riqueza d diversidad.

| Municipio | Depredadores | <i>Dendroctonus frontalis</i> | | | <i>Dendroctonus mexicanus</i> | | |
|--------------------|--------------------------|-------------------------------|---------|--------|-------------------------------|---------|--------|
| | | r_s | r_s^2 | P | r_s | r_s^2 | P |
| Pinal de Amoles | <i>Temnoscheila</i> spp. | 0.21 | 0.04 | 0.97 | 0.10 | 0.01 | 0.52 |
| | <i>Elacatis</i> sp. | 0.57 | 0.33 | <0.001 | 0.39 | 0.15 | <0.001 |
| | Abundancia total | 0.48 | 0.23 | 0.001 | 0.59 | 0.35 | <0.001 |
| | S | 0.64 | 0.41 | <0.001 | 0.56 | 0.31 | <0.001 |
| Landa de Matamoros | <i>Temnoscheila</i> spp. | 0.32 | 0.10 | 0.045 | 0.37 | 0.14 | 0.15 |
| | <i>Elacatis</i> sp. | 0.77 | 0.59 | <0.001 | 0.58 | 0.34 | <0.001 |
| | <i>Leptacinus</i> sp. | 0.59 | 0.34 | <0.001 | 0.52 | 0.27 | <0.001 |
| | Abundancia total | 0.73 | 0.53 | <0.001 | 0.72 | 0.52 | <0.001 |
| | S | 0.75 | 0.57 | <0.001 | 0.65 | 0.43 | <0.001 |

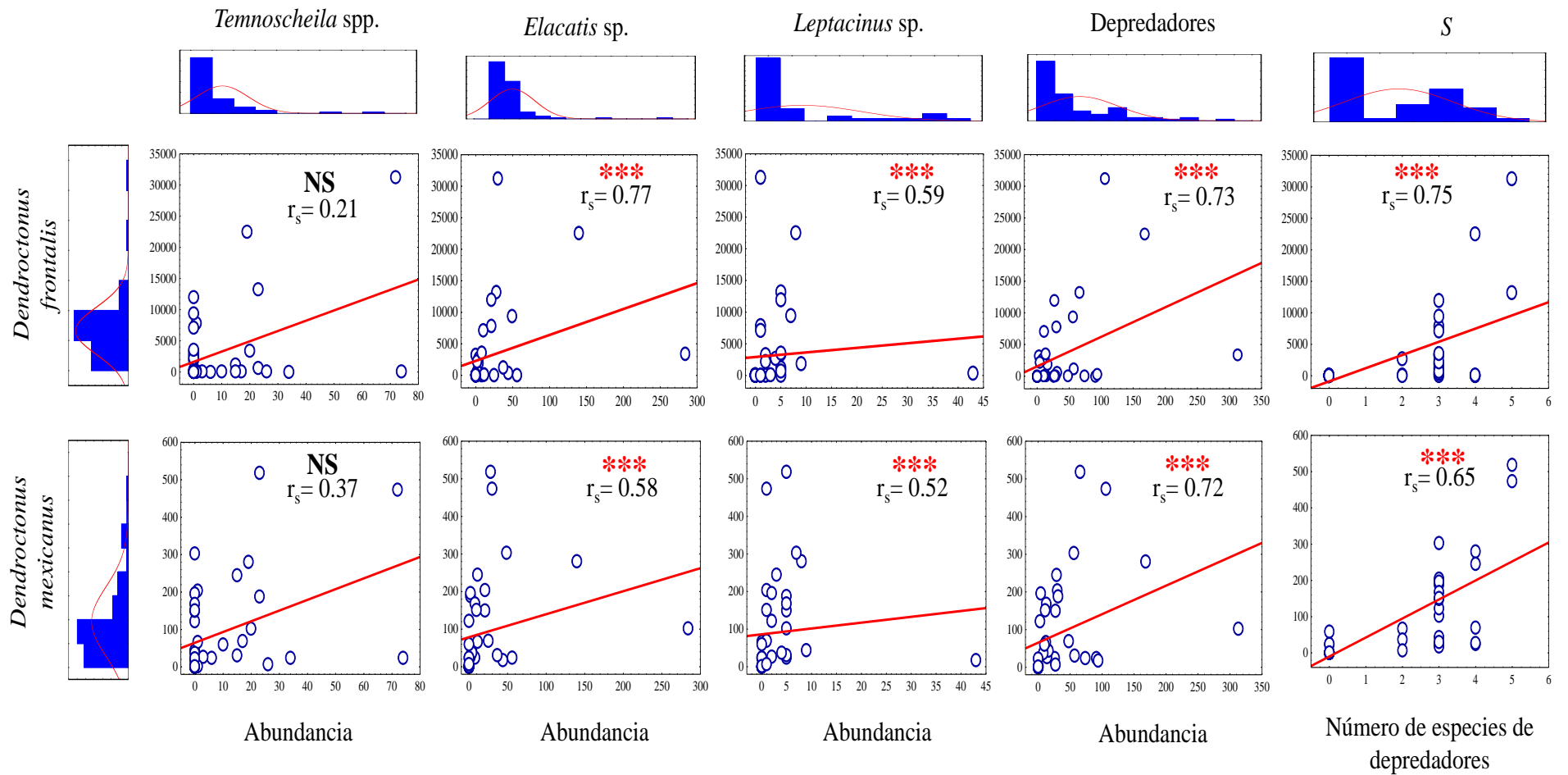


Figura 27. Correlaciones entre las abundancias del complejo *Dendroctonus frontalis*, *D. mexicanus* y las especies de depredadores, la abundancia total de depredadores, la riqueza y diversidad, en el municipio Landa de Matamoros en la Reserva de la Sierra Gorda de Querétaro. (NS: No Significativa, *=0.05, **<0.01, *<0.001).**

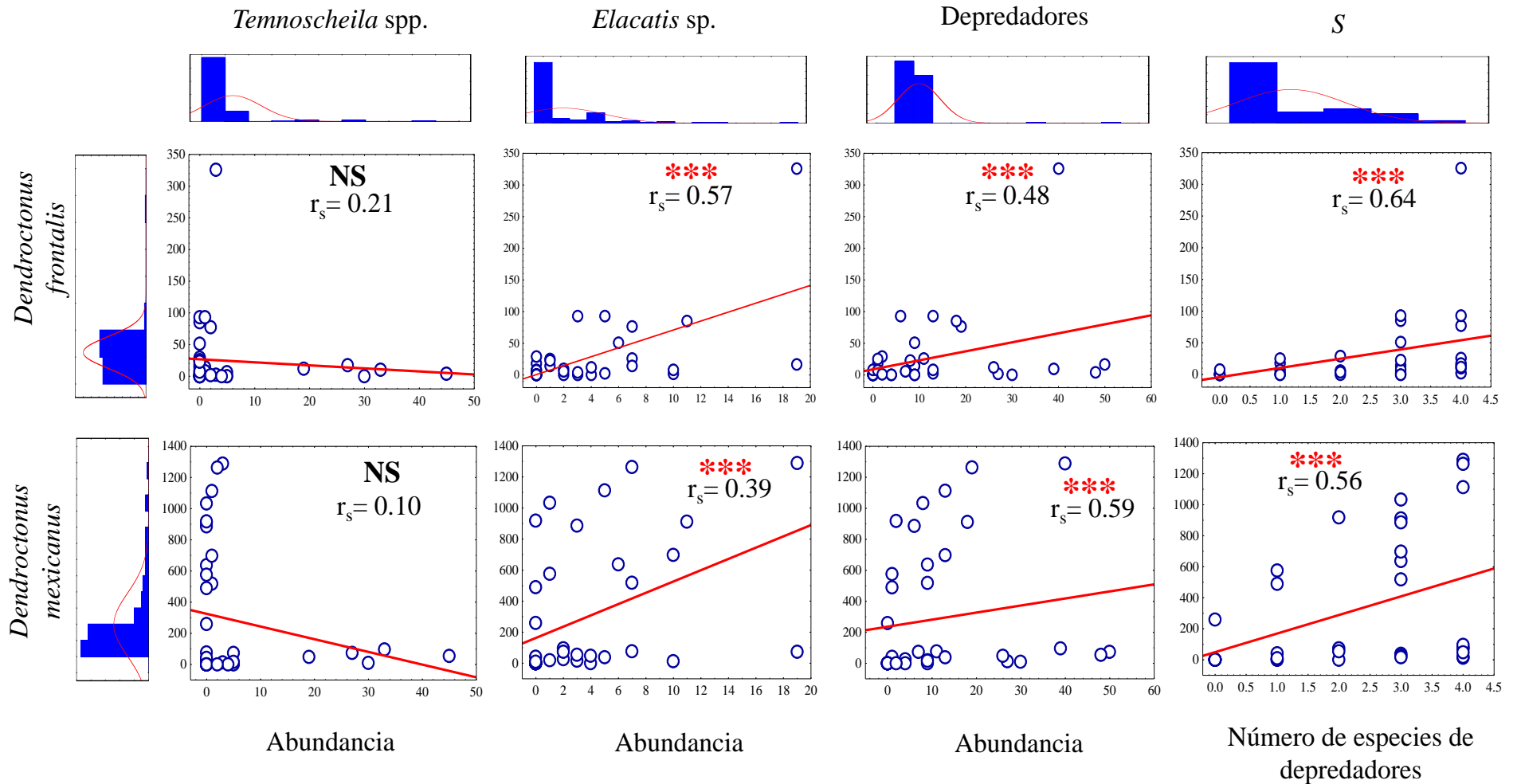


Figura 28. Correlaciones entre las abundancias del complejo *Dendroctonus frontalis*, *D. mexicanus* y las especies de depredadores, la abundancia total de depredadores, la riqueza y diversidad, en el municipio Pinal de Amoles en la Reserva de la Sierra Gorda de Querétaro. (NS: No Significativa, *=0.05, **<0.01, ***<0.001).

6. DISCUSIÓN

6.1. Complejo *Dendroctonus frontalis* y *D. mexicanus*

Se registró un mayor número de individuos del género *Dendroctonus* (91%) en Landa de Matamoros, y de estos más del 98% fueron de la especie *D. frontalis*, mientras que en Pinal de Amoles sobresalió *D. mexicanus*; esto podría deberse a los rangos altitudinales óptimos para cada especie. Al respecto, Flores (1977) menciona que a pesar de que hay una sobreposición geográfica de ambas especies, cada una presenta intervalos óptimos de altitud, en donde ciertos parámetros climáticos, como la temperatura, humedad y precipitación, características y distribución de los hospederos, propician una colonización más exitosa, además de un mejor desarrollo (Rodríguez et al., 2005). En ese sentido, los sitios de monitoreo establecidos en Landa de Matamoros están a una altitud media de 1,849 m, lo cual coincide con el intervalo de altitud preferente para *D. frontalis* el cual según Salinas-Moreno et al. (2010) está entre los 1,500 y 2,000 m; al igual que Pinal de Amoles, en donde se establecieron sitios de monitoreo a una altitud media de 2,400 m, siendo el intervalo preferente para *D. mexicanus* entre los 2,000 y 2,500 m.

6.2. Enemigos naturales

Las familias de insectos que se colectaron con los cebos comerciales de agregación son similares con lo obtenidos en estudios previos como Villa (1985), Romero (1993), Haberkern y Raffa (2003) y Cruz (2007). El género *Dendroctonus* es asociado con una larga lista de enemigos naturales, por ejemplo, tan sólo para la especie *D. frontalis* se han reportado alrededor de 29 especies que fungen como parasitoides, competidores de espacio, patógenos y depredadores (Moser et al., 1971).

En este trabajo, se identificaron *Tomicobia* sp. y *Tomolips* sp. como parasitoide y competidor de espacio respectivamente. Watanabe en 1959 reportó por primera vez a la familia Pteromalidae como parasitoide de escolítidos, entre ellos a los géneros *Rhaphitelus* Walker, 1834, *Roptrocerus* Ratzeburg, 1848 y *Tomicobia*. Posteriormente, en el 2002,

Wermelinger mencionó que dentro de la familia Pteromalidae, se encuentran los parasitoides más abundantes y comunes de los escarabajos descortezadores, siendo la mayoría de estos ectoparásitos de los estadíos larvales, sin embargo, se ha sugerido que las especies del género *Tomicobia*, parasitan específicamente al género *Ips* y que dentro de los Pteromálicos, algunos de los géneros que parasitan a *Dendroctonus*, son *Heydenia* Förster, 1856 y *Rhopalicus* Walker, 1836 (Boone et al., 2011; Vegar y Hofstetter, 2015).

Por otra parte, el género *Tomolips* fue reportado como competidor de espacio y alimento para el género *Dendroctonus* por Nunes y Dávila en el 2004, además, se le considera como plaga secundaria, ya que se sugiere que este escarabajo es atraído por restos maderables, árboles caídos o afectados por descortezadores (Billings, 2001; López y Toledo, 2005).

Por otro lado, los depredadores fueron el grupo más abundante (96% del total de enemigos naturales), lo cual coincide con Danhlsten (1982), quién menciona a los depredadores como el grupo más representativos, ya que presentan una mayor densidad en comparación con los demás grupos y tienen efectos significativos en la mortalidad de los escarabajos descortezadores (Linit y Stephen, 1983).

Las familias de depredadores más abundantes (en orden descendiente) fueron Salpingidae (*Elacatis* sp.) Trogositidae (*Temnoscheila virescens* y *Temnoscheila chlorodia*) y Staphylinidae (*Leptacinus* sp.). Sin embargo, generalmente, se registran como dominantes las familias de depredadores Cleridae (*Enoclerus*, *Thanasimus*), Trogositidae (*Temnoscheila*), Colydiidae (*Lasconotus* Erichson, 1854 y *Aulonium* Erichson, 1845) e Histeridae, lo cual se discutirá más adelante (Moser et al., 1971; Vega y Hofstetter, 2015).

Otras especies de depredadores registradas en este estudio fueron *Enoclerus arachnoides*, *Cymindis* sp. y *Platynus* sp. En cuanto a *E. arachnoides*, en varios trabajos (Sánchez-Martínez et al., 2007; Rodríguez-Ortega et al., 2010) se señala que la familia Cleridae es uno de los depredadores más importante de los escolítidos; sin embargo, en el presente estudio se tuvieron pocos registros, con menos del 0.5% de la captura total. Rivera (2001) y Livera-Hernández (2010) mencionan que el género *Enoclerus* (a diferencia de algunas

poblaciones de Cleridae en Estados Unidos), en México es atraído por feromonas de agregación como el ipsenol e ipsdienol, más que a feromonas comerciales del género *Dendroctonus*, esto podría explicar el porqué de las bajas capturas (Livera-Hernández, 2010).

Por otro lado, a pesar de que Vega y Hofstetter (2015) han reportado a *Platynus* sp. y *Cymindis* sp. como depredadores de escolítidos, en la mayoría de los trabajos no se le da mayor importancia, ya que se consideran con hábitos generalistas (Dixon y Payne, 1980).

6.3. Fluctuación poblacional de depredadores y respuesta de atracción a los cebos comerciales

En cuanto a la fluctuación poblacional de los depredadores, los patrones obtenidos concuerdan en parte con otros estudios donde se muestra que las mayores abundancias de los depredadores se presentan durante las estaciones de primavera y verano (Aukema et al., 2000), temporadas que corresponden con las etapas de mayor temperatura y humedad ambiental; así mismo, Hernández (2010) señala que las especies de depredadores de escarabajos descortezadores muestran dos picos de vuelo, de enero a junio y de octubre a noviembre. Lo que coincide con nuestros resultados en la primera etapa, sin embargo, en la segunda etapa solo registramos picos tenues de abundancia.

Por otro lado, con respecto a la respuesta de atracción de los depredadores a las feromonas sintéticas, las especies de *Temnoscheila* tuvieron una mayor respuesta de atracción al cebo comercial frontalina más la mezcla de monoterpenos en ambos municipios. En Norte América, los trogossítidos *Temnoscheila virescens* y *Temnoscheila chlorodia* Mannerheim, son comúnmente encontrados en bosque de pino infestado por las especies *Dendroctonus* e *Ips*; mientras que otros depredadores como los cléridos son considerados depredadores generalistas, se creó que los trogossítidos tienen una mayor especialización (Lawson y Morgan 1992). Asimismo, pese a su habilidad para detectar diferentes compuesto feromonales, se le ha asociado más a la frontalina, lo cual concuerda con el presente trabajo, sin embargo, aunque se asocie a *D. frontalis* como su presa principal, Salinas et al.

(2004) menciona que la frontalina no es una feromona específica de esta especie, de hecho, se ha observado que atrae al menos a 10 especies del género *Dendroctonus*, lo cual podría sugerir un espectro más amplio de presas. Además, varios autores entre ellos Domínguez-Sánchez et al., (2008) consideran que en específico *T. virescens* no posee alguna especialización al depredar, ya que se ha visto que responde a feromonas como el ipsenol e ipsdienol, asimismo, a pesar de que *T. chlorodia* se encuentra típicamente sobre pinos infestados con *Dendroctonus* e *Ips*, Hofstetter et al. en el 2012 menciona que hay una mayor atracción de este depredador a los componentes feromonales de las especies de *Ips* y Boone et al. (2008), indican que este depredador es fuertemente atraído a las feromonas atractantes de *D. ponderosae* (Billings y Cameron, 1984; Fettig et al., 2006; Vega y Hofstetter, 2015).

Elacatis es un género perteneciente a la familia Salpingidae, reportado por Cibrián (1987) como depredador de *Dendroctonus adjunctus*, no obstante, en la actualidad se menciona que este depredador responde diferencial y específicamente hacia feromonas comerciales dirigidas al género *Ips* (Rivera, 2001; Gaylord et al., 2006). Lo que contrasta con el presente trabajo, donde esta especie además de ser atraída a feromonas específicas para *Dendroctonus*, mostró una respuesta preferencial para la feromona endo-brevicomina, resultados que concuerdan en parte con el trabajo de Hofstetter et al. (2008), en donde una especie del género *Elacatis* respondió significativamente a la exo-brevicomina. En ese sentido, se ha sugerido que las diferentes respuestas que tienen los depredadores a distintos cebos, puede ser producto de una variación geográfica, e incluso se menciona que estas diferencias, pueden ser respuestas adaptativas locales para la repartición parcial del recurso de descortezadores, pudiendo divergir en su dieta durante condiciones de escasas de presas; además, al igual que en este trabajo, las especies de este género no se han identificado, por lo que, Macías-Sámano et al. (2014) recomienda que toda la información que se obtenga sobre la atracción de este género a los diversos semioquímicos, debe ser considerada de manera tentativa (Jaksic et al., 1980; Billings y Cameron, 1984; Mayer y McLaughlin, 1991).

Por otra parte, como se ha menciona anteriormente, el género *Leptacinus* y *Platynus* son depredadores que se consideran con hábitos generalista u oportunistas, sin embargo, en el presente trabajo, el depredador *Leptacinus* mostró una respuesta de atracción significativa a frontalina y los monoterpenos, por el contrario el género *Platynus*, no mostró ninguna respuesta diferencial a los cebos comerciales (Dixon y Payne, 1980). Hay muy poca información sobre estas familias, algunas de sus especies son atraídas a las feromonas de los escoltídos y varios autores los han registrado en monitoreos de diferentes especies de *Dendroctonus*, pero no hay información de su impacto en la dinámica poblacional de los escarabajos descortezadores (Rahuhut *et al.*, 1993; Vega y Hofstetter, 2015).

6.4. Riqueza de depredadores

Se presentó mayor riqueza en el municipio Landa de Matamoros en comparación con Pinal de Amoles; esto podría explicarse debido a que del total de escarabajos descortezadores que se contabilizaron, el 91 % se registró en Landa de Matamoros, al haber un mayor número de presas (recurso), se puede suponer una mayor riqueza y abundancia de depredadores (Wiens, 1977). En ese sentido, Pianka (1982) menciona que la presencia de una especie en un lugar determinado depende de la cantidad de recursos existentes que pueden ser empleados por esta, asimismo, Kahn y Cornell (1989) señalan que las diferencias entre la composición taxonómica y el número de un gremio está determinada en parte, por la disponibilidad del recurso, la cual a su vez depende de la estructura del ambiente (Wiens, 1977).

Asimismo, se capturó mayor riqueza de depredadores en las trampas que fueron cebadas con la mezcla de feromonas comerciales de agregación (frontalina + endo-brevicomina) y alfa-pineno, en comparación a la frontalina + alfa-pineno. Estos resultados son similares a varios estudios (Wood, 1982; Byers, 1989) en donde se menciona que el adicionar un compuesto kairomonal como el alfa-pineno o el mirceno a la feromona comercial incrementa la atracción de escarabajos descortezadores a las trampas, al implementar dos feromonas más el componente monoterpénico se produce un efecto sinérgico mayor, obteniendo un efecto aditivo por parte de las feromonas que resultan en una mayor

atracción de descortezadores y por consiguiente, del complejo de depredadores que este asociados a ellos (López y Toledo 2005).

Por último, la riqueza en ambos municipios resultó significativamente mayor en el mes de mayo, esto, si lo comparamos con la fluctuación del descortezador (que no es objetivo específico en este trabajo) coincide, ya que los picos de abundancia más altos de *D. frontalis* y *D. mexicanus* en ambos municipios, se presentaron en el mes de abril a mayo (PROYECTO SIGI: No. 16433532511). Se ha mencionado que las especies depredadoras responden a las fluctuaciones en los niveles de presas a través del tiempo, ya sea aumentando o disminuyendo sus poblaciones en proporción a las densidades de ellas, asimismo, la variación de la población de depredadores depende de la presa, sufriendo fluctuaciones cíclicas en las que la población del depredador aumentan de número cuando existe gran número de presas (Jahsik y Marone, 2007).

6.5. Correlaciones depredador-presa

La abundancia total y riqueza de los depredadores se relacionó positiva y directamente con las abundancias de ambas especies de descortezadores, lo cual concuerda con lo antes mencionado, la variación de la poblaciones de depredadores y su estructura taxonómica sufre variaciones a través del tiempo las cuales dependen de dos factores importantes: la estructura ambiental y las fluctuaciones poblacionales de la presa, en la teoría se menciona que los depredadores tienden a aumentar sus abundancias cuando existe gran número de presas y viceversa por la presión de depredación que ejercen, sin embargo, tanto la presa como el depredador están sujetas a su entorno y por tal motivo otros factores, por ejemplo los abióticos, como la temperatura, la humedad, la precipitación, la presión atmosférica, entre otros que son de importancia para los insectos principalmente por su fisiología. Esta variabilidad temporal y la disponibilidad de recursos pueden dar lugar a variaciones en la estructura de los gremios, lo que puede ocasionar cambios en la composición taxonómica o en su respuesta funcional (Wiens, 1997; Carmona, 1978).

En Landa de Matamoros, las especies de depredadores, *Elacatis* sp. y *Leptacinus* sp. se relacionaron más con la abundancia de *D. frontalis*. Como se mencionó, estos dos géneros presentaron una atracción significativa y diferencial a la mezcla de feromonas frontalina y endo-brevicomina, sólo en Landa de Matamoros (municipio en donde se registraron las abundancias más altas de *D. frontalis*). Al respecto se conoce que la adición de endo-brevicomina a la frontalina, ejerce una mayor atracción para *D. frontalis*, lo cual podría sugerir que en Landa de Matamoros estos escarabajos, en especial *Elacatis* tienen un papel importante en la depredación de esta especie de descortezador (Sullivan et al., 2007).

Macías-Sámano et al. (2014) han hecho hincapié en que la mayor atracción que se ha registrado para *D. frontalis* a la endo-brevicomina, implica la necesidad de conocer el papel de este semioquímico en el comportamiento de los depredadores asociados. En ese sentido, la atracción hacia esta feromona por los depredadores *Elacatis* y *Leptacinus* no habían sido registrados anteriormente, solo se conocía la atracción de *Elacatis* a su isómero (exo-brevicomina). Sin embargo, los resultados obtenidos sugieren que estos depredadores podrían tener un papel importante en la dinámica poblacional de *D. frontalis*, específicamente en el lugar de monitoreo (Moreno et al., 2008; Sullivan y Mori 2009).

Las especies de *Temnoscheila* no presentaron una correlación positiva con el complejo de escarabajos descortezadores en ambos municipios. Este patrón es equivalente al descrito por Domínguez-Sánchez et al. (2008) en el cual, *Temnoscheila* parece no tener mayor especialización al depredar. Además se ha descrito que, cuando alguna de sus presas se encuentra ausente, en bajas densidades poblacionales o bien, hay una mayor competencia, este depredador tiene la capacidad de cambiar su dieta y asociarse con otra especie de *Dendroctonus* o como se ha visto, con escarabajos del género *Ips* (Wiens, 1997; Billings y Cameron, 1985).

7. CONCLUSIONES

El 91% de la captura total de descortezadores se registró en Landa de Matamoros, de los cuales sobresalió por su abundancia *Dendroctonus frontalis*, mientras que *D. mexicanus* tuvo una mayor abundancia en Pinal de Amoles.

De los enemigos naturales asociados al complejo *D. frontalis* y *D. mexicanus*, los depredadores fueron el grupo más abundante, siendo el escarabajo depredador *Elacatis* sp. el más abundante, seguido de *Temnoscheila* spp. y *Leptacinus* sp.

Se presentó mayor riqueza de depredadores en el municipio Landa de Matamoros y con la mezcla de feromonas de agregación (frontalina + endo-brevicomina) y alfa-pineno. Además, en ambos municipios, en el mes de mayo se obtuvo la mayor riqueza.

Los picos más altos de abundancia de las especies de depredadores se registraron de marzo a julio en ambos municipios.

Se observó una respuesta de atracción preferencial de ambas especies del depredador *Temnoscheila* y *Leptacinus* sp. al cebo comercial frontalina + monoterpenos y de *Elacatis* sp. al cebo frontalina + endo-brevicomina + monoterpenos, mientras que la respuesta de los demás depredadores a las feromonas comerciales de agregación fue indistinta.

En Landa de Matamoros se encontró una correlación significativa y positiva entre la abundancia de *D. frontalis* y *D. mexicanus* con *Elacatis* sp. y *Leptacinus* sp., sin embargo, ambos depredadores se relacionaron más con *D. frontalis*, mientras que las especies de *Temnoscheila* no tuvieron ninguna relación con ambas especies de escolítinos. Por otro lado, en Pinal de Amoles, *Elacatis* sp. se relacionó directamente y de manera similar con ambas especies de descortezador.

8. PERSPECTIVA

Para que un sistema de monitoreo y predicción de las fluctuaciones poblacionales de los descortezadores fundamentado en las interacciones denso-dependientes con los depredadores y/o en semioquímicos sea eficiente en México, es necesario saber por regiones que especies de depredadores son los que responden consistentemente a las feromonas comerciales de agregación, además, conocer el tipo y el grado de relación presa-depredador que exista.

Por otro lado, el uso de depredadores en sistemas forestales para control de descortezadores ha sido muy poco estudiado, sin embargo, debido a la problemática que existe actualmente, se torna necesaria la aplicación de controles que sean cada vez más amigables con el ambiente y eficientes para la regulación de sus poblaciones. En este sentido, el éxito de esta alternativa de manejo integral de plagas está ligado al conocimiento base de los depredadores asociados a las diferentes especies de *Dendroctonus* (taxonomía), la biología del depredador, la relación depredador-presa que exista, su especificidad y tasas de depredación.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amman, G. D. y Cole, W. E. 1983. Mountain pine beetle dynamics in lodgepole pine forests. (Part 2). General Technical Report INT-GTR-145: Department of Agriculture, Forest Service, Ogden, UT.
- ARD. 2002. México: critical analysis of the current deforestation rates estimates. US-AID, México D.F, 29 p.
- Arnett, H. R., M. C. Thomas, P. E. Skelley y H. J. Frank. 2002. American Beetles, Volume II: Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea. CRC Press LLC, Florida. 880 pp.
- Aukema, B. H., Dahlsten, L. D. y Raffa, F. K. 2000. Exploiting behavioural disparities among predators and prey to selectively remove pests: maximizing the ratio of bark beetles to predators removed during semiochemically based trap-out. *Environmental Entomology*, 29:651-660.
- Bellows, S. T., Fisher, W. T., Caltagirone, E. L., Dahlsten, L. D., Gorsf, G. y Huffaker, B. C. 1999. Handbook of Biological Control: Principles and Applications of Biological Control. Academic Press, San Diego, California. 1032 p.

- Billings, R. F. 1988. Forecasting southern pine beetle infestation trends with pheromone traps. En: Payne, T. L., Saarenmaa, H. Eds. Integrated control of Scolytid bark beetles. 17th International Congress of Entomology. Vancouver, B.C., Canada. 295–305 pp.
- Billings, R. 2001. Evaluación de la plaga del gorgojo descortezador del pino (*Dendroctonus frontalis*) en los pinares de Nicaragua y Recomendaciones para su control. Nicaragua: Informe al INAFOR. 4 p.
- Billings, R. F., Berisford, C. W., Salom, S. M. y Payne, T. L. 1995. Applications of semiochemical in the management of southern pine beetle infestation: current status of research. En: Salom, S. M. y Hobson, K. R. Eds. Application of semiochemical for management of bark beetle infestations. Department of Agriculture, Forest Service. Intermountain Research Station. 30-38 pp.
- Billings, R. F. 1985. Southern pine bark beetles and associated insects effects of rapidly-released host volatiles on response to aggregation pheromones. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 99:483-491.
- Billings, R. F. y Cameron, S. R. 1984. Kairomonal responses of Coleoptera, *Monochamus titillator* (Cerambycidae), *Thanasimus dubius* (Cleridae), and *Temnochila virescens* (Trigogositidae) to behavioral chemicals of southern pine bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Environmental Entomology* 13(6):1542-1548.
- Billings, R. F. y Upton, W. W. 2010. A methodology for assessing annual risk of Southern Pine Beetle outbreaks across the Southern region using pheromone traps. En: Pye, M. J., Rauscher, M. H., Sands, Y., Lee, C. D., Beatty, S. J. Eds. Advances in threat assessment and their application to forest and rangeland management. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest and Southern Research Stations. 73-85 pp.
- Boone, C. K., Aukema, B. H., Bohlmann, J., Carrol, A. L. y Raffa, K. P. 2011. Efficacy of tree defense physiology varies with bark beetle population density; a basis for positive feedback in eruptive species. *Canadian Journal of Forest Research*, 41: 1174-1188.
- Borror, J. D., C. A. Triplehorn y Johnson, N. F. 1989. An introduction to the study of insects. EE.UU: Saunders College Publishing. 800 pp.
- Burke, A. F., Cibrián-Tovar, D., Llanderal-Cázares, C., Plascencia-González, A. y López-Pérez, I. 2011. Adiciones y aportaciones para el género *Enoclerus* Gahan (Coleoptera: Cleridae) en bosques de clima templado en México. *Acta Zoológica de México*, 27: 145-167.

- Byers, J. A. 1989. Chemical ecology of bark beetles. *Experientia*, 45: 271-283.
- Carmona, V. F. 1978. Algunas consideraciones teóricas cualitativas acerca de los mecanismos de regulación poblacional en *Dendroctonus* spp. (Scolytidae). *Ciencia Forestal*. 3(11): 3-13.
- Cerezke, H. F. 1964. The Morphology and functions of the Reproductive Systems of *Dendroctonus monticolae* Hopk. (Coleoptera: Scolytidae). *The Canadian Entomologist*, 96:477-500.
- Chansler, J. F. 1967. Biology and life history of *Dendroctonus adjunctus* (Coleoptera:Scolytidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 60(4): 760-767.
- Cibrián, T. D. 1987. *Dendroctonus adjunctus*. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Cibrián, T. D., Quiñonez, F. S. A. y Morales, B. J. 2014. Diagnóstico de la situación actual de insectos en los bosques templados de México. Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. 313 pp.
- Cibrián-Tovar, D., Méndez-Montiel, J. T., Campos-Bolaños, R., Yates, O. H. y Flores-Lara, J. 1995. Insectos Forestales de México. Universidad Autónoma Chapingo, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, United States Department of Agriculture, Natural Resources Canadá y Comisión Forestal de América del Norte. 455 pp.
- Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible (CCMSS). 2012. Un nuevo enfoque para combatir la tala y el comercio de madera ilegal en México. Nota 33. [en línea], consultado: 28 enero 2016, <http://www.ccmss.org.mx/documentacion/750-nota-info-33-un-nuevo-enfoque-para-combatir-la-tala-y-el-comercio-de-madera-ilegal-en-mexico/>
- Correa, L. A. 1989. Genitales de las especies mexicanas del género *Ips* DeGeer (Coleoptera: Scolytidae) como una herramienta en la identificación. Maestría en Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, Chapingo. Texcoco, México.
- Cruz, F. S. 2007. Estimación de la fluctuación de poblaciones de adultos de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins (Coleoptera: Scolytinae) mediante trapeo con feromonas de agregación. Tesis profesional licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México.
- Cuellar, R. G., Equihua, M. A., Estrada, E., Méndez T. M., Villa, C. J. y Romero, J. N. 2012. Fluctuación poblacional de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins atraídos a trampas en el noreste de México y su correlación con variables climáticas. *Boletín del Museo Entomología de la Universidad del Valle*, 13(2): 12-19.

- Danhlsten, D. L. 1982. Relationships between bark beetles and their natural enemies, En: Mitton, J. B., Sturgeon, K, B, (Eds). Bark beetles in North American Conifers. University of Texas Press, Austin. 140-182 pp.
- De León, L. E. 1983. Las feromonas en los insectos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León.
- Diario Oficial de la Federación. México. 23 julio de 2008. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana nom-019-recnat-2006, que establece los lineamientos técnicos para el combate y control de los insectos descortezadores de las coníferas. [en línea], consultado: 28 enero 2016, http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5054164&fecha=23/07/2008.
- Díaz, N. V. 2005. Uso de semioquímicos para el manejo y monitoreo de escarabajos descortezadores (*Dendroctonus* spp.) del pino, en la Sierra Fría, Aguascalientes. Tesis de Maestría. Centro de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Jesús María, Aguascalientes.
- Dixon, W. N. y T. L. Payne. 1980. Attraction of entomophagous and associate insects of the southern pine beetle to beetle and host tree produced volatiles. *Journal of the Georgia Entomological Society*, 15:379–389.
- Domínguez-Sánchez, B., Macías-Sámano, J. E., Ramírez-Marcial, N. y León-Cortés, J. L. 2008. Respuesta kairomonal de coleópteros asociados a *Dendroctonus frontalis* y dos especies de *Ips* (Coleoptera: Curculionidae) en bosques de Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79: 175-183.
- Equihua, M. A. y Burgos, S. A. 2002. Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Volumen III. Comisión Nacional de la Biodiversidad, México, D.F. 539-558 pp.
- Evans, H. F. y Fielding, N. J. 1994. Integrated management of *Dendroctonus micans* in the UK. *Forest Ecology and Management*, 65: 17-30.
- FAO. 2009. Los impactos del cambio climático en la sanidad forestal. Sanidad y Bioseguridad Forestal Documentado de Trabajo FBS/34S, [en línea], consultado 29 enero 2016, <http://www.fao.org/3/a-k3837s.pdf>

- Fettig, C. J., McKelvey, R. S., Dabney, P. C. y Borys, R. R. 2007. The response of *Dendroctonus valens* and *Temnochila chlorodia* to *Ips paraconfusus* pheromone components and verbenone. *Canadian Entomologist*. 139: 141-145
- Fielding, N. J. 1992. *Rhizophagus grandis* as a means of biological control against *Dendroctonus micans* in Britain (U.K. Research Information Note-Forestry Commission Research Division No. 224). London, H.M.S.O. En. Bellows, S. T., Fisher, W. T., Caltagirone, E. L., Dahlsten, L. D., Gorsf, G. y Huffaker, B. C. Eds. Handbook of Biological Control: Principles and Applications of Biological Control. Academic Press, San Diego, California. 782 p.
- Flores, L. J. 1977. Estudio de la fluctuación de poblaciones del complejo de escarabajos descortezadores del género *Dendroctonus* (Coleoptera: Scolytidae) en la Sierra Madre Oriental, Nuevo León en 1976-1977. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, Nuevo León.
- Flores, R. 2007. Monitoreo y manejo de insectos descortezadores de coníferas. Libro Técnico Núm. 4. Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Pabellón. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 112pp.
- Florescano, E. M. 1980. Análisis histórico de las sequías en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos: Plan Hidráulico Nacional. México. D.F. 158 p.
- García, M. J. 1992. Bionomía del descortezador de pinos *Dendroctonus mexicanus* Hopk. (Coleoptera: Scolytidae) en la Unidad Industrial de Explotación Forestal de San Rafael, Mex. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México.
- Garrido, A. M. y Nieves-Aldrey, J. L. 1996. Revisión de las especies de pteromálidos descritas por R. García Mercet (Hymenoptera: Chalcidoidea: Pteromalidae). *Asociación española de entomología*, 20: 221-235.
- Gaylord, M. L., Kolb, T. E., Wallin, K. F., y Wagner, M. R. 2006. Seasonality and lure preference of bark beetles (Curculionidae: Scolytinae) and associates in a northern Arizona ponderosa pine forest. *Environmental Entomology*, 35:37-47.
- Gregoire, J. C., Baisier, M., Merlin, J. y Naccache, Y. 1989. Interactions between *Rhizophagus grandis* (Coleoptera: Rhizophagidae) and *Dendroctonus micans* (Coleoptera: Scolytidae) in

the field and the laboratory: Their application for the biological control of *D. micans* in France. En. Kulhavy, D. L. y Miller, M. C. Eds. Potencial for biological control of *Dendroctonus* and *Ips* bark beetles. Center for Applied Studie. Austin, State University. 95-108 pp.

Haber Kern, K. E. y Raffa, K. F. 2003. Phloeophagis and predaceous insects responding to synthetic pheromones of bark beetles inhabiting white spruce stands in the Great Lakes Region. *Journal of Chemical Ecology*, 29:1651-1663.

Hanover, J. W. 1972. Physiology of tree resistance to insects. *Annual Reviw of Entomology*, 20: 75-95.

Hernández, L. R. 2010. Dinámica poblacional de especies de *Ips* (Curculionidae: Scolytinae) y sus depredadores empleando trampas cebadas con feromonas en la calera, Cd. Guzmán; las Coloradas y Corralitos en Tecatilán, Jalisco. Tesis para Doctorado. Colegio de Postgraduados, Texcoco, México. [en línea], consultado el 16 de febrero 2016, <http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/81>.

Hofstetter, R. W., Chen, Z., Gaylord, M. L. y Wagner, M. R. 2008. Aumento de capturas de *Dendroctonus frontalis* y *D. brevicomis* en trampas complementadas con alfa-pineno. Simposio Nacional de Parasitología Forestal, Morelia, Michoacán.

Hopkins, A. D. 1915. Contributions toward a monograph of Scolytid beetles. I. The genus *Dendroctonus*. *The Southwestern Entomologist*, 17: 1-164.

Instituto Nacional de Ecología. 1999. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Sierra Gorda. Unidad de Participación Social, Enlace y Comunicación. [en línea], consultado: 24 agosto 2015, http://centro.paot.org.mx/documentos/ine/sierra_gorda.pdf.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2007. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Landa de Matamoros, Querétaro. Clave Geoestadística 2010. [en línea], consultado: 13 marzo 2016, <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/22/22010.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Pinal de Amoles, Querétaro. Clave Geoestadística 22002. [en línea], consultado: 24 Mayo 2015, <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/compendio.aspx>

- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. 2009. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, Estado de Querétaro de Arteaga, Pinal de Amoles. [en línea], consultado: 24 mayor 2015, <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM22queretaro/municipios/22002a.html>
- Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. 2010. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, Estado de Querétaro, Landa de Matamoros. [en línea], consultado: 13 marzo 2015, <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM22queretaro/index.html>
- Islas, S, F. 1979. Estudio y Combate de *Dendroctonus frontalis* Zim., en los estados de Guerrero y Oaxaca, México. En: 1ª Reunión sobre plagas y enfermedades forestales. Publicación Especial No. 32. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México D.F. 45-48 pp.
- Jaksic, A. F. y Lawlor, L. R. 1980. Structure and stability in natural an randomly constructed competitive communities. *American Naturalist*, 116:394-408.
- Jaksic, M. F. y Marone, B. L. 2007. Ecología de comunidades. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. [en línea], consultado: 5 junio 2016, https://books.google.com.mx/books?id=Pf76CAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
- Kahn, D. M. y Cornell, H. V. 1989. Leafminers, early leaf abscission, and parasitoids: a tritrophic interaction. *Ecology*, 70:1219-1226.
- Kinzer, G. W., Fentiman, A. F., Page, T. L., Foltz, R. L. y Pitman, G. B. 1969. Bark beetle attractants: identification, synthesis and field bioassay of a compound isolated from *Dendroctonus Nature*, 221: 447-478.
- Kobakhidze, D. N. 1965. Some results and prospects of the utilization of beneficial entomophagous insects in the control of insects pests in Georgian SSR (USSR). *Entomophaga*, 10: 323-330.
- Kolibác, J. 2013. Trogossitidae: A review of the beetle family, with a catalogue and keys. *Zookeys*, 366: 1-194.
- Landaverde, T. R. 2001. Los escarabajos descortezadores del género Erickson: Plaga de las pináceas en Centro América. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. Dirección Técnica de Sanidad Vegetal. San Salvador, El Salvador.

- Lawson, S. A. y Morgan, F. D. 1992. Rearing of two predators, *Thanasimus dubius* y *Temnochila virescens*, for the biological control of *Ips grandicollis* in Australia. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 65: 225-233
- Lindgren, B. S. y Miller D. R. 2002. Effect of verbenone on five species of bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) in Lodgepole Pine Forests. *Environmental Entomologist*, 31: 759-765.
- Linit, M. J. y Stephen, F. M. 1983. Parasite and predator component of within-tree southern pine beetle (Coleoptera:Scolytidae) seasonality. *Environmental Entomologist*. 28: 924-934.
- Livera-Hernández. R, A. 2010. Dinámica poblacional de especies de *Ips* (Curculionidae: Scolytinae) y sus depredadores empleando trampas cebadas con feromonas en La Calera, Cd. Guzmán; Las Coloradas y Corralitos en Tecalitlán, Jalisco.
- López-Romero, S. y Neiker-Tecnalia, E. 2007. Los escolítidos de las coníferas del País Vasco: guía práctica para su identificación y control. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- López-Zeledón, L. B. y Toledo-Marin. 2005. Dinámica poblacional de descortezadores de pino en dos municipios del departamento de Nueva Segovia. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria. [en línea], consultado: 19 abril 2016, <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh101864d.pdf>
- Macías-Sámamo, J. E. 2001. Mediación semioquímica entre insectos descortezadores y árboles de coníferas, En: Anaya, M. L.; Espinosa G. F. J. y Cruz O. R. Eds. Relaciones químicas entre organismos: Aspectos básicos y perspectivas de su aplicación. Instituto de Ecología, UNAM, Ed. Plaza Valdés, México.
- Macías-Sámamo, J. E., Domínguez, N. A., López, C. A., Altúzar, M. A. y Maldonado, O. 2004. Monitoreo de descortezadores y sus depredadores mediante el uso de semioquímicos. Manual Operativo. 2ª ed. El Colegio de la Frontera Sur, Ecosur. Tapachula, Chiapas, México.
- Mayers, M. S. y McLaughlin, J. R. 1991. Handbook of insect pheromones and sex attractants. Boca Raton: CRC Press. 1096 pp.
- Moreno, N. H. 1954. Biología y control de *Dendroctonus mexicanus* Hopk. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. Escuela Nacional de Agricultura. Texcoco, México.

- Moser, J. C., Dell, T. R. 1980. Weather factors predicting flying populations of a clerid beetle and its prey, the southern pine beetle. En: Berryman, A. A., Safranyik, L. Eds. Dispersal of forest insects: evaluation, theory, and management implications: Proceedings of the 2IUFRO Conference. Sandpoint, IUFRO. 266–278 pp.
- Moser, J. C., Fitzgibbon, B. A. y Klepzig, K. D. 2005. The Mexican pine beetle, *Dendroctonus mexicanus* (Coleoptera: Curculionidae): First record in the United States and co-occurrence with southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae). *Entomological News*, 116(4): 235-249.
- Narváez-Flores, J. 2007. Monitoreo y manejo de insectos descortezadores de coníferas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón. Aguascalientes, México.
- Nunes, Z. C. y Dávila, A. M. L. 2004. Guía para la identificación de gorgojos descortezadores del pino e insectos asociados. Proyecto Manejo Integrado del Descortezador del pino. Universidad Católica Agropecuaria del Trópico Seco. Estelí, Nicaragua.
- Olvera, L. N. 2014. Fluctuación poblacional de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins y variación estacional de la temperatura y humedad relativa, en San Juan del Estado, Etna, Oaxaca. Tesis Maestro en Ciencias. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México.
- Parra, A. E. 2014. Declaran emergencia sanitaria por gusano descortezador en la Sierra Gorda, El Universal, [en línea], consultado: 22 abril 2016, <http://www.eluniversalqueretaro.mx/comunidad/22-07-2012/declaran-emergencia-sanitaria-por-gusano-descortezador-en-la-sierra-gorda>.
- Perusquía, O. J. 1978. Descortezador de los pinos *Dendroctonus* spp.: taxonomía y distribución. Boletín técnico No. 55. Subsecretaría forestal y de la fauna, Dirección general de investigación y capacitación forestal. 31 pp.
- Pianka, E. R. 1982. Ecología evolutiva. Edit. Omega. México. 365 pp.
- Piña. L. I. y Muñiz, V. R. 1981. Los escolítidos como plagas forestales. Monografía III. Laboratorios nacionales de fomento industrial, México, D.F.
- Primo, Y. E. 1991. Ecología química: nuevos métodos de lucha contra insectos. Mundi-Prensa. Madrid, España. 191 p.

- Proyecto SIGI No. 16433532511: “Generación de nuevas estrategias de monitoreo y control de los insectos descortezadores *Dendroctonus mexicanus*, *Dendroctonus frontalis* e *Ips lecontei*, mediante el uso de semioquímicos y entomopatógenos” (2014-2016). CENID-COMEF, INIFAP.
- Pureswaran, D. S., Hofstetter, W. R. y Sullivan, T. B. 2008. Attraction of the Southern Pine Beetle *Dendroctonus frontalis*, to pheromone components of the western pine beetle, *Dendroctonus brevicomis* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), in an Allopatric *Environmental Entomologist*, 37: 70-78.
- Rahuhut, B., Schmidt, G. H., Schmidt, L. 1993. Das Coleopteren-Spektrum in Borkenfäfer-Pheromonfallen eines heterogenen Waldgebietes im Lamdkreis Hannover. Braunsch. *Natural*. 4: 247-278.
- Raffa, K. F. y Berryman, A. A. 1983. The role of host plant resistance in the colonization behavior and ecology of bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Ecological Monograph*, 53:27-49.
- Reeve, J. R., Ayres, P. M. y Lorio, L. P. 1995. Host suitability, predation and bark beetle population dynamics. N. Population dynamics: new approaches and synthesis. Academic Press. [en línea], consultado: 25 mayo 2016, <http://www.PopulationdynamycalD.frontalis.com>.
- Reeve, J. D., Turchin, P. 2002. Evidence for predator prey cycles in a bark beetle. En: Berryman, A.A. Eds. Population cycles: the case for trophic interactions. Oxford University, New York. 92–108 pp.
- Ríos-Reyes, A. V., Valdez-Carrasco, J. and Equihua-Martínez, A. 2008. Identification of *Dendroctonus frontalis* (Zimmermann) and *D. mexicanus* (Hopkins) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) trough structures of the Female Gennitalia. *The Coleopterist Bulletin*, 62: 99-103.
- Rivera, L. J. E. 2001. Field response of *Dendroctonus frontalis* Zimmermann, *Ips grandicollis* (Eichhoff) (Coleoptera: Scolytidae) and their predators to different semiochemicals in southern México. Tesis maestría El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula, Chiapas.
- Rodríguez, L. R. 1990. Plagas forestales y su control en México. Dirección de difusión cultural. Colección de cuadernos universitarios: serie agronomía. No. 17. Universidad Autónoma Chapingo, México. 217 p.

- Rodríguez-Ortega, A., Equihua-Martínez, A., Cibrián-Tovar, J. y Estrada-Venega, G. E. 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.
- Romanyk, N. y Cadahia, D. 2002. Plagas de insectos en las masas forestales. Ediciones Mundi Presna, Madrid. 336p.
- 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, México.
- Rose, C. W. 1966. The biology and ecology of *Dendroctonus valens* Lec.; and the biology, ecology and control of *Dendroctonus frontalis* (= *mexicanus*) Zimm. in central Mexico (Coleoptera: Scolytidae). Tesis de Doctorado. University of Massachusetts. Massachusset.
- Salinas, M. Y., Mendoza, G. M., Barrios, M. A., Cisneros, R., Macías, S. J. y Zúñiga, G. 2004. Areography of the genus *Dendroctonus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Mexico. *Journal of Biogeography* , 31: 1163–1177.
- Salinas-Moreno, Y., Vargas, M. F., Zúñiga, G., Ager, A. V. y Hayes, L. J. 2010. Atlas de distribución geográfica de los descortezadores del género *Dendroctonus* (Curculionidae: Scolytinae) en México. Instituto Politécnico Nacional, México. 90p.
- Sánchez J. A., Torres, L. M. y Sánchez M. G. 2005. Evaluación de feromonas para la atracción de *D. mexicanus* Hopkins en la sierra de Galeana, N.L. México. XIII Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Morelia, Michoacán, México. 23 p.
- Sánchez, S. A. y Torres, E. M. 2007. Biología y hábitos del descortezador *Dendroctonus mexicanus* Hopkins y estrategias de control en *Pinus teocote* en Nuevo León, Folleto técnico No.29, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 25p.
- Sánchez-Martínez, G., Torres-Espinosa, L. M., Vázquez-Collazo, I., González-Gaona, E. y Narváez-Flores, R. 2007. Monitoreo y manejo de insectos descortezadores de coníferas. Libro Técnico Núm. 4. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Pabellón. 112p.

- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2006. Capítulo 5. Aprovechamiento de los recursos forestales, pesqueros y de la vida silvestre. SEMARNAT, Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. [en línea], consultado: 18 marzo 2016, http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/pdf/cap5.pdf.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2012. Sistema de Información Ambiental y de Recursos Naturales. [en línea], consultado: 29 enero 2016, <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/sniarn.aspx>.
- Seybold, S. J., Teale, S. A., Zhang, A., Webster, F. X., Lindahl, K. Q., Wood, D. L., Kubo, I. 1992. The role of lanierone in the chemical ecology of *Ips pini* (Coleoptera: Scolytidae) in California. *Journal of Chemical Ecology*, 18:2305-2330.
- Stark, R. W. 1982. Generalized ecology and life cycle of bark beetles. En: Mitton, J. B. y K. B. Sturgeon. Eds. Bark beetles of North American conifers: A system for the study of evolutionary biology. Austin, University of Texas, Texas. 21-45 pp.
- Sullivan, B. T. y Mori, K. 2009. Spatial displacement of release point can enhance activity of an attractant pheromone synergist of a bark beetle. *Journal of Chemical Ecology*, 35:1222-1233.
- Sullivan, T. B., Shepherd, P. W., Pureswaran, S. D., Tashiro, T. y Mori, K. 2007. Evidence that (+)- endo-Brevicomín is a Male-Produced Component of the Southern Pine Beetle Aggregation Pheromone. *Journal of Chemical Ecology*, 33: 1510-1527.
- Torres, E. L., Sánchez S. J., Cano, P. A. y Martínez. B. O. 2004. Uso de feromonas en el manejo integrado del descortezador de pinos *Dendroctonus adjunctus* Blandford. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo experimental Saltillo, Coahuila. México.
- Turchin, P., Davidson, J., Hayes, J. L. 1999. Effects of thinning on development of southern pine beetles infestation in old growth stands. *Southern Journal of Applied Forestry*, 23: 193-196.
- Turchin, P., Lorio, P. L., Taylor, A. D. y Billings, R.F. 1991. Why do populations of southern pine beetles (Coleoptera: Scolytidae) fluctuate. *Environmental Entomology*, 20: 401-409.
- Vega, E. F. y Hofstetter, W. R. 2015. Bark beetles biology and ecology of native and invasive species, Jamestown Road, London, Elsevier. 250-257 pp.

- Villa, C. J. 1985. Enemigos naturales y organismos asociados al descortezador de pinos *Dendroctonus adjunctus* Blandford en el Nevado de Colima. Boletín técnico No. 121. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México.
- Viñuela, E., González, M., Vogt, H. y Jacas, J. 2002. Efectos secundarios de los plaguicidas en los enemigos naturales: Necesidad de su estudio para la autorización de productos en Producción Integrada y otros modernos sistemas productivos. *Phytoma España*, 133:21-25.
- Viñuela, E., Jacas, J. A., Marco, V., Adan, A. y Budia, F. 1993. Los efectos de los plaguicidas sobre los organismos beneficiosos en agricultura y el grupo de trabajo de la OILB "Plaguicidas y organismos beneficiosos". I. Insecticidas y acaricidas. *Phytoma España*, 45: 18-25.
- Watanabe, C. 1959. Studies on natural enemies of wood-boring beetles in forests damaged by a storm. Ministry of Agriculture and Forestry. Tokyo, Japan. 61-68 pp.
- Wermelinger, B., Duelli, P., Obrist, M. K. 2002. Dynamics of saproxylic beetles (Coleoptera) in windthrow areas in alpine spruce forests. *Forest Snow and Landscape Research*, 77: 133-148.
- Wiens, J. A. 1977. On competition and variable environments. *American Scientist*, 56: 590-597.
- Wiens. 1977. Population responses to patchy environments. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 7: 81-120.
- Wood, S. L. 1963. A revision of bark beetle genus *Dendroctonus* Erichson (Coleoptera: Scolytidae). *Great Basin Nature*, 23: 1-117.
- Wood, S. L. 1985. Aspectos taxonómicos de los Scolytidae. En: Memoria de los Simposio Nacionales de Parasitología Forestal II y III. Publicación especial No. 46. México. 170-174 pp.
- Zhou, J., Darrel, W. R. y Niwa, G. C. 2001. Kairomonal response of *Thanasimus undatulus*, *Enoclerus sphegus* (Coleoptera:Cleridae), and *Temnochila chlorodia* (Coleoptera: Trogositidae) to bark beetle semiochemicals in eastern oregon. *Physiological and chemical ecology*, 30(6): 994-998.
- Zuñiga, G., Cisneros, R. y Salinas, M. Y. 1995. Coexistencia de *Dendroctonus frontalis* Zimmerman y *D. mexicanus* Hopkins (Coleoptera: Scolytidae) sobre un mismo hospedero. *Acta Zoológica de México*, 64: 59-62.

Zúñiga, G., Mendoza Correa, G., Cisneros R. 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*, 77:1-22.

ANEXO 1. ESPECIES DE DESCORTEZADORES



Figura 29. *Dendroctonus frontalis* Zimmerman, 1868 (Curculionidae: Scolytinae). I: vista lateral de cuerpo, II: varilla seminal.



Figura 30. *Dendroctonus mexicanus* Hopkins, 1905 (Curculionidae: Scolytinae). I: vista lateral de cuerpo, II: varilla seminal.



Figura 31. *Dendroctonus valens* LeConte, 1860 (Curculionidae: Scolytinae). I: vista lateral de cuerpo, II: varilla seminal.



Figura 32. *Pseudoips mexicanus* Hopkins, 1905 (Curculionidae: Scolytinae). I: vista lateral de cuerpo, II: aedeago.



Figura 33. *Dendroctonus adjunctus* Blandford, 1897 (Curculionidae: Scolytinae).

**ANEXO 2. ESPECIES DE DEPREDADORES ASOCIADAS AL GÉNERO
Dendroctonus.**

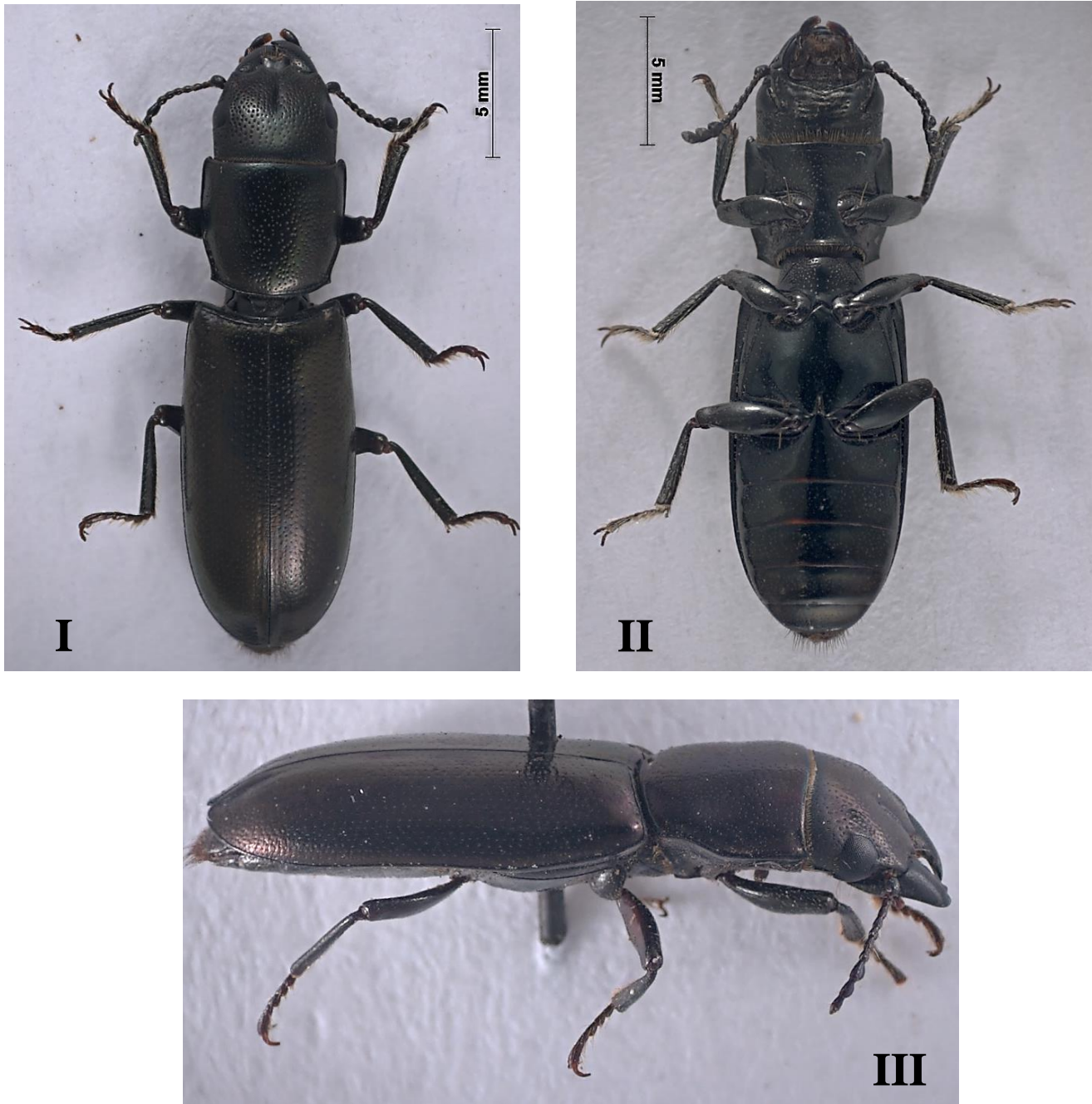


Figura 34. *Temnoscheila chlorodia* Mannerheim, 1843 (Coleoptera: Trogossitidae). I: vista dorsal del cuerpo, II: vista ventral, III: vista lateral.



Figura 35. *Temnoscheila virescens* Fabricius, 1775 (Coleoptera: Trogossitidae). I: vista dorsal del cuerpo, II: vista ventral, III: vista lateral.



Figura 36. *Elacatis* sp. Pascoe, 1860 (Coleoptera: Salpingidae). I: vista dorsal del cuerpo, II: vista ventral, III: vista lateral.



Figura 37. *Leptacinus* sp. Erichson, 1989 (Coleoptera: Staphylinidae). I: vista dorsal del cuerpo, II: vista ventral, III: vista lateral.



Figura 38. *Platynus* sp. Bonelli, 1810 (Coleoptera: Carabidae). I: vista dorsal del cuerpo, II: vista ventral, III: vista lateral.



Figura 39. *Cymindis* sp. Latreille, 1860 (Coleoptera: Carabidae). I: vista dorsal del cuerpo, II: vista ventral, III: vista lateral.



Figura 40. *Enoclerus arachnoides* Klug, 1842 (Coleoptera: Cleridae).

ANEXO 3. ESPECIES DE PARASITOIDE Y COMPETIDOR DE ESPACIO ASOCIADOS AL GÉNERO *Dendroctonus*.



Figura 41. *Tomocobia* sp. Ashmed, 1899 (Hymenoptera: Pteromalidae).

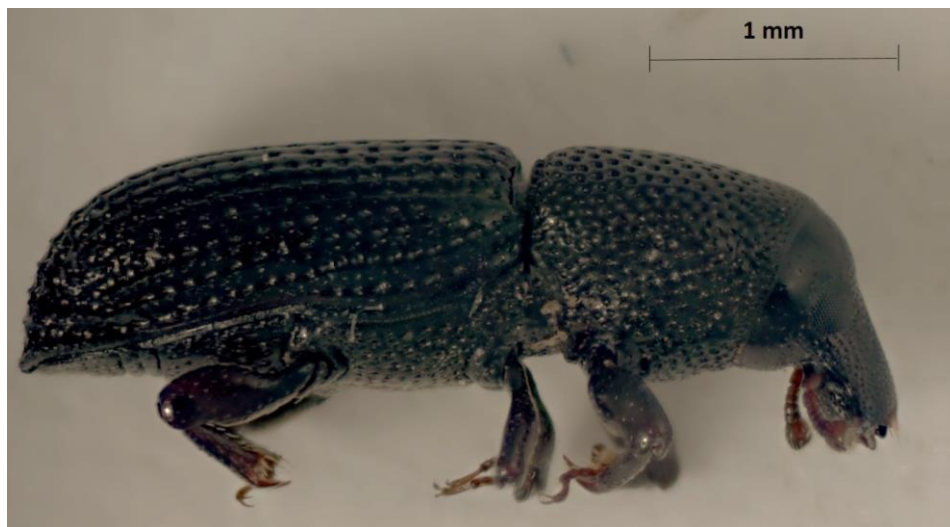


Figura 42. *Tomolips* sp. Wollaston, 1873 (Coleoptera: Curculionidae).