



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO DE FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA**

**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**

RUBÉN ANGEL HERNÁNDEZ LIVERA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2010

La presente tesis titulada: **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**, realizada por el alumno RUBÉN ANGEL HERNÁNDEZ LIVERA, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



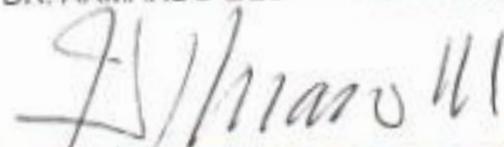
DR. JULIO SÁNCHEZ ESCUDERO

ASESOR



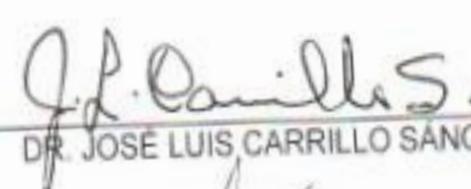
DR. ARMANDO EQUIHUA MARTÍNEZ

ASESOR



DR. HIRAM BRAVO MOJICA

ASESOR



DR. JOSÉ LUIS CARRILLO SÁNCHEZ

ASESOR



DR. SAMUEL RAMÍREZ ALARCÓN

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, ENERO 2010.

Expreso mi profundo y sincero agradecimiento a las siguientes instituciones y personas que contribuyeron en las diferentes etapas de este proceso de mi formación personal:

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la oportunidad brindada y por proporcionar el apoyo financiero para llevar a cabo los estudios de Doctorado en Ciencias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Estado de México (COMECYT) por la beca-tesis otorgada para impresión y empastado de la tesis.

Al Colegio de Postgraduados y de forma especial al Programa en Entomología y Acarología del Instituto de Fitosanidad, por apoyar la realización de mis estudios de Postgrado.

Al Dr. Armando Equihua Martínez, por la confianza depositada en mí, sus acertados consejos y sugerencias durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados y las valiosas observaciones para mejorar este trabajo.

Al Dr. Julio Sánchez Escudero, por brindarme su insuperable amistad, por su orientación y punto de vista, en el enriquecimiento del conocimiento para la presente investigación, por su apoyo y estímulo necesario para mi superación personal.

Al Dr. Hiram Bravo Mojica, por su amistad, por su importante colaboración en la culminación de esta meta profesional, así como por su apoyo y estímulo necesario para mi superación personal.

Al Dr. José Luis Carrillo Sánchez, por su amistad, por su apoyo moral que me brindo en todo momento, por su excelente disposición en apoyar este trabajo, gracias!.

Al Dr. Manuel Livera Muñoz, por ser ejemplo a seguir, por su apoyo incondicional para la realización de esta meta.

Al M. C. Jorge Valdez Carrasco, por su amistad, por su incondicional apoyo y disponibilidad en la captura de imágenes requeridas en el presente trabajo.

Al M. C. José Manuel Gutiérrez Ruelas, por su amistad, por su ejemplo y apoyo incondicional para el término de este trabajo.

Al M. C. Horacio Koji Osada, por su amistad, por compartir conmigo sus valiosos conocimientos, sus sugerencias, correcciones y apoyo en el análisis e interpretación de los resultados estadísticos.

Al Dr. Alejandro Rodríguez Ortega, al Ing. Roberto Gómez Pauza y al Lic. David Moisés Sandoval Castro, por ser buenos amigos, por su invaluable ayuda en la realización de esta meta.

A mis Maestros del Colegio de Postgraduados que colaboraron en mi formación académica.

A todas las personas que me brindaron su amistad y ayuda durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados.

GRACIAS.

DEDICATORIA

A quien le debo todo lo que soy, todo lo que tengo y todo lo que he logrado en mi vida. Por favor sigue siempre conmigo

A Dios nuestro señor

A mis padres quienes me dieron la vida y que en todo momento y en cualquier circunstancia me han dado todo lo que esta a su alcance y no han escatimado ningún sacrificio

José Guadalupe Hernández González y Bertha Livera Muñoz

A mi esposa con inmenso amor y gratitud, por el incondicional apoyo mostrado en todo momento

Marisol García Blancas

A mis hijas quienes con cada una de sus sonrisas me han hecho ver la vida de manera más optimista

Camila Leticia y Fátima Montserrat

† A la memoria de hermana por su ejemplo de fortaleza y amor, quién sigue viva en mi corazón y me alienta a seguir en el camino

María Leticia

A quienes han sido compañeros insustituibles por brindarme su ayuda, buenos consejos, críticas y por mantener la unión familiar

A mis hermanos y sus apreciables familias

A todas las personas que me brindaron su amistad y ayuda durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados.

GRACIAS.

CONTENIDO

INDICE DE CUADROS Y DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 Objetivo general.....	3
1.2 Hipótesis general.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Situación actual forestal en México.....	5
2.2 Fitosanidad forestal en México.....	6
2.3 Familia Scolytidae.....	7
2.3.1 Historia de la familia Scolytidae.....	7
2.3.2 Taxonomía de la familia Scolytidae.....	7
2.3.3 Distribución geográfica.....	7
2.3.4 Descripción morfológica.....	8
2.3.5 Ciclo de vida.....	10
2.3.6 Daños.....	10
2.3.7 Biología y hábitos.....	11
2.3.8 Dispersión.....	12
2.4 El género <i>Ips</i>	12
2.4.1 Historia taxonómica del género <i>Ips</i>	12

2.4.2	Distribución geográfica del género <i>Ips</i>	13
2.4.3	Importancia del género <i>Ips</i>	14
2.4.4	Descripción morfológica.....	15
2.4.5	Ciclo de vida.....	16
2.4.6	Daño por <i>Ips</i>	17
2.5	Identificación de especies de <i>Ips</i> y sus depredadores.....	17
2.5.1	Identificación de descortezadores y depredadores mediante características morfológicas externas.....	17
2.5.2	Identificación de descortezadores mediante la extracción de la genitalia del macho.....	18
2.6	Feromonas.....	22
2.6.1	Clasificación de las feromonas.....	23
2.6.2	Aislamiento y uso de feromonas.....	23
2.6.3	Feromonas de los Scolytidae.....	24
2.6.4	Síntesis de las feromonas en los escolítidos.....	25
2.6.5	Resistencia y mecanismos de defensa del hospedante.....	26
2.6.6	Manejo de los bosques utilizando semioquímicos...	27
2.6.7	Dispositivos con feromonas.....	29
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1	Ubicación de los sitios de monitoreo.....	31
3.2	Colocación de las trampas.....	35

3.3 Recolección de insectos y mantenimiento de las trampas.....	36
3.4 Recebado de la trampa.....	36
3.5 Procedimiento para la identificación de descortezadores y sus depredadores mediante características morfológicas externas.....	37
3.6 Procedimiento para la identificación de especies de <i>Ips</i> mediante la extracción de la genitalia del macho.....	37
3.7 Análisis estadístico para conocer que atrayente atrae a cada una de las especies de <i>Ips</i> y sus depredadores.....	40
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1 Identificación de descortezadores basadas en características morfológicas externas.....	41
4.2 Identificación de depredadores basadas en características morfológicas externas.....	43
4.3 Identificación de especies de <i>Ips</i> mediante la extracción de la genitalia del macho.....	46
4.4 Dinámica poblacional de los descortezadores.....	51
4.5 Dinámica poblacional de las especies de depredadores.....	55
5 CONCLUSIONES.....	59
6 LITERATURA CITADA.....	62
7 ANEXO.....	72

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Especies de <i>Ips/Pseudips</i> identificadas en los cinco sitios de monitoreo del experimento.....	41
Cuadro 2.	Número de capturas de <i>Ips/Pseudips</i> realizadas en los diferentes sitios de monitoreo.....	43
Cuadro 3.	Especies de depredadores identificados en los cinco sitios de monitoreo del experimento.....	43
Cuadro 4.	Número de capturas de depredadores realizadas en los diferentes sitios de monitoreo.....	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Distribución geográfica de los bosques de coníferas en México (INE, 2007).....	5
Figura 2.	Adulto del género <i>Ips</i>	15
Figura 3.	Larva de género <i>Ips</i>	15
Figura 4.	Aserrín evidencia de ataque de <i>Ips</i>	16
Figura 5.	Galerías del género <i>Ips</i>	16
Figura 6.	Arboles atacados por descortezadores del género <i>Ips</i>	17
Figura 7.	Órganos genitales masculinos externos de <i>Ips</i> spp.....	19
Figura 8.	Órganos genitales masculinos de coleópteros.....	20

Figura 9.	Feromonas utilizadas para la atracción de algunos descortezadores del género <i>Dendroctonus</i> e <i>Ips</i> (Salinas <i>et al.</i> , 2004).....	25
Figura 10.	Localización del sitio 1. La Calera ubicado en Cd. Guzmán, Jal.....	32
Figura 11.	Localización de los sitios 2, 3,4 y 5. Las Coloradas 1 y 2, y Corralitos 1 y 2, ubicados en Tecalitlán Jal.....	32
Figura12.	Sitio 1. Bosque de regeneración natural.	33
Figura 13.	Sitio 2. Rodal de árboles con cortas intermedias.....	33
Figura 14.	Sitio 3. Rodal de árboles Padre con manejo antes y después de la instalación de trampas, matarrasa y plantación inmediata.....	34
Figura 15.	Sitio 4. Plantación de árboles Padre con podas y aprovechamiento.....	34
Figura 16.	Sitio 5. Región natural con árboles Padre.....	35
Figura17.	Colocación de las trampas en los sitios de monitoreo.....	35
Figura 18.	Recolecta de insectos mensuales.....	36
Figura 19.	Banda plástica con insecticida.....	36
Figura 20.	Feromona utilizada en el experimento.....	36
Figura 21.	A las diferentes especies de <i>Ips</i> se les quitó el abdomen.....	37
Figura 22.	Los abdómenes se colocan en hidróxido de potasio al 10%....	38
Figura 23.	Los abdómenes se lavan con agua destilada.....	38
Figura 24.	Los abdómenes se colocan en alcohol al 10%.....	39

Figura 25.	Órgano genital masculino externo de <i>Ips lecontei</i> Swaine.....	47
Figura 26.	Órgano genital masculino externo de <i>Ips calligraphus</i> (Germar).....	49
Figura 27.	Órgano genital masculino externo de <i>Pseudips mexicanus</i> (Hopkins).....	50
Figura 28.	Órgano genital masculino externo de <i>Ips cribricollis</i> (Eichhoff).	51
Figura 29.	Dinámicas poblacionales de las especies <i>Ips lecontei</i> e <i>Ips cribricollis</i> en el bosque de los predios la Calera ubicado en Cd. Guzmán y, los predios Coloradas 1-2 y Corralitos 1-2 ubicados en Tecalitlán, Jalisco.....	54
Figura 30.	Dinámicas poblacionales de las especies de depredadores en el bosque de los predios la Calera ubicado en Cd. Guzmán y, los predios Coloradas 1-2 y Corralitos 1-2 ubicados en Tecalitlán, Jalisco.....	57

RESUMEN

Se realizó un experimento de monitoreo durante un año de junio de 2006 a mayo de 2007, utilizando trampas multiembudo cebadas con las feromonas ipsenol, ipsdienol, combinación (ipsenol-ipsdienol), en la región suroeste de Jalisco, México; con la finalidad de identificar las especies de *Ips* y sus depredadores presentes en ese lugar; así como, conocer su dinámica poblacional. Cada mes se recolectaban los insectos del contenedor de cada trampa y se identificaban; las especies de *Ips* encontradas se identificaban con base a las características morfológicas externas y la genitalia. Los resultados indican que las especies de *Ips* y *Pseudips* presentes en los sitios de investigación fueron *Ips lecontei* (Swaine), *Ips cribricollis* (Eichhoff), *Ips calligraphus* (Germar) y *Pseudips mexicanus* (Hopkins) (Curculionidae: Scolytinae), siendo los más abundantes *Ips lecontei* e *Ips cribricollis*, cabe indicar que *Ips lecontei* tuvo mayor preferencia por la combinación de la feromona ipsenol-ipsdienol, encontrándose las mayores poblaciones en el mes de abril; en tanto que, *Ips cribricollis* tuvo mayor preferencia por ipsenol y por la combinación, encontrándose las mayores poblaciones entre los meses de enero a abril y de septiembre a noviembre. Por lo que respecta a la especie *Pseudips mexicanus* el número de individuos capturados fue menor, estos tuvieron más preferencia por las feromonas ipsdienol y la combinación, las mayores capturas se realizaron entre los meses de marzo a junio y en el mes de noviembre. La especie *Ips calligraphus* casi no fue capturada y se observó que no muestra preferencia por ninguna de las tres feromonas utilizadas. Los principales depredadores identificados fueron *Temnochila virescens* (Coleoptera: Trogossitidae), *Enoclerus arachnoides* (Coleoptera: Cleridae) y *Lasconotus* spp (Coleoptera: Colidiidae). Este experimento prueba que las feromonas probadas atraen más a unas especies de descortezadores que a otras; así como a sus principales depredadores y que la identificación de especies con base en genitalias puede ser muy útil. El esquema de monitoreo fue sensible a cambios estacionales en el periodo estudiado.

Palabras clave: Dinámica poblacional, *Ips lecontei*, *Ips cribricollis*, *Ips calligraphus*, *Pseudips mexicanus*, feromona, ipsenol, ipsdienol, ipsenol-ipsdienol, *Lasconotus* spp, *Temnochila virescens*, *Enoclerus arachnoides*, Trampa Lindgren, Jalisco.

ABSTRACT

In order to identify the species in the genus *Ips* and their predators present in the southwestern region of Jalisco State, Mexico, as well as their population fluctuation, an experimental survey was conducted from June, 2006 through May, 2007. Multifunnel traps were used baited with the pheromones ipsenol, ipsdienol and a combination of both (ipsenol-ipsdienol). The captured insects were collected monthly from the container of each trap and were identified. The species of *Ips* found were identified based on morphological external characteristics and the genitalia. The results show that the species of *Ips* and *Pseudips* present in the sites of the investigation were *Ips lecontei* (Swaine), *Ips cribricollis* (Eichhoff) *Ips calligraphus* (Germar) and *Pseudips mexicanus* (Hopkins) (Curculionidae: Scolytinae) from which the most abundant were *I. lecontei* and *I. cribricollis*. The species *lecontei* showed the highest preference for the pheromone combination ipsenol-ipsdienol, and the highest populations were found in April. *I. cribricollis* showed highest preference for ipsenol and the combination and the highest populations were found from January to April and from September to November. As far as the species *P. mexicanus*, the number of captured specimens was lower; these showed highest preference for ipsdienol and the combination, the highest captures were obtained from March through June and in November. Captures of *Ips calligraphus* were very low and no preference was shown by this species for any of the pheromones or the combination used. The main predators identified were *Temnochila virescens* (Coleoptera: Trogossitidae), *Enoclerus arachnoides* (Coleoptera: Cleridae) and *Lasconotus* spp. (Coleoptera: Colidiidae). This experiment shows that the tested pheromones are more attractive to some bark species than to the others, as well as to their main predators. On the other hand, species identification based on their genitalia can be very useful. The survey scheme was sensitive to season changes during the period of study.

Key words: Population dynamics, *Ips lecontei*, *Ips cribricollis*, *Ips calligraphus*, *Pseudips mexicanus*, pheromone, ipsenol, ipsdienol, ipsenol–ipsdienol, *Lasconotus* spp., *Temnochila virescens*, *Enoclerus arachnoides*, Lindgren trap, Jalisco.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

A nivel mundial hay poco menos de 4 mil millones de hectáreas de bosques que cubren alrededor del 30 por ciento de la superficie terrestre mundial. La situación de los bosques en el mundo, señala que los bosques de América del Norte, encabezados por Canadá, Estados Unidos y México, representan el 17% de la superficie forestal del mundo (Diario Milenio, 2007). El género *Pinus* está representado por cerca de 100 especies, todas ellas excepto una, están confinadas al hemisferio Norte, cerca de la mitad de éstas ocurren en los bosques naturales de México, únicamente en los estados tropicales de Tabasco, Campeche y Yucatán no se encuentran en forma natural (Fabela, 1998). La superficie forestal del país (Según el Inventario Nacional Forestal) es de 135 millones de hectáreas y de ésta superficie 56 millones están arboladas con bosques y selvas, siendo solamente del orden de 6.4 millones las que están en aprovechamiento; además, fue el segundo país con más pérdidas de bosques primarios con un 6% (Rumbo de México, 2009). Durante el Segundo Coloquio de Geografía Ambiental en la UNAM, Guillermo Ramírez de la Universidad Autónoma Chapingo, indicó que 98.98 por ciento del territorio nacional es susceptible de desertizarse, y según datos del Instituto Nacional de Ecología (INE) el 48 por ciento ya está en alto riesgo (Ovaciones, 2009).

La pérdida mundial en áreas forestales se debe a la sobreexplotación del agua, erosión del suelo, tala clandestina, malas prácticas agrícolas como el pastoreo, aumento de población, aplicación de políticas inadecuadas, al cambio climático, el cual ha generado escasez de agua, lo que ocasiona stress en la masa forestal y como consecuencia una mayor presencia de plagas y enfermedades más agresivas (Diario Milenio, 2007; El Universal, 2009; Rumbo de México, 2009); como es el caso de las poblaciones de escarabajos descortezadores de los géneros *Dendroctonus* e *Ips* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) que son las principales plagas de los bosques de coníferas y que anualmente ocasionan miles de muertes (Miller y Borden, 2000; Gillette *et al.*, 2001; Holsten *et al.*, 2002; Sun *et al.*, 2003), atribuyéndoles a estos pérdidas estimadas en millones de dólares (Wood, 1982; Bustamante y Atkinson, 1984;

Stephen *et al.*, 1993; Schowalter y Filip, 1993). Los brotes se cree que se producen cuando algún factor, como la sequía o el envejecimiento, reduce la capacidad del árbol para resistir el ataque de la plaga a través de su sistema de oleorresina (Rudinsky, 1962; Berryman, 1973; Raffa y Berryman, 1983; Berryman y Ferrell, 1988; Raffa, 1988). Al aumentar su densidad los escarabajos descortezadores son capaces de superar incluso árboles sanos, a través de ataques en masa (Bravo, 1970; Lorio and Stephen, 1983; Lorio *et al.*, 1990).

En la actualidad se han desarrollado nuevos e innovadores planes de manejo de descortezadores con el uso de atrayentes sexuales sintéticos, para manipular y monitorear poblaciones de descortezadores (Safranyik and Hall, 1990; Hayes and Strom, 1994).

El monitoreo de los descortezadores es un procedimiento importante en el manejo de estos insectos, constantemente se mide un atributo que puede ser: la abundancia, la diversidad, los estados de desarrollo, la distribución en el espacio a través del tiempo, etc., con ello se puede inferir su abundancia poblacional y tomar medidas de control o de conservación de especies benéficas (Aukeman *et al.*, 2000; Macías, 2001, Sánchez, *et al.*, 2007); para realizar el monitoreo se han usado semioquímicos como feromonas y kairomonas, ya que son de alta especificidad, menos nocivos al ambiente y pueden atraer a los insectos depredadores de los descortezadores; por lo cual ambas poblaciones pueden ser monitoreadas en forma simultánea (Borden, 1989; Reeve, 1997; Rappaport *et al.*, 2000).

Las feromonas son sustancias químicas secretadas por un individuo hacia el ambiente, las cuales influyen en el comportamiento de otro individuo de la misma especie. Estas intervienen en muchas funciones conductuales como comportamiento sexual, oviposición, alarma y defensa, formación de agregaciones, marcar el camino y otro tipo de comunicación entre insectos sociales (Billings, *et al.*, 1995).

Otro de los aspectos primordiales en el desarrollo de cualquier programa de carácter

fitosanitario, es realizar una correcta identificación taxonómica de la o de las especies sobre las cuales se ha decidido establecer algún tipo de regulación. En este sentido no es una exageración el señalar que la diferencia entre una correcta y una mala identificación de un organismo determinado, puede ser la diferencia entre el éxito y el fracaso del cumplimiento de los objetivos planteados en un programa fitosanitario. Bravo (1970), indica que las características morfológicas externas y la extracción de genitalias son buenos caracteres para diferenciar especies de escolítidos.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Con base a lo anterior expuesto se plantearon como objetivos de este estudio:

- a) Identificar las especies de *Ips* presentes en el bosque de coníferas de la Calera, Cd. Guzmán; las Coloradas y Corralitos en Tecalitlán, Jalisco con base en las características morfológicas externas y las genitalias del macho.

- b) Identificar las especies de depredadores de *Ips* presentes en el bosque de coníferas de la Calera, Cd. Guzmán; las Coloradas y Corralitos en Tecalitlán, Jalisco con base en las características morfológicas externas

- c) Conocer la dinámica poblacional de las diferentes especies de *Ips* y sus depredadores, capturados en trampas Lindgren cebadas con las feromonas ipsenol, ipsdienol y la combinación (ipsenol-ipsdienol) durante un año de muestreo, en el bosque de coníferas de la Calera, Cd. Guzmán; las Coloradas y Corralitos en Tecalitlán, Jalisco.

1.2 HIPÓTESIS GENERAL

Se formula la hipótesis en la que se piensa que, al menos un atrayente o la mezcla puede comportarse diferente o mejor para atraer a cada una de las especies de *Ips* encontradas en los diferentes sitios de monitoreo.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Situación actual forestal en México

En México, el 69% de la superficie del país (135 millones de ha) está cubierta por vegetación natural. La SEMARNAT (2008), indica que en el país existen 42.7 millones de ha. de áreas arboladas, de las cuales 26.2 corresponden a bosques, 15.2 a selvas, y 1.3 a otras asociaciones forestales como manglares y palmares. Las entidades con mayores existencias en bosques son: Durango, Chihuahua, Michoacán, Jalisco, Guerrero y Oaxaca; en lo referente a selvas, son: Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo y Campeche. En ellos habitan más del 10% de las especies de plantas y animales del planeta, entre los que existe un alto porcentaje de endemismos.

En México habitan, casi el 50% de las aproximadamente 100 especies de pinos registradas en el mundo, 21 de las cuales son endémicas (Styles, 1993), los cuales se encuentran localizados entre los 1500 y 3000 metros sobre el nivel del mar (Figura 1) (Romeu, 1995).



Figura 1. Distribución geográfica de los bosques de coníferas en México (INE, 2007).

Del total de la superficie de México, el 59% se ha desertificado por degradación de suelo. En los últimos 40 años la deforestación y degradación de ecosistemas forestales en México ha sido uno de los problemas más graves de las zonas rurales. El 12.7% del total de la superficie forestal (4.5 millones ha.) sufre algún nivel de degradación de suelo (SEMARNAT, 2008). En tanto que, Mittermeier y Goettsch (1992), señalan que México ocupa el cuarto lugar en deforestación a escala mundial, y segundo en Latinoamérica, después de Brasil.

2.2 Fitosanidad forestal en México

Las plagas forestales ocasionan daños de tipo mecánico o fisiológico a los árboles, como deformaciones, disminución del crecimiento, debilitamiento e incluso la muerte; con un impacto ecológico, económico y social. Son considerados una de las principales causas de disturbio en bosques templados (Rodríguez, 1990). Actualmente se tiene un registro de 250 especies de insectos y patógenos afectando el arbolado (SEMARNAT, 2007).

Como resultado del monitoreo periódico de la SEMARNAT (2007) fueron detectadas 72,163 ha. afectadas por algún tipo de plaga. La mayor parte de esta extensión fue atacada por Descortezadores (31,710 ha), Muerdagos (21,967 ha), Defoliadores (10,175 ha) y Barrenadores (3,761 ha). Los estados con mayor superficie forestal promedio afectada por plagas en 2007 fueron: Aguascalientes, Oaxaca, Durango, Jalisco y el D. F.

Bravo (1970), señala que una de las principales plagas de pinos son los descortezadores, específicamente los *Ips*, debido al cambio climático éstos han pasado de ser plagas secundarias a plagas primarias aprovechando el stress al que es sometido el ecosistema.

2.3 Familia Scolytidae

2.3.1 Historia de la familia Scolytidae

El primer registro de la familia se hizo en 1840, Castelnau (Laporte) cita la especie *Ips fuscipennis* (Mexique) en la revista *Histoire Naturelle des Insectes Coléotères*, Tome deuxième, París. Cabe mencionar que el nombre específico no se menciona en la literatura actual, por lo que probablemente pertenece a otro grupo de insectos o su posición taxonómica es incierta. En 1968, Leconte citado por (Equihua y Burgos, 2002), realizó una sinopsis de los scolytidae de América y norte de México, y éste es considerado el primer estudio serio en nuestro país. En 1888, Dugés citado por (Equihua y Burgos, 2002) publicó un artículo sobre la metamorfosis de algunos escolítidos mexicanos.

2.3.2 Taxonomía de la familia Scolytidae

La familia Scolytidae pertenece a la Superfamilia Curculionoidea, y se encuentra dividida en dos subfamilias (Hylesininae y Scolytinae), 25 tribus, 181 géneros (Romero *et al.*, 1997) y alrededor de 5,812 especies de la familia Scolytidae (Equihua y Burgos, 2002).

2.3.3 Distribución geográfica

Los escolítidos tienen un impacto mayor en las comunidades forestales como los bosques de coníferas del mundo atribuyéndoles a éstos pérdidas estimadas en millones de dólares (Wood, 1982; Bustamante y Atkinson, 1984; Stephen *et al.*, 1993; Schowalter y Filip, 1993). En el Norte y Centro de América se encuentran presentes 25 especies, en Euroasia se encuentran presentes 16 especies, en Asia se encuentran cuarentenadas ocho especies y en Europa se encuentran cuarentenadas nueve especies (Wood and Bright, 1992).

En México se conocen 846 especies descritas (14.5% de la fauna mundial), de estas 526 lo han sido de México (62.1% a nivel específico y 70.5% a nivel genérico del total de la familia) agrupadas en 60 géneros y 17 tribus de las dos subfamilias (Equihua y Burgos, 2002).

2.3.4 Descripción morfológica

Huevo: Los huevos son muy pequeños, transparentes o blanco perlados, de forma redonda, oval o algo alargados. En algunos casos son grandes en relación con el tamaño de la hembra que los pone (Piña y Muñiz, 1981).

Larva: Es de cuerpo grueso, ápoda, de forma cilíndrica, de color blanco o crema, con la cabeza y las mandíbulas bien definidas y de color más oscuro. Carecen de ojos y tienen espinas o pellos en número escaso. El tórax, es generalmente tan ensanchado como el abdomen; patas ausentes, sin embargo con lóbulos corpulentos y ventrales. Abdomen con tres o más pliegues en cada segmento; nueve o diez segmentos, algunas veces de ocho a diez, con tubérculos pigmentados dorsalmente. Estigmas anulares bíforos, bíforos o incóspicuos sobre el mesotórax y segmentos abdominales de uno o varios estigmas (Piña y Muñiz, 1981).

Pupa: La pupa es de color blanco cuando está recién transformada, pero de manera gradual va tomando un color amarillento a medida que se aproxima su época de transformación en adulto. Las antenas, mandíbulas, patas y alas están ya formadas en la pupa desarrollada. Puede tener también pelos y espinas en varias regiones del cuerpo (Piña y Muñiz, 1981).

Adulto: Los escolítidos adultos son pequeños, de forma cilíndrica y de color café rojizo, obscuro o negro. Su tamaño varía desde el de los diminutos *Crypturgus*, que sólo alcanzan un 1mm de longitud, hasta el de las grandes especies del género *Dendroctonus* (*D. valens* mide hasta 9.5 mm). La mayoría de las especies son de color uniforme, brillante u opaco, siendo muy raras las coloreadas. Los élitros son lisos o cubiertos con diminutas sedas, cerdas o escamas, o bien rugosos con estrías elevadas. Muchas especies tienen pequeñas espinas o tubérculos en el extremo del abdomen, que a su vez puede ser de forma redondeada, roma o cóncava. La cabeza puede estar descubierta o algo cubierta por el pronoto. Las mandíbulas son fuertes, curvadas, dentadas y los ápices romos, sin labro. Las antenas geniculadas, con funículo de siete segmentos. La maza es grande, sólida anillada, a veces pseudolamelada, en tanto que los ojos son laterales, poco convexos y de forma transversal. El pronoto de los escolítidos adultos es ligeramente ancho, tanto como la cabeza, que se presenta de forma truncada anteroventralmente, con bordes marginales cuadrados, subcirculares o no, superficie puntuada o rugosa. La región pleural es ensanchada y el prosternón corto, situado enfrente de la coxa con un pequeño proceso orientado hacia la parte posterior; las cavidades precoxales están cerradas hacia atrás. El mesosternón es triangular y el metaesternón grande. Las patas son de tamaño regular y los trocánteres pequeños y triangulares, fémures engrosados y cortos; tibias comprimidas usualmente dentadas con un espolón apical. El género presenta una fórmula tarsal 5-5-5, que aparentemente puede ser 4-4-4; su tercer segmento es angosto o dilatado y el cuarto diminuto y con uñas grandes, simples o divergentes. Los élitros son enteros, con ápices redondeados, por lo general, declinados descendentes y con frecuencia presentan tubérculos, espinas, etc. El género tiene un abdomen con cinco esternitos visibles. La genitalia del macho consiste en un edeago fuerte, con ápice romo, y un simple par de apodemas en la base, ausencia de parámetros y con piezas basales reducidas a un delgado anillo completo o incompleto (Piña y Muñiz, 1981).

2.3.5 Ciclo de vida

Casi todos los escolítidos tienen una o más generaciones al año. Con frecuencia, una misma especie puede pasar el invierno en forma de huevo, larva o adulto, ya sean adultos jóvenes o viejos. Watson (1927) citado por Piña y Muñiz (1981), observó que muchas especies de *Ips* invernan en sus galerías en estado adulto y renuevan sus actividades con las lluvias primaverales; los adultos viejos agrandan entonces sus galerías maternas del año anterior y los adultos jóvenes abandonan después de una corta alimentación sus árboles nodrizas, buscando otros para atacarlos.

2.3.6 Daños

Atkinson (1985), señala que los escolítidos son básicamente barrenadores de los tejidos de ramas y fuste de las plantas leñosas, y que los insectos descortezadores son sólo un grupo de la familia Scolytidae. Señala también que como consecuencia del ataque de escolítidos descortezadores, la corteza se debilita y cae con el tiempo, y que la acción del barrenador combinada con la introducción de microorganismos, produce la muerte de la planta hospedante, o de la parte atacada. Piña y Muñiz (1981), indican que estos insectos excavan galerías en la parte más interna de la corteza, en donde ovipositan. Las larvas se alimentan del floema, mientras que el xilema sufre desgarramientos más ligeros en la superficie del cambium. Estos autores también señalan que el sistema de conducción y los meristemos secundarios son destruidos, lo que debilita al árbol gradualmente hasta producir su muerte.

Hay escolítidos que atacan a árboles sanos; Knight y Heikkenen (1980), señalan que este tipo de escolítidos son descortezadores primarios, mientras que los descortezadores secundarios son aquellos que atacan a árboles recientemente derribados o debilitados por otras plagas primarias (Furniss y Carolin, 1977).

Los síntomas externos de los árboles plagados son principalmente escurrimientos de grandes cantidades de resina, formación de grumos y cambio de color del follaje a verde amarillento y posteriormente a rojizo (Rodríguez, 1982).

2.3.7 Biología y hábitos

Wood (1980), señala que los escolítidos son los únicos coleópteros en los que los adultos padres construyen túneles subcorticales en plantas leñosas, donde cuidan sus crías. Atkinson (1985), menciona que estos insectos pasan la mayor parte de su ciclo biológico dentro de las plantas hospedantes. Los adultos en etapa reproductiva invaden plantas susceptibles, hacen galerías a la entrada de las cuales o dentro de ellas, se aparean y ovipositan. El desarrollo larvario y pupal sucede en la misma galería paterna o en los tejidos adyacentes. Después de la emergencia, los adultos abandonan al hospedante y vuelan directamente a otro árbol susceptible, donde se repite el ciclo biológico. El ataque de especies de escolítidos se coordina por una serie compleja de feromonas y por señales auditivas o táctiles, que aseguran la continuidad de cada especie (Wood, 1980).

Dada la diversidad de hábitos alimenticios presentes en este grupo de insectos, estos han sido agrupados en seis tipos principales: a) *Floeofagia* (insectos descortezadores que se alimentan del floema de las plantas); b) *Xilofagia* (insectos barrenadores de madera, que se alimentan del xilema de sus hospedantes); c) *Xilomicetofagia* (coleópteros ambrosiales, que se alimentan de hongos ectosimbióticos que ellos mismos cultivan, dentro de las galerías formadas en sus hospedantes); d) *Herbifagia* (insectos barrenadores de plantas herbáceas); e) *Mielofagia* (insectos barrenadores de médula en brotes y ramitas); y f) *Espermatofagia* (insectos barrenadores de semillas o frutas). A pesar de su espectro de agresividad, nunca se establecen en tejidos degradados, y en el caso de insectos asociados con plantas muertas ellos inician la sucesión de barrenadores y degradadores (Wood, 1982).

2.3.8 Dispersión

Los escolítidos dependen de su fuerza de vuelo para desplazarse de un hospedante a otro; guían su vuelo por medio de oleorresinas volátiles, terpenos e hidrocarburos, alcoholes u otras sustancias secretadas por los tejidos de sus hospedantes moribundos o recientemente cortados (Wood, 1982).

2.4 El género *Ips*

2.4.1 Historia taxonómica del género

Degeer, en 1775 citado por Bravo (1970), separo del género *Dermestes* L. a varias especies de coleópteros que según él, no tenían las características del mismo. De este grupo de especies describió un género nuevo y le dio el nombre de *Ips*. Entre las especies que ese autor separo, se encontraba *Dermestes typographus* L., la cual, según Swaine (1909) citado por Bravo (1970), señalo que debía ser considerada como la especie tipo, debido a que las demás especies que Degeer incluyo dentro de *Ips* han sido posteriormente cambiadas a otros géneros.

Fabricius (1776) citado por Bravo (1970), dio el nombre genérico de *Ips* a un grupo de especies de nitidulidos. Marsham (1802) citado por Bravo (1970), señalo que *Ips* Degeer tenía prioridad sobre *Ips* Fabricius. Sin embargo, Swaine (1909) citado por Bravo (1970), dice que el nombre de *Ips* se uso corrientemente para designar al grupo de nitidulidos mencionados, hasta “poco antes” de 1909, fecha en que publico su catalogo de escolítidos de América del Norte. Fabricius (1777) citado por Bravo (1970), describió al género *Bostrichus*, en el cual algunos autores como Germar (1824), Say (1826), y Mannerheim (1852) citados por Bravo (1970), incluyeron a varias especies nuevas, que ahora se sabe pertenecen al género *Ips*.

Latreille (1807) citado por Bravo (1970), describió al género *Tomicus* incluyendo al antiguo *Dermestes typographus* L. el nombre de *Tomicus* fue el adoptado por la mayoría de los naturalistas del siglo XIX y se referían a los *Ips* y bajo ese nombre Eichnoff (1867, 1868, 1869), y Leconte (1868, 1876, 1878) citados por Bravo (1970), describieron a la mayoría de las especies americanas de *Ips*.

Ferrari (1867) citado por Bravo (1970), dividió al género *Tomicus* en los subgéneros *T.* (*Orthomicus*) basándose en las suturas del mazo antenal. Bergrothh (1884), señaló que el *Tomicus typographus* Latreille debía ser llamado *Ips typographus* Degeer, y estuvo de acuerdo con Marsham (1802) citado por Bravo (1970), en sostener el significado original de *Ips* de Fabricius debía ser substituido por otro nombre. Blandford (1895) citado por Bravo (1970), en la Biología Central-Americana, trata a los *Ips* bajo el nombre *Tomicus*, considerando cuatro especies en México. Blandford, en la misma obra, reconoce que *Ips* tiene prioridad sobre *Tomicus*; sin embargo, prefiere usar este último nombre por considerarlo de mayor uso corriente en esa época.

Swaine (1909) citado por Bravo (1970), aduciendo el derecho de prioridad, puntualizo que *Ips* es el nombre que debe usarse para las especies del género que estamos considerando.

2.4.2 Distribución geográfica del género *Ips*

Según Wood (1982), el género *Ips* se distribuye en bosques de coníferas desde el sur de Estados Unidos de Norte América hasta el norte de Nicaragua; en Europa; desde el sur de Asia hasta el norte de África; en la India y Australia.

2.4.3 Importancia del género *Ips*

El género *Ips* llegó a América del norte procedente del este de Asia y como resultado las especies de Estados Unidos de Norte América son muy similares a las de Eurasia. Según Wood citado por Bravo (1970), las especies mexicanas de *Ips* se derivaron de las regiones montañosas de Arizona y Nuevo México, afirmando que todas las especies que se encuentran en México lo están también en el suroeste de Estados Unidos. De acuerdo con los datos de distribución geográfica, los *Ips* americanos se encuentran más frecuentemente en los bosques de coníferas formados principalmente por especies del género *Pinus* (Bravo, 1970; Atkinson, 1982).

El género comprende 60 especies, de las cuales 25 ocurren en Norte América, 5 en América Central y 10 en México (Atkinson, 1982). En EUA, debido a que algunas especies de *Ips* prefieren vivir en árboles de corteza delgada, se les considera plagas primarias de árboles jóvenes (Keen, 1952). En México hasta hace poco las especies de este género se caracterizaban por alimentarse de árboles débiles en proceso de muerte o caídos por cualquier causa (Bravo, 1970; Atkinson, 1982; Rodríguez, 1990), hoy en día se les ha encontrado atacando árboles sanos.

A partir del año 2004, en el Estado de Jalisco, México, donde se encuentra la mayor plantación de pinos en México, se han presentado varios brotes de especies de *Ips* en plantaciones de *P. douglasiana* Mart, lo que está ocasionando un impacto ecológico, económico y social. En el año 2006, *Ips lecontei* comenzó a causar mortalidad en pinos de todas las edades, el cual era considerado en México como plaga secundaria (Steed and Willhite, 2007 no publicado). Por lo que, el monitoreo de los descortezadores es un procedimiento primordial en el manejo de estos insectos, constantemente se mide un atributo que puede ser: la abundancia, la diversidad, los estados de desarrollo, la distribución en el espacio a través del tiempo, etc., con ello se puede inferir su abundancia poblacional y tomar medidas de control o de conservación de especies benéficas (Aukeman *et al.*, 2000; Macías, 2001; Sánchez *et al.*, 2007); para realizar el monitoreo se han usado semioquímicos como feromonas y kairomonas, ya que son de

alta especificidad, menos nocivos al ambiente y pueden atraer a los insectos depredadores de los descortezadores; por lo cual ambas poblaciones pueden ser monitoreadas en forma simultanea (Borden, 1989; Reeve, 1997; Rappaport *et al.*, 2000).

2.4.4 Descripción morfológica

Los adultos son pequeños escarabajos cilíndricos, de 2 a 7mm de longitud y 1.0 a 2.5mm de ancho, de color café a negro (Figura 2). El pronotum cubre completamente la cabeza en vista dorsal. El declive de los élitros es cóncavo, en cuyos márgenes laterales hay varias salientes parecidas a dientes o espinas; éste es un carácter que los distingue fácilmente de otros géneros de la familia Scolytidae. Las larvas son ápodas, de color blanco, curvas (Figura 3) y construyen galerías perpendiculares a las galerías de los padres (Rodríguez, 1990; Dajoz, 2001).

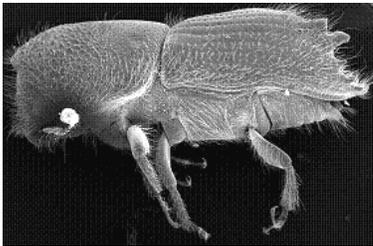


Figura 2. Adulto del género *Ips*



Figura 3. Larva de género *Ips*

Se les puede llamar escarabajos “grabadores” o “esculpidores” por las características de sus galerías que son grabadas en la madera; aunque la mayor parte de ellas se localizan en la corteza interna (Figura 4). La primera evidencia de su ataque, es el aserrín acumulado en las rugosidades de la corteza del árbol (Figura 5) (Rodríguez, 1990).



Figura 4. Aserrín evidencia de ataque de *Ips*

2.4.5 Ciclo de vida

Las especies de *Ips* son varias generaciones, contando desde cuatro hasta 13 generaciones al año (Cibrián *et al.*, 1995). Los adultos invernan debajo de la corteza o los alrededores cerca de la base del árbol. Comienzan a atacar debilitando los árboles en la primavera, inicialmente el macho entra en el árbol construye una cavidad debajo de la corteza conocida como la cámara nupcial. Las hembras son atraídas al árbol mediante químicos (feromonas) producidos por el macho. Después del apareamiento, las hembras (normalmente tres) excavan galerías de oposición en la cámara central. Las galerías producidas por los adultos tienen forma de una Y o H (Figura 5). Esas galerías están casi libres de polvo, el cual es retirado a través del agujero de entrada por los adultos (Cranshaw and Leatherman, 2002). El desarrollo larvario y pupal sucede en la misma galería paternal o en los tejidos adyacentes. Después de la emergencia, los adultos abandonan al hospedante y vuelan directamente a otro árbol susceptible, donde se repite el ciclo biológico (Atkinson. 1985).



Figura 5. Galerías del género *Ips*

2.4.6 Daño por *Ips*

El daño que ocasionan las larvas y adultos de la familia scolytidae es que barrenan el tejido vivo, moribundo o recién muerto de los árboles forestales (Atkinson, 1982; Perusquia, 1982); además, actúan como vectores de hongos patógenos que pueden ocasionar la muerte del árbol bien provocar daños que alteran las calidades de la madera causando pérdidas económicas importantes (Burgos y Equihua, 2007). La apariencia de los árboles atacados muestran el follaje amarillento o rojizo, árboles muertos, o árboles con aserrín en los orificios de entrada del estado adulto, con galerías debajo de la corteza (Figura 2) (Billings y Flores, 1990).



Figura 6. Árboles atacados por descortezadores del género *Ips*

2.5 Identificación de especies de *Ips* y sus depredadores

2.5.1 Identificación de descortezadores y depredadores mediante características morfológicas

Actualmente, la identificación de las especies de *Ips* se realiza mediante claves basadas principalmente en características morfológicas externas, como por ejemplo, el número y forma de las espinas en el declive elitral y características de las puntuaciones de los élitros y del pronoto. Estas características tienen la dificultad de que sólo pueden

ser interpretadas con precisión por especialistas experimentados en la taxonomía de escolítidos. La identificación de especies del género *Ips* se dificulta aun más por el hecho de que hay algunas especies muy parecidas externamente, por lo que se ha recurrido al estudio de la anatomía interna del insecto (proventrículo y órganos genitales) (Hopkins, 1915).

2.5.2 Identificación de descortezadores mediante la extracción de la genitalia del macho

Los órganos masculinos externos son aquellos que sirven a la transferencia de espermatozoides hasta el cuerpo de la hembra o a la retención de ésta durante la cópula. 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. La presencia de coxopoditos y estiletes en el noveno segmento hizo que muchos investigadores cayesen en la tentación de considerar a los órganos masculinos de retención como derivados de los gonópodos. En diversas ocasiones se ha considerado que en la composición del órgano fálico intervienen apófisis o enditos de los gonópodos masculinos (Prado y Valdez, 1985)

Hopkins (1915) estudio los órganos reproductores de machos de 68 especies de escolítidos representantes de 43 géneros. Según Snodgrass (1957), los órganos de transferencia de espermatozoides como los de retención se derivan, durante el desarrollo postembrionario, de un par de lóbulos fálicos primarios totalmente independientes de las extremidades del noveno segmento abdominal.

En tanto que, Bravo (1970) realizó un estudio preliminar de las especies mexicanas del género *Ips*, considerando a las especies *Pseudips mexicanus*, *I. bonanseai*, *I. plastographus*, *I. oregonis*, *I. lecontei*, *I. cribricollis*, *I. interstitialis*, *I. confusus*, *I. radiate* e *I. concinnus* y señala que el edeago y la pieza basal del tegmen son buenos caracteres para diferenciar especies.

Los órganos genitales masculinos del género *Ips* dentro del abdomen son asimétricos, ya que se encuentran en el lado derecho. Los órganos genitales masculinos externos comprenden: a) el tegmen, b) edeago, c) endofalo, d) espícula y membranas conjuntivas; estas estructuras están asociadas entre sí mediante músculos y conducen el fluido seminal a la hembra durante la cópula (Figuras 7 y 8) (Correa, 1989).

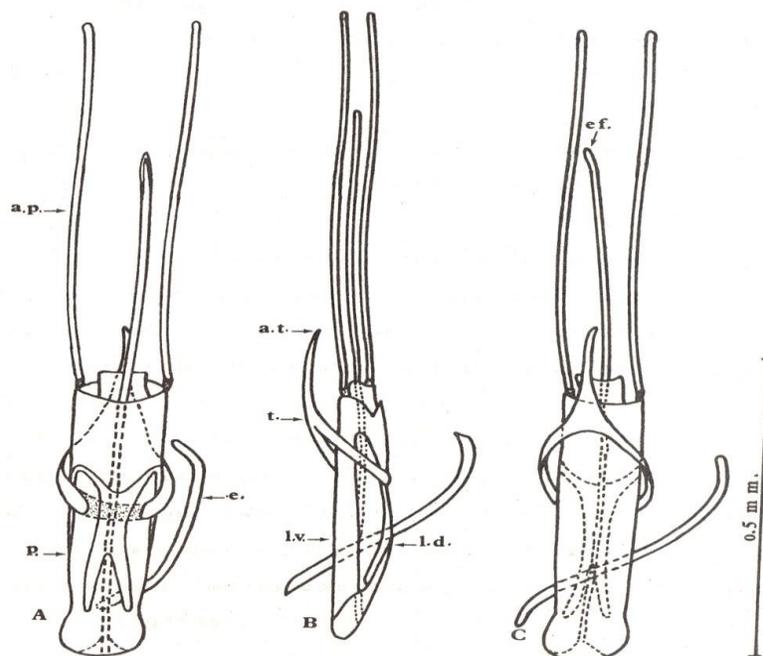


Figura 7. Órganos genitales masculinos externos de *Ips* spp. A. vista dorsal; B. lateral; C. ventral. a.p., apodemas del edeago; a.t., apodemas del tegmen; c.i., cilindro interno del edeago; e., espícula; ef., endofalo; l.d., lóbulos dorsales; l.v., lóbulo ventral; p., cuerpo del edeago; t., tegmen (Correa, 1989).

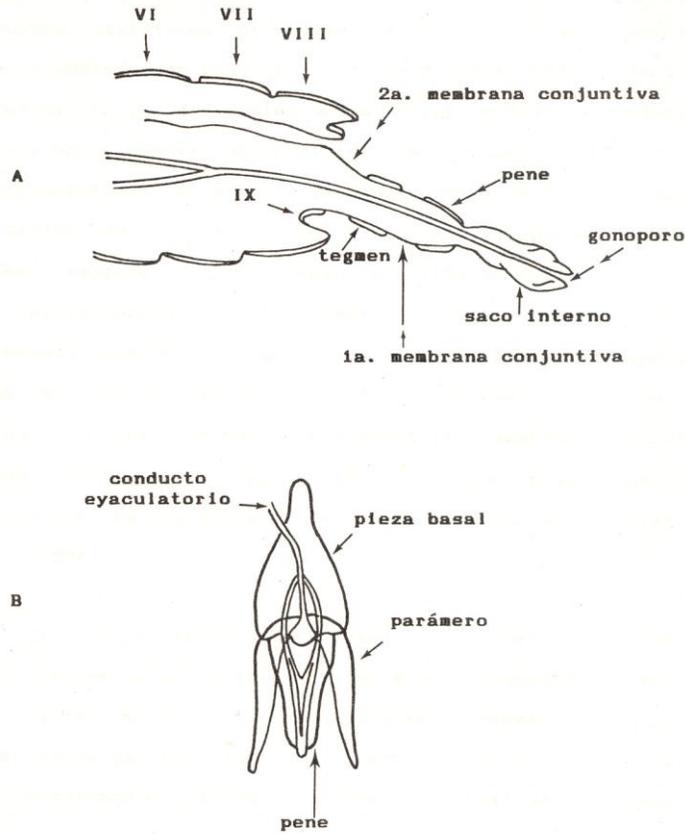


Figura 8. Órganos genitales masculinos de coleópteros. A, esquema del tubo genital masculino extendido; B, vista dorsal del edeago de *Hydroys piceus* (Correa, 1989).

a) *El tegmen*. Debido a que es una de las estructuras que presenta mayor variación, es de gran utilidad para separar las especies. En la mayoría de las especies, tiene un esclerosamiento continuo, pero en otras la parte dorsal media es de cutícula membranosa y da la apariencia de ser un anillo abierto. El apodema del tegmen varía en tamaño; su extremo cefálico en algunas especies puede estar cargado hacia el lado izquierdo y dirigido hacia arriba. Los bordes laterales del tegmen pueden presentar pequeñas protuberancias (Correa, 1989).

b) *El edeago*, puede ser robusto o esbelto, simétrico o asimétrico; su cilindro interno en algunos casos sobrepasa al externo, los esclerosamientos de su superficie dorsal pueden ser largos o cortos y terminar en punta o redondeados; sus áreas membranosas laterales pueden llegar o no al tegmen; el cuerpo del edeago puede tener la misma anchura en toda su longitud o ser más ancho en su extremo posterior y terminar en un lóbulo redondeado o en punta. Los apodemas del edeago pueden ser ligeramente más cortos o más largos que el cuerpo del edeago (Correa, 1989).

El cuerpo principal del edeago está formado por tres lóbulos, uno ventral y dos dorsales, unidos en la base para formar una estructura tubular. El lóbulo ventral es el de mayor tamaño y forma un amplio canal longitudinal redondeado en su extremo posterior. Los lóbulos dorsales son estructuras longitudinales independientemente alojadas en el canal formado por el lóbulo ventral (Correa, 1989).

c) *El endofalo*. Es una estructura tubular que se origina en el extremo anterior del tubo membranoso formado por la pared interna del edeago. Las paredes laterales del endofalo están reforzadas por esclerosamientos longitudinales que forman una o dos varillas paralelas y recorren toda la longitud del endofalo. El endofalo puede presentar una o dos varillas esclerosadas, las cuales pueden ser casi rectas, ligeramente curvadas o estar torcidas en espiral una o dos veces. Su longitud puede pasar ligeramente al apodema del tegmen, llegar hasta la mitad de los apodemas del edeago o más adelante (Correa, 1989).

d) *La espícula*, representa el noveno segmento abdominal modificado, es una estructura esclerosada que forma una varilla hueca, curvada y lateralmente alrededor de los genitales. El tegmen es una estructura muy simplificada en la que ya no se distinguen ni la pieza basal ni los parámetros, tiene forma de anillo

y rodea a la base del pene; de su superficie ventral anterior se origina el apodema del tegmen que se prolonga hacia delante (Correa, 1989).

En unión a estos elementos, que son más constantes, se encuentra la válvula seminal y el canal seminal, los cuales parecen estar más íntimamente asociados con las placas terminales que con el cuerpo; se encuentran además las membranas conectivas y los músculos (Correa, 1989).

Las variaciones morfológicas encontradas en los órganos genitales externos del género *Ips* sirven por sí 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).

2.6 Feromonas

El término feromona proviene del griego “pherein” que significa portador y “hormo” que significa excitación (Primo, 1991), y se puede definir como una señal química que emitida por un organismo ocasiona una respuesta específica en un individuo de la misma especie (Landolt and Phillips, 1997). En insectos propician cambios de comportamiento y/o fisiológicos en el individuo receptor (Robinson, 1996). El término “feromona” designa sustancias biológicamente activas, secretadas al exterior del organismo de un individuo y percibidas por otros de la misma especie en los que desencadena reacciones de tipo conductual o fisiológico (Karlson and Luscher, 1959 citado por Gil y Pajares, 1986).

2.6.1 Clasificación de las feromonas

Las feromonas de insectos se clasifican, según su función en feromonas de atracción sexual de agregación, disuasivas, de alarma y marca senderos (Jutsum and Gordon, 1989). Las feromonas de alarma son usadas por los insectos para defensas y protección y son comunes en hormigas, abejas y áfidos. Las feromonas de agregación las utilizan para llamar a otros miembros a un sitio apropiado para alimentación o para albergue. La feromona de seguimiento es aquella en donde miembros de la misma especie dejan un rastro químico detectable por los otros miembros de su especie para que puedan localizar los sitios de alimentación, es muy frecuente en insectos sociales, especialmente hormigas y termitas. Las feromonas de determinación de castas permiten en insectos sociales, a la reina de la colmena, decidir cuál será el destino de su progenie. Las feromonas sexuales sirven para atraer el sexo opuesto y juegan un papel importante en la copula de los insectos, estas son de particular interés en el estudio de insectos plagas bajo esquemas de manejo integrado de plagas (MIP) (Jones y Lewis, 1981).

2.6.2 Aislamiento y uso de feromonas

El primer aislamiento e identificación de la feromona de un insecto se hizo con la polilla del gusano de la seda, *Bombyx mori* en 1959 por científicos alemanes. Desde entonces, miles de feromonas de insectos han sido identificadas mediante equipos crecientemente sofisticados. Actualmente se tiene una visión mucho más clara de las posibilidades y limitaciones asociadas con feromonas de insectos en programas de Manejo Integrado de Plagas. Los dos usos principales de las feromonas de insectos son para detección y monitoreo de poblaciones y para alteración del apareamiento. Estos usos sacan ventaja de las feromonas sexuales de las cuales depende una gran mayoría de los insectos plagas como intermediarias para la reproducción (Matthews y Matthews, 1978).

Las feromonas son de gran utilidad en programas de manejo integrado de plagas. La principal función de las feromonas sexuales de insectos, es atraer insectos a trampas para su detección y determinación de su distribución espacial y temporal.

2.6.3 Feromonas de los Scolytidae

La mayoría de las feromonas hasta ahora identificadas entre los Scolytidae son consideradas de agregación (Gil y Pajares, 1986). La producción y efectos de las feromonas son complejos puesto que intervienen sustancias producidas por los dos sexos combinadas con sustancias volátiles liberadas por el árbol hospedante bajo ataque (principalmente monoterpenos). Las feromonas se han estudiado principalmente en especies de *Dendroctonus*, *Ips*, *Scolytus*, *Gnatostrichus* y *Trypodendron*. En coníferas también se han estudiado feromonas. En los casos estudiados hasta ahora la producción inicial de feromonas es por individuos del sexo que inician el ataque. Individuos del sexo opuesto son atraídos a la fuente de feromona e individuos del mismo sexo se atraen al área en general, pero no al individuo que produce la feromona. Hasta cierto punto mientras más individuos llegan y atacan más feromona se produce rápidamente provocando un ataque masivo sobre el árbol hospedante. En *Ips* los machos inician el ataque y dejan de liberar feromonas cuando han formado su harem, por otro lado en *Dendroctonus* las hembras son las pioneras y los machos que llegan producen otras feromonas que nulifican la atracción producida por las hembras, las cuales a su vez dejan de producir feromonas cuando copulan. Las feromonas seguramente existen en la totalidad de los escolítidos y juegan un papel importante en su supervivencia facilitando el encuentro y la agregación de los individuos de una misma especie, a la vez que constituyen un importante mecanismo de aislamiento al actuar como repelentes para los individuos de especies próximas competidoras por el mismo nicho ecológico (Figura 9) (Borden, 1982).

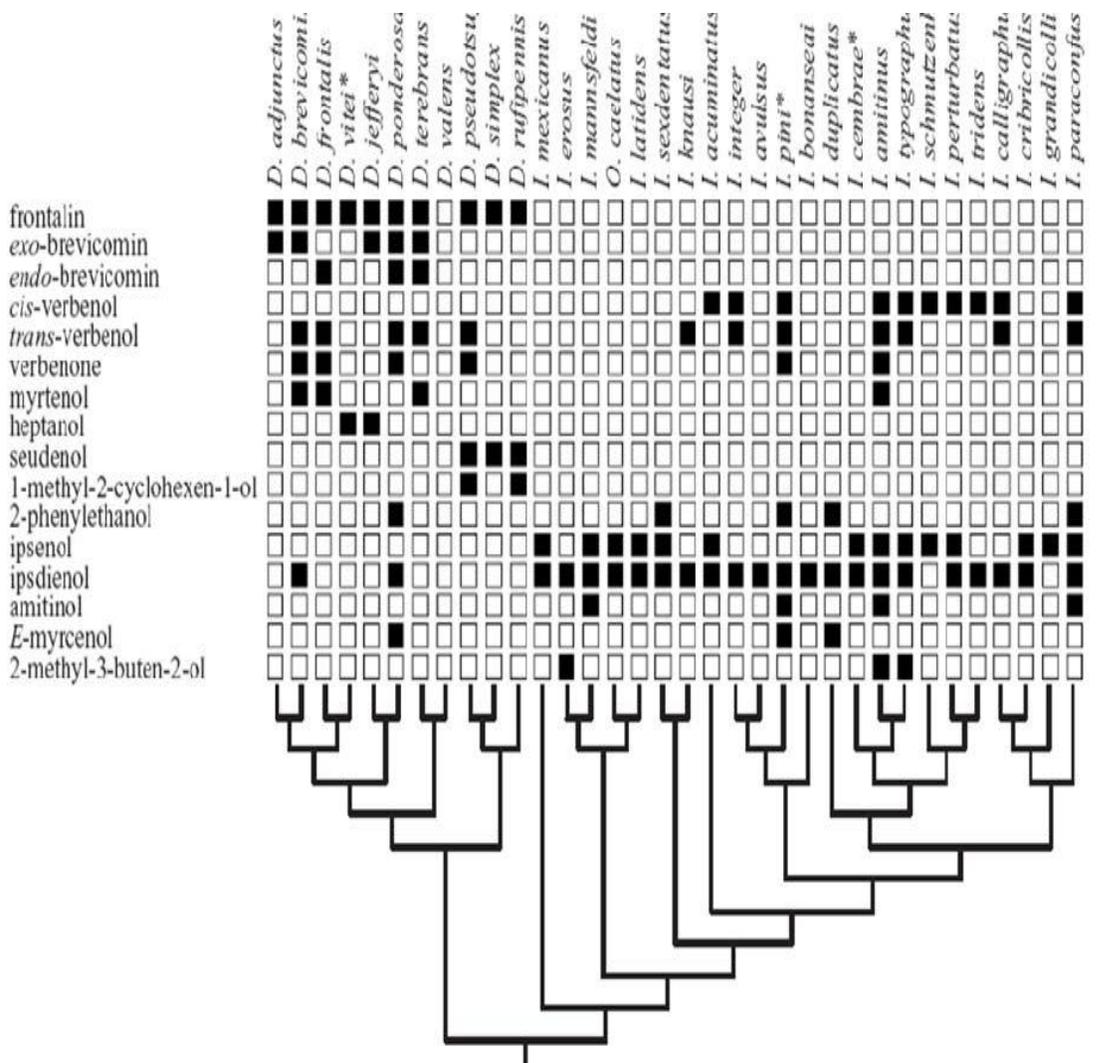


Figura 9. Feromonas utilizadas para la atracción de algunos descortezadores del género *Dendroctonus* e *Ips* (Salinas et al., 2004).

2.6.4 Síntesis de las feromonas en los escolítidos

Algunas feromonas en Scolytidae están relacionadas con el intestino posterior y con los tubos de Malpighi del insecto y son excretadas al exterior con sus deyecciones, que constituyen un sustrato ideal para su volatización en el medio aéreo. Estas feromonas de ingestión son originadas solamente después de que la alimentación ha comenzado, lo que indica que un precursor (frecuentemente α -pineno y mirceno) a debido ser ingerido y metabolizado o bien que el alimento asimilado activa células secretoras especializadas en su producción (Gil y Pajares, 1986).

Los estudios sobre muchas especies de insectos han demostrado que estos químicos no solo provienen del abdomen sino también de la cabeza y tórax y son almacenados en glándulas exocrinas. La recepción de estos químicos en insectos se produce en células llamadas sénsilas, las cuales las rodean estructuras características como pelos, cerdas, placas, hendiduras, presentes en la epidermis del insecto (Matthews y Matthews, 1978).

2.6.5 Resistencia y mecanismos de defensa del hospedante

La resistencia es definida por Beck (1965), como “una colección de características hereditarias, por medio de las cuales las especies de plantas, razas, clones o individuos pueden reducir la probabilidad de que sean utilizados exitosamente como hospedantes por una especie, raza, biotipo o individuo”, definición que describe la gran complejidad del fenómeno mismo. Hanover (1972), sugiere que los desequilibrios en la relación insecto-árbol que influyen sobre la resistencia del mismo pueden ser causados por variaciones en tres características básicas del hospedante: la producción de compuestos químicos repelentes y atrayentes, la morfología y anatomía, y el estado nutricional (esto explica por qué la estación de primavera es particularmente favorable para la colonización exitosa de pinos por parte de *D. frontalis*, debido a que en esta temporada existe una fuerte demanda de los fotosintatos disponibles para el crecimiento, en tanto que en el verano, el aumento de la presión de resina incrementa el potencial de resistencia del árbol hacia el insecto).

En cuanto a la producción de compuestos químicos, la resina juega un papel paradójico, puesto que representa una defensa contra los insectos y sus asociados, pero al mismo tiempo posee características atractivas 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 (aproximadamente 70%), monoterpenos y pequeñas cantidades de sesquiterpenos, alcoholes terpénicos y ácidos grasos. Los ácidos diterpenoides están disueltos en monoterpenos y cuando éstos se volatilizan, los primeros se endurecen formando las masas de resina cristalizada que tanto caracterizan a los ataques de descortezadores a lo largo del fuste de las coníferas, muy especialmente en pinos. Es de importancia fundamental en el mecanismo de defensa el hecho de que la resina tiene una amplia variación en cuanto a sus propiedades físicas y químicas, las que le confieren un carácter único a cada árbol (Macías, 2001).

2.6.6 Manejo de los bosques utilizando semioquímicos

En los países como Canadá, Estados Unidos y Suiza el uso de semioquímicos se implementa sobre conocimientos amplios de la biología y ecología de los insectos que se pretenden manejar. En México la información disponible sobre los descortezadores está enfocada sólo a cuestiones básicas de taxonomía, incidencia y ciclos de vida; por lo que, es necesario que sienten las bases para estudios de ecología química de las especies mexicanas, con el fin de implementar el uso futuro de los semioquímicos en el manejo de los insectos descortezadores (Cibrián *et al.*, 1995).

Borden (1985), menciona que son diversas las tácticas en que se utilizan estos compuestos para el manejo de insectos forestales, por ejemplo, monitoreo y detección, trapeo en masa, antiagregación e interrupción del apareamiento.

a) 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 herramienta para monitorear y detectar a los insectos. La información obtenida del monitoreo es útil no sólo para la detección, sino 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 fundamentalmente para evaluar sus poblaciones y forma parte integral de su manejo (Borden, 1982). En México, esta táctica es particularmente utilizada para monitorear el avance en la distribución del descortezador del olmo, *A. multistratus*, que es un insecto exótico de reciente introducción (Méndez, 1995).

b) Trampeo masivo

El objetivo de esta táctica es concentrar al insecto plaga en un área restringida, donde pueda ser fácilmente eliminado a un bajo costo y con el menor impacto posible al ambiente, caso contrario al que ocurriría si se utilizaran insecticidas. El éxito de esta táctica, en relación con los insectos forestales, está limitado a los insectos barrenadores ambrosiales (Coleoptera: Scolytidae) en zonas bien definidas (Borden, 1993).

c) Antiagregación

Durante la búsqueda de bioactividad de semioquímicos atractivos para descortezadores, se han descubierto un total de 25 compuestos, de probada actividad antiagregativa en el campo, contra 29 especies de descortezadores. El uso de verberona en *Pinus ponderosa* inhibe el ataque de insectos descortezadores (Borden,

1997). La técnica de contención y concentración, basada en semioquímicos se usa muy frecuentemente en Columbia Británica, y es una técnica predominante para el manejo integrado del escarabajo de la montaña *D. ponderosae* (Safranyik and Hall, 1990).

Los volátiles de las hojas verdes, se han utilizado con cierto éxito y los compuestos provenientes de no-hospedantes prometen ser una alternativa viable para evitar la agregación de descortezadores de coníferas (Borden, 1997).

La estrategia de “atraer-repeler” involucra el uso de una mezcla antiagregante combinada con trampeo masivo (Borden, 1997). En el primer componente (antiagregante) indica que el hábitat ya ha sido ocupado por competidores, mientras que el segundo (atrayente) señala que los árboles adyacentes son atractivos, como resultado de ataques exitosos por parte de la especie que se trata de controlar. Esta estrategia fue de importancia relevante al detener la posible desaparición de *Pinus torreyana* Parry por ataque del descortezador *Ips paraconfosus* Lanier en California (Shea y Neustein, 1995).

2.6.7 Dispositivos con feromonas

Para la diseminación de las feromonas en los cultivos se han diseñado diferentes dispositivos como son: fibras huecas de plástico de polivinilo las cuales emiten la feromona por los extremos; fibras huecas selladas, bolsas de un plástico que permite la emisión por las paredes; flecos de plástico laminado: emiten por las paredes y los bordes expuestos. Normalmente estos cebos están ligados a una estructura que hace

las veces de una trampa para que los insectos que se aproximan puedan ser capturados en ellas. La mayoría de las feromonas sexuales de los insectos están formadas por varios componentes mezclados en proporciones muy definidas de moléculas que en algunos casos pueden ser costosas de fabricar (Flint y Doane, 1996).

La información de captura puede ser muy útil para tomar decisiones de aplicación de insecticidas y otras medidas de control; hacer seguimiento de poblaciones; matar los machos que se capturan y controlar la población a través de la técnica de la confusión. Esta consiste en atraer y matar los insectos que llegan a la trampa, en la cual el atrayente se impregna con un tóxico para matar el insecto que es atraído. Se considera que es mejor un macho muerto que uno confundido (Flint y Doane, 1996).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación de los sitios de monitoreo

Las sitios de experimentación se establecieron una en Ciudad Guzmán (Figura 10) y cuatro en Tecalitlán (Figura 11); las cuales se ubican en la Región Centro Sur del Estado de Jalisco, su clima es semiseco, su temperatura media anual es de 19.6°C, su máxima promedio es de 27°C y la mínima promedio es de 12.1°C, su precipitación pluvial media es de 694.4 mm, el régimen de lluvias se da entre los meses de junio a septiembre y la humedad promedio anual es de 62%. La mayoría de bosque estuvo conformada por *Pinus duglassiana* Mart. Los cinco sitios escogidos para establecer el experimento tenían diferente objetivo de aprovechamiento forestal y donde los árboles presentaban follaje amarillento o rojizo, árboles muertos ó árboles con aserrín en los orificios de entrada del estado adulto, ó con galerías debajo de la corteza. El experimento se condujo de junio del 2006 a mayo del 2007. Los insectos descortezadores y sus insectos depredadores capturados en las trampas multiembudo cebadas con las feromonas ipsenol, ipsdienol, la combinación (ipsenol–ipsdienol) y el testigo fueron contabilizados mes tras mes y se identificaron en el Laboratorio de Entomología Forestal del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

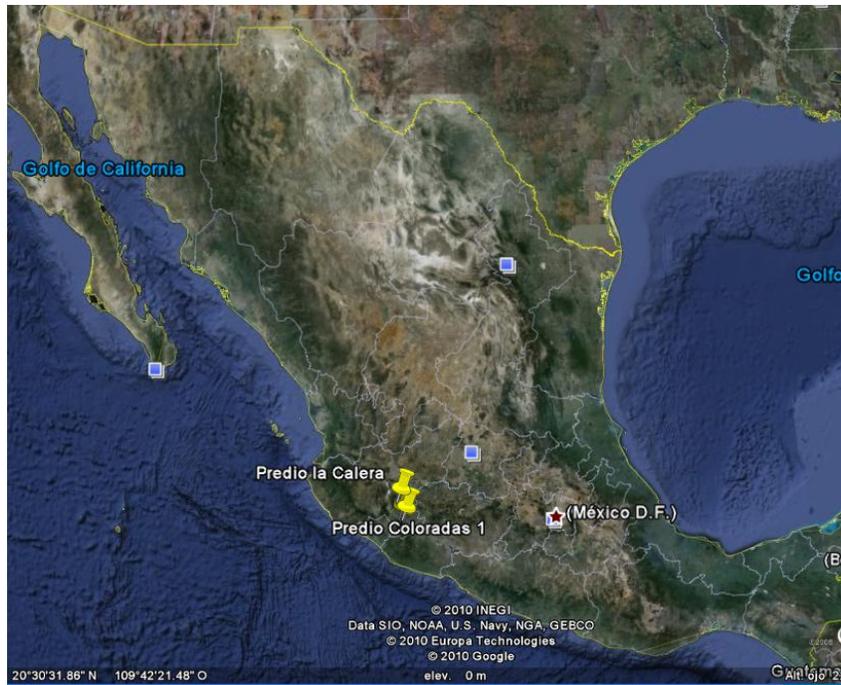


Figura 10. Localización del sitio 1. La Calera ubicado en Cd. Guzmán, Jal.



Figura 11. Localización de los sitios 2, 3, 4 y 5. Las Coloradas 1 y 2, y Corralitos 1 y 2, ubicados en Tecalitlán, Jal.

El sitio 1. Predio La Calera, Cd. Guzmán, Jal., era un bosque de regeneración natural, ubicado a los 19° 48' 52.1" N y 103° 18' 41.2" W, con una altitud de 1820 m (Figura 12).



Figura 12. Sitio 1. Bosque de regeneración natural.

El sitio 2. Predio Coloradas 1, Tecalitlán, Jal., había un rodal de árboles con cortas intermedias de *Pinus oocarpa*, *P. duglassiana* y *P. michoacana*, ubicado a los 19° 21' 28.8" N y 103° 10' 22.2" W, con una altitud de 1801 m (Figura 13).



Figura 13. Sitio 2. Rodal de árboles con cortas intermedias.

El sitio 3. Predio Coloradas 2, Tecalitlán, Jal., había un rodal de árboles Padre con manejo antes y después de la instalación de trampas, matarrasa y plantación inmediata, ubicado a los $19^{\circ} 19' 11.9''$ N y $103^{\circ} 10' 22.4''$ W, con altitud de 2109 m (Figura 14).



Figura 14. Sitio 3. Rodal de árboles Padre con manejo antes y después de la instalación de trampas, matarrasa y plantación inmediata.

El sitio 4. Predio Corralitos 1, Tecalitlán, Jal., estaba situado en una plantación de árboles Padre con podas y aprovechamiento, ubicado a los $19^{\circ} 22' 07.8''$ N y $103^{\circ} 15' 49.2''$ W, con una altitud de 2007 m (Figura 15).



Figura 15. Sitio 4. Plantación de árboles Padre con podas y aprovechamiento.

El sitio 5. Predio Corralitos 2, Tecalitlán, Jal, estaba situado en una Región Natural con árboles Padre, ubicado a los 19° 21' 19.8" N y 103° 16' 2.6" W, con una altitud de 1836 m (Figura 16).



Figura 16. Sitio 5. Región natural con árboles Padre

3.2 Colocación de las trampas

Una vez escogido los sitios; en cada uno de ellos se colocaron cuatro trampas Lindgren® de 10 unidades (PheroTech.), con un tratamiento cada una (ipsenol, ipsdienol, ipsenol–ipsdienol de ChemTica Internacional S. A. y el testigo sin feromona), con una separación aproximada de 20 m entre ellas (Figura 17). El vaso colector de las trampas estuvo a una altura de 1.60 m sobre el nivel del suelo. Con un marcador permanente se etiqueto cada tratamiento.



Figura 17. Colocación de las trampas en los sitios de monitoreo

3.3 Recolección de insectos y mantenimiento de las trampas

Los insectos capturados se recolectaban cada mes (Figura 18), el vaso colector de la trampa se limpiaba con una brocha para evitar que se llenara de basura; posteriormente se le agregaba un trozo de dos centímetros de banda plástica de collar antipulgas como insecticida organofosforado Gardona (Tetraclorvinfos[®]) (Figura 19), el cual se cambiaba cada mes, para que los insectos que cayeran en las trampas se murieran.



Figura 18. Recolección de insectos mensuales



Figura 19. Banda plástica con insecticida

3.4 Recebado de la trampa

El período de vida de la feromona era de aproximadamente 2 meses, por lo que se cambiaba pasando este tiempo (Figura 20).



Figura 20. Feromona utilizada en el experimento

3.5 Procedimiento para la identificación de descortezadores y sus depredadores mediante características morfológicas externas

Los insectos descortezadores y depredadores capturados en las trampas multiembudo con feromonas se trasladaron al Laboratorio de Entomología Forestal del Colegio de Postgraduados, fueron colocados en frascos de vidrio con alcohol al 70% y se etiquetaron con los datos correspondientes de la colecta para su identificación y registro en una base de datos en Excel.

Las diferentes especies de *Ips* y sus depredadores encontradas en el experimento fueron identificadas utilizando las claves taxonómicas de Wood (1982).

3.6 Procedimiento para la identificación de especies de *Ips* mediante la extracción de la genitalia del macho

- a) Los insectos de las diferentes especies de *Ips* se sacan del alcohol al 70%, se les quita el abdomen (Figura 21).

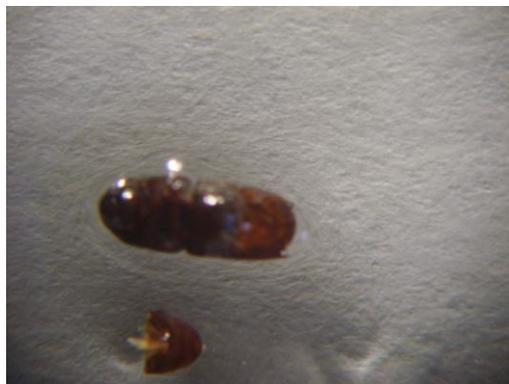


Figura 21. A las diferentes especies de *Ips* se les quitó el abdomen

- b) Los abdómenes se colocan en un dispositivo que contiene hidróxido de potasio al 10%, deberán permanecer 24 hr en posición vertical a temperatura ambiente y se etiqueta con la información correspondiente (Figura 22).



Figura 22. Los abdómenes se colocan en hidróxido de potasio al 10%

- c) Transcurridas las 24 hr., los abdómenes se sacan del hidróxido de potasio y se lavan con agua destilada (Figura 23).



Figura 23. Los abdómenes se lavan con agua destilada

- d) Después de un rato, los abdómenes se sacan del agua destilada y se colocan en alcohol al 70% por 24 hr (Figura 24).



Figura 24. Los abdómenes se colocan en alcohol al 10%

- e) Pasando las 24 hr. se colocan los abdómenes en alcohol al 100%, ahí se separan los tergos pero sin separar la espermateca y el edeago de ellos, luego se lavan de nueva cuenta las preparaciones con alcohol al 100%. En un siracusa vacío, bien seco se pone xilol y las preparaciones se pasan a esté durante cinco minutos. Después en un portaobjetos bien limpio se coloca una gota de bálsamo de Canadá, en el cual se colocara la preparación ya sea la de la hembra o la del macho, se le pone un cubreobjetos y se etiqueta.
- f) Las imágenes de las genitalias del macho fueron obtenidas en un fotomicroscopio Carl Zeiss Tessovar, con una cámara digital Pixera Professional. Las imágenes se archivaron en formato JPG. De la misma forma, se capturó la imagen de la reglilla de un micrómetro graduado en centésimas de milímetro, para calibrar el analizador de imágenes. Para medir las imágenes se usó el programa Image Tool 3.0 (Wilcox *et al.*, 2002). Con la imagen de la reglilla micrométrica se calibró el programa y se utilizó la micra como unidad de medida.

3.7 Análisis estadístico para conocer que atrayente atrae a cada una de las especies de *Ips* y sus depredadores

La información obtenida se procesó con ayuda del paquete computacional Excel y se analizó estadísticamente con el programa SAS (1999). Las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Se aplicó el diseño estadístico bloques al azar para correr la hipótesis al menos un atrayente o la mezcla puede comportarse diferente o mejor para atraer a cada una de las especies de *Ips* encontradas en los diferentes sitios de muestreo.

Los tratamientos fueron 4, las tres feromonas (ipsenol, ipsdienol, ipsenol–ipsdienol) y el testigo. Los cinco sitios de monitoreo constituyeron los bloques del diseño experimental y la variable respuesta es el número de *Ips* capturados para cada tratamiento que constituyó cada feromona.

Se usó el modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad i=1, \dots, t \quad j=1, \dots, b$$

Donde, μ = es la media general

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento

β_j = efecto del j -ésimo bloque

ε_{ij} = error experimental del tratamiento i en el bloque j

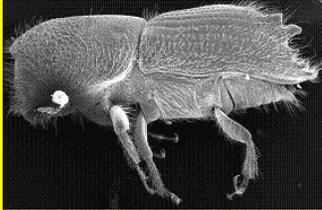
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Identificación de descortezadores basadas en características morfológicas externas.

Las cuatro especies de *Ips/Pseudips* identificadas en los cinco sitios de monitoreo se muestran en el cuadro 1, con sus respectivas características. Steed and Willhite (2007, no publicado), señalan que en la literatura y en evaluaciones recientes realizadas en campo, *Ips lecontei* es la especie más agresiva, seguida por *Ips cribricollis* e *Ips calligraphus*.

Cuadro 1. Especies de *Ips/Pseudips* identificadas en los cinco sitios de monitoreo del experimento.

Especies de <i>Ips</i>	Características	Imagen
<i>Pseudips mexicanus</i> (Hopkins)	El adulto es cilíndrico, alargado; de color café oscuro, casi negro brillante; miden de 3.6 a 5.0 mm; tiene tres espinas declivales, en los machos la tercera espinas es estrecha y capitada. En las antenas, el mazo o clava tiene las suturas fuertemente arqueadas.	
<i>Ips cribricollis</i> (Eichhoff)	Es de color café oscuro; mide de 2.9 a 3.6 mm; tiene cinco espinas declivales unidas en su base; la frente de ambos sexos es granulada, con el granulo central mas grande.	

<p><i>Ips lecontei</i> (Swaine)</p>	<p>Es de color café muy oscuro casi negro; mide de 4.0 a 4.7 mm; tiene cinco espinas declivales; tiene como característica diagnóstica el no presentar un tubérculo frontal medio en los machos y en su lugar se encuentran un par de tubérculos submedianos sobre el epistoma, lo que da la apariencia de un tubérculo bífido.</p>	
<p><i>Ips calligraphus</i> (Germar)</p>	<p>Su cuerpo es robusto. El color de los adultos maduros es café rojizo, casi negro, mientras que los adultos inmaduros son café claros; mide de 3.8 a 5.9 mm; tiene seis espinas declivales, en los machos la espina 3 es capitada, con la punta curvada hacia la parte ventral. En las hembras la espina 3 es más pequeña y no capitada.</p>	

El número total de las especies de *Ips/Pseudips* capturados en este experimento fueron: 11,303 *Ips cribricollis*, 3,672 *Ips lecontei*; 293 *Pseudips mexicanus* y 12 *Ips calligraphus*. En el siguiente cuadro 2 se desglosan las capturas de los descortezadores realizadas por sitio de muestreo.

Cuadro 2. Número de capturas de *Ips/Pseudips* realizadas en los diferentes sitios de monitoreo.

Descortezador	Sitios de Monitoreo				
	La Calera	Coloradas 1	Coloradas 2	Corralitos 1	Corralitos 2
<i>Ips cribricollis</i>	718	772	7,115	1,723	975
<i>Ips lecontei</i>	528	263	228	1,244	1,409
<i>Pseudips mexicanus</i>	3	0	23	101	166
<i>Ips calligraphus</i>	5	2	3	1	1

4.2 Identificación de depredadores basadas en características morfológicas externas.

Las cinco especies de depredadores identificadas en los cinco sitios de monitoreo se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Especies de depredadores identificados en los cinco sitios de monitoreo del experimento.

Depredadores	Características	Imagen
<i>Temnochila virescens</i> (Fabricius) (Coleoptera: Trogossitidae)	Son insectos ovalados o alargados, de colores verdes brillantes ó café; pueden llegar a tener un tamaño de hasta 10 mm de largo y 3 mm de ancho; sus antenas terminan en un mazo de tres segmentos.	

<p><i>Lasconotus</i> spp (Coleoptera: Colidiidae)</p>	<p>Son insectos muy pequeños, miden 2.8 mm y son de color marrón rojizo; se reconocen porque tienen un reborde en el pronoto y los élitros estriados.</p>	
<p><i>Enoclerus arachnodes</i> (Klug) (Coleoptera: Cleridae)</p>	<p>Es un depredador natural de descortezadores, tiene una característica por la cual se le logra reconocer, el pronoto es más estrecho que la base de los élitros. Tiene un color café oscuro, pubescente y mide de 7.5 mm de longitud y 3.0 mm de ancho.</p>	
<p><i>Elacatis</i> spp (Coleoptera: Salpingidae)</p>	<p>Son de pequeño tamaño, miden de 2.2 a 6 mm, sus élitros son bicoloros y tienen grandes ojos; son alargados y delgados o anchos anteriormente y haciéndose angostos posteriormente</p>	

El número total de especies de depredadores capturados en este experimento fueron: 3,123 *Lasconotus* spp; 497 *Temnochila virescens*; 126 *Enoclerus arachnoides* y 33 *Elacatis* spp. En el siguiente cuadro 4 se desglosan las capturas de los depredadores realizadas por sitio de muestreo.

Cuadro 4. Número de capturas de depredadores realizadas en los diferentes sitios de monitoreo.

Depredador	Sitios de Monitoreo				
	La Calera	Coloradas 1	Coloradas 2	Corralitos 1	Corralitos 2
<i>Lasconotus</i> spp	26	45	2	7	1
<i>Temnochila virescens</i>	367	75	1,382	32	6
<i>Enoclerus arachnodes</i>	27	56	13	53	3
<i>Elacatis</i> spp	132	54	31	25	22

Como puede observarse en los cuadros 2 y 4, en todos los sitios de muestreo se encontraron insectos descortezadores e insectos depredadores; lo que confirma lo dicho por Wood (1982) y Birch (1984), que los escarabajos descortezadores han desarrollado sistemas de comunicación química mediada por feromonas que promueven la agregación de individuos, lo que les permite colonizar y evitar las defensas de los hospedantes. Esta comunicación feromonal (kairomonal) la perciben las especies de enemigos naturales de los descortezadores; la cual es muy específica y aclara la aparición casi simultánea de los escolítidos y de sus enemigos sobre el hospedante (Gil y Pajares, 1986).

Cada vez hay más evidencia, que los enemigos naturales pueden ser factores importantes en la dinámica de los insectos descortezadores. Algunos estudios han demostrado que los enemigos naturales pueden causar una mortalidad significativa en las formas inmaduras de los escarabajos descortezadores en un árbol infestado (Ryley and Goyer, 1986; Weslien, 1992).

En los cuadros 2 y 4, también puede observarse que el número de escarabajos descortezadores capturados es mayor que el de los insectos depredadores; esto concuerda con lo dicho por Toledo e Infante (2008), donde señalan que la densidad del enemigo natural siempre se mantiene en regulación, es decir es un factor denso-dependientes, nunca eliminan al 100% de sus hospedantes presas. Inversamente, al decrecer la población de la plaga, la densidad del enemigo natural también disminuye como resultado de los efectos de la escasez de alimento, dispersión y otros factores, lo cual produce un decremento en el porcentaje de mortalidad de la plaga por el enemigo natural.

4.3 Identificación de especies de *Ips* mediante la extracción de la genitalia del macho

Ips lecontei Swaine (Figura 25)

El extremo anterior de la espícula tiene una curvatura pronunciada y su extremo posterior angosto. La distancia entre los extremos de la espícula es igual a la del cuerpo del edeago.

El tegmen es cerrado y su borde anterior muy esclerosado. El apodema del tegmen está ligeramente cargado hacia el lado izquierdo y fuertemente curvado hacia arriba si se observa en vista lateral; en el área ventral, el apodema tiene una cresta longitudinal media con una prolongación posterior. La superficie lateral izquierda del tegmen tiene un pequeño crecimiento al nivel de la base del apodema del edeago.

El edeago es robusto y asimétrico, ya que el lado derecho es un poco más corto. El extremo posterior del edeago es un poco más ancho y la mitad anterior mas

esclerosada. En vista dorsal, la superficie esclerosada del edeago forma dos bandas largas y anchas de punta roma. Las áreas membranosas laterales casi llegan al borde posterior del tegmen. La superficie ventral del edeago está ocupada por dos placas esclerosadas que destacan del resto de la superficie. Los apodemas del edeago son más cortos que el cuerpo de éste y su extremo anterior es más angosto.

El endofalo es casi tan largo como el ⁴⁶ o del edeago y tegmen juntos y llega aproximadamente a la mitad de los apodemas del edeago. El endofalo tiene in diámetro notoriamente mayor en su extremo anterior y está formado por dos varillas esclerosadas que se cruzan al nivel de su tercio posterior.

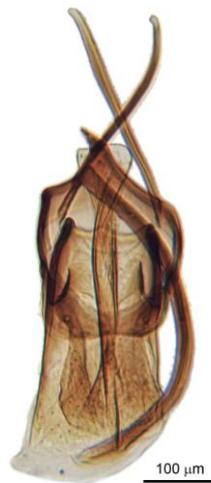


Figura 25. Órgano genital masculino externo de *Ips lecontei* Swaine

Ips calligraphus (Germar) (Figura 26)

La espícula tiene una curvatura pronunciada en su parte anterior y la distancia entre sus extremos es igual a la longitud del cuerpo del edeago.

El tegmen es cerrado y en su vista ventral se observa que es asimétrico, ya que el apodema del tegmen queda en el lado izquierdo. El tegmen presenta crecimientos anterolaterales; el del lado derecho es ligeramente mayor. El apodema del tegmen es corto y se curva ligeramente hacia arriba. El anillo del tegmen cubre la mitad anterior del edeago y su longitud es menor que la del cuerpo del edeago.

El edeago es robusto y asimétrico, ya que su lado izquierdo es más largo. El cuerpo del edeago es un poco más angosto en su parte media y el extremo posterior es membranoso y redondeado. En vista dorsal, la superficie esclerosada del edeago forma dos bandas largas inicialmente divergentes que terminan en picos convergentes que no se tocan, la banda derecha es ligeramente más corta y en la vista lateral el pene casi no tiene curvatura ventral. Las áreas membranosas laterales llegan al tegmen y tiene el extremo posterior casi cerrado. Los apodemas del edeago son sólo ligeramente más grandes que el cuerpo del mismo.

El endofalo es más largo que el cuerpo del edeago y tegmen juntos, su extremo anterior llega aproximadamente a la mitad de los apodemas del edeago. El endofalo está formado por dos varillas esclerosadas que se tuercen en espiral y se cruzan dos veces, una antes y otra después del tegmen. El extremo anterior del endofalo tiene un diámetro mayor.



Figura 26. Órgano genital masculino externo de *Ips calligraphus* (Germar)

Pseudips mexicanus (Hopkins) (Figura 27)

La espícula es curva y de posición ventrolateral, su extremo posterior es poco más ancho y la distancia entre sus extremos es un poco mayor que la longitud del cuerpo del edeago.

El tegmen es cerrado, muy fuerte y esclerosado. En vista lateral la longitud del tegmen (entendida ésta como la distancia entre el extremo del apodema y el borde dorsal posterior del tegmen) es mayor que la del cuerpo del edeago. El área ventral del tegmen forma una placa con una cresta longitudinal media que se prolonga hacia atrás sobre la primera membrana conjuntiva y casi llega al borde anterior del edeago. Los extremos ventrolaterales del tegmen tienen dos protuberancias dirigidas hacia adelante. El anillo del tegmen cubre ventralmente la parte anterior del edeago y dorsalmente cubre su parte media. El ápice del apodema del tegmen está ligeramente cargado hacia la izquierda. En la superficie dorsal media del tegmen se aprecia una especie de sutura longitudinal.

El edeago es robusto, muy esclerosado y relativamente grande; en vista lateral es algo curvado en su extremo posterior y su borde anterior está reforzado por una cresta muy ancha y curva, de posición transversal. En la vista dorsal, la parte media del cuerpo del edeago es ligeramente más angosta y su extremo posterior termina en punta. El lóbulo ventral del edeago es muy amplio y sus bordes laterales llegan hasta la línea longitudinal media dorsal, mientras que los lóbulos dorsales son muy cortos; tienen el área dorsal membranosa y la ventral esclerosada. Los apodemas del edeago se unen a él mediante una zona de cutícula transparente muy corta, son muy esclerosados y con cierta curvatura dorsal. El extremo anterior de los apodemas es aplanado, un poco ensanchado y con una depresión para la inserción de músculos. La longitud de los apodemas del edeago es un poco mayor que el doble de la del cuerpo del edeago.

El endofalo va desde el extremo posterior del edeago hacia la parte ventral izquierda, asciende luego hacia el lado derecho, se curva nuevamente hacia delante y termina en un esclerito horizontal espatulado. El endofalo sólo tiene una varilla esclerosada y su extremo posterior es de menor diámetro. El endofalo es más largo que el cuerpo del edeago y tegmen juntos, llega más allá de la mitad de los apodemas del edeago, los cuales son de mayor diámetro que el endofalo.



Figura 27. Órgano genital masculino externo de *Pseudips mexicanus* (Hopkins)

Ips cribricollis (Eichhoff) (Figura 28)

Edeago y pieza basal del tegmen con apodemas cortos y romos.



Figura 28. Órgano genital masculino externo de *Ips cribricollis* (Eichhoff)

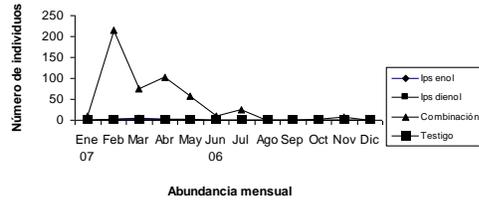
4.4 Dinámica poblacional de los descortezadores

Las capturas indican que las diferentes especies de *Ips* se encontraron volando durante todo el año de monitoreo. Las especies *Ips lecontei* e *Ips cribricollis* fueron las que mostraron mayor atracción, seguido de *Pseudips mexicanus*. Por el contrario, *Ips calligraphus* no mostro ninguna atracción hacia los tratamientos, la causa puede deberse a que según Savoie *et al.*, (1998) indican que *Ips calligraphus* es atraído por la combinación de ipsdienol+ipsenol+cis-verbenol.

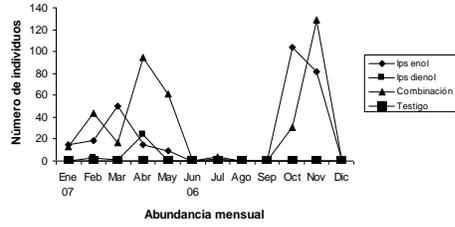
La atracción de los compuestos químicos utilizados resultó significativamente diferente ($p \leq 0.05$); es decir, *Ips lecontei* demostró mayor atracción para los tratamientos con la combinación (ipsenol–ipsdienol), encontrándose los mayores picos de vuelo de las poblaciones en el mes de abril (Figura 29), esto difiere con lo reportado por Steed and

Willhite (2007, no publicado), donde indican que *Ips lecontei* fue atraído por la feromona ipsenol y Gaylor *et al.*, (2006), donde señalan que *Ips lecontei* es atraído por ipsdienol; mientras que, *Pseudips mexicanus* demostró mayor atracción para los tratamientos con ipsdienol, encontrándose los mayores picos de vuelo de las poblaciones entre los meses de marzo a junio y en el mes de noviembre, lo cual concuerda con lo reportado por Steed and Willhite (2007, no publicado), pero difiere con lo dicho por Negrón (1997) y Savoie *et al.*, (1998) que señalan que *Pseudips mexicanus* es atraído por ipsenol y por la mezcla de ipsenol e ipsdienol, respectivamente. Aunque los tratamientos con ipsenol fueron los más atractivos para *Ips cribricollis*, no fueron significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) para el tratamiento con la combinación (ipsenol–ipsdienol), encontrándose los mayores picos de vuelo de las poblaciones entre los meses de enero a abril y de septiembre a noviembre (Figura 29), esto concuerda con lo reportado por Salinas *et al.*, (2004) y Steed and Willhite (2007, no publicado).

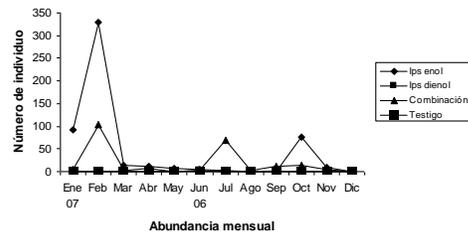
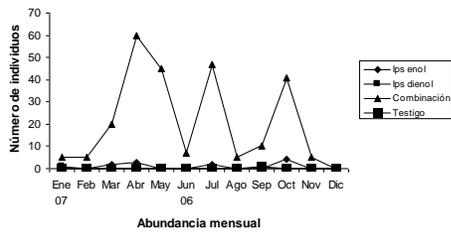
Ips lecontei Sitio la Calera



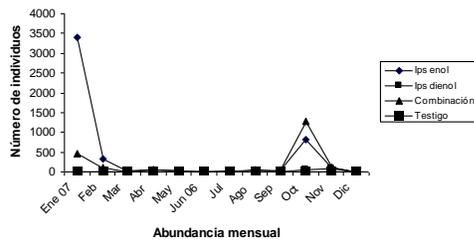
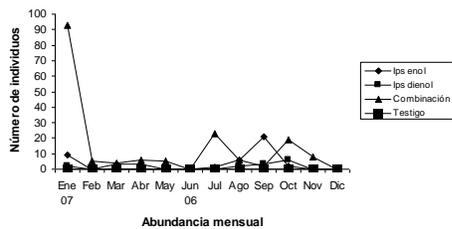
Ips cribricollis



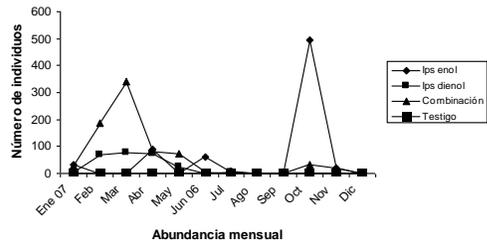
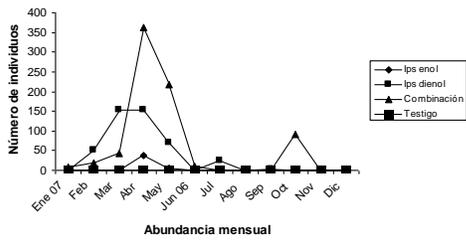
Sitio Coloradas I



Sitio Coloradas 2



Sitio Corralitos 1



Sitio Corralitos 2

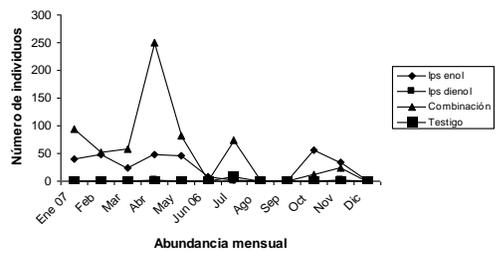
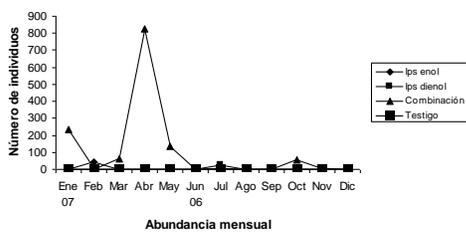


Figura 29. Dinámicas poblacionales de las especies *Ips lecontei* e *Ips cribricollis* en el bosque de los predios la Calera ubicado en Cd. Guzmán y, los predios Coloradas 1-2 y Corralitos 1-2 ubicados en Tecalitlán, Jalisco., determinadas mediante 10 trampas Lindgren cebadas con ipsenol, ipsdienol y la combinación (ipsenol–ipsdienol).

En la figura anterior se compara la dinámica poblacional de las especies de *Ips cribricollis* e *Ips lecontei*, con relación a la atracción de las feromonas utilizadas ipsenol, ipsdienol, la combinación y el testigo, debido a que fueron las más abundantes en los diferentes sitios de monitoreo, representando el 98% del total de capturas.

Estacionalidad

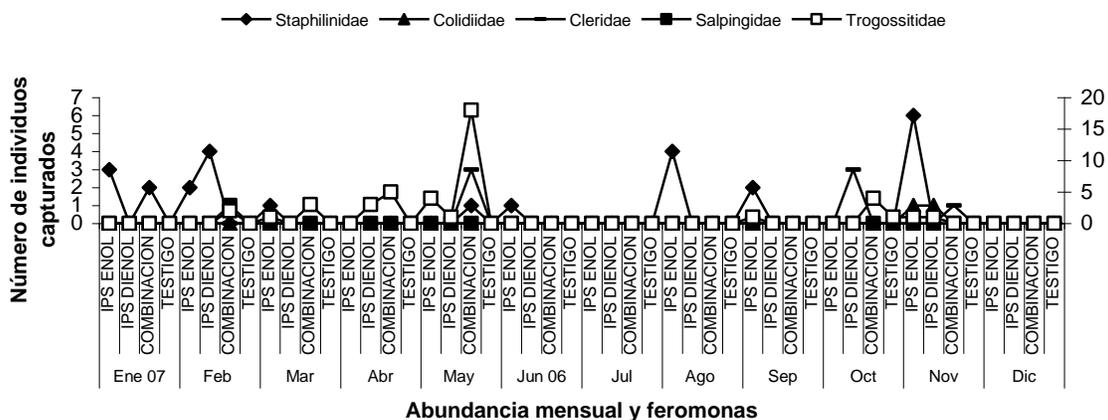
Las cuatro especies de *Ips* identificadas estuvieron presentes en los cinco sitios de monitoreo; excepto, *Pseudips mexicanus* que no se encontró en el predio de Coloradas 1, lo que concuerda con lo dicho por Steed and Willhite (2007, no publicado).

Los datos obtenidos también nos indican que los picos de vuelo de las poblaciones de las cuatro especies de *Ips* capturadas suelen ser más altas en los meses secos (mediados de noviembre hasta mediados de junio) que en los meses húmedos (mediados de junio hasta mediados de noviembre), la causa pudiera deberse a las fuertes lluvias que ejercen un control natural sobre los insectos como lo señala Toledo e Infante (2008). Esto difiere con lo reportado por Steed and Willhite (2007, no publicado).

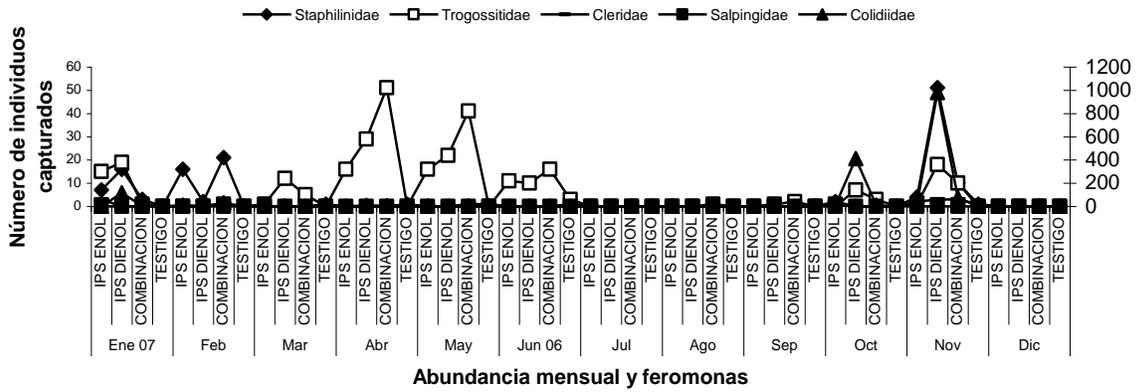
4.5 Dinámica poblacional de las especies de depredadores

Las capturas indican que la mayoría de las especies de depredadores mostraron dos picos de vuelo, uno de enero hasta junio y el otro de octubre a noviembre (Figura 30).

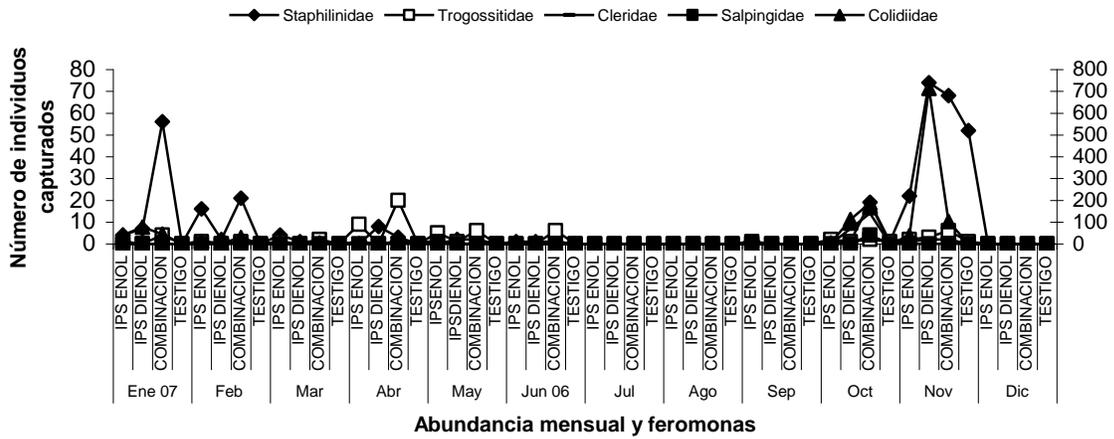
Sitio la Calera



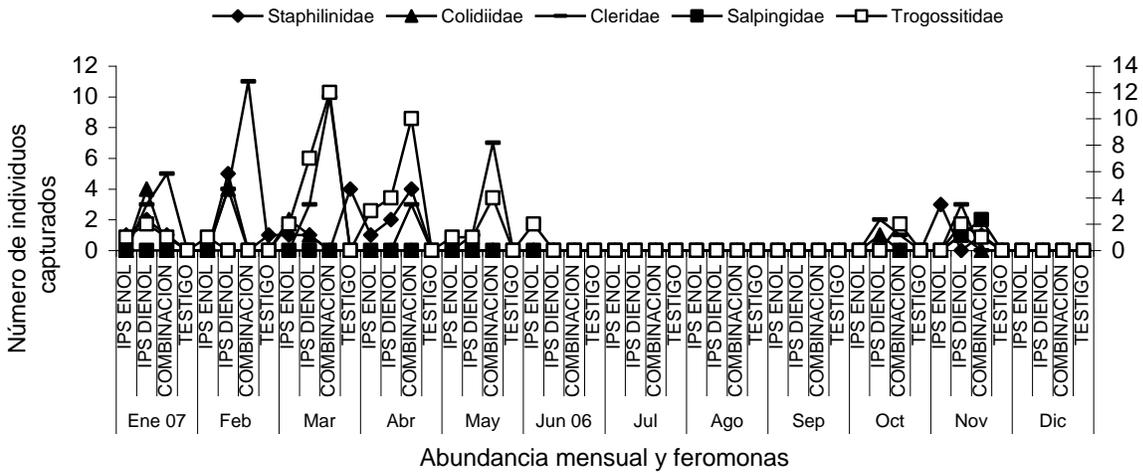
Sitio Coloradas 1



Sitio coloradas 2



Sitio Corralitos 1



Sitio Corralitos 2

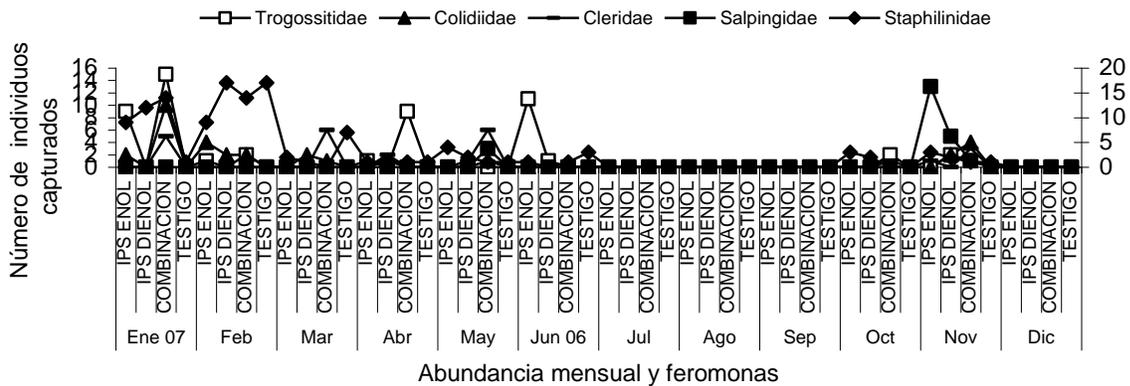


Figura 30. Dinámicas poblacionales de las especies de depredadores en el bosque de los predios la Calera ubicado en Cd. Guzmán y, los predios Coloradas 1-2 y Corralitos 1-2 ubicados en Tecalitlán, Jalisco., determinadas mediante 10 trampas Lindgren cebadas con ipsenol, ipsdienol y la combinación (ipsenol-ipsdienol).

La atracción de los compuestos químicos utilizados resultó significativamente diferente ($p \leq 0.05$) para las especies de depredadores capturados; es decir, *Temnochila virescens* y *Enoclerus arachnoides* demostraron mayor atracción para los tratamientos con la combinación (ipsenol–ipsdienol), encontrándose los mayores picos de vuelo de las poblaciones entre los meses de enero a mayo, esto concuerda por lo mencionado por Seybold (1993); mientras que, *Lasconotus* spp demostró mayor atracción para los tratamientos con ipsdienol encontrándose los mayores picos de vuelo de las poblaciones en enero y de octubre a noviembre, de acuerdo a Borden (1967), los colidiidos utilizan las feromonas producidas por los escolítidos para localizar los hábitats infestados por sus presas. En el caso de los depredadores estafilínidos y *Elacatis* spp, no hubieron diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$); es decir, no hay una tendencia de atracción hacia alguna feromona. Esto difiere de lo que mencionaron Rivera (2001) y Gaylord *et al.*, (2006) que *Elacatis* sp respondió hacia las feromonas de agregación del género *Ips*, en un estudio desarrollado en el norte de Arizona (EUA).

Los datos obtenidos también nos indican que los picos de vuelo de las poblaciones de las cuatro especies de *Ips* capturadas suelen ser más altas en los meses secos (mediados de noviembre hasta mediados de junio) que en los meses húmedos (mediados de junio hasta mediados de noviembre).

5 CONCLUSIONES

➤ **Identificación de descortezadores *Ips* y sus depredadores**

Una correcta identificación taxonómica de las especies, es importante para cualquier programa de carácter fitosanitario. Esto es relevante aún cuando, como resultado de esa identificación, se pone en marcha un programa de erradicación. Por lo que, no es una exageración señalar que la diferencia entre una correcta y una mala identificación, puede ser la diferencia entre el éxito y fracaso del cumplimiento de los objetivos planteados en un programa fitosanitario.

Las especies de descortezadores *Ips* encontrados en los sitios del experimento fueron: *Ips cribricollis* (Eichhoff), *Ips lecontei* Swaine, *Ips calligraphus* (Germar) y *Pseudips mexicanus* (Hopkins).

Las especies de depredadores de *Ips* encontrados en los sitios del experimento fueron: *Temnochila virescens* (Coleoptera: Trogossitidae), *Enoclerus arachnoides* (Coleoptera: Cleridae), *Lasconotus* spp (Coleoptera: Colidiidae) y *Elacatis* spp (Coleoptera: Salpingidae)

La forma del edeago y la pieza basal del tegmen son buenos caracteres para diferenciar especies de *Ips*.

➤ **Dinámica poblacional de los descortezadores y depredadores**

Los principales escarabajos descortezadores capturados atraídos por las diferentes feromonas en los cinco sitios de muestreo fueron: *Ips lecontei* demostró mayor atracción para los tratamientos con la combinación (ipsenol–ipsdienol), encontrándose los mayores picos de vuelo de las poblaciones en el mes de abril. Aunque los tratamientos con ipsenol fueron los más atractivos para *Ips cribricollis*, no fueron significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) para el tratamiento con la combinación (ipsenol–ipsdienol), encontrándose los mayores picos de vuelo de las poblaciones entre los meses de enero a abril y de septiembre a noviembre.

Los principales depredadores capturados atraídos por las diferentes feromonas en los cinco sitios de muestreo fueron: *Temnochila virescens* y *Enoclerus arachnoides*, los cuales demostraron mayor atracción hacia la combinación de la feromona (ipsenol-ipsdienol), encontrándose los mayores picos de vuelo de las poblaciones entre los meses de enero a mayo; mientras que, *Lasconotus* spp demostró mayor atracción para los tratamientos con ipsdienol encontrándose los mayores picos de vuelo de las poblaciones en enero y de octubre a noviembre.

Estos resultados indican que la dinámica de comunicación intra e inter específica entre los escarabajos descortezadores y sus especies asociadas promueven interacciones de competencia y depredación, las cuales pueden afectar las densidades poblacionales de estos insectos.

Las diferencias de atracción mostradas por las especies del género *Ips* y sus depredadores pueden ser producto de un fenómeno de variación geográfica. En este sentido, se han detectado respuestas diferenciales de especies de descortezadores y depredadores a las feromonas ipsenol e ipsdienol. Algunas especies presentan atracción hacia ambas feromonas, mientras que otras la exhiben por sólo una; además de que dicha preferencia varía en función de la ubicación geográfica. Esta respuesta puede ser debida a características locales del hábitat, tales como la estructura y diversidad de árboles hospedantes.

Se reafirma que con las feromonas ipsenol, ipsdienol y la combinación de estas se pueden atraer y capturar descortezadores en los meses secos (mediados de noviembre hasta mediados de junio), al igual que sus depredadores.

6 LITERATURA CITADA

- Atkinson T., H. 1982. Los géneros de la familia Scolytidae (Coleóptera) en México. Resumen de taxonomía y biología. *In: Memoria II Simposio Nacional de Parasitología Forestal*; Cuernavaca, Morelos. pp. 106-141.
- Atkinson T., H. 1985. Los géneros de la familia Scolytidae (Coleoptera) en México. Resumen taxonómico y biología. *En: Memoria del Simposio Nacional de Parasitología Forestal II y III*. Ed. SARH-INIF. México. Pp. 106-141.
- Aukema, B. H., D. L. Dahlsten and K. F. Raffa. 2000. Exploiting behavioral disparities among predators and prey to selectively remove pest; maximizing the ratio of bark beetles to predators removed during semiochemically based trap-out. *Environmental Entomology* 29: 618-629.
- Beck, S. D. 1965. Resistance of plants to insects. *Annual Review of Entomology* 10: 207-232.
- Berryman, A. A. 1973. Population dynamics of the fir engraver, *Scolytus ventralis* (Coleoptera: Scolytidae). Analysis of population behavior and survival from 1964 to 1971. *Canadian Entomology* 105: 1465 – 1488.
- Berryman, A. A. and G. T. Ferrell. 1988. The fir engraver beetle in western states. *In: Dynamics of forest insect populations: patterns, causes, and implications*. Plenum, New York, pp. 556- 576.
- Billings R., F., H. Pase III A. y L. J. E. Flores. 1990. Los escarabajos descortezadores del pino con énfasis en *Dendroctonus frontalis*. Guía de campo para la inspección terrestre. Ed. Lufkin Printing Company, Texas. Pp. 8-12.
- Billings, R. F.; Berisford, C. W.; Salom, S. M.; and T. L. Payne. 1995. Applications of semiochemical in the management of southern pine beetle infestation: current status of research. Department of Agricultura, Forest Service, USA. Intermountain Research Station. Pp: 30-38.

- Birch, M. C. 1984. Aggregation in bark beetles. *In*: W. J Bell y R. T. Cardé (eds). Sinauer, Sunderland, Massachusett. pp. 331-353.
- Borden, J. H. 1967. Factor influencing the response of *Ips confusus* (Coleoptera: Scolytidae) to male attractant. *Can. Entomol.* 99: 1164-1193.
- Borden, J. H. 1982. Aggregation pheromones. *In*: Bark beetles in North American conifers. Eds. J. B. Mitton and K. B. Sturgeon. Univ. Texas Press, Austin. Texas, EUA. 74-139.
- Borden, J. H. 1985. Aggregation pheromones. *In*: Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology. Vol. 9. Pergamon Press, Oxford. USA. pp. 257-285.
- Borden, J. H. 1989. Semiochemicals and bark beetle populations: Exploitation of natural phenomena by pest management strategies. *Holarct. Ecology* 12: 501-510.
- Borden, J. H. 1993. Strategies and tactics for the use of semiochemicals against forest insect pest in North America. *In*: Management: biologically based technologies. American Chemical Society. Washington, D. C. USA. Pp. 265-279.
- Borden, J. H. 1997. Disruption of semiochemical mediated aggregation in bark beetles. *In*: Insect pheromone research, new directions. Chapman and Hall. New York, USA. Pp. 421-438.
- Bravo M., H. 1970. Estudio preliminary de las especies mexicanas del género *Ips* (Coleoptera: Scolytidae). Tesis de Maestría. Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 63 p.
- Burgos S., A. y A. Equihua M. 2007. Platypodidae y Scolytidae (Coleoptera) de Jalisco, México. *Dugesiana* 14(2): 59-82.
- Bustamante O., F. y T. Atkinson H. 1984. Biología del barrenador de las ramas del peral *Corthylus fuscus* Blandford (Coleoptera: Scolytidae), en el norte del Estado de Morelos. *Folia Entomológica Mexicana* 60:83-101.

- Cibrián T. D., J. Tulio M., R. Campos B., H. O. Yates III y J. Flores L. 1995. Forest insects of México. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México. pp. 278- 314.
- Correa L. A. 1989. Genitales de las especies mexicanas del género *Ips* DeGeer (Coleoptera: Scolytidae) como una herramienta en la identificación. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 65 p.
- Cranshaw, W. and Leatherman, D. A. 2002. Ips beetles. *In*: Trees & Shrubs, No. 5.558. Colorado State. University Cooperative Extension. www.ext.colostate.edu
- Dajoz R. 2001. Entomología forestal: Los insectos y el bosque. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España. pp. 376-439.
- Diario Milenio. 2007. Preocupa a la FAO pérdida de bosques en México. Miércoles 14 de marzo 2007. pp. 37.
- El Universal. 2009. Sequía, más grave de lo que se afirma: Chapingo, sobreexplotación, tala clandestina y la erosión, entre las causas: especialista. Nacional. Domingo 21 de junio de 2009.
- Equihua M., A. y A. Burgos S. 2002. Scolytidae. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Vol III. UNAM, México, D. F. 690 p.
- Fabela L., S. 1998. Taxonomía de los pinos del noreste de México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Ecología, Laboratorio de Vida y Fauna Silvestre. 220 p.
- Furniss, R. L. and U. M. Carolin. 1977. Western forest insects. USDA. For. Ser. Misc. Pub. USA. 654 p.

- Flint, H. and C. C. Doane. 1996. Understanding Semiochemicals with Emphasis on insects sex pheromones in integrated pest management programs. *En linea*: (<http://ipmworld.umn.edu/chapters/flint.htm>).
- Gaylord, M. L., Kolb, T. E., Wallin, K. F. and 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.
- Gil S., I. A. y J. A. Pajares A. 1986. Los escolítidos de las coníferas en la Península Ibérica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. INIA. Madrid, España. 194 p.
- Gillette, N., D. R. Owen, and J. H. Stein. 2001. Interruption of semiochemical-mediated attraction of *Dendroctonus valens* (Coleoptera: Scolytidae) and selected nontarget insects by verbenone. *Environmental Entomology* 30: 837-841.
- Hanover, J. W. 1972. Physiology of tree resistance to insects. *Annual Review of Entomology* 20: 75-95.
- Hayes, J. and B. Strom. 1994. 4-allylaminole as an inhibitor of bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) aggregation. *Journal of Economic Entomology*. 87:1586-1594.
- Holsten E. H., H. Webb., P. J. Shea, and R. Werner. 2002. Release rate of Methylcyclohexenone and verbenone from bubble cap and bead releasers under field conditions suitable for the management of bark beetles in California, Oregon and Alaska. PNW-RP-544. Portland, OR. USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 21 p.
- Hopkins, A. D. 1915. Preliminary classification of the superfamily Scolytoidea, *United states Department of agriculture, Bureau of Entomology, technical Bulletin, Series No. 17, part 2*. Pp. 165-232.

- Instituto Nacional de Ecología (INE). 2007. Conceptos generales a cerca de los ecosistemas templados de montaña de México, su estado de conservación. SEMARNAT, México, DF. 14 p.
- Jones, D. A. and Lewis, W. J. 1981. semiochemicals: their role in pest control. Nordlund, (Eds.) John Wiley and Sons, Nueva York, NY. 306.
- Jutsum, A. R. and R. F. S. Gordon. 1989. Introduction. Pheromones: importance to insects and role in pest management. In: A. R. Jutsum and R. F. S. Gordon (eds.). Insect pheromones in plant protection. John Wiley & Sons. New York. 369 p.
- Knight, F. B. and H. J. Heikkinen. 1980. Principles of forest entomology. Ed. McGraw Hill Book Co. N.Y. 461 p.
- Landolt, P. J. and T. W. Phillips. 1997. Host plant influences on sex pheromone behavior of phytophagous insects. 42: 371-391.
- Lorio, M. J. and F. M. Stephen. 1983. Parasite and predator components of within-tree southern pine beetle (Coleoptera: Scolytidae) mortality. Canadian Entomology 115: 679-688.
- Lorio P. L., R. A. Sommers., J. D. Hodges and T. E. Nebeke. 1990. Modeling pine resistance to bark beetles based on growth and differentiation balance principles. *In*: Process modeling of forest growth responses to environmental stress. Timber press, Portland, Ore. pp. 402-409.
- Macías, S. E. J. 2001. Mediación semioquímica entre insectos descortezadores y árboles de coníferas. *En*: Anaya, M. L.; Espinosa G. F. J. y Cruz O. R. 2001. Relaciones químicas entre organismos: Aspectos básicos y perspectivas de su aplicación. Instituto de Ecología, UNAM, Ed. Plaza Valdés, México. 733 p.
- Matthews, R. W. and Matthews, J. R. 1978. insect behavior. John Wiley and Sons, Inc. 507 p.

- Méndez, J. L. 1995. Presencia e importancia del descortezador del olmo (*Scolytus multistriatus*) en México. VIII Simposio Nacional Parasitología Forestal, 25-27 Octubre. Universidad Autónoma Chapingo, Edo. México. 147 p.
- Miller, D. R. and J. H. Borden. 2000. Dose-dependent and species-specific responses of pine bark-beetles (Coleoptera: Scolytidae) to monoterpenes in association with pheromones. *Canadian Entomology* 132: 183-195.
- Mittermeier, R. y C. Goettsch de Mittermeier. 1992. Importancia de la diversidad biológica de México. En: Sarukhán, J. y r. Dirzo (eds). México ante los retos de la biodiversidad. CONABIO, México, D.F. pp 43-55.
- Negron, J. 1997. Estimating probabilities of infestation and extent of damage by the roundheaded pine beetle in ponderosa pine in the Sacramento Mountains, New Mexico. *Canadian Journal Forest Research* (27): 1936-1945.
- Ovaciones. 2009. Podría desertizarse casi el 99% del país. Nacional. Domingo 2 de agosto de 2009.
- Perusquia O., J. 1982. Contribución acerca de la distribución de algunos escolítidos de México. Boletín División del Instituto Nacional de Investigación Forestal No. 59. México.
- Piña L. I. y Muñiz V. R. 1981. Los escolítidos como plagas forestales. Monografía III. Publicada por los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial (LANFI). México, D. F. 117 p.
- Prado B. E. y Váldez, C. J. 1985. Morfología de insectos. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 387 p.
- Primo, Y. E. 1991. Ecología química, nuevos métodos de lucha contra insectos. Editorial Mundiprensa. España. Pp. 75-149.

- Raffa, K. F. and A. Berryman. 1983. The role of host plant resistance in the colonization behavior and ecology of bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Ecology Monograph* 53: 27-49.
- Raffa, K. F. 1988. The mountain pine beetles in western North America. *In: Dynamics of forest insect populations: patterns, causes, and implications*. Plenum, New York, pp. 506- 530.
- Rappaport N. G., J. D. Stein., A. A. del Río M., G. Debra., P. DeGroot and Mori S. 2000. Responses of *Conophthorus* spp (Coleoptera Scolytidae) to behavioral chemicals in field trials: a transcontinental perspective. *Canadian Entomology* 132: 925-937.
- Reeve, J. 1997. Predation and bark beetle dynamics. *Oecologia* 112: 4-54.
- Riley M. A. and Goyer R. A. 1986. Impact of beneficial insects on *Ips* spp. (Coleoptera: Scolytidae) bark beetles in felled loblolly and slash pines in Louisiana. *Environmental Entomology* 15:1220-1224.
- Robinson, G. E. 1996. Chemical communication in honeybees. *Science* 271: 1824-1825.
- Rodríguez L. R. 1982. Plagas forestales en México. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Parasitología Agrícola. Chapingo, México. 187 p.
- Rodríguez, L. R. 1990. Plagas Forestales y su control en México. UACH, México. 217 p.
- Romero, N. J., S. Anaya R., A. Equihua., y H. Mejía G. 1997. Lista de Scolytidae y Platypodidae de México (Insecta: Coleoptera). *Acta Zool. Méx. (n.s.)* 70: 35-53.
- Romeu E. 1995. Los pinos mexicanos, record mundial de diversidad. En línea: <http://maph49.galeon.com/biodiv2/pino.html>
- Rudinsky, J. A. 1962. Ecology of scolytidae. *Annual Review Entomology* 10: 303-304.

- Rumbo de México. 2009. Podría sector forestal colapsarse por falta de apoyo. Nacional. Año VI. Número 1942. Martes 23 de junio de 2009. En línea: www.rumbodemexico.com.mx
- Safranyik, L., and P. M. Hall. 1990. Strategies and tactics for mountain pine beetle management. Mountain Pine Beetle Taskn Force, B.C. Forest Service, kamloops, B.C. pp: 3-29.
- Salinas, M. Y., G. Ma. Mendoza., M. A. Barrios., R. Cisneros., S. J. Macías and Zuñiga. 2004. Areography of the genus *Dendroctonus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Mexico. Journal of Biogeography (J. Biogeogr.) 31, 1163–1177.
- Sánchez M., G., L. Torres M., I. Vázquez C., E. González y F. Narváez. 2007. Monitoreo y manejo de insectos descortezadores de coníferas. Agascalientes, Méx., INIFAP., Campo Experimental Pabellón. (Libro técnico, Experimental Pabellón No. 4) ISBN. 105 p.
- SAS. (1999). The SAS system for Windows. Release 8.0. Cary, North Carolina, USA.
- Savoie, A., H. J. Borden., D. H. Pierce., R. Gries and Gries G. 1998. Aggregation pheromone of *Pityogenes knechteli* and semiochemical based interactions with three other bark beetles. Journal of Chemical Ecology 24 (2): 321-337.
- Schowalter, T. D. and M. Filip. 1993. Bark Beetle- Pathogen- Conifer interactions: An Overview. *In*: Beetles Pathogen Interactions in Conifer Forest. Academic Press. pp. 3-18.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2007. Anuario estadístico de la Producción Forestal. México. 218 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2008. Anuario estadístico de la Producción Forestal. México. 234 p.

- Seybold, J. S. 1993. role of chirality in olfactory-directed behavior: Aggregation of pine engraver Beetles in the genus *Ips* (Coleoptera:Scolytidae). Journal of Chemical Ecology, vol. 19, no. 8. (1809-1831).
- Shea, P. J. and M. Neustein. 1995. Protection of rare stand of Torrey pine from *Ips paraconfusus*. In: Applications of semiochemicals for management of bark beetle infestations, proceedings of an informal conference. Reunion Annual Entomol. Soc. Americana, Indianapolis, USDA. USA. Pp. 39-43.
- Snodgrass, R. E. 1957. A revised interpretation of the external reproductive organs of male insects. Smith. Misc. Coll. 135 (6): 1-60.
- Steed, B. and B. Willhite. 2007 no publicado. IAT interim report *Ips* in Mexican 2nd trip. USDA, Estados Unidos. 20 p.
- Stephen, F. M., C. W. Berisford, D. L. Dahlsten, P. Penn and J. C. Moser. 1993. Invertebrate and microbial associates. In: Schowalter y Philip (eds), Beetles Pathogen Interactions in Conifer Forest. Academic Press. pp 129-152.
- Styles, B. T. 1993. Genus *Pinus* : a Mexican purview. En: P. T. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, & J. Fa (eds.), Biological diversity of Mexico: origin and distribution. Oxford University Press, New York . Pp. 397-420.
- Sun J., N. E. Gillette., Z. Miao., L. Kang., Z. Zhang., D. R. Owen and Stein J. D. 2003. Verbenone interrupts attraction to host volatiles and reduce attack on *Pinus tabuliformis* (Pinaceae) by *Dendroctonus valens* (Coleoptera: Scolytidae) in the People's Republic of China. Canadian Entomology 135: 721-732.
- Toledo J. e Infante F. 2008. Manejo Integrado de plagas. Editorial Trillas; México, D.F. 327 p.

- Weslien J. and Regnander J. 1992. The influence of natural enemies on brood production in *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) with special reference to egg-laying and predation by *Thanasimus formicarius* (L.) (Coleoptera: Cleridae). *Entomophaga* 37: 333-342.
- Wilcox, D., B. Dove., D. Mc. David and D. Greer. 2002. Image tool for Windows Ver 3.0. The University of Texas Health Science Center in San Antonio, USA.
- Wood L. S. 1980. Los Scolytidae de México. *En: Primer Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. Sociedad Mexicana de Entomología.* pp. 13-59.
- Wood S., L. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae). A taxonomic monograph, Great Basin Nature Memory No. 6. 1359 p.
- Wood, S. L. and D. E. Bright 1992. *A catalog of Scolytidae and Platypodidae* (Coleoptera), Part 2: Taxonomic Index Vol. B 835-1553.

7 ANEXO

7.1 Apéndice 1. Programa de SAS, empleando los datos recabados de la identificación de los insectos encontrados en los sitios de muestreo

DATA tesis;

INPUT tmt sitio nips1 nips2 nips3 nips4 ndep1 ndep2 ndep3 ndep4 ndep5;

CARDS;

```
1 1 10 296 0 0 19 7 1 0 0
1 2 11 550 0 1 29 82 51 6 1
1 3 45 4885 0 1 47 21 96 4 2
1 4 43 706 10 0 7 13 2 0 0
1 5 53 309 9 0 34 23 6 1 13
2 1 11 28 1 0 4 5 1 3 0
2 2 1 3 0 0 69 142 1523 3 0
2 3 13 161 8 0 96 5 906 9 0
2 4 454 246 62 1 10 22 11 16 1
2 5 29 6 57 0 38 3 7 3 5
3 1 507 394 2 4 3 32 0 4 1
3 2 262 222 0 0 34 167 123 4 0
3 3 171 2070 14 2 171 47 380 18 4
3 4 750 771 41 0 6 39 0 37 4
3 5 1327 650 126 0 32 30 18 21 5
4 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0
4 2 1 0 0 0 4 5 0 2 0
4 3 0 2 1 0 53 4 0 1 1
4 4 0 0 0 0 5 0 0 0 0
4 5 2 10 0 1 31 0 0 0 0
```

RUN;

```
PROC ANOVA ALPHA=0.1;
```

```
CLASSES tmt sitio;
```

```
MODEL nips1 nips2 nips3 nips4 ndep1 ndep2 ndep3 ndep4 ndep5= tmt;
```

```
MEANS tmt / TUKEY DMS;
```

```
RUN;
```

```
PROC ANOVA ALPHA=0.1;
```

```
CLASSES tmt sitio;
```

```
MODEL nips1 nips2 nips3 nips4 ndep1 ndep2 ndep3 ndep4 ndep5= sitio;
```

```
MEANS sitio / TUKEY DMS;
```

```
RUN;
```