

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISION DE AGRONOMIA**



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRAMPEO PARA EL
MONITOREO DE *Dendroctonus frontalis* EN EL PARQUE
NACIONAL LAGUNAS DE MONTEBELLO, CHIAPAS, MÉXICO.**

Por:

RAÚL ALTÚZAR MÉRIDA

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Abril de 2010

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Implementación de un sistema de trampeo para el monitoreo de
Dendroctonus frontalis en el Parque Nacional Lagunas de
Montebello, Chiapas, México.**

Por:

RAÚL ALTÚZAR MÉRIDA.

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

**Buenavista Saltillo, Coahuila, México.
Abril de 2010**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRAMPEO PARA EL MONITOREO
DE *Dendroctonus frontalis* EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNAS DE
MONTEBELLO, CHIAPAS, MÉXICO.

Por:

RAÚL ALTÚZAR MÉRIDA

TESIS PROFESIONAL

Que se somete a consideración del H. Comité de Tesis como requisito
parcial

Para obtener el título de:

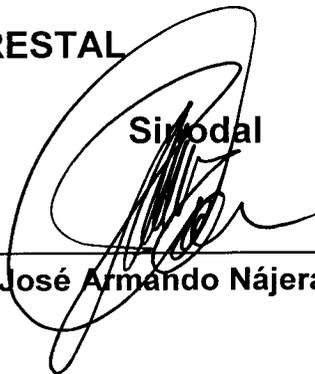
INGENIERO FORESTAL

Asesor principal



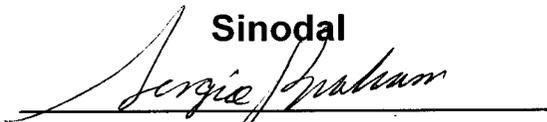
M.C. Jorge David Flores Flores

Sinodal



M.C. José Armando Nájera Castro

Sinodal



Ing. Sergio Braham Sabag

Sinodal



Ing. José Antonio Ramírez Díaz

Coordinador de la División de Agronomía



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico.

Coordinación
División de Agronomía

AGRADECIMIENTOS

Al creador por haber formado al mundo y habernos permitido vivir en el.

Fraternalmente a mis padres, Rosaura Mérida Mérida y Raúl Altúzar Córdova, por ser las personas más lindas y bellas, que me han brindado la oportunidad de formarme y educarme profesionalmente en la vida cotidiana.

A la Bióloga Edda Carolina del Castillo, Directora de la CONANP del Parque Nacional Lagunas de Montebello, por haberme permitido y apoyado en haber hecho posible la realización del presente trabajo en sus instalaciones.

A don Roberto Castellanos (Guardaparque de la CONANP, Lagos de Montebello), por su gran participación y colaboración en apoyarme en realizar las colectas y mantenimiento de las trampas durante todo el año.

En especial a las siguientes personas:

M.C. Jorge David Flores Flores.

Por caracterizarse en ser una persona tan humilde y sencilla, además de ser tan sencilla, muy dedicada y aplicada a su trabajo que lo caracteriza como uno de los mejores maestros investigadores del Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, así como también, por haber compartido con migo los cuatro años y medio a lo largo de toda mi carrera y transmitirme gran parte de su experiencia profesional y el apoyo valioso que me ha brindado durante el proceso de titulación, ya que sin su apoyo no hubiese sido posible.

Al M.C. José Armando Nájera Castro, por formar parte de mi comité revisor de mi tesis y el apoyo brindado a lo largo de mi carrera.

Al Ing. Sergio Braham Sabag, por formar parte de mi comité revisor de tesis.

Al Ing. José Antonio Ramírez Díaz, por formar parte de mi revisor de tesis.

DEDICATORIA

Al Dr. Jorge Enrique Macías Samano, Director de Posgraduados de ECOSUR, Unidad Tapachula, Chiapas, por el gran apoyo que me brindo durante el establecimiento y procesamiento de datos en capo y laboratorios obtenidos del experimento, así como también, el financiamiento que obtuvo para llevar acabo dicho proyecto, ya que sin el apoyo de él, nada se hubiese logrado.

A mis padres, Raúl Altúzar Mérida, Rosaura Mérida Mérida y mis Hermanos, Oscar Mercedes Altúzar Mérida, Gonzalo Altúzar Mérida, María Angelina Altúzar Mérida, Norma Isabel Altúzar Mérida, Luis Antonio Altúzar Mérida y Rosario Marisol Altúzar Mérida, por haber creído en mí y a verme apoyado en los momentos felices y tristes, los quiero y adoro mucho.

A mi esposa Erika Yaneth Pérez Del Valle y por su puesto a mi primer hijo que el próximo 16 de junio del 2010, dios me lo traerá al mundo, los amo mucho.

A la naturaleza, por conformar las cosas más bellas de la tierra y a pesar de que la hemos maltratado tanto, nos ha tolerado.

Cuando cae una estrella, cae un árbol, por eso amigos y profesores sembremos muchos más para que no se acaben y nunca nos hagan falta.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Importancia del estudio.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.4 Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Biología y Ecología de los descortezadores.....	3
2.2 <i>Dendroctonus frontalis Zimmermann</i>	4
2.2.1 Descripción.....	4
2.3 Ciclo de vida y Hábitos.....	5
2.4 Daños.....	7
2.5 Percepción y atracción hacia el hospedero (atracción primaria).....	9
2.6 Atracción secundaria.....	12
2.7 Insectos asociados a los depredadores.....	13
2.8 Depredadores de escarabajos descortezadores reportados en México.....	15
2.8.1 <i>Enoclerus sp.</i>	15
2.8.2 <i>Temnochila virescens</i>	15

2.8.3	<i>Medetera sp.</i>	15
2.9	Manejo del bosque utilizando semioquímicos.....	15
2.10	Monitoreo y detección.....	17
2.11	Relación insecto - árbol.....	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....		22
3.1	Descripción del área de estudio.....	22
3.2	Selección del área a muestreada.....	22
3.3	Establecimiento del monitoreo.....	22
3.4	Colocación de trampas.....	23
3.5	Cebado y distribución de trampas.....	24
3.6	Colecta de insectos en las trampas.....	28
3.7	Mantenimiento del trampeo.....	29
3.8	Procesamiento de muestras colectadas.....	30
3.9	Identificación de insectos.....	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		32
4.1	Captura mensual de insectos.....	32
4.2	Eficiencia de los atrayentes utilizando como cebos en las trampas.....	34
4.3	Trampas de mayor captura en el estudio.....	35
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		36
VI. LITERATURA CITADA		38
VII APENDICES.....		42

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Distribución aleatoria de los tratamientos y su orden de posición a lo largo de la línea de trampas.....	26
Cuadro 2. Leyenda de las etiquetas de acuerdo al orden de posición en la línea de trampas.....	27
Cuadro 3. Cantidad de insectos depredadores capturados durante la época del monitoreo por trampa.....	33
Cuadro 4. Cantidad de insectos descortezadores capturados durante la época del monitoreo por trampa.....	34
Cuadro 5. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de mayo del 2003.....	42
Cuadro 6. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de junio del 2003.....	42
Cuadro 7. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de julio del 2003.....	42
Cuadro 8. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de agosto del 2003.....	42
Cuadro 9. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de septiembre del 2003.....	43
Cuadro 10. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de octubre del 2003.....	43
Cuadro 11. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de noviembre del 2003.....	43
Cuadro 12. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de diciembre del 2003.....	43
Cuadro 13. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de enero del 2004.....	44
Cuadro 14. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de febrero del 2004.....	44
Cuadro 15. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de marzo del 2004.....	44
Cuadro 16. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de abril del 2004.....	44

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ciclo de vida de <i>Dendroctonus frntalis</i>	7
Figura 2. Excreción de grumos de resina en fase uno.....	7
Figura 3. Diagrama de un bosque de pino que muestra la ocurrencia de infestación de <i>Dendroctonus frontalis</i> en el bosque.....	8
Figura 4. a) Árbol de pino que presenta un follaje rojizo, b) Perforaciones de salida de <i>Dendroctonus frontalis</i>	13
Figura 5. Trampa cebada con feromona y aguarraz.....	25
Figura 6. Distribución esquemática de las trampas, R1, R2, R3, R4 y R5. Son el número de repetición y T1, T2 y T3. Corresponden al número de trampas.....	26
Figura 7. Insectos ya procesados y conservados en frascos debidamente etiquetados.....	30
Figura 8. Esquema que muestra las principales características morfológicas del género <i>Dendroctonus</i>	31
Figura 9. Número de insectos capturados de <i>Dendroctonus frontalis</i> y sus depredadores en las trampas cebadas.....	32

RESUMEN

En el Parque Nacional Lagos de Montebello, Municipio de La Trinitaria, Chiapas, se ha venido presentando presencia de plagas y enfermedades forestales, lamentablemente en el 2002 se presentó un problema de salud que ocasionó la muerte de un gran número de árboles de las especies de *Pinus oocarpa* y *Pinus maximinoii*. En particular, ante tal situación se planteó el presente estudio que tuvo como objetivos, Implementar un sistema de monitoreo por medio de uso de trampas cebadas con semioquímicos para la captura de insectos descortezadores y sus depredadores presentes en esta área, así como también, conocer mediante éste monitoreo la fluctuación poblacional de las especies de descortezadores con especial referencia a *Dendroctonus frontalis* y sus depredadores atraídas a las trampas. Para tal efecto, se establecieron trampas cebadas con feromonas distribuidas en líneas a una distancia entre trampas de 20 metros de forma aleatoria, esto con la finalidad de contabilizar los insectos descortezadores y depredadores capturados por cada trampa de acuerdo a cada tratamiento y con ello evaluar la fluctuación de la población de los insectos y ver en que periodo del año aumenta la población. El monitoreo se realizó durante un año y la cuantificación de los insectos capturados se hizo en forma ordenada trampa por trampa en el laboratorio del ECOSUR Colegio de la Frontera Sur Unidad Tapachula, Chiapas. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que en los meses de octubre a diciembre incrementa la población de insectos descortezadores con énfasis a *Dendroctonus frontalis* y a partir del mes de enero va disminuyendo la población de insectos descortezadores y la afectación de la salud del bosque es menor.

Palabras claves: Feromona, frontalina, aguarrás, *Dendroctonus frontalis*.

I. INTRODUCCION

1.1 Importancia del estudio

México es un país eminentemente forestal dada su orografía y diversidad ecológica; ya que más del 70% de su territorio nacional es de aptitud forestal (Gutiérrez, 1970). El estado de Chiapas cuenta con una superficie total de 7.38 millones de ha, de las cuales 5.84 millones, son consideradas como superficie forestal, 3.54 millones están arboladas (Huerta *et al*, 1986). El Parque Nacional Lagunas de Montebello representa una de las áreas ecológicas más importantes por la abundancia de sus bosques y recursos asociados.

Los bosques de pino son comúnmente dañados por un diverso complejo de plagas, las cuales al no ser controladas oportunamente son capaces de alterar grandes áreas boscosas. Unas de las plagas más importantes son los descortezadores y asociados, los cuales matan millones de árboles anualmente en todo el mundo.

El monitoreo de la población de los descortezadores es un procedimiento primordial en el manejo de estos importantes insectos, ya que con ello se puede inferir su abundancia poblacional y definir si es una plaga y la necesidad o no, proceder al control de la misma. Para poder utilizar adecuadamente la información derivada del monitoreo es necesario el establecimiento de sitios permanentes de muestreos que generen datos históricos de las tendencias de los insectos. Una vez con ello, se puede establecer su relación con el impacto que tienen estos insectos sobre el recurso forestal.

1.2 Planteamiento del problema

En el Parque Nacional Lagunas de Montebello en 1998, se presentó un incendio forestal catastrófico, quemándose gran parte de esta Área Natural Protegida, derivando de ello el ataque de insectos descortezadores y otras plagas debido a que el arbolado quedó sumamente debilitado y susceptible al ataque de

agentes nocivos, por lo cual, fue necesario implementar un programa emergente de saneamiento contra insectos descortezadores en 100 hectáreas en las especies de *Pinus oocarpa* y *Pinus maximinoii*, en apego a la NOM REC – NAT 1999.

Ante la preocupación por la pérdida de arbolado mencionado anteriormente y con la intención de evaluar la efectividad del saneamiento forestal realizado para el control de *Dendroctonus frontalis*, se implementó un sistema de monitoreo para capturar insectos descortezadores, mediante el uso de trampas cebadas con feromonas y kairomonas, con la finalidad de monitorear la fluctuación de la población de los descortezadores y a la vez concentrarlos en un solo lugar para facilitar el saneamiento y evitar que estas se dispersaran en toda el área boscosa afectando la salud de los árboles.

1.3 Objetivos

1. Implementar un sistema de monitoreo por medio de uso de trampas cebadas con semioquímicos para la captura de insectos descortezadores y sus depredadores presentes en esta área.
2. Conocer mediante éste monitoreo la fluctuación poblacional de las especies de descortezadores con especial referencia a *Dendroctonus frontalis* y sus depredadores atraídas a las trampas.

1.4 Hipótesis

HO: Todos los atrayentes utilizados en las trampas capturan en forma eficiente y por igual a los insectos descortezadores y sus depredadores.

HA: Al menos uno de los atrayentes es más eficiente en la captura de insectos descortezadores y sus depredadores.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Biología y Ecología de los descortezadores

Los descortezadores barrenan la corteza de los árboles para llegar a la región del floema y en ese tejido se alimentan, se reproducen y se desarrolla su progenie. Para que el insecto sobreviva, debe matar al árbol o debilitarlo de forma tal que no presente resistencia a la colonización; el descortezador logra esto construyendo extensas galerías debajo de la corteza, las cuales prácticamente “cinchan” al árbol al destruir su sistema vascular. El éxito de los descortezadores se debe en parte a que están asociados con microorganismo (principalmente hongos) que aceleran la muerte del tejido vegetal mediante la producción de sustancias tóxicas y / o mediante el taponamiento del sistema vascular del hospedero (Hodges *et al.*, 1985; Rafa, 1991). Así mismo, la mayoría de estos insectos vencen las defensas del árbol utilizando un ataque coordinado, mediado por la producción de feromonas liberadas a medida que los insectos barrenan. En ambos contextos, los organismos considerados “plagas” forman parte importante de la dinámica del sistema; entre ellos, los escarabajos descortezadores (Coleóptera: Scolytidae) son los más conocidos y estudiados por ser los que mayor impacto generan en un lapso corto de tiempo.

Son especies monógamas, agrupa a los Scolytidae más perjudiciales, sobre todo para los bosques de pino. América del Norte está representada por unas treinta especies, de las cuales doce se encuentran en nuestro país.

Cibrián *et al* (1995) dice que las principales características que distinguen a este género son: color café oscuro a negro, aunque algunas especies son rojizas, frente convexa, ojos ovales y enteros, cuerpo cilíndrico, tamaño de 3 mm a 1 cm, las antenas tienen un funículo formado por cinco segmentos y los élitros tienen estrías e interestrías con granulaciones y terminan con un declive elitral convexo y

cubierto por setas. Las especies de *D. frontalis*, *D. mexicanus* y *D. adjunctus* son consideradas como las más importantes.

Horton y Ellis (2000) considera a *D. frontalis* como el escarabajo más destructivo de los pinos del sur de los Estados Unidos, ya que infesta y destruye a la mayor parte de las especies de pinos, además de ser la especie con más generaciones al año. Billings *et al* (1996) menciona que esta especie mata árboles de forma individual, en pequeños grupos o infestaciones de cientos de hectáreas.

Las especies de *Ips* son polígamas, se encuentran ampliamente distribuidas en los bosques de pinos de todo el país. Son importantes competidores de las especies de *Dendroctonus* en las que causan mortalidad por competencia alimenticia. Los adultos tienen forma cilíndrica, color amarillento, café oscuro a negro y tiene una longitud de 2 a 7 mm, el declive elitral es cóncavo con 3 a 6 espinas en cada declive. Muchas especies infestan áreas restringidas del hospedante, incluyendo la copa, la parte superior del fuste y la parte inferior (Douce, 2000).

2.2 *Dendroctonus frontalis* Zimmermann Coleoptera: Scolytidae (Curculionidae)

2.2.1 Descripción

La longitud del cuerpo varía de 2.2 a 3.2 mm, con promedio de 2.8 mm. De color café oscuro, casi negro, aunque los preadultos son café claro. En la cabeza la frente es convexa, con dos elevaciones laterales en su porción media, justo por abajo del nivel superior de los ojos, que están separados por un surco. En la parte superior de cada elevación y en los márgenes dorsales medios del surco, se encuentran dos gránulos prominentes que algunas veces son de posición media dorsal. El pronoto presenta la superficie lisa, con puntuaciones laterales poco abundantes y poco profundas. Declive elitral con pendiente moderada; setas abundantes de dos clases de tamaños, las más pequeñas de la misma longitud que la anchura de una interestría. El huevo es ovalado, algo elíptico, de

consistencia suave, de coloración blanco-perla, de 1.5 mm de largo por 1 mm de ancho. La larva es subcilíndrica, ápoda, blanco-cremosa; tiene forma de C, con la cabeza esclerosada y un aparato bucal bien desarrollado. La larva madura mide 5 a 7 mm de longitud. El insecto pasa por cuatro instares larvarios. La pupa es de color blanco-cremoso y suave. Presenta la forma del adulto, pero con rudimentos alares, patas plegadas ventralmente y segmentos abdominales visibles dorsalmente. Su tamaño varía de 2.2 a 3.2 mm de longitud (Cibrián *et al*, 1995).

2.3 Ciclo de vida y Hábitos

El ciclo de vida es de 43 a 70 días, aunque puede variar de acuerdo a las estaciones del año o con la altitud a la que se encuentre la infestación. El ciclo es más largo en el invierno que en el verano, presentándose de 6 a 7 generaciones al año. El ciclo de vida se inicia con la emergencia de los adultos, que vuelan de los árboles donde se desarrollaron a otros nuevos; al llegar se ubican en el fuste, perforan la corteza e inician la construcción de galería paterna en los tejidos del floema. Al inicio de la actividad de barrenación o un poco después, las hembras adultas liberan feromonas que son atrayentes poderosos, las cuales, junto con los olores liberados por las perforaciones frescas del hospedante, estimulan a los adultos de *D. frontalis* que se encuentran en el área para agregarse sobre el fuste del árbol. Por lo general el ataque se inicia en la porción media del fuste y continúa en ambas direcciones, hacia arriba y hacia abajo. La duración del período de ataque varía de pocos días a excepcionalmente varias semanas. La hembra, después de seleccionar al hospedante inicia la perforación de la corteza seguida del macho, quien le ayuda en la construcción de la galería paterna. Inmediatamente después se inicia la construcción de una cámara nupcial en el floema en donde se lleva a cabo la cópula. Cuando el flujo de resina es excesivo se construyen galerías adicionales para controlarlo. Las galerías paternas son sinuosas, con fuertes ángulos y de hecho gran parte de la galería es perpendicular al eje principal del árbol. Los machos sólo acumulan los residuos de la excavación en la parte posterior de la galería. A medida que la

hembra alarga la galería, se construyen con cierta frecuencia pequeñas perforaciones de ventilación que comunican a la galería con el exterior. Al proseguir la construcción de la galería, estas perforaciones son taponadas. El número de perforaciones es variable, pero puede ser de 8 a 15 por pareja. La hembra inicia la excavación de nichos de ovoposición individuales en los lados la galería materna. Los nichos se disponen en forma alterna, con un espaciamiento de 4 hasta 20 mm, donde la hembra deposita un huevecillo por cada nicho los nichos son tapados con material regurgitado por la hembra. Después de 1 a 3 semanas, dependiendo de la temperatura, eclosionan los huevecillos y emergen las larvas, que construyen galerías delgadas, más o menos perpendiculares a la galería materna. Sus galerías son comparativamente menores que las maternas y varían de 5 a 20 mm de longitud. Las galerías larvales nunca se entrecruzan entre sí, sino que se desvían poco antes de encontrarse. Los primeros dos instares se alimentan de la región interna del floema, mientras que el tercero construye una cámara de alimentación en la misma zona. El cuarto instar se dirige hacia la corteza externa en donde hace una cámara de pupación. El desarrollo larval se completa en 1 a 2 meses dependiendo de la temperatura. La duración del período de pupa a adulto es de 15 a 30 días. El preadulto permanece en la cámara hasta que se presentan los procesos cuticulares de esclerosamiento y oscurecimiento. Durante este tiempo el preadulto cambia de color amarillo a café rojizo y finalmente a color negro. Cuando los adultos terminan su desarrollo en la cámara de pupación, inician la barrenación a través de la corteza externa, hasta hacer un orificio de emergencia al exterior. El proceso final del ciclo de vida es la emergencia de los nuevos adultos, que ocurre diariamente en pequeñas proporciones de la población en un período que dura de 14 a 28 días. La emergencia se presenta durante el día. La densidad de adultos emergentes varía de 2 a 42 por 100 cm² de corteza (Cibrián *et al.*, 1995).

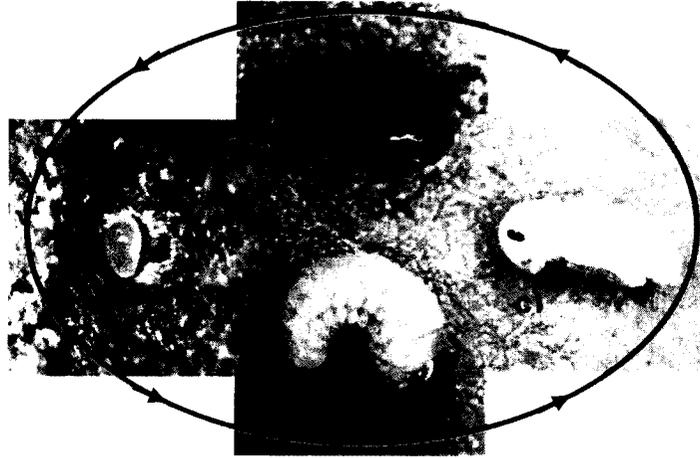


Figura 1.- Ciclo de Vida de Dendroctonus: a) Huevo, b) larva, c) pupa, d) adulto.



Figura 2.- Excreción de grumos de resina en fase uno.
(Tomada por Altúzar, 2003)

2.4 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. Los insectos son capaces de matar árboles que oscilan de 5 a 100 cm de diámetro normal. Por su misma naturaleza de ciclo rápido se tiene infestaciones en los árboles vecinos, por

lo que los manchones de arbolado plagado pueden ser muy grandes, de más de 10 hectáreas, (Fig. 3). Los árboles más susceptibles son los dañados por incendios y resinación excesiva, así como los que se encuentran en sobredensidad, en sitios de baja productividad o aquellos de edad sobremadura. En relación con el color del follaje de la copa y los estados del desarrollo del insecto se tiene lo siguiente. Al inicio del ataque el follaje del hospedante es de color verde y permanece con esa coloración una o dos semanas; mientras tanto la población de descortezador se desarrolla en el interior de los árboles y estará constituida por los adultos padres y huevecillos. Después el follaje cambiara a verde claro o a verde amarillento, fase en la que se encuentran larvas de diferentes estados de desarrollo. Cuando el follaje toma una coloración amarilla o café rojizo intenso, la población constará de larvas maduras, pupas, preadultos y adultos emergentes. Cuando el follaje tiene una coloración café rojizo opaco, o café grisáceo, se considera que los insectos ya abandonaron el árbol. Los árboles con estos últimos colores de copa no se deberán someter a los tratamientos de control directo.



Figura 3.- Aspecto de un bosque de pino que muestra la infestación del descortezador *Dendroctonus frontalis*, mostrando las diferente etapas de ataque.  Fase 0.- Árboles Sanos,  Fase I.- Árboles recién infestados,  Fase II.- Árboles activos,  Fase III.- Árboles muertos y abandonados por la plaga.

2.5 Percepción y atracción hacia el hospedero (Atracción Primaria)

Los Volátiles producidos por la plantas dominan el ambiente atmosférico, el cual ha sido descrito por Wilson (1970) como “un laberinto enormemente complejo y cambiante de espacios olorosos que se sobrepone activamente y de los cuales miles de especies de insectos asociados seleccionan determinadas señales que promueven patrones específicos de comportamiento”. La identificación precisa de una fuente potencial de alimento es usualmente llevada a cabo a través de la química de la planta y en general, ocurre con la ayuda de asociaciones históricamente determinadas en los sistemas sensoriales específicos del insecto (Spencer 1988^a). De esta manera, los compuestos químicos presentes en las plantas pueden ser atractivos, repelentes, tóxicos o nutritivos para los descortezadores y son importantes estímulos en los procesos de: 1) búsqueda y aceptación del árbol hospedero; 2) estimulación e inhibición de la alimentación; 3) resistencia del hospedero; 4) comunicación y biosíntesis de feromonas/alomancias, y 5) atracción de depredadores, parásitos y competidores de los descortezadores (Byers, 1995).

Desde el punto de vista de las ventajas adaptativas, los descortezadores deben localizar y detectar no sólo la especie de hospedero correcta, sino también los árboles más susceptibles dentro de la población (Raffa y Berryman, 1987). Desafortunadamente, poco se sabe acerca de la dispersión y selección del hospedero excepto en las etapas previas al aterrizaje del insecto en el árbol. Existen evidencias conflictivas en cuanto así los descortezadores aterrizan al azar en hospederos potenciales y deciden la calidad del mismo a una distancia corta, o si se orientan a mayor distancia hacia los volátiles producidos por los árboles (atracción primaria). Para la mayoría de las especies agresivas, está ampliamente aceptado que después de que el insecto pionero ha iniciado la colonización, la mayor parte de la población se orienta al hospedero en respuesta a un atrayente

secundario constituido generalmente por una mezcla de feromonas de agregación que son producidas por los individuos de la misma especie, y de kairomonas liberadas por el árbol (Wood, 1982; Birch, 1984; Borden, 1985). La sensibilidad en el sistema es muy alta y esto refleja la importancia que tiene la quiralidad⁴ de los semioquímicos, tanto en la comunicación entre insectos como en la interacción insecto – árbol.

La búsqueda al azar de hospederos por parte de los descortezadores es decididamente un riesgo, pues con este comportamiento los insectos incrementan las posibilidades de depredación y los factores abióticos negativos, además de disminuir sus reservas energéticas. Por otro lado, cuando se busca un recurso que es limitado y no continuo, el comportamiento de aterrizar gracias a la atracción primaria y contar con un atrayente secundario puede ser altamente efectivo.

Los volátiles liberados por el hospedero son atractivos para un gran número de escolítidos floeófagos, incluida especies en los géneros *Dendroctonus*, *Hylastes*, *Hilobius*, *Hylurgops*, *Hylurgopinus*, *Ips*, *Pityogenes*, *Pseudohylesinus*, *Scolytus* y *Tomicus* (Goden y Norris, 1964; Rudinsky, 1966^a, b; Meyer y Norris, 1967; Moeck, 1990; Moeck et al., 1981; Byers et al., 1985 y 1990; Miller et al., 1986; Lanne et al., 1987; Swedenborg et al., 1988; Voltz, 1988; Byers, 1989; Moeck y Simmons, 1991; Lindelöw et al., 1992; Hobson et al., 1993; Tunset et al., 1993). Las oleorresinas son la fuente principal de estos compuestos atractivos y constituyentes terpenoides, principalmente monoterpenos y sesquiterpenos, han probado tener actividad kairomonal. Los monoterpenos tales como α -pineno, mirceno, terpinoleno, β -pineno, β -felandreno y 3-careno, así como los sesquiterpenos α -atlantón, α -cubebeno y cadineno aparecen en la literatura como atrayentes para los descortezadores (Byers et al., 1985; Millar et al., 1986; Phillips et al., 1988; Schroeder y Lindelöw, 1989; Miller y Borden, 1990b; Phillips, 1990; Byers, 1992; Hobson et al., 1993). Efectos sinérgicos en la atracción ocurren frecuentemente cuando los terpenoides son combinados con etanol (proveniente del hospedero) o con feromonas producidas por los insectos (Borden, 1985).

El follaje de las coníferas, dada su función, representa la mayor superficie de los árboles en contacto con la atmosfera, por lo que los compuestos contenidos y/o emitidos por las hojas son importantes señales para los insectos que de ellos se alimentan. Las plantas en general liberan volátiles y agua cuando sus estomas están abiertos, y de este modo se difunden en la atmósfera. Muchos terpenoides volátiles se evaporan en el aire, especialmente en días soleados, produciendo los olores tan típicos de los bosques de coníferas (Kramer y Kozlowski, 1979). La tasa instantánea de emisión de monoterpenos por la vegetación depende de la temperatura y de la concentración de los mismos (Lamb et al., 1985; Tingey et al., 1980; Lerdau et al., 1994).

En árboles de pino bajo estrés, la composición monoterpénica del follaje cambia de forma dramática comparada con la composición de la resina en el fuste (Cobb et al., 1972). Pinos de la especie *P. ponderosa* dañados por compuestos fotoquímicos presentes en el smog y crónicamente infestados por *D. ponderosae* y *D. brevicornis* tiene una disminución considerable (70%) en los niveles de metil chavicol, el segundo volátil más abundante en las hojas de árboles sanos (Cobb et al., 1972, Stark et al., 1968). De la misma manera, individuos de *P. contorta* infectados por pudrición de raíz de *armillaria* o por la roya *Comandra*, tiene una disminución evidente (62 y 45%, respectivamente) en los niveles de metil chavicol en la resina constitutiva del fuste en comparación con árboles sanos (Nebeker et al., 1995). El efecto de este compuesto, cuando es adicionado a la feromona de *D. frontalis*, disminuye significativamente su atracción; sin embargo, no ocurre lo mismo con los cléridos de la especie *T. dubius* depredadores del descortezador (Hayes et al., 1994).

2.6 Atracción secundaria

La atracción secundaria ha sido perfectamente demostrada en la mayoría de los Scolitidos denominados agresivos, tales como *Dendroctonus frontalis*, *D. ponderosae* y *D. brevicornis* (Borden, 1985), así como en otros géneros considerados como insectos agresivos, *Ips* (Borden, 1985; Scybold *et al.*, 1995) *Pityophthorus* (Dallara *et al.*, 1994; Francke *et al.*, 1995), *Pityokteines* (Harring, 1978; Macías-Sámano *et al.*, 1997b) y *Pityogenes* (Borden, 1985; Savoie *et al.*, 1998). Las feromonas de agregación pueden servir, en parte, a una función sexual; de la misma manera, las feromonas sexuales también actúan como feromonas de agregación. En los descortezadores estos semioquímicos atraen preferencialmente a uno de los sexos hacia el sitio de donde son emitidos (indicando una pareja potencial), mientras que miembros del sexo productos y pionero son atraídos al hábitat (Borden, 1982).

En especies agresivas de *Dendroctonus* y a altas densidades de ataque, un incremento de ciertas feromonas, producidas por machos, y otros semioquímicos lleva a la terminación de la agregación, al espaciamiento y a la dispersión de los insectos a nuevos hospedero (Figura 4). Por ejemplo, durante el ataque masivo, la respuesta de ambos sexos de *D. ponderosa* se reduce a concentraciones altas de exo-vervicomina y frontalina, las cuales son liberadas por una densidad crítica de machos (Borden *et al.*, 1987). La feromona verbenona (producto de oxidación del α -pineno) tiene un efecto inhibitor o de interrupción en varias especies de *Dendroctonus* (Borden *et al.*, 1986). En otras especies como *Ips*, la agregación concluye aparentemente con la finalización de la producción de feromona por parte de los machos (Borden, 1982). La atracción de las hembras del descortezador *S. multistriatus* disminuye después del apareamiento, debido a la reducción de un componente de la feromona respecto a otro (Lanier *et al.*, 1977).

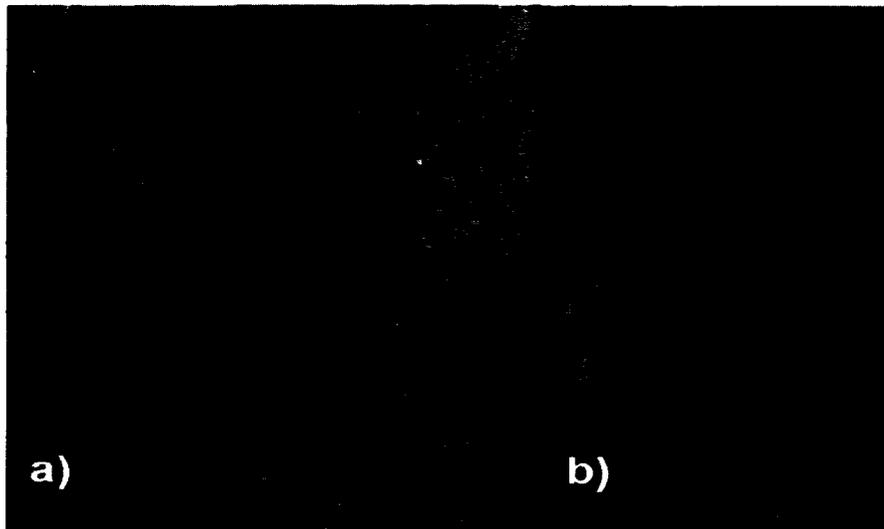


Figura 4.- a) Árbol de pino en fase III, que presenta un follaje rojizo, b) perforaciones de salida de *Dendroctonus frontalis*.

Puesto que la frontalina es una feromona de agregación de especies como *Dendroctonus frontalis*, *D. mexicanus* y *D. adjunctus* (Mayers y Mc Laughlin, 1991⁶), éstas serán atraídas a las trampas de este sistema de monitoreo. Mientras que especies como *D. valens*, que aparentemente no utilizan feromona de agregación sino algunos compuestos presentes en la resina para localizar a sus hospederos (Hobson *et al.* 1993⁷), es muy posible sean atraídas por el aguarrás y no por el α -pineno, puesto que el primero tiene un mayor número de componentes presentes en la resina.

2.7 Insectos asociados a los depredadores

Estudios realizados por Thatcher y Dixon (1961) en Texas, Louisiana y Mississippi encontraron insectos asociados con escarabajos descortezadores, los cuales fueron colectados e identificados como pertenecientes a 4 familias, conteniendo 84 especies, 7 de las cuales fueron conocidas como depredadoras y 8 como parásitas de *D. frontalis*. Un torimido, *Roptrocerus ecoptogastris*, permaneció parasitando a *D. frontalis*, y en menor grado se encontraron, *Dendrosoter sulcatus* y *Heydenia* única.

Medetera maura, (Diptera: Dolichopodidae) fue encontrado en árboles infestados en Texas y Louisiana y fue uno de los depredadores de *D. frontalis* más abundante. *Thanasimus dubius* (Coleoptera: Cleridae), *Scoloposcelis mississippiensis* (Hemiptera: anthocoridae) y *Temnochila virescens* (Coleoptera: Ostromidae) fueron depredadores prevalecientes.

En estudios realizados por Stark Dahlsten (1970), el establecimiento de parásitos, depredadores y fauna asociada fue secuencial y posterior a la invasión de los descortezadores, generalmente unas semanas después, dependiendo del ciclo de vida de la especie plaga; primeramente depredadores, posteriormente secundarios y parásitos, y por último, saprófagos y micofágos.

Islas (1979), estudió poblaciones de *Dendroctonus* y reportó que estuvieron interactuando parasitoides y depredadores, los cuales presentaron oscilaciones, encontrándose sitios con mayor número de depredadores y sitios con mayor número de parasitoides.

Moore (1972), reporto un promedio de 24% de mortalidad causada por parasitoides y depredadores. Los complejos de enemigos naturales responsables de la mortalidad estimada incluyeron ocho especies parasitoides y diez especies depredadoras. Los análisis de varianza indicaron que la densidad de depredadores fue significativamente superior que la de parasitoides.

Smith y Goyer (1981), describen a *Corticelus glaber* como un depredador potencial de *D. frontalis*.

En estudios realizados por Reeve (1977), indican que *Thanasimus dubius* (Coleoptera: Cleridae) puede ser una fuente importante de mortalidad de escarabajos de descortezadores durante el ataque a árboles hospedantes y que las poblaciones del descortezador tienden a declinar cuando las densidades del depredador son altas.

Trabajos realizados por Lawson y Morgan (1993) reportaron a *Temnochila virescens* como un depredador activo de *Hylurgops ligniperda*, *Hylastes ater* e *Ips grandicollis*. O'Connell (1967), menciona que *T. chloridia* no considera a los Scolytidae en su dieta, aunque tiene efectos perjudiciales en la reproducción y supervivencia de los adultos.

2.8 Depredadores de escarabajos descortezadores reportados en México

2.8.1 *Enoclerus* sp. (Coleoptera: Cleridae) es considerado como el más abundante depredador, cuyas formas larval y adulta son comedoras activas de larvas de descortezadores, tanto de especies de *Dendroctonus* como de *Ips*.

2.8.2 *Temnochila virescens* (Coleoptera: Ostomidae), presenta en las poblaciones de *D. mexicanus*, *D. frontalis* y *D. adjunctus*, está es una especie depredadora de larvas y adultos de *Dendroctonus* e *Ips*.

2.8.3 *Medetera* sp. (Díptera: Dolichopodidae) cuyas larvas son encontradas en gran abundancia en las galerías hechas por poblaciones de *D. mexicanus* Hopk.; así como de *Ips*, es depredador de huevos, estados larvales y pupas del descortezador (Schmid, 1971).

2.9 Manejo de bosques utilizando semioquímicos

En los últimos 40 años, la opinión pública ha aumentado su demanda en relación con los métodos más selectivos de control de plagas y con una reducción en el uso de plaguicidas. El uso de semioquímicos ha sido una de las estrategias para atender estos problemas. Hoy, gracias a la investigación derivada del estudio sobre la ecología química de los descortezadores y otros insectos de interés forestal, miles de insectos son atraídos a las trampas; los ataques son inducidos en árboles cebados con semioquímicos; la atracción hacia los árboles o las trampas es inhibida y los enemigos naturales son atraídos en grandes cantidades.

Sin embargo, han ocurrido fracasos debido a que los sistemas semioquímicos de los insectos son tremendamente complejos, biológica y químicamente hablando (Borden, 1993). Son diversas tácticas que utilizan estos compuestos para el manejo de insectos forestales, por ejemplo, monitoreo y detección, trapeo en masa, antiagregación e interrupción del apareamiento.

El Servicio Forestal de Texas desde 1986 ha implementado un sistema para predecir confiablemente las tendencias y niveles de infestaciones por el descortezador *Dendroctonus frontalis* en todo el Sur de los Estados Unidos. El sistema se basa en uso de semioquímicos dispuestos en trampas y que son atractivos del descortezador y sus depredadores. Usando información de los número promedio de descortezadores capturados por trampa por día y la proporción relativa entre descortezadores y sus depredadores, durante un cierto periodo de tiempo, se pueden pronosticar las tendencias de las infestaciones (Billings 2003⁴)

El sistema de monitoreo en Estados Unidos únicamente emplea trampas cebadas con frontalina (feromona de agregación de varias especies de *Dendroctonus*) más una fuente de alfa – pineno (kairomona producida por los árboles de pino y parte esencial de la resina de estos árboles) (Billings y Upston 2002²).

En México se han tenido algunas experiencias en la utilización de feromonas identificadas para poblaciones de descortezadores en los Estados Unidos, las cuales se emplearon en trampas Lingren, y sus efectos se evaluaron sobre poblaciones mexicanas de *D. mexicanus*, *D. adjunctus* y *D. frontalis* y sobre sus depredadores (Pineda *et al.*, 1987; Flores y Shea, 1996). Recientemente se han comenzado a desarrollar esfuerzos para conocer en forma sistemática los semioquímicos involucrados en el comportamiento de *D. mexicanus* en el centro de México (Rangel y Camacho, 1997).

2.10 Monitoreo y detección

Esta táctica es una derivación natural de la atracción y especificidad de las feromonas de agregación. Las trampas cebadas con feromonas son usadas comúnmente como una excelente herramienta para monitorear y detectar a los insectos. La información obtenida del monitoreo es útil no sólo para la detección, si no para establecer umbrales y evaluar o estimar densidades. Esta táctica ha sido especialmente importante en problemas de cuarentena, para la detección oportuna de insectos exóticos introducidos a través de puertos internacionales. En situaciones donde el insecto exótico ya está plenamente establecido (caso de la palomilla gitana), el monitoreo con base en feromonas es fundamental para evaluar sus poblaciones y forma parte integral de su manejo (Borden, 1982). En México, esta táctica es particularmente adecuada para monitorear el avance en la distribución del descortezador del olmo, *S. multistriatus*, que es un insecto exótico de reciente introducción (Méndez, 1995).

2.11 Relación insecto – árbol

La interacción semioquímica entre los descortezadores y los árboles puede tratar de explicarse a nivel de las relaciones que ocurren entre las poblaciones de ambos. Los modelos de dinámica poblacional generados para descortezadores se han basado en el uso de la atracción secundaria generada por feromonas de agregación para explicar la dinámica existente entre la población del insecto y la de su hospedero (Berryman, 1982). El mencionado modelo toma en cuenta las variaciones que algunos compuestos terpenoides tienen en las poblaciones del hospedero y que se pueden ver reflejadas en la capacidad de los insectos al metabolizar dichos compuestos y variar a su vez las mezclas feromonales que ellos mismos producen. Estas interrelaciones son dinámicas y representan los mecanismos que interactúan entre las defensas de hospedero y el ataque de los escarabajos. El éxito de estos últimos depende de que suficientes insectos sean atraídos al árbol y de esta manera el sistema de defensa es vencido. A medida de

que la resistencia declina, la calidad y cantidad de las feromonas cambia y la tasa de ataque es menor y eventualmente, termina a una densidad de ataque característica. Esta densidad varía considerablemente entre árboles y está relacionada con las diferencias en resistencia expresada por cada individuo. Un umbral de ataque puede describirse como una medida cuantitativa de la resistencia del hospedero, y representa la densidad de ataque necesaria para asegurar la muerte del árbol y el triunfo reproductivo de los descortezadores.

Sturgeon y Mitton (1982) y Smith (1964 y 1969) han demostrado las formas de variación geográfica de los precursores (provenientes del hospedero) de feromonas en *P. ponderosa*; estos autores plantean que la resistencia del árbol puede cambiar debido a las propiedades tóxicas de los monoterpénicos contenidos en su resina, especialmente de limoneno. Es posible que las variaciones geográficas en el contenido de terpenoides se vean reflejadas en la capacidad de los descortezadores de ser atraídos a mezclas de feromonas con una gran variedad en las proporciones de sus componentes, como ocurre en los géneros *Ips* y *Dendroctonus* (Byers, 1998); existe también una aparente tolerancia a las proporciones de enantiómeros de un componente atractivo, como se ha observado en *Ips pini* (Seybold *et al.*, 1995).

Las poblaciones de los descortezadores *S. ventralis* y *P. elegans* se sobreponen frecuentemente en el espacio, generando interacciones competitivas al colonizar y desarrollarse en el mismo árbol (*A. grandis*), como se ha comprobado mediante el análisis del número de insectos producidos, del establecimiento de galerías y de la distribución de ataques de ambas especies a lo largo del fuste de los árboles (Macías-Sámano, 1997a). Ambos insectos pueden coexistir, pero el desarrollo se llevará a cabo exitosamente sólo en el caso de que uno ocupe el recurso. Aparentemente, la interacción se da a través de una competencia por explotación, que ocurre, en parte, por la colonización a tiempos distintos y por una preferencia de *S. ventralis* por los tejidos no dañados. A diferencia de otras interacciones competitivas por interferencia, la de *S. ventralis* y

P. elegans no ocurre a través de semioquímicos. Macías-Sámano (1997a) encontró que *S. ventralis* coloniza troncos cebados con la feromona de *P. elegans*, al igual que troncos no tratados, indicando que la feromona de la especie secundaria no interfiere con la selección y aceptación del hospedero por parte de *S. ventralis*, asimismo, las mezclas kairomonales que son atractivas para *S. ventralis* no interfieren en la atracción de *P. elegans* hacia su feromona. Esto es contrario a lo reportado por Poland y Borden (1998), quienes encontraron que la respuesta de *D. rufipennis* (Kirby) a trampas cebadas con su feromona, fue reducida por la presencia de las feromonas de dos descortezadores secundarios: *Drycoetes affaber* Mannerheim e *Ips tridens* Mannerheim. La distribución de ataques de *S. ventralis* y de *P. elegans* en cada árbol, y en el bosque, reflejan fielmente la carencia y la presencia respectiva de feromonas. Al principio de la primavera, *P. elegans* vuela y coloniza principalmente los árboles que han sido derribados en el invierno. Puesto que esta especie cuenta con feromona de agregación, los insectos se concentran solo en algunos árboles o en áreas definidas de los mismos. Por su parte, *S. ventralis* evita colonizar estos individuos atacados por *P. elegans*, a menos que existan partes del árbol que todavía presenten floema sano. En un segundo vuelo a finales de verano, *P. elegans* ocupa el floema dejado por *S. ventralis*, incluso sobreponiendo sus galerías sobre las del segundo. Las respuestas de los cléridos depredadores *T. undatulus* y *E. lecontei* a los mismos volátiles usados para mediar la agregación de *S. ventralis* y *P. elegans*, proporcionan una nueva evidencia que refuerza la hipótesis de que la selección natural favorece la evolución de ecotipos de depredadores basados en sus presas y los hospederos de las mismas (Macías-Sámano, 1997a; Macías-Sámano *et al.*, 1998).

La evolución de los compuestos químicos que aumentan la resistencia de las plantas a la colonización por descortezadores requiere que: 1) los compuestos químicos de la planta sean nocivos para los escarabajos; 2) la química de la planta sea determinada genéticamente; 3) exista una variación poblacional en el genotipo de esos árboles; y 4) los descortezadores ejerzan una presión de selección sobre

sus hospederos (al matar o reducir su fertilidad). Las poblaciones del descortezador debieran coevolucionar, si fuera posible, cambiando su frecuencia genotípicamente a aquella que ofrezca más protección contra los compuestos químicos de la planta. La desventaja para el árbol en esta “carrera armamentista”, es que la población del insecto puede llevar a cabo entre 25 y varios cientos de ciclos reproductivos, comparados con una sola generación del árbol; esto determina que las posibilidades de recombinaciones y mutaciones genéticas benéficas sean mayores para los escarabajos (Byers, 1995).

Posiblemente los estudios que más refuerzan la idea de coevolución en el sistema descortezador-conífera son los realizados en poblaciones de *D. brevicomis* y *D. ponderosae* en hospederos de *Pinus ponderosa* en California y Colorado, respectivamente. En ellos se realizó la dualidad que los monoterpenos juegan en la defensa del hospedero y la producción de feromona. Sturgeon (1979 y 1980) analizó bioquímicamente los árboles con y sin historia de infestaciones por *D. brevicomis*, encontrando que en California un grupo bien definido de árboles (con perfiles químicos únicos) sobrevivieron en mayor proporción en las áreas con historia de infestación por el descortezador que en los sitios que no ha habido una presión por parte del mismo. El perfil químico de estos individuos únicos estaba caracterizado por niveles bajos de α -pineno (precursor de la feromona de *D. brevicomis*) y niveles altos de limoneno (conocido como tóxico o repelente para el insecto), por lo que aparentemente, de manera simultánea, *D. brevicomis* ejerce una presión de selección sobre el fenotipo químico raro o único (dependiente de su frecuencia) y una selección direccional para los árboles con la combinación correcta de limoneno/ α -pineno. Al escoger y rechazar a los pinos con base en su composición química, *D. brevicomis* actúa como un poderoso agente de selección de su hospedero. Esta situación determinará que cuando el descortezador reinfeste los mismos rodales encontrará menos hospederos preferidos; eventualmente, los insectos evitarán estas poblaciones o desarrollarán la habilidad de utilizar diferentes fenotipos químicos. Sturgeon y Mitton (1982) concluyeron que los monoterpenos son utilizados por los descortezadores como precursores y

sinergistas de feromonas, y los árboles los utilizan como una defensa antiherbívoro, siendo la gran diversidad química entre individuos la clave de esta dualidad, la cual es mantenida por los hábitos alimenticios de los propios descortezadores.

En Colorado la situación con *D. ponderosae* fue muy diferente: la diversidad bioquímica de *P. ponderosa* en relación con la de California fue menor, quizá debido a que *D. ponderosae* utiliza tres hospederos diferentes. Bajo esta nueva perspectiva, el ataque exitoso del descortezador dejara a salvo a aquellos fenotipos químicos que estuvieran fuera de su rango de aceptación, por lo que se podría pronosticar que las poblaciones de *D. ponderosae* serían subdividas en razas adaptadas a cada uno de los diferentes hospederos. En poblaciones donde esta especie ocurre simpátricamente en los tres hospederos, los insectos se diferencia genética y morfológicamente (Sturgeon, 1980).

Relaciones similares han sido sugeridas para las especies de *Ips*, donde la evolución del comportamiento de selección del hospedero puede ser influenciado por las cantidades de α -pineno y mirceno (precursores de las feromonas ipsenos, ipsdienol y cis-verbenol) en los árboles (Elkinton *et al.*, 1981; Byers, 1995), aunque estas relaciones quizás indiquen una actividad causa-efecto, algunos estudios detallados han determinado que la cantidad de ipsdienol producido a partir de cantidades determinadas de mirceno son mayores que las esperadas; recientemente se ha descubierto que estas feromonas son sintetizadas de *novo* (Ivarsson *et al.*, 1993; Seybold *et al.*, 1995), confirmando hipótesis pasadas y abriendo un nuevo panorama en la ecología química de descortezadores.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

El Parque Nacional Lagunas de Montebello se localiza en los municipios de la Trinitaria y la Independencia, al sureste de la ciudad de Comitán, Chiapas, entre los 91° 38' y 91° 48' W y 16° 10' N. Este parque se decreto como área natural protegida el 26 de noviembre de 1959 con una superficie de 6,022 ha (Gallegos 1986). La altitud promedio en el área es de 1500 msnm y el clima predominante es semicálido con lluvias en verano, (A (C) W²_(w) según la clasificación de Köppen. La temperatura media anual es de 18 °C en tanto la precipitación media anual es de 1,836 mm (CILA, 1996). Los principales cuerpos de agua lo constituyen 59 lagunas de diferentes tamaños que están interconectadas subterráneamente por el río grande de Comitán. El área de estudio es de origen Cárstico con la mayor parte de su topografía accidentada, especialmente alrededor de las lagunas, algunas de las cuales constituyen verdaderos cenotes. Los tipos de vegetación predominante son el bosque de pino – encino – liquidámbar y en menor proporción el bosque lluvioso de montaña (Breedlove, 1981). estos bosques no forman una masa homogénea sino que se encuentran fragmentados por el aclareo debido a la incorporación de zonas de cultivo (March y Flamenco. 1996). La población de la región es indígena de origen maya de los grupos tojolabal, cha; y kanjobal, y recientemente refugiados guatemaltecos, del grupo mam y canchikel. La principal actividad de estos grupos es el cultivo de maíz y frijol de temporal.

3.2 Selección del área muestreada

Los sitios donde se establecieron las trampas para el monitoreo fueron en árboles de pino recientemente infestados, que habían recibido saneamiento en años anteriores y además donde se presento un fuerte incendio.

Es importante señalar que durante el monitoreo las trampas fueron cuidadas y se les dio mantenimiento durante todo el año para garantizar su mayor

eficiencia, por personal oficial de la CONAFOR, SEMARNAT, Gobierno del Estado de Chiapas.

3.3 Establecimiento del monitoreo

La periodicidad del monitoreo se hizo semanalmente a partir del mes de mayo del 2003 al mes de abril del 2004. Esto con el fin de localizar la temporada en la cual existe la mayor población de descortezadores, ya sea que estén volando e iniciando las nuevas infestaciones. Estudios locales señalan que por lo general la incidencia ocurre al inicio de la primavera, cuando las temperaturas consistentemente exceden en general los 20 °C. Sin embargo dada la amplia distribución de las especies de descortezadores de los pinos y a las condiciones orográficas del país, pueden presentarse variaciones poblacionales dependiendo de la altitud y la latitud y condiciones atmosféricas. Por lo tanto, el monitoreo debe de ser definido de acuerdo a las observaciones locales y debe prolongarse de acuerdo a los objetivos del monitoreo.

Para nuestro caso se monitoreo todo el año porque el objetivo fue conocer la fluctuación de las poblaciones de los descortezadores a lo largo del año.

3.4 Colocación de trampas

Una vez seleccionado el sitio, se definieron cinco áreas separadas a una distancia de 20 metros entre ellas. En cada área se colocó una réplica de cada una de las tres trampas empleadas en el sistema de monitoreo. La primera trampa que correspondió al tratamiento testigo consistió en una trampa sin cebo, únicamente se le puso una pastilla de vapona (insecticida de contacto para evitar el escape de los insectos capturados); la segunda trampa que correspondió al segundo tratamiento se utilizó como cebo al aguarráz, el cual es un compuesto volátil derivado de la resina de pino, que contiene un alto porcentaje del compuesto de alfa – pineno, uno de los compuestos detectados por el

descortezador para localizar a su hospedero; la tercera trampa correspondiente al tercer tratamiento se utilizó como cebo la frontalina más aguarrás, siendo que la frontalina, es la feromona de agregación de varias especies de descortezadores del género *Dendroctonus*. En estos dos últimos tratamientos también se colocó un poco del insecticida vapona para evitar la fuga de los insectos.

Las trampas se colgaron en postes de tubería o bien en árboles o arbustos latifoliados para evitar que los insectos ataquen arbolado vivo y se potencie una infestación. La altura de las trampas que se colocaron fue a una altura mínima de medio metro del piso aproximadamente, evitando que las trampas no estuvieran bloqueadas por arbustos y malezas.

Se aseguró que las trampas permanecieran en su sitio bien afianzadas por medio del alambre ubicado en la parte superior de las mismas, de tal manera que no se cayeran. De igual forma se procuró que todos los embudos estuvieran bien desplegados y hasta el último se colocó el vaso colector.

3.5 Cebado y distribución de trampas

El sistema de monitoreo se utilizó frontalina que es la feromona de agregación de varias especies de descortezadores del género *Dendroctonus*. Para aumentar la fuerza de atracción de estas feromonas se adicionan (en un frasco aparte) compuestos volátiles derivados de la resina de pino, en este caso usamos aguarrás, que contiene un alto porcentaje del compuesto de alfa – pineno, uno de los compuestos detectados del descortezador para localizar a su hospedero. Una trampa no cebada (sin sustancia alguna), es el primer tratamiento (T1 = c); una segunda es cebada con aguarrás (T2 = a) y la tercera es cebada con aguarrás más la frontalina (T3 = a + f), figura 5.

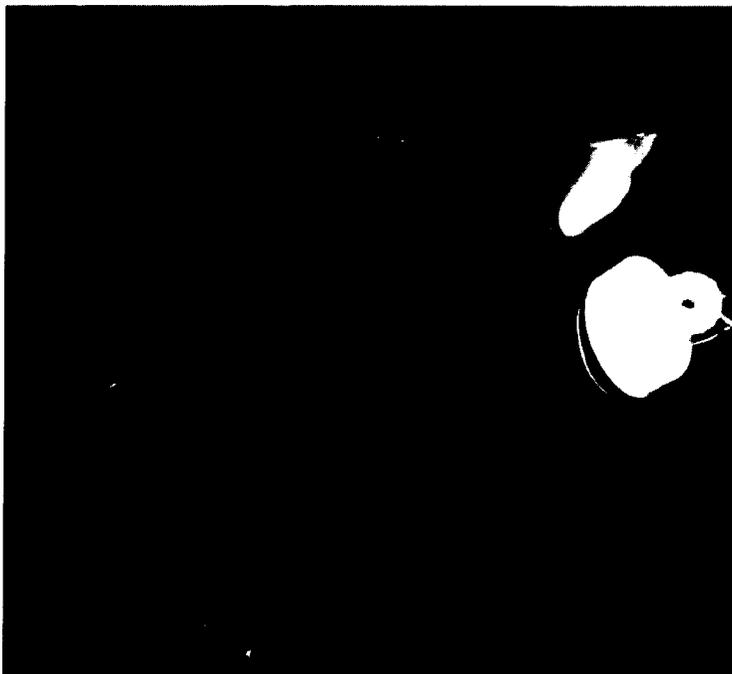


Figura 5.- Trampa cebada con feromona y aguarrás

El aguarrás se depositó en un frasco ámbar con capacidad de 250 ml, tapa perforada y saliendo de él un pedazo de cordón (tipo mecha) de 18 cm aproximadamente. El frasco se colgó con un pedazo de alambre al nivel del sexto embudo y por la parte interna de éste, de cada una de las trampas con ese tratamiento.

La frontalita está contenida en bolsitas de plástico color café, aunque puede variar según la marca comercial. Cualquiera que sea la presentación de la frontalita, esta se colgó con un clip en uno de los postecitos al nivel del sexto embudo.

Un conjunto de tres trampas, cada una con uno de los tres tratamientos, constituye una réplica. Cada tratamiento de cada réplica, se puso en línea, uno tras otro, guardando una distancia de 20 metros entre ellos (figura 6).

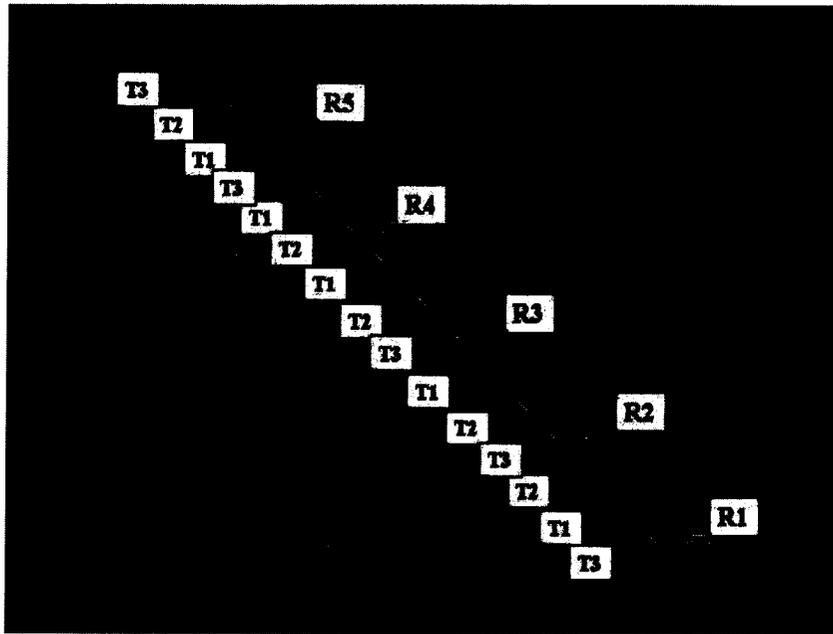


Figura 6.- Distribución esquemática de las trampas. R1, R2, R3, R4 y R5 son el número de repetición y T1...T3 corresponden al número de trampas.

La asignación para la posición u orden de cada uno de ellos se realizaron completamente al azar, de tal manera que no se favoreciera ninguno de los tratamientos por estar en una posesión determinada. En el Cuadro 1, se puede ver el orden para la posición de cada tratamiento dentro de cada réplica.

Cuadro 1.- Distribución aleatorio de los tratamientos y su orden de posición a lo largo de la línea de trampas.

Rep. 1	T3	T1	T2
Rep. 2	T2	T1	T3
Rep. 3	T2	T3	T1
Rep. 4	T3	T1	T2
Rep. 5	T1	T3	T2

El etiquetado de cada uno de los tratamientos y de cada una de las réplicas se hicieron mediante listones puestos o colgados en cada trampa para poder identificar el tipo de tratamiento atraído a tal o cual insecto, o cual atraído más

individuos, si no que también el etiquetado nos permitió orientarnos dentro del bosque y saber en dónde estaban las demás trampas. Así mismo, los nombres o claves que se utilizaron fueron claros y concisos, para evitar errores en el momento de la colecta de insectos y en el análisis de datos. Para ello se utilizaron marcadores de tinta permanentes de buena calidad y evitar manipular las etiquetas con solventes para evitar perder información. A continuación en el Cuadro 2, se muestran las claves utilizadas para cada réplica con sus respectivos tratamientos.

Cuadro 2.- Leyendas de las etiquetas de acuerdo al orden de posición en la línea de trampeo.

No. Trampa	Etiquetas	No. Trampa	Etiquetas	No. Trampa	Etiquetas
1	Rep. 1 – T3	2	Rep. 1 - T1	3	Rep. 1 – T2
4	Rep. 2 – T2	5	Rep. 2 - T1	6	Rep. 2 – T3
7	Rep. 3 – T2	8	Rep. 3 - T3	9	Rep. 3 – T1
10	Rep. 4 – T3	11	Rep. 4 - T1	12	Rep. 4 – T2
13	Rep. 5 – T1	14	Rep. 5 - T3	15	Rep. 5 – T2

Cada trampa quedo etiquetada con los datos y orden que se mencionaron en la distribución de los tratamientos, para lo cual se amarro un pedazo de cinta plástica de color brillante en el último embudo y sobre él se escribió la información mencionada, escribiendo el número de replica y el tratamiento y la fecha de inicio.

En el momento de colocar las trampas se observo cuidadosamente que estas correspondieran a los tratamientos que señalaban las cintas con que fueron marcadas.

3.6 Colecta de insectos de las trampas

Una semana después de haber colocado y cebado las trampas, se inicio el monitoreo colectando los insectos atrapados. Las colectas se realizaron una vez por semana hasta cubrir durante un año.

Previo a salir al campo y coleccionar los insectos, se etiquetaron las bolsas tipo Ziplock, con los datos del número de réplica, tratamiento y fecha de colecta, siguiendo siempre la distribución establecida en el cuadro de distribución al azar. Para este propósito se utilizó marcadores de tinta permanente y grapadora para engrapar las bolsas según el orden de distribución de los tratamientos, para facilitar el manejo de muestras y evitar confusiones para la identificación de la misma.

Para la colecta de insectos en el campo se empezó de manera ordenadamente a partir de la trampa uno hasta la última trampa. Esto con la finalidad de evitar equivocaciones al momento de la colecta y procesamiento de los insectos.

Ya chequeadas las etiquetas de la trampa y la bolsa de colecta correspondiente, se procedió a quitar el vaso colector girándolo hasta que se liberara de la trampa, vaciando con cuidado todo el contenido en las bolsas correspondientes. Regresando la pastilla de vaponal al interior del vaso. Para facilitar el vaciado del vaso se utilizó una espátula de plástico (como las que se usan en cocina), esta herramienta se utilizó para vaciar todo el contenido del vaso a las bolsas y se cerraron bien para evitar pérdida de material.

Finalmente se volvió a colocar el vaso colector a la trampa asegurándose, una vez más, de que el insecticida este dentro. Así mismo se procedió a coleccionar los insectos de las demás trampas. Una vez terminando la colecta de todas las trampas, se colocaron las bolsas con insectos en un congelador para conservar

los insectos lo mejor posible hasta que se procesaban. Los insectos fueron procesados lo más pronto posible, para evitar malos olores y evitar el deterioro del material y que pudiera dificultar su identificación.

3.7 Mantenimiento del trampeo

Se realizaron recorridos constantes en el sitio de muestreo durante todo el año, ya que en ocasiones algunos de los cebos o las trampas se caían o fueron sustraídas por visitantes del parque, siendo necesario la restauración de la trampa.

En el caso de los frascos de aguarrás se mantenían llenos y con el cordón dispuesto de la manera adecuada para evitar el goteo dentro de los embudos o del baso colector de los insectos. En épocas de lluvias se cubrieron los frascos del agua, procurando siempre que los frascos quedaran protegidos por los embudos de las trampas, haciendo que esta funcione como paraguas. Para ello se determino la dirección de los vientos dominantes y se colocaron los frascos en la parte opuesta.

Los cebos de la trampas cada 30 días se cambiaban en todos los tratamientos, también se revisaron el estado de las trampas, la colocación y limpieza, ya que con el tiempo estas se llenaban de basura y de telarañas que obstruían los conos y los vasos colectores. Durante el experimento del monitoreo, se presentaron pequeños focos de infestaciones justo en las líneas de trampeo no se cambio de sitio. El sistema en su totalidad tendió a sopesar el incremento con respecto al número de insectos atrapados. Lo que se realizó fue hacer una estimación poblacional de insectos presentes en un área de magnitud indefinida y los números de insectos junto con el número de focos de infestación, a través del tiempo, nos proporciono una estimación de la fluctuación poblacional.

3.8 Procesamiento de muestras colectadas

Los insectos atrapados se depositaban en bolsas Ziplock y se metían al congelador de un refrigerador, ya que era la mejor manera de conservarlos en buen estado para su identificación posterior.

El proceso consistió en sacar las bolsas del refrigerador (únicamente se sacaban las que se iban a procesar ese día). El contenido de cada bolsa se depositaba sobre una charola de color claro y amplia. Se utilizó una charola por bolsa, etiquetando la charola para facilitar y saber de que muestra o material proviene. Se procuraba extraer todo el contenido de la bolsa, utilizando unas pinzas entomológicas se realizó la inspección y separación en grupos de todos los insectos capturados.

El procesamiento de conteo y separación de insectos en grupos se realizó en el laboratorio de entomología del ECOSUR unidad Tapachula y una vez que se contabilizaban los insectos estos se depositaban en frascos con alcohol al 700% Cerrando muy bien los frasco y se le colocaron una etiqueta con los datos del sitio de colecta, número de réplica, el tipo de tratamiento y la fecha de colecta. Después se le puso una segunda cinta adhesiva transparente sobre la etiqueta para evitar que se borren los datos de está (figura 7).



Figura. 7.- Insectos ya procesados y conservados en frascos debidamente etiquetados.

3.9 Identificación de insectos

Para la identificación de los insectos de la especie de descortezadores y de depredadores colectados, se utilizaron guías taxonómicas para su determinación o se separaban los insectos machos de *Dendroctonus frontalis* y estas se les extraía la varilla seminal y se identificaron con el apoyo de un microscopio, todo este proceso de identificación se realizó con el apoyo del Dr. Jorge Enrique Macías Samano en el laboratorio de entomología forestal del ECOSUR Unidad Tapachula, Chiapas (figura 8).

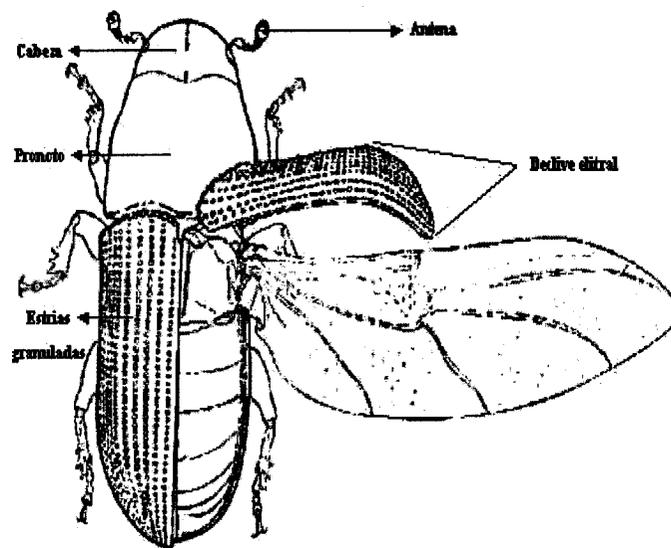


Figura 8.- Esquema que muestra las principales características morfológicas del género *Dendroctonus*. (Cibrian T. D. et al, 1995).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Captura mensual de insectos

En la figura 9, se muestra el número de insectos descortezadores de *Dendroctonus frontalis* y de sus depredadores capturados durante el estudio.

Como se puede observar el mayor número de insectos capturados de la especie de *Dendroctonus frontalis* fue en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre, que de acuerdo a Macías (2001), corresponde a su ciclo biológico natural bajo condiciones de campo siendo en estos meses cuando la población de adultos emergen para formar una nueva generación (figura 9).

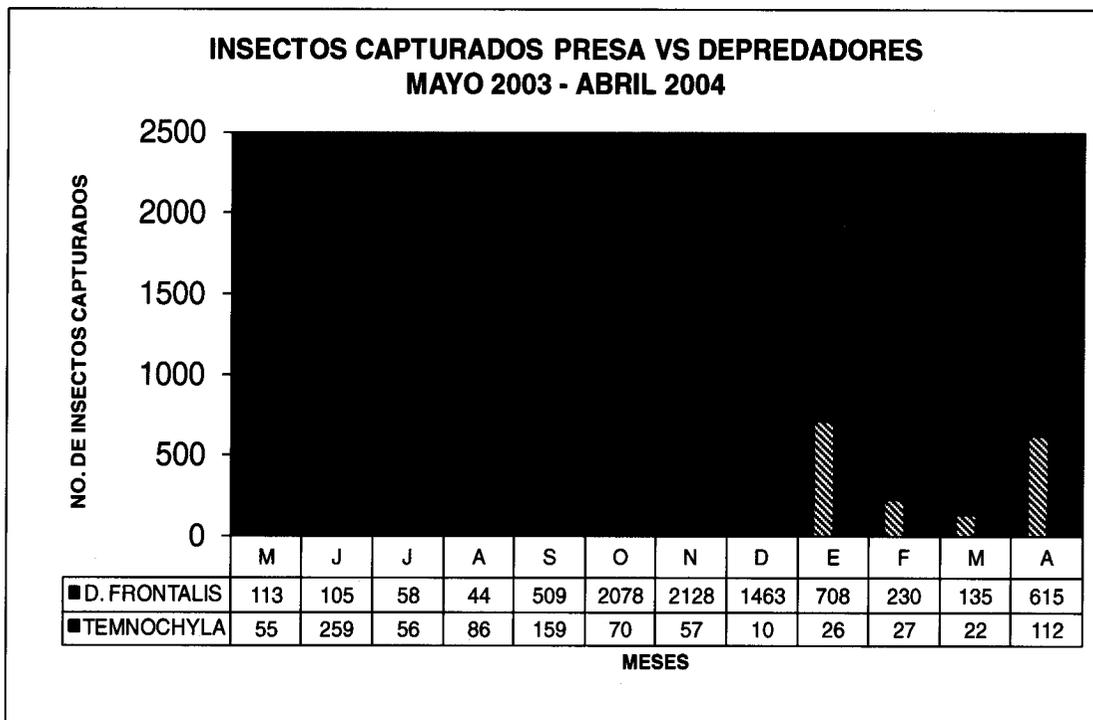


Figura 9. Número de insectos capturados de *Dendroctonus frontalis* y sus depredadores en las trampas cebadas.

Cabe destacar que en las trampas no solamente se capturaron insectos de esta especie, si no que se capturaron otras especies de descortezadores como

fueron *Dendroctonus valens* y algunos especímenes del genero *Ips spp*, estos sin representar ningún riesgo importante para el área de estudio. *Dendroctonus frontalis*, fue la especie más colectada en las trampas cebadas.

De los focos de infestación que se presentaron durante el monitoreo de insectos descortezadores, la especie de *Pinus oocarpa* fue la que mayor número de especies de Scolytidae hospedó.

Con relación a insectos que regulan la población natural de insectos descortezadores de la familia Scolytidae, se encontraron depredadores y parasitoides. En este sentido se identificaron 2 órdenes integrados por 5 familias con hábitos depredadores, de las cuales 3 familias fueron consideradas como las más importantes por la incidencia que presentaron en las poblaciones de los descortezadores de los géneros *Dendroctonus* e *Ips*. La familia Trogositidae representada por la especie *Temnochila spp*, *Tenebroides spp* y *Enoclerus* de la familia Cleridae fueron los más importantes ya que como adulto se encontró dentro de las colectas de los insectos. Estas especies fueron las que más se colectaron y prevaleció a lo largo de la investigación. En el cuadro 3, se muestra el mayor número de insectos depredadores correspondió al género *Temnochyla*, y su incidencia mayor fue en el mes de julio, en virtud de que su presa principal se encontraban aun en estado de larva.

Cuadro 3. Cantidad de insectos depredadores capturados durante la época del monitoreo por trampa.

Tratamientos	Replica 1			Replica 2			Replica3			Replica 4			Replica 5			Total	Medi a
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T 2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3		
Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aguarrás	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frontalin a + aguarrás.	0	0	187	0	0	195	0	0	350	0	0	107	0	0	100	939	78.2 5

4.2 Eficiencia de los atrayentes utilizado como cebos en las trampas

En el cuadro número 4, se muestra la cantidad de insectos capturados en las trampas según el cebo utilizado como atrayente. Como se puede observar el único cebo que funciono resulto ser el tratamiento tres que consistió en frontalina más aguarráz, siendo que el aguarráz solo y la trampa testigo no capturaron ninguna cantidad de insectos de ninguna especie durante todo el año, por lo cual se considero no necesario realizar análisis estadísticos para demostrar la diferencia significativa.

Cuadro 4. Cantidad de insectos descortezadores capturados durante la época del monitoreo por trampa.

Tratamientos	Replica 1			Replica 2			Replica3			Replica 4			Replica 5			Total	Media
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3		
Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aguarrás	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frontalina + aguarrás.	0	0	2141	0	0	1846	0	0	684	0	0	1595	0	0	1910	8176	681.33

La eficiencia del cebo de la frontalina y más aguarrás se le atribuye particularmente a que el aguarrás es el monoterpeno que liberan los pinos y que es la substancia volátil que atrae a las hembras para colonizar un árbol, y la frontalina es la feromona de la hembra que atrae a los insectos descortezadores machos, integrándose así un fuerte atrayente para el funcionamiento de este sistema de trampeo, que incluso, logra atraer a diferentes especies de descortezadores y a insectos benéficos que actual en el control biológico natural de estas plagas. Este principio de atracción ha sido plenamente estudiado por diversos investigadores en diferentes partes de México y de otros países (Macías 2001; Wood 1999).

4.3 Trampas de mayor captura en el estudio

Como se menciono anteriormente la frontalina y el aguarrás juntos fue el único cebo que atrajo a los insectos descortezadores, pero dentro de las replicas dentro de estos tratamientos hubo trampas que capturaron mayor número de insectos que otras, tal es el caso de la réplica uno que capturo un total de 2,141 insecto de descortezador, siguiéndole la réplica cinco con 1910 insectos capturados durante todo el año (cuadro 3), y (cuadros del 5 al 16 del apéndice).

De acuerdo a la distribución espacial con que se colocaron las trampas (figura 6), estas dos trampas de mayor captura corresponden a la primera y última trampa instalada, lo que implica que estas trampas no tuvieron la competencia de las trampas intermedias por lo cual tuvieron la oportunidad de hacer mayor captura.

Finalmente es importante señalar que en cuanto a la población de insectos capturados en este estudio, y teniendo en cuenta que este monitoreo se hizo después de haber realizado labores de saneamiento a que fue sujeta esta área, esta población de insectos al parecer por el momento no representan un alto riesgo para el arbolado de esta área natural protegida en comparación con las cantidades de insectos que son capturados en otras regiones forestales plagadas del país. Sin embargo, el monitoreo constante y permanente representa una clara evidencia de la existencia de insectos descortezadores que existan en esta región y del potencial que como plagas pudieran representar en un momento dado.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y a las observaciones de campo se puede concluir lo siguiente:

1.- El atrayente que mejor funciono para la captura de *Dendroctonus frontalis* fue el cebo integrado por la feromona frontalina junto con el aguarráz. Este atrayente además de capturas a *D. frontalis* capturo a otros insectos de Scolytidos como *D. valens* e *Ips spp.* También este cebo atrajo a insectos benéficos que actúan como depredadores de los insectos descortezadores.

2.- Los tratamientos testigo y el atrayente a base de aguarrás solo, no capturaron ningún individuo de ninguna especie. Esto revela que el principal atrayente es la feromona frontalina, para este caso en particular.

3.- Los meses de mayor captura de los insectos descortezadores corresponde a Octubre, Noviembre y Diciembre, donde se presento el pico principal de la población. Sin embargo durante los meses mayo, junio y julio se capturaron algunos cuantos ejemplares de insectos descortezadores.

4.- Los Insectos depredadores de los descortezadores se capturaron principalmente en los meses de abril y mayo, justo cuando los descortezadores aun se encontraban en estado larvario.

5.- La distribución de las trampas correspondientes al cebo de la frontalina revela que aquellas que estuvieron más distantes fueron las que tuvieron mayor número de captura por no tener la competencia con otras trampas.

6.- La población de insectos descortezadores observada en este monitoreo demuestra que es poca la incidencia de insectos descortezadores que se presenta

en el área, revelando que el saneamiento realizado tuvo un efecto positivo para el control de estos insectos que aparecieron después del incendio presentado.

7.- se recomienda que este sistema de monitoreo se siga empleando como un método de prevención para detectar oportunamente la presencia de insectos descortezadores y evitar que estos generen focos de infestaciones para que la plaga no se dispare o se salga de control y dañe la salud del arbolado del bosque.

VI. LITERATURA CITADA

- Bordasch, R.P. y A.A. Berryman. 1977. Host resistente to the fir engraver beetle, *Scolytus ventralis* (Coleoptera: Scolytidae) 2. Repellency of *Abies grandis* resins and some monoterpenes. Canadian Entomologist 109: 95-100.
- Borden, J.H. 1985. Agregación pheromones pp. 257-285 en G.A. Kerkurt y L.I. Gilbert, editores. Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology, Vol. 9. Pergamon Press, Oxford.
- Byers, J.A. 1995. Host-tree chemistry affecting colonization in bark beetles. Pp. 154-213, en R.T. Cardé y W.J. Bell, editores. Chemical ecology of insects 2. Chapman and Hall, New York, USA.
- Byers, J.A., B.S. Lanne, F. Schlyter, J. Löfqvist y G. Bergström. 1985. Ol factory recognition of host-tree susceptibility by pine shoot beetles. Naturwissenschaften 72: 324-326.
- Cobb, F.W., Jr., D.L. Wood, R.W. Stark y J.R. Parmeter, Jr. 1972. IV. Theory on the relationship between oxidant injury and bark beetle infestation. Hilgardia 39: 142-152.
- Goeden, R.D. y D.M. Norris. 1964. Atraction of *Scolytus quadrispinosus* (Coleoptera: Scolytidae) to *Carya* spp. For oviposition. Annals of the Entomological Society of America 57: 141-146.
- Hobson. K.R., D.L. Wood, L.G. Cool, P.R. White, T. Ohtsuka, I. Kubo y E. Zavarin. 1993. Chiral specificity in responses by the bark beetle *Dendroctonus valens* to host kairomones. Journal of Chemical Ecology 19: 1837-1846.

- Huerta, M., E. Reyes y J.L. Gámez. 1986. Características generales de la vegetación y su utilización en 25 municipios de Chiapas. Fomento de Corporación de Chiapas, S.A. de C.V. pp¹¹⁻²⁷.
- Kramer, P.J. y T.T. Kozlowski. 1979. Physiology of woody plants. Academia Press. USA.
- Lamb, B., H. Westber y G. Allwine. 1985. Biogenic hydrocarbon emissions from deciduous and coniferous trees in the United States. Journal of Geophysical Research 90: 2380-2390.
- Lamb, B., A. Guenther, D. Gay y H. Westberg. 1987. A national inventory of biogenic hydrocarbon emissions. Atmospheric Environment 21: 1695-1705.
- Macías, J.E. 2001. Mediación semioquímica entre insectos descortezadores y árboles de Coníferas. Pp.^{450 - 483} En: Anaya A.L, Espinosa – García F. y Cruz – Ortega. Relaciones químicas entre organismos aspectos básicos y perspectivas de su aplicación. Instituto de Ecología/Plaza y Valdez editores. México, D.F.
- Macías-Sámano. J.E. 1997a. Chemical ecology of *Scolytus ventralis* LeConte and *Pityokteines elegans* Swaine, two bark beetles of *Abies grandis*. Ph. D. Tesis, Simon Fraser University.
- Macías-Sámano, J.E., J.H. Borden, R. Gries, H.D. Pierce, Jr., G. Gries y G.G.S. King. 1998. Primary attraction of the fir engraver *Scolytus ventralis* LeConte (Coleoptera: Scolytidae). Journal of Chemical Ecology 24: 1049-1075.
- Martínez, M. 1992. Los pinos mexicanos. Librería y ediciones botas. S.A. de C.V. Tercera edición. pp^{39 - 54}.

- Moore, G.E. 1972. Southern pine beetle mortality in north Carolina caused by parasites y predators. *Environ. Entomol* 1 :58-65.
- Piña, L.I. y U.R. Muñiz. 1981. Los escolitidos como plagas forestales. Monografía III Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial. 97 p.
- Raffa, K.F. y A.A. Berryman, 1987. Interacting selective pressures in conifer-bark beetle systems: a basis for reciprocal adaptations. *American Naturalist* 129: 234-262.
- Reeve, J.D. 1997. Predation and bark beetle dynamics. *Oecología* 112: 48 – 54.
- Safranyik, L; Shrimpton, D.M. y Whitney, H.S. 1974. Management of lodgepole pine To reduce losses from the mountain pine beetle. Forestry technical report one Environment Canada.
- Smith, M.T y R.A Goyer. 1981. The life cycle of *Corticus glaber* (Coleoptera: Tenebrionidae). A facultative predator of the southern pine beetle. *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae). Department of Entomology. Louisiana Agricultural Department Station. *Can Entomol*:114:535 – 537.
- Stark, R. W and Dahlsten. 1970. Studies on the population dynamics of *Dendroctonus brevicomis*. University of California Division of agricultural sciences. 134 p.
- Wilson, E.O. 1970. Chemical communication within animal species. Pp. 133-155 en E. Soudheimer y J. B. Simeone, editores. *Chemical ecology*, Academic Press, New York. USA.

Wood, S.L. 1982. The Bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. Great Basin Naturalist memoirs. Vol. 6 ¹³⁵⁹ pp.

Zavarin, E. 1968. Chemotaxonomy of the genus *Abies*. II. Within tree variations of the terpenes in cortical oleoresins. *Phytochemistry* 7: 92-107.

VII. APENDICES

Cuadro 5. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de mayo del 2003.

Tratamientos	Replica 1			Replica 2			Replica3			Replica 4			Replica 5			Total	Media
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3		
Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aguarrás	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frontalina + aguarrás.	0	0	27	0	0	23	0	0	4	0	0	7	0	0	52	113	22.6

Cuadro 6. Datos capturados de Insectos descortezadores durante el mes de junio del 2003.

Tratamientos	Replica 1			Replica 2			Replica3			Replica 4			Replica 5			Total	Media
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3		
Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aguarrás	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frontalina + aguarrás.	0	0	6	0	0	3	0	0	7	0	0	3	0	0	86	105	21

Cuadro 7. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de julio del 2003.

Tratamientos	Replica 1			Replica 2			Replica3			Replica 4			Replica 5			Total	Media
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3		
Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aguarrás	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frontalina + aguarrás.	0	0	12	0	0	2	0	0	1	0	0	7	0	0	36	58	11.6

Cuadro 8. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de agosto del 2003.

Tratamientos	Replica 1			Replica 2			Replica3			Replica 4			Replica 5			Total	Media
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3		
Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aguarrás	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frontalina + aguarrás.	0	0	8	0	0	6	0	0	0	0	0	6	0	0	24	44	8.8

Cuadro 9. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de septiembre del 2003.

Tratamientos	Replica 1			Replica 2			Replica3			Replica 4			Replica 5			Total	Media
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3		
Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aguarrás	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frontalina + aguarrás.	0	0	38	0	0	171	0	0	13	0	0	29	0	0	258	509	101.8

Cuadro 10. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de octubre del 2003.

Tratamientos	Replica 1			Replica 2			Replica3			Replica 4			Replica 5			Total	Media
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3		
Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aguarrás	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frontalina + aguarrás.	0	0	283	0	0	800	0	0	300	0	0	553	0	0	142	2078	415.6

Cuadro 11. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes noviembre del 2003

Tratamientos	Replica 1			Replica 2			Replica3			Replica 4			Replica 5			Total	Media
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3		
Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aguarrás	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frontalina + aguarrás.	0	0	871	0	0	35	0	0	278	0	0	693	0	0	251	2128	425.6

Cuadro 12. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de diciembre del 2003.

Tratamientos	Replica 1			Replica 2			Replica3			Replica 4			Replica 5			Total	Media
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3		
Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aguarrás	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frontalina + aguarrás.	0	0	635	0	0	78	0	0	27	0	0	149	0	0	574	1463	292.6

Cuadro 13. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de enero del 2004.

Tratamientos	Replica 1			Replica 2			Replica3			Replica 4			Replica 5			Total	Media
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3		
Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aguarrás	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frontalina + aguarrás.	0	0	127	0	0	88	0	0	8	0	0	75	0	0	410	708	141.6

Cuadro 14. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de febrero del 2004.

Tratamientos	Replica 1			Replica 2			Replica3			Replica 4			Replica 5			Total	Media
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3		
Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aguarrás	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frontalina + aguarrás.	0	0	18	0	0	115	0	0	16	0	0	39	0	0	42	230	46

Cuadro 15. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de marzo del 2004.

Tratamientos	Replica 1			Replica 2			Replica3			Replica 4			Replica 5			Total	Media
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3		
Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aguarrás	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frontalina + aguarrás.	0	0	27	0	0	77	0	0	13	0	0	9	0	0	9	135	27

Cuadro 16. Datos capturados de insectos descortezadores durante el mes de abril del 2004.

Tratamientos	Replica 1			Replica 2			Replica3			Replica 4			Replica 5			Total	Media
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3		
Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aguarrás	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frontalina + aguarrás.	0	0	89	0	0	448	0	0	17	0	0	25	0	0	26	615	123