

LOS **INSECTOS**
DESCORTEZADORES
DE LOS **PINOS EN GUATEMALA:**
BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y MANEJO EN LA SALUD Y LA SANIDAD FORESTAL



LOS INSECTOS DESCORTEZADORES DE LOS PINOS EN GUATEMALA: BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y MANEJO EN LA SALUD Y LA SANIDAD FORESTAL

Jorge Macías Sámano, Consultor

Paulo Ortiz, Consultor Forestal

José F. García Ochaeta, Sanidad Vegetal, MAGA

Lucrecia Masaya, USFS-IP

Ronald Billings, Revisor

Con la colaboración del Departamento de Protección Forestal, INAB



LOS INSECTOS DESCORTEZADORES DE LOS PINOS EN GUATEMALA: BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y MANEJO EN LA SALUD Y LA SANIDAD FORESTAL

Créditos de fotografías de portada y contraportada:

Texas A&M Agrilife, Bugwood.org

Rony Albanés, INAB.

Diseño e impresión:



3a. avenida 14-62, zona 1
PBX: (502) 2245-8888
www.serviprensa.com

Diagramación: Maite Sánchez
Revisión de textos: Jaime Bran

Este documento fue impreso en septiembre de 2021.
La publicación consta de 1000 ejemplares en papel bond 80



Contenido

1. INTRODUCCIÓN	5
2. ANTECEDENTES	7
3. ASPECTOS CONCEPTUALES.....	11
3.1 Los escenarios forestales y el concepto de plaga	11
3.2 Los conceptos de sanidad y salud de los bosques.....	13
3.3 El manejo integrado de plagas en el contexto forestal.....	13
3.4 El papel ecológico de los descortezadores y las sucesiones ecológicas en el ecosistema de bosque de pino	14
3.5 Estimaciones de riesgo, peligro y susceptibilidad en la prevención y manejo de los descortezadores de coníferas.....	16
3.6 Los descortezadores de coníferas en escenarios de plantaciones	18
4. BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y COMPORTAMIENTO DE LOS DESCORTEZADORES DE PINO	21
4.1 Aspectos biológicos y ecológicos.....	21
4.1.1 Colonización o infestación de un pino individual	25
4.1.2 ¿Cómo se inicia y termina un brote de descortezadores?.....	28
4.2 Especies de descortezadores de Guatemala	29
5. SÍNTOMAS Y SIGNOS DE LOS ÁRBOLES COLONIZADOS POR DESCORTEZADORES	31
5.1 Ataques iniciales / grumos de resina	31
5.2 Cambio de color del follaje de los árboles atacados.....	33
5.2.1 Etapas de infestación	34

6. MANEJO DE LOS DESCORTEZADORES DE PINO EN LA SALUD Y LA SANIDAD FORESTAL	41
6.1 Detección y monitoreo.....	42
6.1.1 Recorridos terrestres.....	42
6.1.2 Detección y monitoreo aéreo	43
6.1.3 Detección y monitoreo con trampas cebadas por feromonas	46
7. MÉTODOS DE CONTROL DE LOS DESCORTEZADORES DE PINO EN GUATEMALA	49
7.1 Cortar y dejar	49
7.2. Cortar y trocear (aprovechamiento de la madera).....	50
7.3 Cortar y descortezar (se aplica principalmente en brotes de <i>Ips</i> spp).....	50
7.4. Árboles trampa o trampas de árboles (en caso de <i>Ips</i> spp)	51
7.5. Cortar, apilar y quemar	51
7.6. Cortar, descortezar y fumigar	51
7.7. Control químico	51
8. REFERENCIAS CITADAS.....	53
9. GLOSARIO	61
ANEXO 1	67
1. Descripción de las especies de <i>Dendroctonus</i> e <i>Ips</i> de Guatemala.....	67
2. Clave para la identificación de especies de <i>Dendroctonus</i> de Guatemala ...	79
ANEXO 2	83

1. INTRODUCCIÓN

Según el Instituto Nacional de Bosques, INAB (INAB 2015), los bosques cubren una superficie de 3,627,595 hectáreas de las cuales 297,982 consisten en bosque de coníferas. La cobertura de bosques ha disminuido en los años recientes debido al aprovechamiento, a los incendios y a los cambios en el uso del suelo (de bosques hasta campos agrícolas), entre otros factores.

Los bosques de pino representan un recurso muy valioso en Guatemala. Los dos agentes naturales que causan más destrucción de bosques son los incendios y las plagas de descortezadores (insectos del orden Coleóptera, familia Curculiónidae) (Billings y Schmidtke 2002). Guatemala ofrece una de las mayores diversidades de especies de descortezadores de coníferas en el mundo incluyendo siete del género *Dendroctonus* y cinco del género *Ips*. Históricamente, los problemas más severos han ocurrido en la región del Altiplano y han involucrado el *D. adjunctus* (Schwerdfeger 1955). El huésped principal ha sido *Pinus hartwegii* (= *P. rudis*). Entre los años de 1975 a 1980, un área de 100,000 hectáreas de pinar fue muerta debido al ataque de *D. adjunctus* (Pitoni *et al.* 1980).

En los años más recientes, poblaciones de otra especie de *Dendroctonus* –*D. frontalis*– han llegado a establecer brotes epidémicos

en otros hospederos y regiones del país, particularmente en la región de Petén. Por ejemplo, se registró la pérdida de casi 3,000 ha o 40% de las 7,500 existentes de *P. caribaea* debido a la plaga del 2000-2001 en Petén (Billings y Schmidtke 2002).

Hace poco tiempo, una nueva especie de *Dendroctonus* –*D. mesoamericanus*– ha sido identificado y descrito científicamente desde el sur de México y ciertos países de Centroamérica, incluyendo Guatemala (Armendáriz-Toledano *et al.* 2015). No se conoce mucho de la importancia económica ni del comportamiento de esta nueva especie. Este hallazgo sirve para ilustrar que el proceso de descubrimiento de los insectos descortezadores continúa sin parar.

Durante las últimas décadas, se ha ganado un mejor conocimiento de la taxonomía, biología y comportamiento de ciertos insectos descortezadores, particularmente el *D. frontalis*, el cual tiene un rango que se extiende desde el noreste y sur de los Estados Unidos hasta Nicaragua (ver las referencias en Coulson y Klepzig 2011). Hemos aprendido mucho sobre el comportamiento estacional de sus poblaciones, cómo se inician y expanden brotes nuevos durante períodos epidémicos. Ya sabemos las condiciones que debilitan los rodales de pino haciéndoles



susceptible al ataque de los insectos descortezadores. Esta información ha permitido el desarrollo y uso universal de tácticas únicas para control directo (Billings *et al.* 1996b, Macías-Sámano *et al.* 2016). Quizás más importante, hemos aprendido que se pueden prevenir las plagas de descortezadores o reducir su impacto económico, ambiental y social a través de métodos de silvicultura y de un buen manejo forestal.

En Guatemala, el INAB es la institución rectora del sector forestal fuera de Áreas Protegidas, encargada de promover y fomentar el

desarrollo forestal del país. En conjunto con el Servicio Forestal de los Estados Unidos bajo los Programas Internacionales (USFS/IP) y la Agencia Internacional para el Desarrollo (USAID), INAB presenta este manual de insectos descortezadores nativos de Guatemala. La intención de los autores es proveer a los técnicos, profesionales forestales, especialistas de plagas forestales y otras personas interesadas en Guatemala con la última información y recomendaciones requeridas para prevenir y/o manejar efectivamente las plagas de descortezadores con el fin de minimizar sus impactos en los bosques de pino.

2. ANTECEDENTES

Históricamente los bosques de pino en Guatemala han sido afectados por diversas plagas forestales, pero sin lugar a duda, los escarabajos descortezadores (gorgojos de los pinos) han sido y son los más importantes (Vité *et al.* 1975, Billings *et al.* 2004). La información de registro en materia de sanidad forestal lo comenzaron realizando diferentes instituciones forestales guatemaltecas, comenzando con el Instituto Nacional Forestal (INAFOR) en 1974, siguiendo con la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre (DIGEBOS) en 1990, y desde el año 1996 por el Instituto Nacional de Bosques (INAB).

Los descortezadores del género *Dendroctonus* y en un menor grado los del género *Ips*, son los insectos con más impacto económico en los bosques de conífera de Guatemala, Honduras, Nicaragua, El Salvador, Belice y México. Por su naturaleza y la extensión de sus afectaciones, causa alteraciones de las condiciones y funciones de los bosques. Por lo mismo impacta el aprovisionamiento de servicios ecosistémicos importantes en algunos departamentos de Guatemala y de los países vecinos.

Las primeras infestaciones de descortezadores en Guatemala se reportaron en 1895 para Alta Verapaz y Totonicapán (Sharp *et al.* 1908, citado por Castañeda 2001). Pero la primera plaga oficialmente fue identificada

en el año de 1936 en el bosque de pino de San Juan Ixcay, Huehuetenango, cuando Juan Antonio Alvarado hizo un informe al Ministerio de Agricultura (MAGA), mencionando que el gorgojo (*Dendroctonus adjunctus*) era más bien secundario y las causas principales del ataque del gorgojo eran los incendios forestales y el proceso del ocoteo en los bosques de pino (Medina 1980). Se estimó que de 1975 a 1980 en el altiplano central el mismo descortezador del pino causó la muerte de 100,000 hectáreas de *Pinus hartwegii* (Vité 1980. Comisión Interinstitucional para la Prevención y Control de la Plaga de Gorgojo del Pino 2001).

En la Tabla 1, se presenta un concentrado de la información de hectáreas saneadas de los descortezadores en Guatemala, por año (2010-2018), departamento y especie de pino afectada. Del 2018 al 2020, las superficies saneadas de descortezador (incluidas infestaciones por *Ips spp*) en el país variaron de entre 75 a 200 ha (Consolidados POA Regionales 2018 y 2020, Sistema Forestal de Guatemala 2018, Consolidados Planes Operativos Anuales de las Regiones del INAB, 2019).

En el año 2017, en el departamento de Guatemala (área periurbana y zonas boscosas) de *Pinus oocarpa* y *P. maximinoi* se realizaron inspecciones terrestres por parte

del Departamento de Protección Forestal de INAB y se encontró sintomatología por daños de insectos descortezadores. Sin embargo, los árboles infestados se presentaban dispersos con patrones no comunes y las coloraciones de follaje rojizo, verde y alimonado, y no presentaban el avance típico de una

infestación por *Dendroctonus frontalis* (Fig. 1). Se colectaron muestras de insectos y fueron enviadas al Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario del MAGA con sede en Petén, donde se identificó por primera vez en Guatemala a la especie *Dendroctonus mesoamericanus* (García Ochaeta 2017).

Año	Suma de área de saneamiento (ha)	Departamentos con más afectación	Especies de pino con mayor volumen saneado
2010	230	San Marcos	<i>Pinus rudis</i> , <i>Pinus oocarpa</i>
2011	16	Quetzaltenango	<i>Pinus rudis</i>
2012	57	Quetzaltenango	<i>Pinus rudis</i>
2013	51	Totonicapán, Guatemala	<i>Pinus rudis</i> , <i>Pinus pseudostrobus</i> , <i>Pinus maximinoi</i>
2014	53	Chimaltenango, Baja Verapaz, El Progreso, Totonicapán	<i>Pinus oocarpa</i> , <i>Pinus rudis</i> , <i>Pinus pseudostrobus</i>
2015	75	Alta Verapaz, San Marcos, Totonicapán, El Progreso, Jalapa	<i>Pinus rudis</i> , <i>Pinus pseudostrobus</i> , <i>Pinus maximinoi</i>
2016	160	Baja Verapaz, El Progreso, Guatemala, Totonicapán	<i>Pinus oocarpa</i> , <i>Pinus ayacahite</i> , <i>Pinus maximinoi</i>
2017	254	El Progreso, San Marcos, Baja Verapaz, Quiché	<i>Pinus oocarpa</i> , <i>Pinus ayacahite</i> , <i>Pinus rudis</i>
2018	178	Alta Verapaz, El Progreso, Quiché, Totonicapán	<i>Pinus oocarpa</i> , <i>Pinus rudis</i> , <i>Pinus pseudostrobus</i> , <i>Pinus maximinoi</i>

Tabla 1. Información de superficies saneadas en Guatemala, por año, departamento y especies de pino afectadas por *Dendroctonus* e *Ips* spp (Sistema de Información Forestal de Guatemala 2021).

En el país existen 116,382 ha de plantaciones comerciales de latifoliadas y pino (INAB 2015); estas últimas especies en los últimos años se han visto afectadas por infestaciones de descortezadores, tanto *Dendroctonus* spp como *Ips* spp (Fig. 2). Si bien se sospecha que los efectos del cambio climático influyen

como factores de estrés, también es claro que la falta de un manejo adecuado, sobre todo la regulación de densidades adecuadas de los rodales, hace de las plantaciones centros atractivos para estos insectos nativos y que encuentran rodales más o menos homogéneos en cuanto a la resistencia a sus ataques.



Figura 1. Vista aérea tomada por un dron (Phantom) de árboles de pino infestados por *Dendroctonus mesoamericanus* en la zona 16 de la ciudad de Guatemala, 2017. Foto, Departamento de SIG-INAB.



Figura 2. Plantación de *P. maximinoi* con 18 años de establecida sin manejo y con infestación por insectos descortezadores, en Aldea Pino Dulce, Mataquescuintla, Jalapa. Foto, Rony Albanes, INAB.

3. ASPECTOS CONCEPTUALES

3.1 Los escenarios forestales y el concepto de plaga

Desde un punto de vista antropocéntrico y teniendo un objetivo de manejo forestal determinado, podemos hablar de los recursos forestales en términos de dos tipos de escenarios forestales. Aquellos que tienen estructuras básicas naturales como son los bosques de coníferas y latifoliados, y los escenarios que han sido creados por el hombre como serían las plantaciones, viveros y arbolado urbano. Una clasificación de esta naturaleza es muy útil porque *de facto* nos ubica en escenarios que son creados y funcionan bajo la dirección y con varios recursos aportados por el hombre, y los otros escenarios pudieran o no tener esos aportes, pero que su funcionamiento obedece a las complejas interacciones de un ecosistema, como serían los bosques y selvas. Esto es muy útil para definir aspectos como manejo, administración, inversión, pero, ante todo, definir los objetivos del manejo que de ellos se pretende. Consecuentemente, define el valor que tiene cada uno de los individuos dentro del escenario; así como el o los agentes que afecten la línea base de la mortalidad (balance entre crecimiento y mortalidad de las poblaciones), es decir a quien debemos o no darle el término de plaga.

El valor de un árbol es altamente variable, según el criterio de las personas, no solo por

el valor comercial de su madera, sino por cuanto se le ha invertido para su crecimiento, tomando la inversión desde el costo de la plántula en vivero, preparación del sitio o terreno, siembra en campo, replante, limpiezas, podas, raleos y corta final. Podemos decir, en general, que la inversión hecha para que crezca un árbol en el bosque, desde un punto de vista antropocéntrico, es nula o mucho menor que la hecha para uno que crezca dentro de una plantación o en un área urbana. De una manera equivalente es la atención profesional que se le da a cada uno de esos árboles dependiendo de su escenario y/o ubicación (CCAD 2017).

Lo anterior trae como consecuencia o explica la desigual atención que se les ha dado a los bosques de coníferas y latifoliados, en comparación con los otros escenarios. Los bosques de coníferas y latifoliados son ecosistemas naturales, que cuentan con una dinámica propia y que en buen grado no dependen del hombre para su existencia. Y hasta muy recientemente, se comienzan a valorar los servicios ecosistémicos que ellos proveen. Esta situación es completamente opuesta con los escenarios forestales creados (plantaciones, viveros y arbolado urbano), en donde por el simple hecho de haber



una inversión (económica, religiosa, social o política), existen atención y personal para su mantenimiento y conservación. En ellos, el valor de cada árbol individual va creciendo a medida que ellos lo van haciendo y al final se obtiene un producto, ya sea madera, papel o alguno no maderable para ser vendido. Sin importar el escenario forestal del que se trate, todos ellos deberían tener un plan de manejo (con significado amplio), que contemple objetivos claros y realizables. De estos objetivos se derivan, entre otras cosas, los aspectos de sanidad y salud forestal y por ende el cuándo algún organismo determinado, su población o los efectos de su herbivoría (alimentación de cualquier tejido vegetal), es un problema para lograr los objetivos de manejo de un determinado escenario (CCAD 2017, Macías Sámano 2018).

A partir de lo anterior es consecuente la necesidad de discutir el concepto de plaga. **Una plaga solo existe desde una perspectiva antropocéntrica y por ende solo tiene cabida dentro del concepto de sanidad y no de salud forestal.** Esto será discutido más ampliamente en las siguientes secciones de este Manual. Aquí el impacto que ejerce dicha plaga afecta un bien determinado por el hombre, sea madera, follaje, semillas o plantas, como es evidente en los escenarios de plantaciones, reforestaciones, viveros y arbolado urbano.

Como se explicó anteriormente, el concepto de salud forestal, con excepción de los organismos exóticos (y que no forman parte del ecosistema y por ende carecen de reguladores como depredadores y parasitoides dentro de los mismos), el incremento de las poblaciones de insectos obedece a procesos naturales

y que a su tiempo serán auto-regulados por el ecosistema. Sin embargo, aun en estos sistemas naturales (no manejados) la influencia del hombre ha sido tal y ahora más con los efectos del cambio climático, que la balanza se inclina a promover condiciones asociadas con estrés que contribuyen al aumento de las poblaciones naturales y que el ecosistema mismo ya no es capaz de manejar y llevarlo a un estado estable (CCAD 2017).

El concepto de plaga es crucial e indispensable ubicarlo en el contexto de los escenarios forestales, pues en ellos existen agentes negativos que de manera natural operan regulando poblaciones y son parte natural de esos ecosistemas. **Es función de los manejadores (silvicultores, regentes, técnicos, entre otros) de bosques definir cuando se trata de un aspecto de salud y cuando un aspecto de sanidad.** Ellos podrán ver que en muchas ocasiones no es necesario un control de insectos y que dicha decisión esté justificada con base en los objetivos que se buscan de esos recursos y en un conocimiento profundo de los organismos que en ellos viven y que forman parte intrínseca del mismo ecosistema. Un ejemplo en donde no se requiera control, solo se puede dar en escenarios naturales y en donde, el manejador, fundamentado en un conocimiento profundo de la dinámica de los sitios, conozcan las líneas base de mortalidad “normal” de las poblaciones. Y que pueda definir que, por ejemplo, el número de árboles muertos está dentro de los límites normales de ese bosque o bien que el número de insectos atrapados por trampas de monitoreo históricamente refleja un número de brotes no epidémicos. Para el caso de escenarios creados (plantaciones) los descortezadores siempre serán un



problema por su comportamiento de agregación que lleva a la muerte de varios individuos y al hecho de la importancia que cada uno de ellos tiene en la inversión y objetivos de esa plantación. Consecuentemente, en estos escenarios el umbral económico ideal para descortezadores debiera de ser cero o muy cercano a él.

En escenarios naturales, puesto que los recursos humanos, materiales y financieros son finitos, los profesionales forestales tienen que priorizar esfuerzos y recursos para tratar a los verdaderos agentes dañinos del recurso forestal y **no contribuir a que disminuya o impacte negativamente su estabilidad con “manejos” o “controles” innecesarios.**

3.2 Los conceptos de sanidad y salud de los bosques

El concepto de salud forestal, aunque pudiera verse como un aspecto de perspectiva en escenarios distintos (ecosistemas vs sistemas naturales manejados por el hombre) (Alfaro *et al.* 2010, Alfaro y Langor 2016, Macías Sámano 2018), la complejidad ecológica de los bosques y las perspectivas humanas de su uso parcial o total de ellos hace el concepto de salud forestal difícil de definir (Cibrián-Tovar y Macías-Sámano 2020).

En los países desarrollados, el término en el idioma inglés de “forest pest management” ha sido reemplazado por el de “forest health” que es más amplio como lo describiremos más adelante. Sin embargo, en el idioma español estos términos se pueden traducir a “manejo de plagas forestales” y “salud forestal”,

respectivamente. El primero es usado más ampliamente como “sanidad forestal” sobre todo por agencias gubernamentales y programas oficiales. El segundo término, salud forestal, se ha convertido *de facto* en un reemplazo del término de sanidad forestal. Esto pudiera ser correcto siempre y cuando se entendiera la dimensión del nuevo término. Sin embargo, al menos en México y Centroamérica, el término salud forestal sigue siendo empleado, legislado y operado como manejo de plagas forestales (lo que incluye enfermedades y plantas parásitas). Por el momento, al menos para Latinoamérica, sería conveniente mantener los términos salud y sanidad forestal por separado, y ponerlos en un contexto económico y ecológico, respectivamente (CCAD 2017, Macías-Sámano 2018b).

3.3 El manejo integrado de plagas en el contexto forestal

Existen muchas definiciones de manejo integrado de plagas (MIP), sobre todo en el ámbito agronómico. Desde un punto de vista forestal, las definiciones desarrolladas por Coulson y Saarenmaa (2011) resultan muy útiles para enfatizar la planeación y

operación, tanto del manejo forestal como del ambiente como un todo interrelacionado. Estos autores definen al MIP como el mantenimiento de agentes destructivos a niveles tolerables mediante el uso planeado de una variedad de tácticas y/o estrategias preventivas,



de supresión, o tácticas regulatorias que son económica y ecológicamente eficientes y con aceptación social y política (Cibrián-Tovar y Macías-Sámano 2020).

Aunque el MIP ha tenido una enorme utilidad en el manejo de plagas forestales en varios escenarios forestales, la complejidad y gran escala espacial de los ecosistemas forestales son un enorme reto para el desarrollo y una implementación completa de un MIP exitoso (Cibrián-Tovar y Macías-Sámano 2020). Aunado a ello, nuevos conceptos han salido a la luz, como el concepto de salud forestal, el manejo forestal sustentable y el manejo de ecosistemas (Mery *et al.* 2005) y esto ha llevado a una revisión de los principios del MIP forestal, el cual se centra eminentemente en plagas y no considera el sistema forestal como un todo (Alfaro y Langor 2016, Macías Sámano 2018b).

Con fines prácticos de atención a problemas sanitarios (sanidad forestal) en los escenarios forestales que no sean bosques, es correcto indicar el término de manejo integrado de plagas y enfermedades forestales, es decir MIP de plagas y enfermedades forestales en plantaciones, viveros, arbolado urbano, etc. Para el caso de bosque (salud forestal) y en donde los factores abióticos nativos son parte del ecosistema, es imperante analizar el sistema y saber cuáles son los factores que han llevado a un incremento de la población de un herbívoro en especial y tratar de incidir en esos factores para que las poblaciones específicas de ese organismo no lleguen a esos niveles y puedan poner en riesgo los beneficios económicos y/o ecosistémicos que se esperan del ecosistema bosque (Kolb *et al.* 1995, Macías Sámano 2018b).

3.4 El papel ecológico de los descortezadores y las sucesiones ecológicas en el ecosistema de bosque de pino

Los insectos herbívoros, entre otros, son parte de los ecosistemas forestales y contribuyen a los procesos ecológicos manteniendo un mosaico de edades y condiciones de rodal, participando en la biodiversidad y mejorando el hábitat para otros organismos: además, forman parte importante de los mecanismos de remoción de individuos débiles y favorecen la selección de árboles vigorosos en el rodal. Los árboles muertos o en ese proceso contribuyen a la salud de los bosques naturales gracias al reciclamiento de nutrientes (Ward y Mistretta 2002, Cibrián-Tovar y Macías-Sámano 2020). Una excepción ocurre, cuando focos en

expansión de *D. frontalis* donde aún árboles vigorosos pueden ser atacados y muertos cuando las poblaciones de los insectos son altas (R. Billings, com. pers. Texas A&M Forest Service).

Desde un punto ecológico, existen muchos agentes bióticos que usan y viven de los recursos forestales, entre ellos los insectos herbívoros, que constantemente inciden en individuos y comunidades de árboles. Sin embargo, muchos de los herbívoros, específicamente los insectos, no afectan la reproducción desde un punto de vista de manejo o bien su impacto es mínimo en la vida de



los árboles. Siendo más precisos, a la larga (evolutivamente hablando) ejercen una presión de selección ecológica que va conformando las interacciones entre ambos. Por otra parte, existen otros insectos herbívoros que los afectan de manera más profunda, tanto que funciones básicas como la fotosíntesis, la conducción de agua y nutrientes o incluso el sostén mecánico, se ven tan comprometidos que la vida de los individuos se acorta o llega a su final. Algunos insectos solo afectan algunos individuos de la población, edad o estado fenológico y por ende no dañan la integridad de toda la comunidad, y en consecuencia no ejercen un impacto crucial en la estabilidad y permanencia de los bosques. Por otra parte, existen otros que, por su persistencia e incidencia en funciones básicas de los árboles, causan mortalidades extensas creando un efecto importante que pone en riesgo la integridad de la comunidad de árboles, es decir, afectan el funcionamiento del ecosistema como tal. **En consecuencia, para determinar y evaluar aspectos de salud forestal (funcionalidad del ecosistema), es indispensable un enfoque integral de conocimientos profundos de fisiología, ecología y ecosistemas** (Kolb *et al.* 1995).

En los bosques, el papel ecológico de los descortezadores de coníferas de los géneros *Dendroctonus* e *Ips* (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) es el de “renovar” la masa forestal, removiendo individuos viejos, enfermos y estresados, es decir, en realidad estos insectos tienden a crear nuevas masas forestales jóvenes y vigorosas (Safranyik y Wilson 2006, Guldin 2011). Esto es muy claro de ver, pues, aunque año con año existan mortalidades variables de

superficies de bosque de pino en el mundo, no todos los árboles adultos mueren y la regeneración se reestablece siempre que no existan factores exógenos como incendios o factores climatológicos extremos (lluvias, sequías, etc.), o en la región de México y Centroamérica, cambios antropogénicos de uso del suelo. Por el contrario, con una perspectiva de producción maderable, es obvio que estos insectos inciden negativamente en los planes de manejo, pues no solo los interrumpen, sino hay pérdidas económicas significativas y se requiere de la espera de varios años para poder volver a obtener volúmenes de madera industrial esperados.

El papel renovador de masas forestales por estos insectos en las últimas décadas ya no ha sido tan “normal” y es patente que ello es debido al efecto que tiene el cambio climático tanto en las poblaciones de estos insectos como en la de sus hospederos, las coníferas (Six *et al.* 2014). Se tienen excelentes evidencias de que ha habido cambios en los ciclos de vida, distribución y poblaciones de especies de descortezadores del norte del continente como son *Dendroctonus ponderosae* (Bleiker *et al.* 2011, Bentz *et al.* 2014), *D. rufipennis* (Hart *et al.* 2014, W. Ciesla, Forest Health Management International, pers. com.), *D. frontalis* (Khain Tran *et al.* 2007, Friedenber *et al.* 2008) e *Ips confusus* (Kleinman *et al.* 2012), cambios que se han reflejado en extensas mortalidades de sus hospederos. En México, entre 2011 y 2013 se tuvo mortalidades inéditas, de más de 1 millón de m³ en el norte y centro del país, principalmente por *Dendroctonus mexicanus*, *D. frontalis* e *Ips lecontei* (D. Cibrián, Universidad Autónoma Chapingo UNACH, pers. com.). Previamente se tuvieron mortalidades similares, pero no



tan extensas, por poblaciones de *Ips pini* sobre *Pinus jeffreyi* en Baja California Norte, México (J. Villa, Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], pers. com.); de *Ips confusus* e *Ips lecontei* en pinos piñoneros en el norte y centro de México (D. Cibrián, UACH, pers.

com.) En Centroamérica, quizás reflejando el impacto asimétrico del calentamiento global, se han reportado y de *Dendroctonus frontalis* en Honduras y Guatemala desde 2010 (Rivera Rojas *et al.* 2010, ICF 2015, INAB 2016).

3.5 Estimaciones de riesgo, peligro y susceptibilidad en la prevención y manejo de los descortezadores de coníferas

Cuando los silvicultores desean obtener recursos de estos ecosistemas, necesitan estar conscientes de los impactos potenciales que estos disturbios pueden tener en la calidad y cantidad de servicios ecosistémicos derivados de los bosques. Adicionalmente, los administradores y dueños deben entender el vínculo, de causa y efecto, que existe entre los disturbios, de tal manera que las acciones preventivas en contra de un disturbio no lleven a la aparición de otro. Puesto que los ecosistemas y bosques están en constante cambio, es necesaria la información de impactos de estos disturbios y su relación con la salud y sustentabilidad de la estructura de bosques y procesos (Rosenberg *et al.* 2012).

Muchos factores afectan la salud de un bosque como son la calidad del aire, los incendios, las prácticas silvícolas y otras actividades humanas, el viento, la sequía, las enfermedades y los insectos. Los bosques están en continuo estado de cambio y parte de esta dinámica del paisaje son los factores antes mencionados, que se conforman como **disturbios en los ecosistemas forestales**. Estos disturbios varían en intensidad, extensión, frecuencia y su importancia relativa es diferente de una región a otra. Los disturbios

pueden ser definidos como eventos discretos en tiempo y espacio que, al afectar la estructura de poblaciones, cambiar los recursos, la disponibilidad de sustratos, el ambiente físico y los procesos de regeneración y recuperación, interrumpen el desarrollo sucesional de un rodal, ecosistema o paisaje (CFS 2018).

Los **tipos de impacto** que pueden haber sobre los bosques y sus ecosistemas se pueden dividir en dos grupos, los ecológicos y los socioeconómicos. Los disturbios no solo ocurren e impactan un sitio, también tienen efectos fuera del mismo como sería una sedimentación río abajo o un incremento de especies en un hábitat particular. Los procesos de disturbio, respuesta y recuperación cambian el estado actual de los ecosistemas. Si estos cambios son buenos o malos depende de los valores socioeconómicos que le sean aplicados al ecosistema en consideración. Los disturbios tienen efectos a corto y largo plazo. En el corto plazo, el impacto socioeconómico puede dominar y reducirse a medida que los productos y los servicios reemplazan a los que se perdieron. Los impactos a largo plazo son generalmente biológicos, por ejemplo, una especie reemplazando a otra que fue reducida o que se perdió como una respuesta



al disturbio. Porque los impactos biológicos y ecológicos a largo plazo pueden tener consecuencias socioeconómicas relacionadas con la sustentabilidad, el impacto socioeconómico no puede ser evaluado en su totalidad hasta que el impacto ecológico sea entendido. La magnitud y la frecuencia de un disturbio son factores importantes en la determinación del impacto (Averill *et al.* 1994).

Conocer las características de los árboles preferidos por los agentes causales biológicos de interés, así como las características del rodal que contribuye a la susceptibilidad, permite estimar el peligro, susceptibilidad (o vulnerabilidad) y el riesgo de que ocurra un ataque de plagas forestales. De esta forma, se pueden desarrollar sistemas que estimen la susceptibilidad y el riesgo de ocurrencia de un brote de una plaga en particular (Sánchez-Martínez 2020). En Europa, Estados Unidos de América y Canadá, estos sistemas han sido denominados como “Hazard-rating systems”, “Risk-rating systems” o “susceptibility and risk-rating systems”, que traducidos al español significan “Sistemas de calificación de peligro”, “Sistemas de calificación de riesgo” y “Sistemas de calificación de susceptibilidad y riesgo”, respectivamente y son herramientas de predicción y un marco de trabajo para planear y priorizar tratamientos silviculturales en los rodales bajo manejo (Hedden *et al.* 1981, Shore y Safranyik 1992 en Sánchez-Martínez 2020). Debe aclararse que el hecho de que un árbol, o rodal, presente características de alta susceptibilidad, no necesariamente implica que va a ser atacado inminentemente, pues para que el ataque ocurra, debe existir una población de insectos suficiente para causar la infestación (Sánchez-Martínez 2020).

En la literatura es muy frecuente encontrar el término “control silvicultural” para indicar tratamientos silvícolas que eviten el desarrollo de condiciones en los rodales que favorezcan la proliferación de agentes naturales de disturbio; estos tratamientos funcionan de manera indirecta y a largo plazo (Barbosa y Wagner 1989 en Sánchez-Martínez 2020). Esto, en otros términos, indica que las prácticas silvícolas promueven el desarrollo de rodales con características que los hace menos susceptibles a factores bióticos de disturbio. Esto tiene dos componentes importantes, uno para la comunidad de árboles y otro para los herbívoros especializados, y esto debido a que por un lado se promueve la salud y el vigor de los individuos vegetales, al tiempo que se previenen condiciones en ellos que promuevan la formación de grandes poblaciones de herbívoros especialistas.

Los descortezadores son herbívoros altamente especializados y en el mundo se ha desarrollado suficiente información que permite entender las relaciones ecológicas entre los insectos y sus hospederos, que actúan sobre las condiciones y distribución de los árboles. Con ello, se puede definir una serie de condiciones silvícolas que de ser alcanzadas hacen a los rodales de coníferas lo suficientemente saludables para evitar impactos y poblaciones importantes de descortezadores, resultando en una prevención del impacto de estos. Se ha llegado a definir que la densidad, la composición de especies (% de pino), la estructura (edades y distribución de especies), el área basal, índice de sitio, % de cobertura, altura y relación DAP/altura, son factores que tienen relación, entre otros con aspectos que influyen el riesgo de poblaciones altas de descortezadores, como son la disponibilidad



de recursos, la distancia entre hospederos, la edad y tamaño del rodal y la producción y movimiento de las “nubes” de feromonas producidas (Safranyik y Wilson 2006, Raffa *et al.* 2008, Guldin 2012). Las feromonas son compuestos producidos por los insectos que los ayudan a comunicarse con individuos de la misma especie (Macías Sámano 2001)

Para mayor detalle de estas prácticas silvícolas generales con fines de prevención de impactos de insectos forestales se recomienda leer a Medina (1980) y Sánchez-Martínez (2020). Para revisiones más amplias en el

tema para descortezadores de coníferas en general recomendamos Fettig *et al.* (2007) y para aspectos más específicos de *D. frontalis* se recomienda consultar a Guldin (2012), ambos autores cuentan con literatura más actualizada.

Queremos enfatizar aquí que cualquier parámetro silvícola usado para prevenir poblaciones epidémicas de descortezadores parte de estudios profundos de las interacciones de estos insectos y sus hospederos, luego entonces estos estudios hacen falta de realizar prácticamente en todo Latinoamérica.

3.6 Los descortezadores de coníferas en escenarios de plantaciones

Todo lo anteriormente explicado sobre la importancia de las interacciones existentes entre los descortezadores y sus hospederos, que se han desarrollado evolutivamente, desaparecen o son afectadas cuando el escenario forestal es una plantación sea cual sean sus fines. Y aquí usaremos el término plantación de una manera amplia, es decir, el proceso antropocéntrico de definir qué, dónde, cómo y cuándo serán plantados árboles con fines diversos (obtención de madera o resina, sombra, repoblación, barreras contravientos, agroforestales, etc.). Por lo tanto, el manejo de estos sistemas creados depende en buena parte de los aportes del hombre y del conocimiento que tenga de las especies plantadas.

En general en las plantaciones se usan densidades de individuos muy superiores a las presentes de manera natural. Aunque en rodales naturales muchas veces hay una semillación

abundante. De igual manera las plantaciones son ambientes homogéneos, en los que se favorece el crecimiento de una, dos o tres especies (en comparación con rodales mixtos de pino y encino), y en donde además los individuos tienen las mismas edades y las actividades culturales (como podas, aplicaciones de agroquímicos y tratamientos al suelo, entre otros) son para toda la plantación (Fig. 2). Un aspecto que hace especialmente susceptible a las plantaciones de ser impactadas por agentes bióticos en su desarrollo es que el sitio en donde crecen puede o no ser el óptimo para esas especies, lo que generalmente constituye un factor permanente de estrés para todas las plantas y que es aprovechado por muchos herbívoros (insectos y microorganismos) oportunistas. Esto último es especialmente importante en plantaciones que están dentro o cercanas a bosques naturales que tienen las especies plantadas o relacionadas





filogenéticamente a las ubicadas en las plantaciones. La falta de diversidad genética y de edades en plantaciones en comparación con rodales naturales son también factores que contribuyen a la susceptibilidad de las plantaciones a ser impactadas por plagas.

Estas características de las plantaciones son equivalentes a las de un cultivo agrícola que *de facto* las constituyen en un foco de atracción permanente a herbívoros especializados y cuyas poblaciones fácilmente se pueden constituir en un problema, cuando además de los agentes estresores propios del sitio se unen un mal manejo, falta de un monitoreo continuo y ahora, a nivel mundial, los efectos de un cambio climático.

Para el caso específico de plantaciones de pino se han documentado casos catastróficos debido a que las plantaciones llegaron a edades y en condiciones tales de estrés que fueron totalmente arrasadas por los descortezadores, como fue el caso de Mountain Pine Ridge en Belice (Macías-Sámano 2001), plantaciones en República Dominicana (Macías-Sámano 2018a) y parcialmente en Panamá (Jaén-Lara 2013). El caso de Panamá es especialmente interesante ya que no existe de manera natural pino en ese país y las plantaciones fueron atacadas por *Ips calligraphus* un especialista de pinos que no se sabe de dónde llegó. Hace relevante la enorme atracción que tienen estos escenarios para insectos especialistas invasores.

Pero estas infestaciones por especies de *Ips* o *Dendroctonus* son comunes en plantaciones en países como México, Guatemala y Honduras (ICF 2015, INAB 2016) y puesto que estas especies cuentan con feromonas de agregación (Macías-Sámano y Niño 2016) lo que conlleva a la formación de ataques concéntricos abarcando grupos de árboles y estos a su vez crean nuevos centros de contagio. Las plantaciones al ser escenarios homogéneos de alta densidad de individuos de la misma especie, misma edad, misma carga genética y bajo condiciones de crecimiento similares son, de darse las condiciones, altamente susceptibles de generar grandes poblaciones de insectos que fácilmente pueden incluso acabar con arbolado sano y vigoroso.

Es claro que por la estructura de una plantación y sobre todo de una productiva, un raleo reduce el área basal y por ello se recomienda en plantaciones para incrementar el crecimiento y reducir la susceptibilidad a los descortezadores. De hecho, la plantación como tal es una negación a ellas. Por todo esto, las plantaciones deben de ser monitoreadas permanentemente y de aparecer el primer árbol atacado por descortezadores de inmediato aplicar las medidas sanitarias adecuadas (ver más adelante las secciones correspondientes en este Manual) y de ser posible otros métodos, que, aunque costosos, puedan ser económicamente rentables dado el valor de la inversión y la oportunidad y la eficiencia con que se pudieran aplicar.

4. BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y COMPORTAMIENTO DE LOS DESCORTEZADORES DE PINO

4.1 Aspectos biológicos y ecológicos

El término descortezador, se deriva del hecho de que estos insectos se desarrollan debajo de la corteza, alimentándose del cambium, lo que promueve la muerte, degradación y subsecuente colonización de estos tejidos por un sinnúmero de organismos, acciones que al final hacen que se desprenda la corteza. Los principales descortezadores de pino en Guatemala pertenecen a los géneros *Dendroctonus* e *Ips* los más destructivos.

Las especies *D. frontalis*, *D. adjunctus* y *D. mesoamericanus* se consideran primarias porque en general los individuos de estas especies colonizan arbolado vivo y vigoroso, mientras que las otras especies de *Dendroctonus* en general colonizan árboles previamente atacados por las especies primarias. Resalta algunas veces el comportamiento de *D. valens* pues sus individuos llegan a colonizar parcialmente la parte baja de algunos árboles (no colonizados por otros descortezadores), sobre todo si han sido quemados, sin llegar a causarles la muerte. Las especies de *Ips* y *Pseudips mexicanus*, en general, colonizan árboles previamente atacados por las especies primarias (Wood 1982, Furniss y Carolin 2002, Billings y Espino 2018) o en ocasiones, cuando sus poblaciones son muy altas o los árboles muy

estresados son capaces de entrar y colonizarlos exitosamente (Billings y Espino 2018).

Esta última situación ocurre en algunas ocasiones al estar finalizando grandes infestaciones de descortezadores primarios. **Es muy importante indicar que, en el caso de países como Panamá, Cuba, República Dominicana, Haití y Jamaica en donde únicamente existen especies de *Ips* y no de *Dendroctonus*, el primero es el único descortezador y puede alcanzar a ser primario en estos países** (Garraway 1986, Haack *et al.* 1989, López-Castilla *et al.* 2009, Jaén-Lara 2013, Billings y Espino 2018).

Las especies de *Dendroctonus* son monógamas y el sexo que inicia la colonización es la hembra (Wood 1982). Las hembras de varias especies *D. frontalis*, *D. adjunctus* y *D. mesoamericanus* liberan feromonas de agregación (Wood 1982, Macías-Sámamo y Niño 2016, Niño *et al.* 2018). En cambio, las especies de *Ips* son polígamas, los machos son quienes inician los ataques (Wood 1982) y los que producen feromonas de agregación (Macías-Sámamo *et al.* 2014, Macías-Sámamo y Niño 2016). **Derivado del uso de feromonas de agregación, las especies mencionadas de ambos géneros**

forman ataques concéntricos abarcando grupos de árboles y estos a su vez crean nuevos centros de contagio. Basado en esta forma de apareamiento (monogamia o poligamia), se derivan las formas que las galerías son construidas y grabadas (Figura 3) debajo de la corteza al irse desarrollando los distintos estadios de los insectos. De tal manera que las especies monógamas, *Dendroctonus* spp, forman galerías parentales generalmente en forma de "S" alargadas (con excepción de *D. valens*, *D. ponderosae* y *D. pseudotsugae*) y **llenas de aserrín** (Fig. 3C), extendiéndose de arriba hacia abajo del

árbol y con las galerías larvales irradiando hacia los lados de las parentales. Las especies polígamas como las de *Ips*, desarrollan galerías en forma de "Y" (indicando tres hembras apareadas) (Fig. 3A), o de "H" (cuatro o más hembras) (Fig. 3B), **limpias de aserrín** y con galerías larvales irradiando de cada "brazo" de las parentales (Billings y Espino 2018). Frecuentemente, las especies de *Ips* colonizan pinos tirados o trozas con corteza fresca, un comportamiento que raramente se encuentra en las especies de *Dendroctonus* (R. Billings, com. pers., Texas A&M Forest Service).

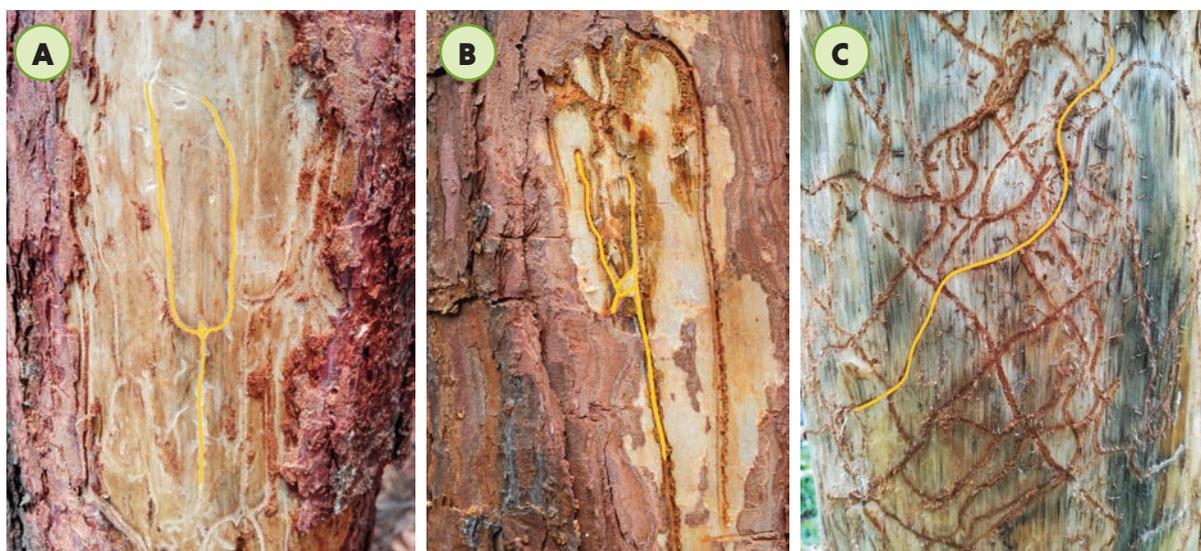


Figura 3. Galerías grabadas debajo de la corteza por descortezadores. Las líneas amarillas se colocaron para resaltar la dirección de las galerías. A) *Ips* sp con tres galerías parentales; B) *Ips* sp con cuatro galerías parentales y C) Galerías de *Dendroctonus adjunctus*. Fotos de Rony Albanés, INAB

En general los descortezadores de los géneros *Dendroctonus* completan su desarrollo (huevo hasta adulto) en 4-50 semanas dependiendo de la especie y las temperaturas, de tal manera que pueden tener de una (*D. adjunctus* y quizás *D. mesoamericanus*) hasta 12 generaciones (*D. frontalis*

en Centro América) al año (Wood 1982, Moreno et al. 2008, Niño-Domínguez et al. 2016). En el caso de las especies de *Ips*, estas pueden tener varias generaciones al año, un total de cinco en especies que se desarrollan en EUA (Furniss y Carolin 2002), por lo que seguramente en su distribución

más al sur, tienen un mayor número; entre 10 y 12 en caso de *I. cribricollis* e *I. apache* (R. Billings, com. pers., Texas A&M Forest Service). Ambos escarabajos pasan por cuatro estados de vida (huevecillo, larva, pupa y adulto) (Fig. 4).

Al emerger, los adultos nuevos de especies con múltiples generaciones al año vuelan en búsqueda de nuevos hospederos durante todos los días del año, siempre y cuando las temperaturas excedan los 15 °C. La distancia que vuelan varía con la estación del año y la presencia de atrayentes en la vecindad. Si

no los hay, los adultos son capaces de volar hasta 2 km (o más con la ayuda del viento) durante ciertas estaciones del año, con el fin de iniciar brotes nuevos. Sin embargo, específicamente en caso de *D. frontalis*, la mayoría de la población de descortezadores sobrevive y reproduce por medio de vuelos cortos, desde el árbol en el cual emergió hasta un pino que produce atrayentes en el límite del mismo brote (Wood 1982, Furniss y Carolin 2002, Macías-Sámamo *et al.* 2017). Esto está comprobado durante el periodo de tiempo entre los picos de vuelo (R. Billings, com. pers., Texas A&M Forest Service).

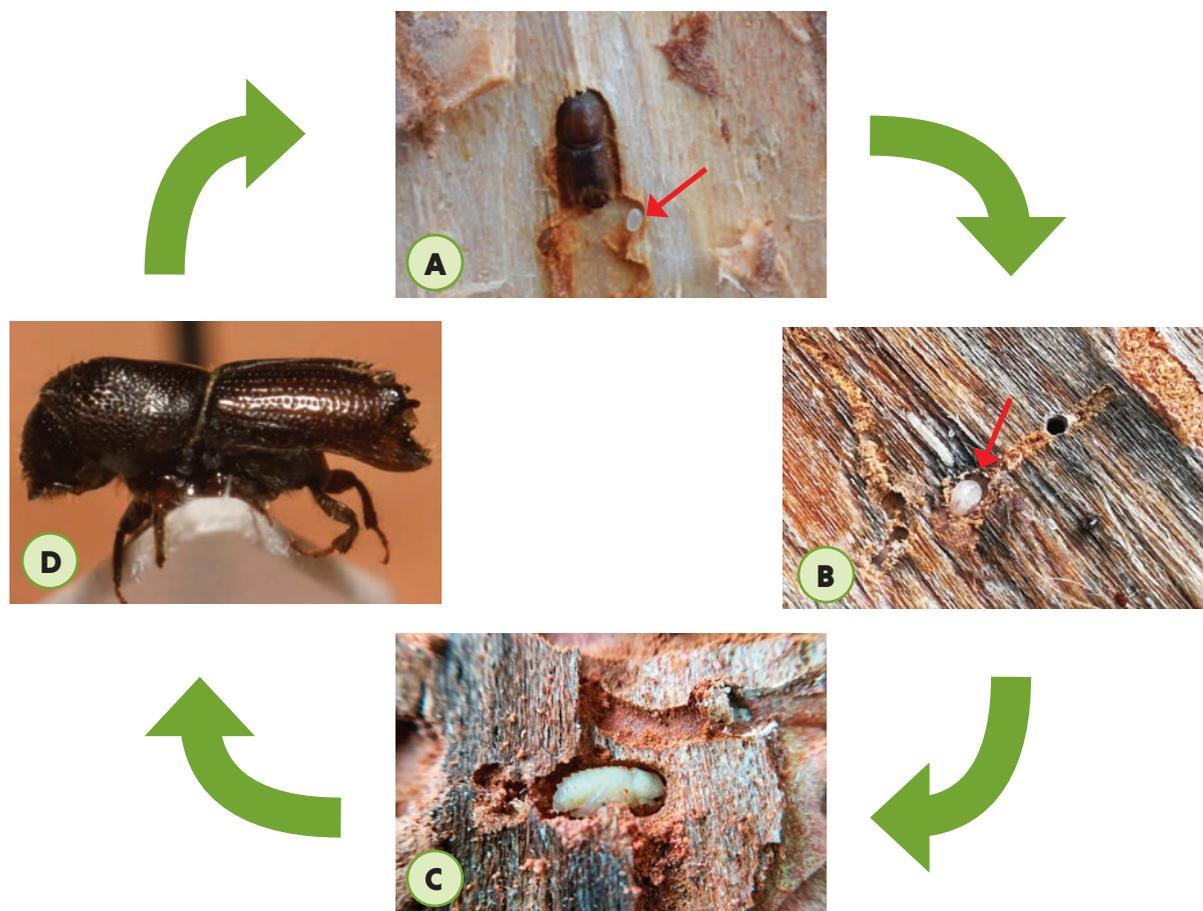


Figura 4. Se presenta ciclo de vida generalizado a los insectos descortezadores (*Ips* y *Dendroctonus*). Huevecillo colocado sobre la galería principal (A), estado de larva (B), le sigue el estado de pupa (C) y un insecto adulto (D) del género *Ips*. Fotos A, B y D, archivos INAB y C, de García Ochaeta, MAGA.



La relación entre gorgojos descortezadores y sus asociados implica una comunicación química compleja y muy bien definida. Esto hace que la relación incluso con sus hospederos sea dinámica, compleja y dependiente de muchos factores (densidades poblacionales de ambos, respuestas defensivas de los árboles, factores de estrés, diversidad de especies y edad del rodal, condiciones climáticas prevalecientes, temporada del año, etc.). Debido a estos factores, en una localidad determinada, existe una gran variación en el número y tamaño de infestaciones asociadas, con una determinada abundancia de los insectos en dispersión durante ciertas temporadas del año (Wood 1982, Billings 2011, Domínguez *et al.* 2008, Macías-Sámano *et al.* 2014, Macías Sámano y Niño Domínguez 2016, Billings y Espino 2018).

Con base en trapeos con feromonas comerciales se sabe que *D. frontalis* en el sur de México presenta dos picos poblacionales en donde la mayor parte de su población vuela para establecer nuevos brotes, uno ocurre durante la época seca en el verano (marzo-junio) y el otro entre agosto y noviembre. Este tipo de conteos es muy útil porque permite definir regionalmente estos picos de vuelo y sobre los cuales se pueden programar las actividades de detección (mapeo aéreo) y los saneamientos cuando la población comienza a causar mortalidad, lo que conlleva a una mayor eficiencia de control y optimización de recursos (Macías-Sámano y Niño-Domínguez 2016). Ver sección 6.1.3 Detección y monitoreo con trampas cebadas por feromonas más adelante en este Manual.

Como se explicó en la sección 3.4, los descortezadores son parte esencial de la dinámica de los bosques de pino y viceversa. Es decir, uno es el factor principal que moldea la población del otro. Los descortezadores tienen la función de renovar el bosque y cuando sus números crecen pueden ser indicadores de que el ecosistema bosque de pino es muy denso, tiene demasiados individuos sobremaduros y/o estresados, o cualquier otro parámetro que denote cierto desbalance en la permanencia de este. Estos insectos, cuando matan arbolado, son los que inician el proceso de degradación de la madera. Son los que crean las condiciones adecuadas para que otros insectos y microorganismos vayan desarrollando su papel en la degradación de los distintos tejidos de los árboles. En pocas palabras, inician una sucesión ecológica clave para que la materia orgánica se reintegre al suelo. De una manera esquemática (Fig. 5), los descortezadores primarios dan lugar a los secundarios y estos casi simultáneamente dan lugar a la llegada de otros insectos (con sus respectivos microorganismos, parasitoides y depredadores asociados) como los barrenadores de albura (principalmente Cerambycidae y Buprestidae), los de duramen (Cerambycidae, Scolytinae ambrosiales, termitas, hormigas, etc.) y finalmente solo queda la acción de hongos y bacterias que degradan lo que queda de la madera lista para ser integrada y convertirse en suelo. Este Manual se ubica en el inicio de esta sucesión ecológica, de tal manera que solo se describe y se discute la llegada de los descortezadores primarios y secundarios, describiendo los cambios (síntomas) que van generando en los árboles a medida que sus poblaciones se van desarrollando dentro de ellos y salen a colonizar nuevos individuos.

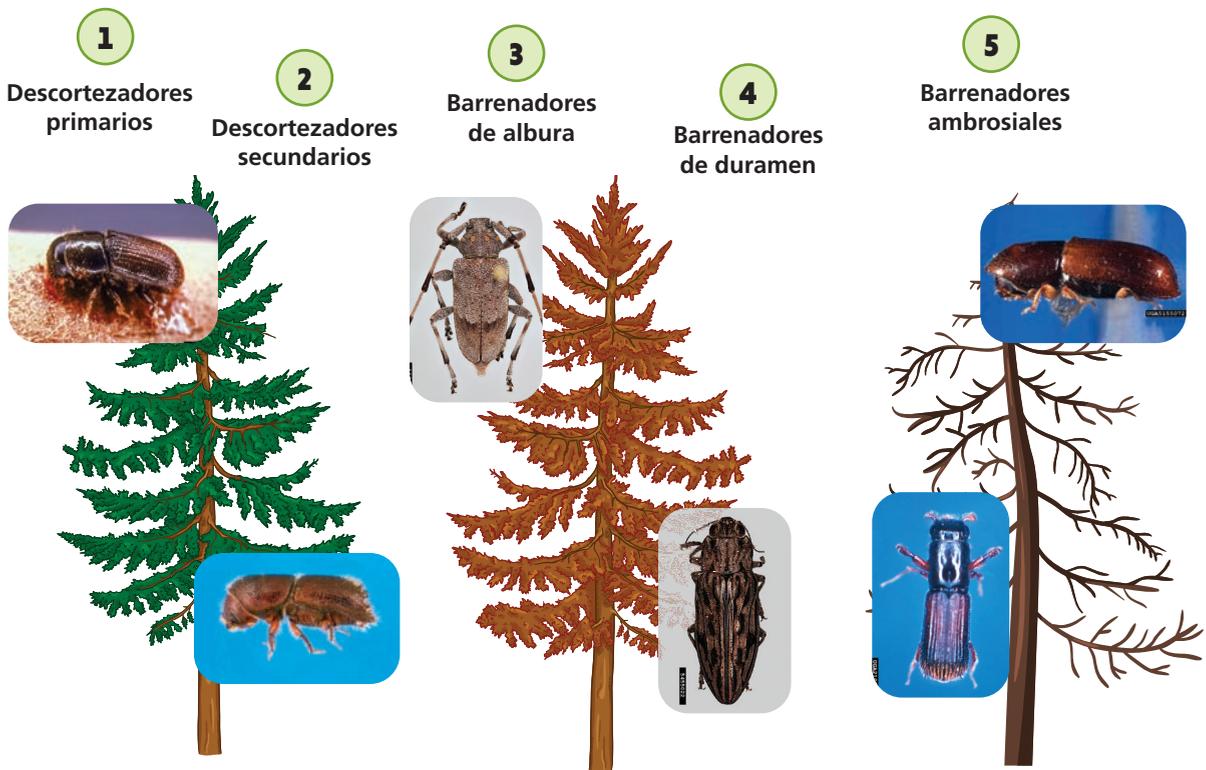


Figura 5. Representación esquemática de la sucesión ecológica que tiene lugar por insectos descortezadores y barrenadores de árboles en tres distintos estados de vigor (verde, en proceso de muerte y muerto). Fuente, J. Macías, Forest Health and Semiochemicals Consulting.

4.1.1 Colonización o infestación de un pino individual

Unas hembras pioneras (en el caso de las especies de *Dendroctonus*) o unos machos pioneros (en el caso de las especies de *Ips*) son atraídos a los pinos por el olor de estos y es durante la barrenación de la corteza y el floema en ellos, que determina si el individuo podrá ser o no colonizado. Una vez que las hembras (*Dendroctonus*)/macho (*Ips*) determinan la idoneidad del hospedero adecuado, comienzan a liberar feromonas de agregación, frontalina (*D. frontalis* y *D. adjunctus*), frontalina

+ exo-brevicomina + ipsdienol (*D. mesoamericanus*) o ipsenol, ipsdienol y *cis*-verbenol (*Ips* spp) (Cognato 2015, Macías-Sámamo y Niño-Domínguez 2016, Niño-Domínguez et al. 2016). Estos compuestos en combinación con los olores del pino (eminentemente el monoterpeno -pineno) atraen a los machos (*Dendroctonus*) o a las hembras (*Ips*) para aparearse. Al mismo tiempo, estas fuentes de olor atraen otros machos/hembras que se localizan en la vecindad de este inicio de

brote de infestación y si existe un número suficiente de insectos atraídos, las defensas del árbol son vencidas, el árbol es colonizado y los descortezadores se reproducen exitosamente (Macías-Sámano 2001b, Macías-Sámano *et al.* 2016, Macías-Sámano 2020a) (Fig. 6).

Al arribar los machos (*Dendroctonus*) o hembras (*Ips*) atraídos por los individuos pioneros y ocurren los apareamientos, comienzan a liberarse otras feromonas que marcan la

terminación de la agregación (feromonas de antiagregación), las cuales en altas concentraciones inhiben que insectos de ambos sexos aterricen en el árbol, forzándolos a cambiar su rumbo y orientándolos hacia pinos adyacentes que no han sido colonizados (Fig. 7). Estas feromonas repelentes producidas por los mismos descortezadores sirven para regular la densidad de ataques en cada árbol y previenen la competencia entre la prole que se desarrolla bajo la corteza (Macías-Sámano 2001b, Macías-Sámano *et al.* 2016).

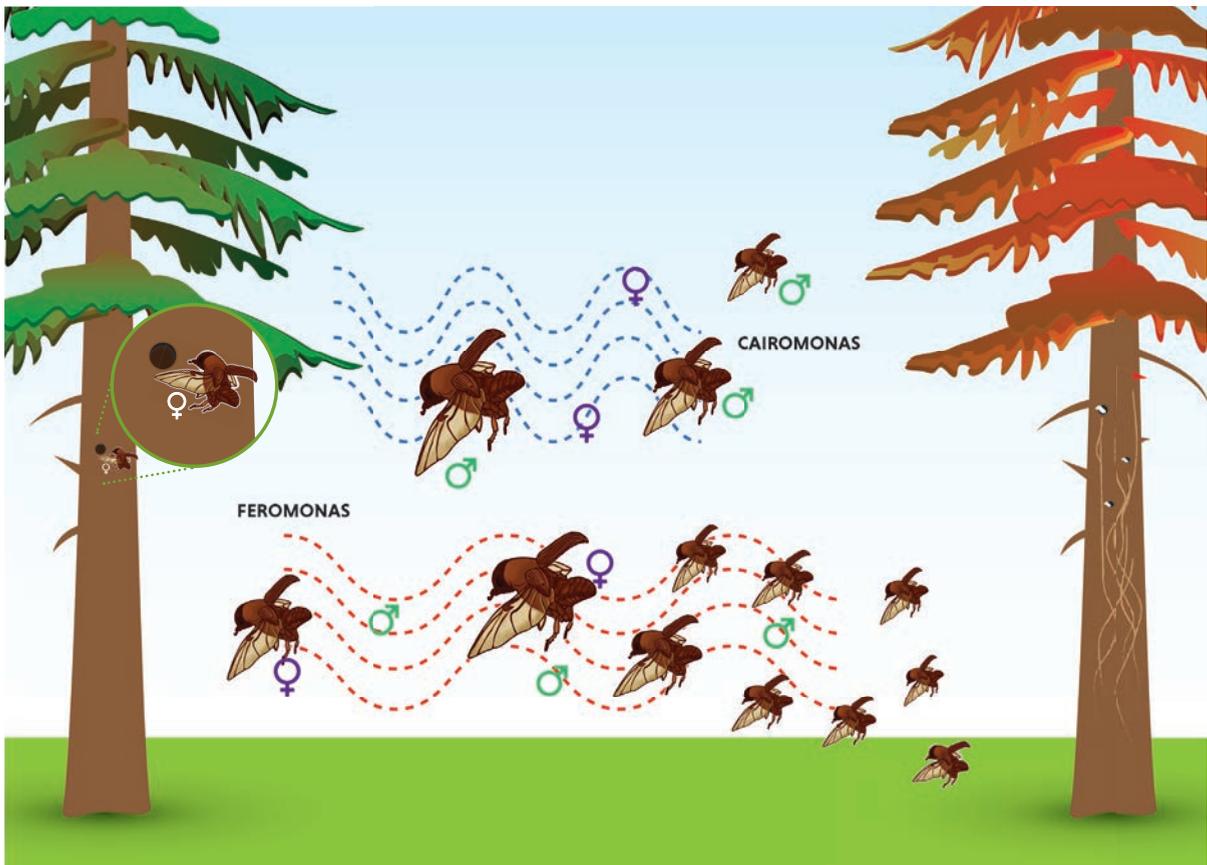


Figura 6. Colonización de un nuevo hospedero por el descortezador del pino, mediante la atracción sinérgica de feromonas y caïromonas. Fuente, Macías y Niño (2016).

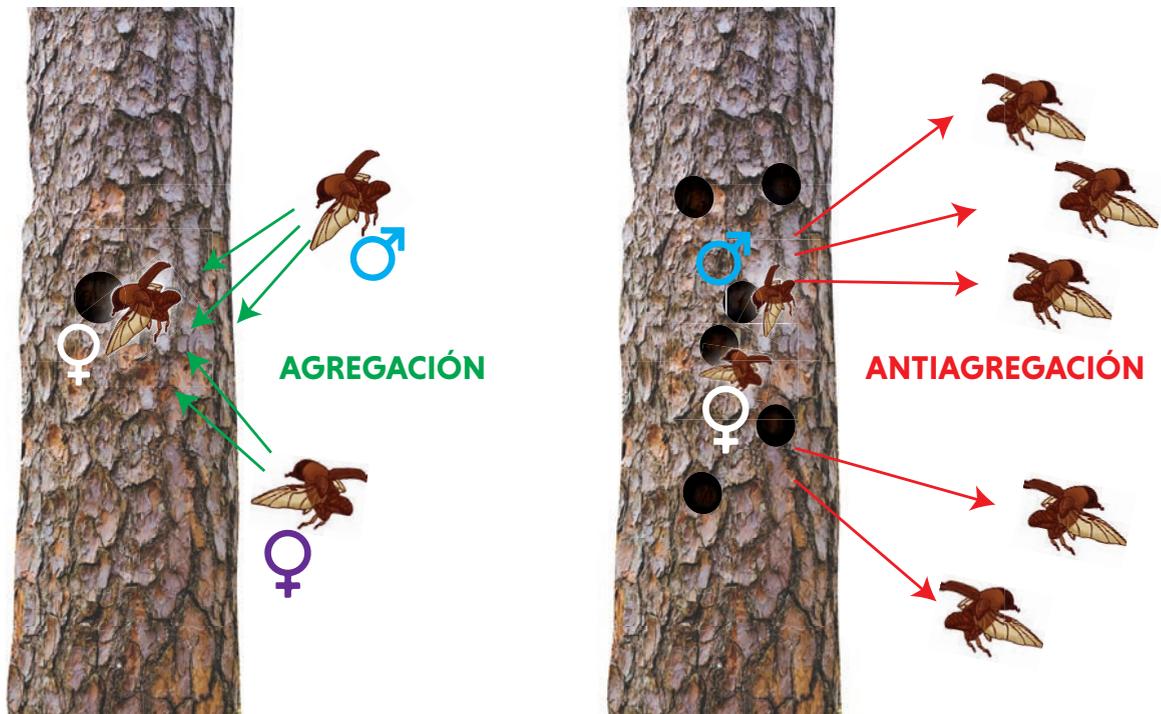


Figura 7. Inicio de la colonización de un árbol (agregación) por un descortezador y finalización de esta (antiagregación). Fuente, Macías y Niño (2016).

Siendo *D. frontalis* y *D. adjunctus* descortezadores eminentemente primarios, una vez que todas las parejas se han apareado, los tejidos de conducción del árbol atacado han iniciado en franco deterioro y el perfil de volátiles (su olor) producido por el árbol en sí comienza a cambiar. En primera instancia los olores a "pino" (principalmente los conformados por compuestos como el -pineno) se han reducido fuertemente y los niveles de alcohol (como resultado del comienzo del deterioro del árbol mismo) se van elevando. Por ello inician el arribo de los descortezadores secundarios como *Ips* spp, quienes comienzan a generar sus propias feromonas de agregación y sus poblaciones comienzan a arribar al árbol, convirtiéndolo en una fuente de atracción de estos insectos secundarios como otros descortezadores, depredadores y barrenadores de

madera, y ya no más individuos de *D. frontalis* o *D. adjunctus* arriban a él (Macías-Sámamo *et al.* 2016, Macías-Sámamo y Zúñiga 2016). Algo equivalente ocurre cuando las especies de *Ips* por el estrés del arbolado en adición de la existencia de grandes cantidades de esos insectos, se convierten en descortezadores primarios y matan árboles.

A medida que los ataques progresan, el árbol va perdiendo vigor, de tal manera que, si en un inicio se formaban grumos grandes de resina como respuesta al ataque, con el tiempo estos ya no se producirán, aunque lleguen más insectos pues las fuentes de resina se van agotando, y los insectos que van arribando de manera secundaria producirán aserrín de color rojizo, pues todo el floema ya ha sido oxidado adentro del árbol.



4.1.2 ¿Cómo se inicia y termina un brote de descortezadores?

Dentro de esta sección la mayoría de la información descrita ha sido originada de investigaciones hechas en poblaciones de los descortezadores *D. frontalis*, *D. mesoamericanus* y de *Ips* spp en el sur de México y los Estados Unidos (Domínguez *et al.* 2008, Sullivan 2011, Macías-Sámano *et al.* 2014, Cognato 2015, Niño-Domínguez *et al.* 2016). Asimismo durante el 2019 en Guatemala se establecieron trampeos con feromonas comerciales para *D. frontalis* y tanto individuos de esta especie como de *D. mesoamericanus* fueron capturados (Paulo Ortiz y Rony Albanes, INAB y Francisco García MAGA, com. pers.), lo que muy posiblemente indica que los resultados obtenidos en el sur de México son aplicables en Guatemala.

El vacío de información específica sobre biología y ecología de las especies de descortezadores de la región es indispensable que sea llenado. Sin embargo, es muy posible que las poblaciones de Centroamérica y el Caribe difieran poco en su comportamiento comparativamente con poblaciones de más al norte del continente. Pero damos una nota precautoria sobre generalizaciones, pues se han encontrado diferencias importantes en las respuestas a feromonas comerciales y las especies que responden a ellas difieren a las que ocurren en poblaciones más al norte (Macías-Sámano y Zúñiga 2016, Macías-Sámano *et al.* 2014, 2016). En los descortezadores de pino, la comunicación entre los miembros de la misma especie está basada principalmente en señales olorosas (feromonas) producidas por cada individuo o producidas por el hospedero (caimonomas), todas

ellas relacionadas con el comportamiento de búsqueda de un nuevo hospedero, sitios de agregación y apareamiento.

Al colonizar un nuevo hospedero, cientos de descortezadores liberan feromonas de agregación que en conjunción (efecto sinérgico) con las caimonomas liberadas por los árboles mismos – al ser heridos por efecto de la barrenación de cada insecto en los mismos – atrae insectos conoespecíficos (de la misma especie) que vuelan en la vecindad del árbol bajo ataque (Fig. 6). Es decir, los olores del árbol dañado más los insectos activamente entrando y buscando pareja, convierten a todo el árbol atacado en un sitio de atracción y reunión. Si hay varios árboles susceptibles y suficientes insectos volando, esos nuevos árboles al ser atacados se convertirán en nuevos focos de infestación y si esto se repite bajo las condiciones propicias se generan enormes mortalidades de pino (Macías-Sámano 2001b, Macías-Sámano *et al.* 2016, Macías-Sámano y Niño-Domínguez 2016).

Los primeros pinos infestados en un brote nuevo serán atacados por descortezadores que llegan al sitio a través de inmigración de larga distancia (desde otros brotes o pinos aislados). En el caso de *D. frontalis*, después de una generación (un mes), las crías de los descortezadores habrán cumplido su desarrollo en los primeros pinos infestados y emergerán como adultos nuevos. Si todavía existen atrayentes (ataques frescos) en el mismo brote, los adultos nuevos volarán poca distancia, a la periferia del mismo brote y atacarán más pinos adyacentes. Una vez

que establezca una sincronización entre la emergencia de cría y la producción de atra-yentes en el brote, la infestación se expandirá continuamente si hay más pinos cercanos y si no se aplica control directo. En este caso, la expansión del brote no depende más en la inmigración de descortezadores provenientes de lejos (desde otros brotes). Si al

emerger las crías no encuentran atra-yentes en el mismo brote, volarán en búsqueda de otros hospederos a larga distancia. De no volar en la época de dispersión, cuando las condiciones ambientales son óptimas, muchos de los descortezadores morirán en el proceso. El resultado será un brote inactivo en tal caso (Billings 2011a).

4.2 Especies de descortezadores de Guatemala

Los individuos pertenecientes a las especies de *Dendroctonus* e *Ips* son escarabajos pequeños, los adultos miden en promedio entre 4 y 8 mm de largo, son de color café a negro y aunque

sus cuerpos son muy parecidos, difieren en su declive elitral (Fig. 8) siendo este liso para los *Dendroctonus* y aserrado (con un número de espinas variables) en los *Ips* (Wood 1982).

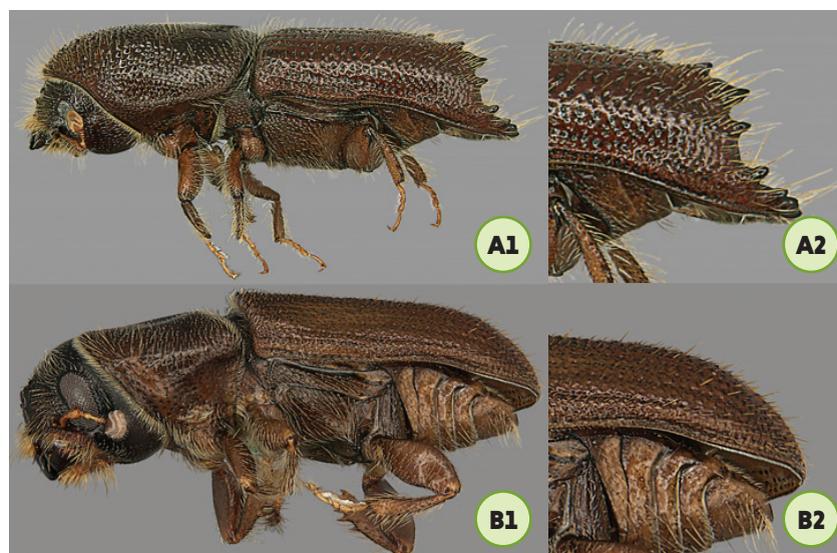


Figura 8. Ejemplares de *Ips* (A1) y de *Dendroctonus* (B1), mostrando un declive elitral aserrado en caso de *Ips* (A2) y uno liso en el caso de *Dendroctonus* (B2). Fotos modificadas de las originales tomadas por Steve Valley y J. LaBonte, Oregon Department of Agriculture, EUA.

Existe una extensa literatura que cubre los aspectos taxonómicos, descripción de especies, para los dos géneros de descortezadores. La taxonomía es un área especializada, de tal suerte que información más detallada

(incluida una clave dicotómica para las especies de *Dendroctonus*), y útil para la identificación de las especies presentes en Guatemala se encuentran descritas e ilustradas en el Anexo 1 de este Manual.

5. SÍNTOMAS Y SIGNOS DE LOS ÁRBOLES COLONIZADOS POR DESCORTEZADORES

Si bien lo que a continuación se explica siguen siendo cuestiones biológicas y ecológicas de las interacciones de los descortezadores con los árboles de pino, como se verá, los temas tienen una importancia operativa clave en el manejo de estos insectos. Por ello se decidió incluirlos en una sección aparte.

Los pinos colonizados por *D. frontalis* y *D. adjunctus* presentan sintomatologías muy características, tanto a nivel de árbol (grumos de resina, galerías bajo la corteza, orificios de emergencia), como de rodal (arbolado con diferentes coloraciones de follaje). Son estas sintomatologías las que permiten evaluar tanto la presencia de los insectos

como el grado de avance de los focos de infestación. En el caso de *D. mesoamericanus* si bien estos individuos llegan a desarrollar grumos, estos son muy pequeños y se concentran en la parte media del fuste del árbol. Casi todos estos árboles están co-atacados también por *D. frontalis* al menos en el sur de México (Moreno *et al.* 2008, Niño-Domínguez *et al.* 2016). Únicamente se sabe de la presencia de *D. mesoamericanus* en Centroamérica, pero nada sobre su biología (Armendáriz-Toledano *et al.* 2018). La sintomatología presentada por los árboles colonizados por *Ips* es muy similar, sin embargo, ver las diferencias en la siguiente sección.

5.1 Ataques iniciales / grumos de resina

Para entrar, cada hembra de las especies primarias de *Dendroctonus* barrena la corteza y directamente rompen y dañan tejido vivo (de conducción y resinoso) por lo que el árbol produce resina (Fig. 9) y genera una respuesta de resistencia localizada para detener la intrusión del insecto y sus microorganismos asociados (Macías-Sámamo 2002).

La producción de grumos de resina es el síntoma principal del inicio de la colonización del árbol por estos insectos. En caso de *D.*

adjunctus y *D. frontalis*, los grumos se encuentran en las grietas de la corteza (Ver Fig. 9); en el caso de *Ips* spp., muchas veces se encuentran los grumos sobre las placas de la corteza. Al principio la resina es transparente, pero al oxidarse e ir perdiendo sus componentes volátiles se va endureciendo y tornándose blanca y amarillenta. A medida que el insecto sigue horadando el tejido y llega al floema, este al ser expelido por los insectos, se mezcla con la resina tornándola roja o rosada. Este color lo da la oxidación de los

compuestos que están en el floema, siendo el signo inequívoco de que el insecto ha llegado hasta este tejido y ya ha logrado vencer las defensas del árbol. Este proceso se repite a lo largo del fuste del árbol tantas veces como insectos entren a colonizarlo exitosamente. El proceso se vuelve más intenso a medida que los machos se unen a las hembras y colaboran con sacar el aserrín para formar las galerías parentales (Macías-Sámano *et al.* 2016, Billings y Espino 2018).

En el caso de los machos de las especies de *Ips* que son el sexo que inicia la colonización y liberan la feromona de agregación, inician un reclutamiento con individuos de la misma especie sobre ese árbol. Si esto ocurre cuando estas especies de *Ips* atacan de manera primaria (generalmente en árboles estresados y bajo efectos de sequía) pudiera haber una resinación en los puntos de ataque y al igual de lo que ocurre con las especies primarias de *Dendroctonus*, esa resina se torna rojiza al ser exitoso el ataque. Pero cuando *Ips* spp lo hacen de manera secundaria, es decir después de la colonización por especies de *Dendroctonus* o de las de *Ips* mismo, prácticamente no hay resinación debido al grado de deterioro que sufre el árbol, es decir, debido al proceso de muerte del árbol, este ya no puede producir más resina y entonces los ataques por *Ips* solo presentan como aserrín rojizo saliendo de los orificios de ataque. Estos ataques por *Ips* son muy comunes en trozas o pinos caídos.

Si uno encuentra un árbol con copa verde con grumos blancos y duros, indica que este resistió el ataque y que los insectos trataron de entrar, pero no se pudieron establecer (Macías Sámano 2001). El número, tamaño y distribución de los grumos depende, tanto

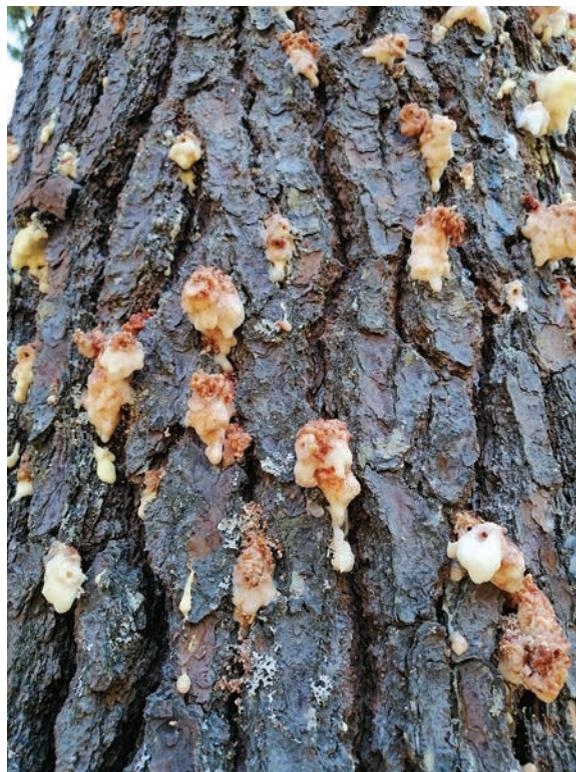


Figura 9. Fuste de *Pinus maximinoi* con grumos de resina en las grietas de la corteza, indicando que el insecto descortezador de la especie de *Dendroctonus adjunctus*, ha ingresado a la corteza y se ha colonizado exitosamente para la alimentación y reproducción. Localidad, San José Ojetenán, San Marcos. Foto de Rony Albanes.

de la resistencia que ponen los árboles a ser colonizados, como de su vigor. Incluso hay ocasiones en donde los grumos son tan pequeños que son difíciles de observar o no hay grumos presentes y es hasta que los árboles van muriendo y cambiando el color de su follaje, que uno se da cuenta de que han sido atacados por los insectos descortezadores. En otras ocasiones en pinos con copas verdes existen “chorros” de resina (trementina) o “lagrimeo” que en ocasiones sí son producidos por los insectos descortezadores y en otras no (enfermedades, ruptura de vasos resinosos por cambios bruscos de temperatura/humedad, pájaros que se alimentan de



resina, desgaje de ramas, etc.). Los producidos por los gorgojos, la mayoría de las veces escurren desde la parte superior del tronco y la resina es transparente, mas es inequívoco el encontrar por dónde sale la misma, un orificio de entrada del insecto que puede ser o no exitoso (Macías-Sámano *et al.* 2016).

5.2 Cambio de color del follaje de los árboles atacados

A medida que los insectos desarrollan sus galerías debajo de la corteza, los descortezadores primarios van cortando y taponando el tejido de conducción de los árboles, por lo que la función de transporte de agua y nutrientes se afecta de manera paulatina y en ocasiones muy violenta, por el número de ataques que ocurren a la vez (Macías-Sámano 2002). Al penetrar la corteza, los descortezadores infectan el árbol con esporas de varios hongos y otros microorganismos, entre ellos el hongo que causa la mancha azul en la madera. Es la combinación de construcción de galerías y la infección de los hongos, que provocan la muerte del árbol. Consecuentemente su follaje sufre un cambio del color, de manera secuencial de verde a amarillento, de ahí a rojizo y finalmente a gris cuando las hojas se comienzan a caer. Durante el invierno (junio hasta septiembre), debido a temperaturas bajas, a veces el follaje pasa de verde a rojizo sin prácticamente pasar por la coloración amarillenta (Macías-Sámano *et al.* 2016).

Un brote de descortezadores en expansión presenta árboles en varios grados de cambios

Aquí definimos el **término brote** como un **grupo de árboles que ha sido atacado de manera concertada por insectos atraídos al área por los semioquímicos** (ver siguiente sección) **liberados por al menos un árbol que está siendo atacado exitosamente por ellos.**

de color en su follaje (Fig. 10), lo que indica directamente que fueron atacados a distintos tiempos (Billings *et al.* 1990, Macías-Sámano *et al.* 2016). Estos distintivos cambios de coloración son muy evidentes para los brotes de *D. frontalis* y *D. adjunctus*, siendo más aparentes durante el verano (noviembre hasta abril) cuando los árboles presentan cierto estrés hídrico por las altas temperaturas. En verano e invierno es cuando las poblaciones de insectos se dispersan a grandes distancias para iniciar la mayoría de los brotes nuevos, mientras que entre estos dos picos de dispersión se mantienen cercanas expandiendo los brotes ya establecidos.

Como se comentó desde el inicio de este capítulo, en varios países del Caribe y en Panamá las especies de *Ips* son siempre primarias, y en el resto de la región lo pueden también ser, pero **únicamente** bajo ciertas circunstancias también ya indicadas, por ello a **continuación se describe las varias etapas de ataque, aplicadas para las especies de *Dendroctonus* aquí tratadas y para las de *Ips* cuando estos se comportan como primarios.**



Figura 10. Grupo de árboles de pino con varias tonalidades de color en sus copas debido a las distintas etapas de desarrollo del insecto descortezador *Dendroctonus vitei* de bajo de su corteza. Patzicía, Chimaltenango. Foto de Rony Albanes, INAB.

5.2.1 Etapas de infestación

En brotes de *D. frontalis* en expansión que abarcan varios árboles (Fig. 11) se pueden observar las tres etapas de coloración de los árboles atacados. Esto puede variar según las condiciones silviculturales y climatológicas, ver más adelante.

Etapas Se denomina Etapa 1 o Fase 1 al árbol o grupo de árboles con grumos frescos de resina y con follaje verde, indicando un pino(s) bajo ataque o recién colonizado y con follaje verde. Son árboles a los cuales los insectos están produciendo atrayente y por ello se le ha denominado **frente de avance del brote**. Este frente indica con cierta precisión la dirección hacia dónde

está volando la población del insecto adulto. Algo muy importante a tomar en cuenta, es que este es el sitio en donde se encuentra la **mayor concentración de feromonas de agregación** y grandes cantidades de **grumos rojizos y frescos** en los árboles. La corteza está bien pegada al fuste, siendo difícil de sacar muestras con hacha o machete. Si se toman muestras de corteza justo debajo de los grumos rojos de resina, se lograrían ver los insectos vivos y el inicio de la construcción de sus galerías, las cuales se observan bien marcadas y sobresalta el color rojizo de ellas y del floema en donde están los insectos. Asimismo, si se revisara la superficie de la madera bajo la corteza

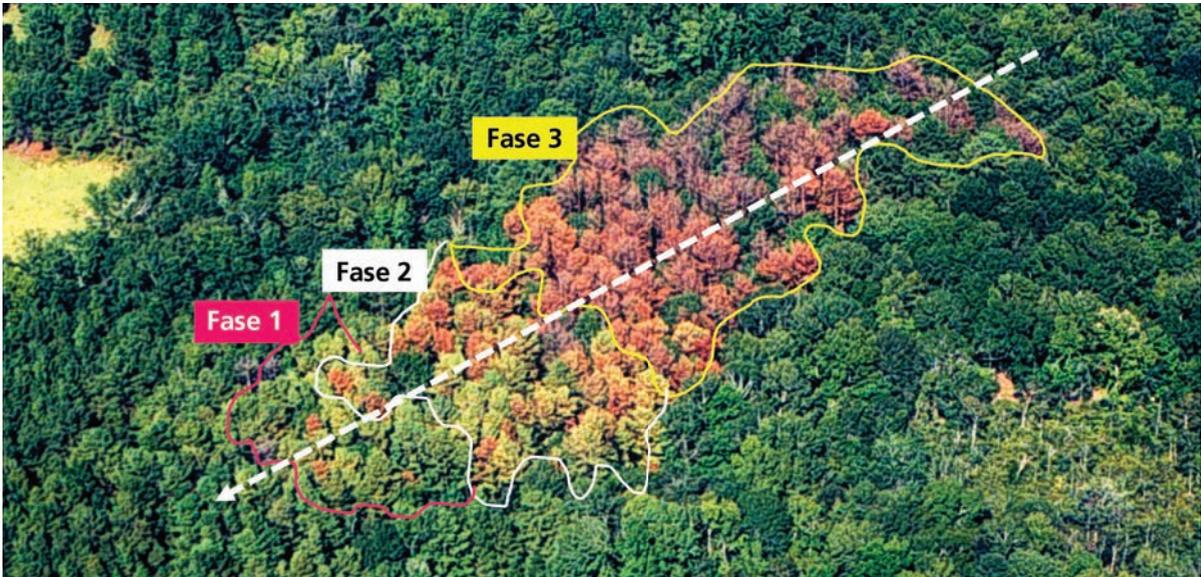


Figura 11. Grupo típico de árboles que forman un brote activo del gorgojo descortezador *D. frontalis*. Se pueden ver las tres diferentes coloraciones que indican las etapas de avance de la infestación y cuya dirección está indicada por la flecha. Ver texto. Fotografía original de R. Billings y modificada por J. Macías-Sámamo.

(en sitios en donde se observan grumos), los tejidos son blancos, sin galerías de insectos y parecieran sanos (Figs. 11 y 12) (Billings *et al.* 1990, Macías-Sámamo *et al.* 2016, Billings y Espino 2018).

Etapa 2

Ubicada inmediatamente adyacente al frente de avance y de los árboles en Etapa 1 se encuentran la Etapa 2 o Fase 2. Esto consiste en un pino o arbolado con follaje amarillento o verde limón, en donde ya hay un desarrollo de larvas, pupas o adultos nuevos, pero todavía **no hay muchos orificios de salida (emergencia)** que son por donde sale la generación de insectos criados dentro del árbol. Es muy importante señalar que algunos insectos padres pueden reemerger después de poner sus primeros huevos, produciendo unos pocos orificios de salida (R. Billings, com. pers., Texas A&M Forest Service).

La ausencia de muchos orificios indica que la población de adultos nuevos todavía está dentro de la corteza. Este tipo de árboles ya no presenta ninguna atracción para los descortezadores primarios o sus depredadores que vuelan en la vecindad, pues todos son atraídos a árboles en la Etapa 1. Si se toman muestras de corteza de los árboles en Etapa 2, se encontrarán galerías en forma de "S" y "Y" o "H" (según sea el género del descortezador) construidas por los padres y el color de los tejidos debajo de la corteza será de coloración café y probablemente con un buen desarrollo de la mancha azul causada por los hongos que estos insectos hayan introducido (Figs. 11 y 12). Existe desarrollo de larvas de los descortezadores y son visibles bajo la corteza o incluso pupas y/o adultos nuevos **dentro de la corteza** de pinos de esta etapa (Billings *et al.* 1990, Macías-Sámamo *et al.* 2016, Billings y Espino 2018).



Etapa 1



Etapa 2



Etapa 3



Figura 12. Comparación del estado de las cortezas de árboles provenientes de las Etapas 1, 2 y 3 que se pueden diferenciar como una secuencia de desarrollo de un brote del escarabajo descortezador de los pinos (*D. frontalis*). Ver explicación en el texto (Fotos por R. Billings, Texas A&M Forest Service).

Etapa 3

Son los árboles con follaje rojo y que presentan gran cantidad de orificios de salida (emergencia) (Figs. 11, 12, 13 y 14) y su corteza se desprende con facilidad. Es importante indicar que la corteza no se desprende fácilmente, en el Altiplano guatemalteco, en los pinos *P. pseudostrobus* y *P. rudis* cuando son atacados por *D. adjunctus*. En ellos prácticamente ya no hay individuos de adultos de las especies atacantes primarias (por ello los orificios de emergencia) quienes han salido a colonizar nuevos individuos. Sin embargo, sí se encuentran numerosos adultos y larvas de muchos otros insectos asociados con los primeros. Particularmente los estadios de descortezadores secundarios son fáciles de confundir con los primarios. Los brotes que contienen árboles solamente

en esta Etapa 3, se denominan **brotes inactivos**. Este término se da porque estos árboles **ya no producen atrayentes ni crías de los descortezadores primarios**. Como parte de la **Etapa 3** muchas veces se encuentran árboles ya sin follaje (árboles de copa o ramas sin hojas, es decir lucen de color gris) que presentan mucha de su corteza desprendida y que fueron los que generaron las poblaciones de insectos que crearon el brote presente.

Hay ocasiones en donde no es tan clara la diferencia de las tres etapas y como se indicó anteriormente, son más fáciles de observar durante el verano. A veces, se encuentran dos o más etapas en el mismo árbol indicando que los insectos atacaron distintas zonas del árbol a diferentes tiempos. Esta condición es más común en el invierno y en caso de *Ips*

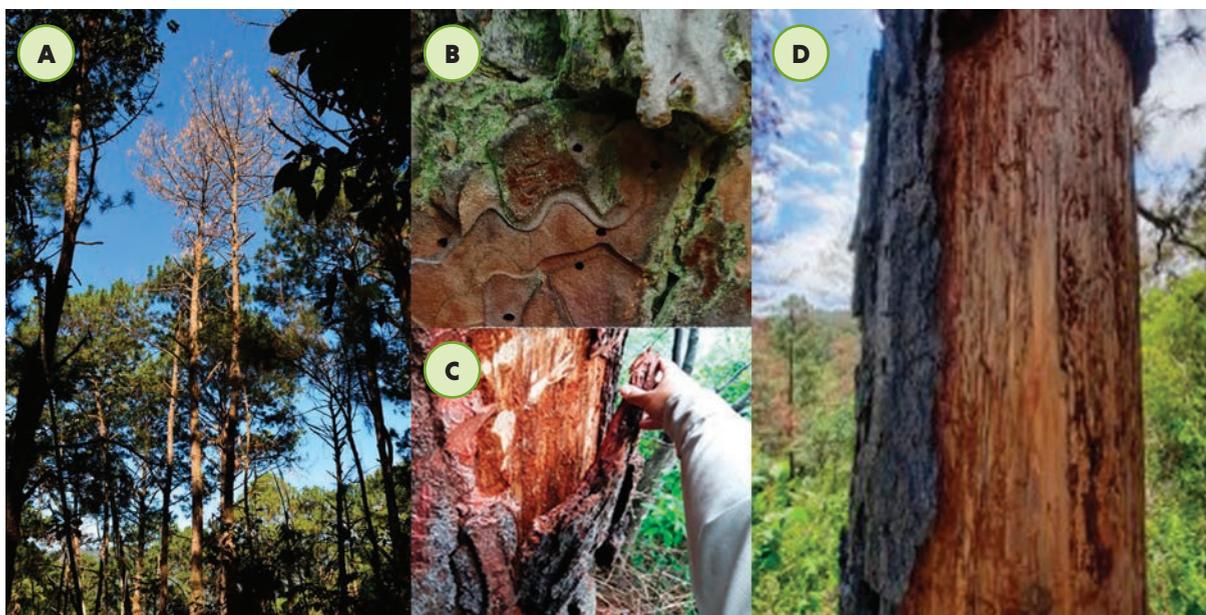


Figura 13. Síntomas de la Etapa 3. A) color marrón de la copa y caída de las acículas en los árboles de pino atacados. B) Orificios de salida en la corteza practicados por la progenie desarrollada en el mismo. C) la corteza se desprende fácilmente del árbol. D) Debajo de la corteza se observan las galerías practicadas por el insecto y la albura está coloreada de un color negro-azuloso por el crecimiento de los hongos simbiotes de los descortezadores. Fotos de Rony Albanes, INAB.

spp (Macías-Sámamo *et al.* 2016, Billings y Espino 2018). Asimismo existen otros agentes bióticos y abióticos que pudieran provocar cambios de color en el follaje y que vistos desde el aire pudieran confundirse con ataques por descortezadores (por ejemplo, enfermedades del follaje, incendios, sequía, etc.) (Macías-Sámamo *et al.* 2016). También, a veces se encuentran pinos infestados con dos o más especies de descortezadores. Por ejemplo, es muy común que el fuste superior de pinos infestados por *Dendroctonus* spp sea colonizado por especies de *Ips*.

Al margen de la existencia de cambio de un color del follaje a otro, con fines de control, es indispensable y prioritario localizar el o los frentes de avance y aquellos árboles en donde todavía los insectos no hayan salido, es decir sin

orificios de salida. Pues estos son los individuos que por un lado están generando atracción (Etapa 1 y frente de avance) y por ende atrayendo a insectos de las áreas circundantes y por otro lado son árboles que contienen poblaciones activas (sin emerger, crías del gorgojo en árboles de Etapa 2) y que en poco tiempo saldrán de los árboles a colonizar nuevos hospederos (Macías-Sámamo *et al.* 2016, Billings y Espino 2018).

En resumen, es indispensable que se realicen inspecciones terrestres (ver sección 6.1.1) que ratifiquen la presencia de grumos y de insectos en arbolado con cambio de color en sus follajes y sus consecuentes variaciones del estado de sus cortezas debido a los distintos grados de desarrollo del insecto (Figs. 12 y 15) (ver Billings *et al.* 1990, Macías-Sámamo *et al.* 2016). Las detecciones aéreas

(ver sección 6.1.2), si bien pueden cubrir superficies amplias en muy corto tiempo, no pueden detectar directamente los frentes de avance o pinos en **Etapa 1**, por ser arbolado con follaje verde, aparentemente sano. Asimismo existen otros agentes bióticos y

abióticos que pudieran provocar cambios de color en el follaje y que vistos desde el aire pudieran confundirse con ataques por descortezadores (por ejemplo, enfermedades del follaje, incendios, etc.) (Macías-Sámamo *et al.* 2016).



Figura 14. Orificio de salida de los insectos descortezadores. Los insectos que se desarrollaron dentro de los árboles atacados, cuando adultos, emergen del árbol atacado, para dispersarse en búsqueda de nuevos árboles de pino como hospederos. Foto por Rony Albanes, INAB.

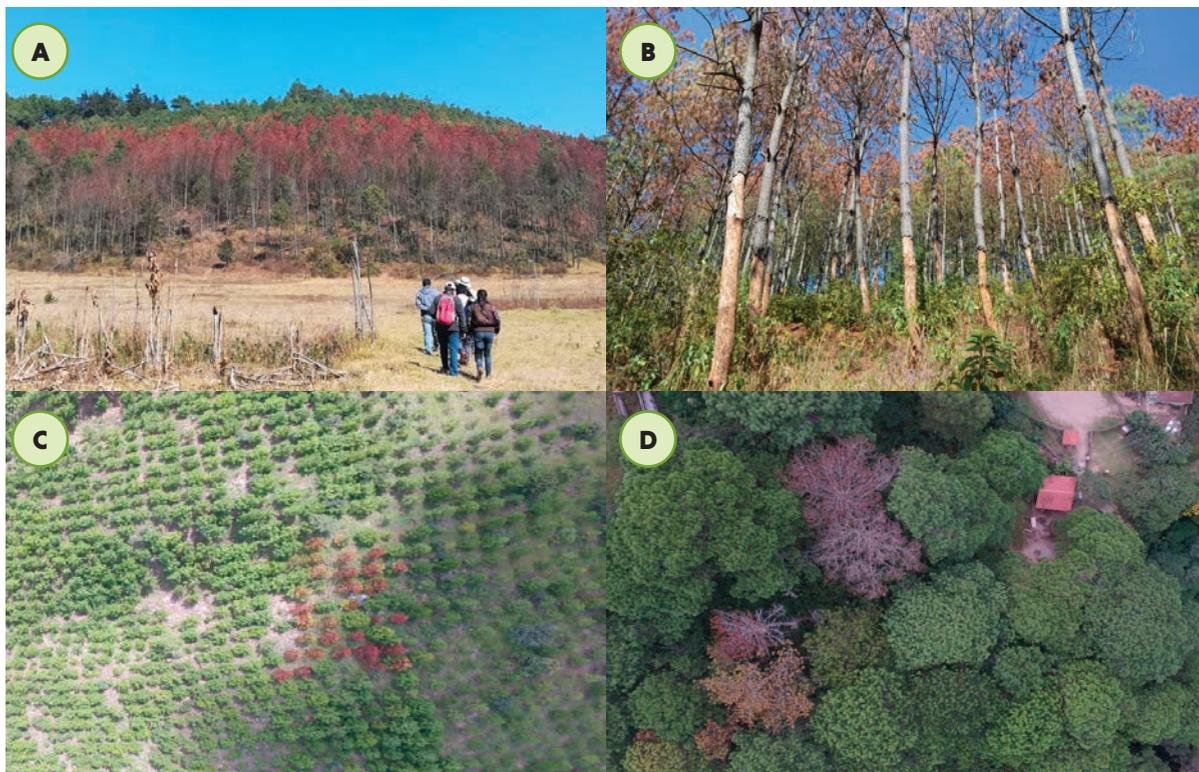


Figura 15. Distintos aspectos de desarrollo de brotes del insecto descortezador de pino. A) inspección terrestre de un brote activo y B) de un brote inactivo, ambos en Patzicía, Chimaltenango. Vistas aéreas de brotes activos, C) en una plantación de pino de 3 años de edad en San Raymundo, Guatemala y D) en un bosque natural de pino, en la ciudad de Guatemala. Fotos A y B de Rony Albanes INAB; Fotos C y D del Departamento del Sistema de Información Geográfica SIG, INAB).

6. MANEJO DE LOS DESCORTEZADORES DE PINO EN LA SALUD Y LA SANIDAD FORESTAL

Una evaluación económica del impacto de estos insectos es fácil de hacer cuando se trata de escenarios creados por el hombre, como plantaciones o arbolado urbano y entonces hablamos de un aspecto sanitario forestal no de salud como se explicó en la Sección 3.2. En estos escenarios con una extensión prácticamente manejable, existe una inversión en tiempo y dinero (crecimiento de la planta, la acción del plantado, el mantenimiento, el personal utilizado, etc.) que se puede traducir en valores monetarios y por lo tanto la mortalidad o daño a los árboles individuales se puede evaluar en esos términos, tal y como se hace en agricultura, e incluso se podría pensar en desarrollar umbrales económicos.

Como ya se ha indicado varias veces en este documento, los insectos descortezadores son parte del ecosistema bosque y sus fluctuaciones poblacionales son indicativas de las condiciones de salud del bosque mismo. Puesto de otra manera, los descortezadores son indicadores de salud del bosque y “responden” con grandes poblaciones a condiciones generalizadas de estrés (como ha ocurrido ya recientemente en varios países) y a condiciones silviculturales que hacen que el bosque no presente una estructura vigorosa

(altas densidades, estructuras de edad con predominancia de maduros y sobremaduros, incendios frecuentes, baja regeneración, resinación, etc.) que lleven a la renovación del bosque mismo. Aquí estamos hablando de la salud del bosque y no de sanidad. **Dentro de este contexto en Latinoamérica hay mucho que hacer, mas no para evaluar el impacto en sí, sino para comenzar a generar información básica local sobre parámetros a evaluar con miras a la prevención de los impactos del insecto.**

Con fines de **prevención**, los parámetros a medir son las condiciones silvícolas que generan el alza de las poblaciones del escarabajo descortezador y que están ligados a las **condiciones silvícolas de los boques**, entre ellas **el área basal, la estructura de edades y especies, biodiversidad, etc.**, que son parámetros bien definidos y que son metas a cubrir en las prácticas de manejo forestal y así **crear rodales “a prueba” de escarabajos descortezadores** como *D. ponderosae* y *D. frontalis* en Norteamérica (Safranyk y Wilson 20016, Guldin 2012). Estos parámetros deben ser investigados para las condiciones de estos insectos en los bosques de pino de Latinoamérica.



6.1 Detección y monitoreo

Monitorear es observar, detectar, medir o evaluar algo o algún proceso en el tiempo y estas actividades se realizan de una manera sistemática (Billings *et al.* 1990, 1996, Billings 2011a) El monitoreo de la población de los descortezadores es un procedimiento primordial en el manejo de estos insectos, ya que con él se puede inferir su presencia, su abundancia poblacional y basados en estos parámetros y de ser necesario, se pueden optimizar tiempos y recursos para su control. El valor de la información

derivada del monitoreo es útil únicamente cuando esta actividad es periódica (mensual, anual, etc.) y constante, y adquiere otra dimensión mayor cuando se hacen comparaciones de los datos históricos de los impactos y las tendencias numéricas de los insectos. La información periódica de un monitoreo, unida a las evaluaciones de los daños producidos por los insectos, son parámetros básicos para evaluar la salud del bosque y elementos cruciales para un manejo de este cuando se constituyen

6.1.1 Recorridos terrestres

Sin duda este es el método usado más frecuentemente pues al tiempo que se hacen otras actividades en el bosque, es fácil detectar grupos de árboles afectados por los escarabajos descortezadores ya que es muy evidente el cambio de coloración de sus copas (árboles con follaje verde con grumos frescos sobre la corteza, árboles con follaje amarillo y con follaje rojo) y la presencia de grumos sobre la corteza (Billings *et al.* 1990). Como se indicó anteriormente, esta técnica es una forma necesaria de ratificación para los métodos que usan sensores remotos, sean los ojos de un observador, una cámara (dron) o un satélite.

Una vez definido que en realidad la muerte es debida al escarabajo descortezador, además de georreferenciar el sitio y tomar una muestra del insecto para confirmar su identificación taxonómica, es indispensable tener una idea de si el brote es activo o no (Billings *et al.* 1990). Esta parte es crucial pues una detección temprana no solo optimiza recursos para

su control, sino también, de ser un brote no activo, no se invierten recursos en él.

Para evaluar la actividad del brote se deben realizar los siguientes pasos:

- Recorrer todo el brote y definir los límites de este (superficie que ocupa y el número aproximado de árboles en Etapas 1 y 2 que lo conforman).
- Definir el frente de avance del brote, que es la sección del rodal en que se encuentran la mayoría de los árboles con grumos (confirmados como producidos por gorgojos) y con sus copas aun de color verde (Etapa 1). Adyacentes a ellos están los de copas amarillas (Etapa 2) y después los de copas rojas (Etapa 3) e incluso, si el brote ha estado establecido por suficiente tiempo, también aquellos árboles atacados sin follaje y los cuales fueron los que produjeron la formación del brote en cuestión.



- Aunque pareciera intuitivo, muchos focos detectados pueden ser ya no activos y no se requiere control alguno. Es indispensable seguir los criterios presentados en la sección 3.2 de este Manual.
- Un brote activo y en expansión tiene siempre árboles verdes atacados (Etapa 1) y otros con descortezadores desarrollándose debajo de su corteza (Etapa 2).
- Aunque la siguiente recomendación puede depender de la especie atacante de descortezador, la especie de pino y la época del año, de una manera general y razonablemente real, es hacer un conteo de árboles amarillos (Etapa 2) y de árboles verdes con grumos (Etapa 1) para saber qué tan “virulento” es el brote. En caso de un brote grande –más de 50 pinos infestados– en Etapas 1 y 2 la presencia de un mayor número de árboles atacados con follaje verde en relación con los de follaje amarillo, es un indicativo de que el brote está posiblemente en plena erupción. Por el contrario, si los de follaje amarillo son proporcionalmente mayores, el brote no lo está.
- Para la persona que es responsable de la inspección terrestre, se recomienda que siempre lleve un hacha o machete para sacar un pedazo de corteza de un pino con copa amarillenta (Etapa 2). Bajo la corteza, se puede determinar el color de la superficie de la madera, buscar las galerías en forma de “S”, “Y” o “H” que indicarán el género y muchas veces la especie de descortezador involucrado y determinar la presencia de crías del insecto.
- Particularmente en caso de *D. frontalis*, un brote sin pinos con follaje de color amarillento o verde con grumos frescos (Etapas 2 y/o 1) indica un brote inactivo, sin necesidad de control. Un brote solamente con pinos en Etapa 2 sin ataques frescos (Etapa 1) no está en expansión y pronto se pondrá inactivo con una prioridad baja para control (R. Billings, com. pers., Texas A&M Forest Service).
- Como es de esperarse, los síntomas de cambio de color del follaje de los árboles atacados son más marcados en las **épocas secas** que en cualquier otra, pero esto debe ser confirmado en cada localidad, con la finalidad de que las detecciones terrestres ocurran en ese tiempo y las actividades sean más eficaces sobre todo si es necesario realizar un control.

6.1.2 Detección y monitoreo aéreo

El monitoreo aéreo es operativo y económicamente mejor que el terrestre, por la principal razón de que se cubre una mayor superficie de detección en un menor tiempo (Tabla 2). Una particularidad de esta detección es que, la información aérea obtenida, necesariamente debe ser confirmada en tierra para asegurarse

que lo que se vio desde el aire sean daños por alguna plaga o enfermedad forestal. Existen muchas formas de realizar la detección aérea, la más sencilla es la denominada mapeo aéreo (usando una avioneta con ala alta), una segunda opción es el uso de drones en conjunto con fotografías aéreas.

Año	Tiempo de vuelo	Prospección de área (ha)
2016	3 horas	163,539
2017	31 minutos	48,740
2018	3 horas 06 minutos	88,281

Tabla 2. Información de los tiempos y la cobertura de vuelo anual realizada en Guatemala con el fin de mapeo aéreo para realizar una prospección de los bosques de pino y monitorear la actividad de los gorgojos descortezadores (INAB 2020).

6.1.2.1 Mapeo aéreo

Esta técnica utiliza la fácil visualización de la sintomatología presentada por árboles atacados por el insecto descortezador, plasmando la ubicación dibujando polígonos, marcando extensión y algunas características de los brotes observados en mapas cartográficos en papel o en imágenes digitalizadas (Fig. 16) conectadas directamente con el sistema de navegación de la aeronave (Billings *et al.* 1996). En vuelo, sobre los mapas el observador dibuja polígonos que ubican la situación y extensión de los focos de infestación del insecto, clasificándolos de acuerdo si están inactivos (sin pinos con copas amarillentas) o en expansión (con pinos con copas amarillentas). La precisión de estos datos es solo tan buena como la experiencia del observador. Toda la información necesariamente debe ser confirmada en tierra para asegurarse que lo que se vio desde el aire sean daños por los descortezadores.

Los objetivos del mapeo aéreo son:

- Monitorear las áreas para conocer el estado fitosanitario y los cambios en estructura del bosque.
- Detectar, cuantificar y ubicar geográficamente los posibles daños ocasionados por descortezadores, defoliadores o enfermedades forestales.
- Dimensionar y evaluar el impacto de las áreas afectadas en situaciones de contingencia fitosanitaria.

Con el apoyo de la CONAFOR de México el INAB en el año 2016 inició una cooperación técnica binacional a través del Proyecto **“Fortalecimiento de Capacidades Técnicas para la Detección Aérea, Monitoreo y Manejo de Descortezadores de Bosques de Pino”**, cuyo objetivo fue fortalecer las capacidades del personal técnico del INAB. Esta actividad se continuó realizando durante los años 2017 y 2019, perfeccionando la técnica, así como la elaboración de mapas de riesgo de alerta temprana para el género *Dendroctonus* sp, validando aplicaciones tecnológicas para implementarlas como herramienta de prospección aérea.

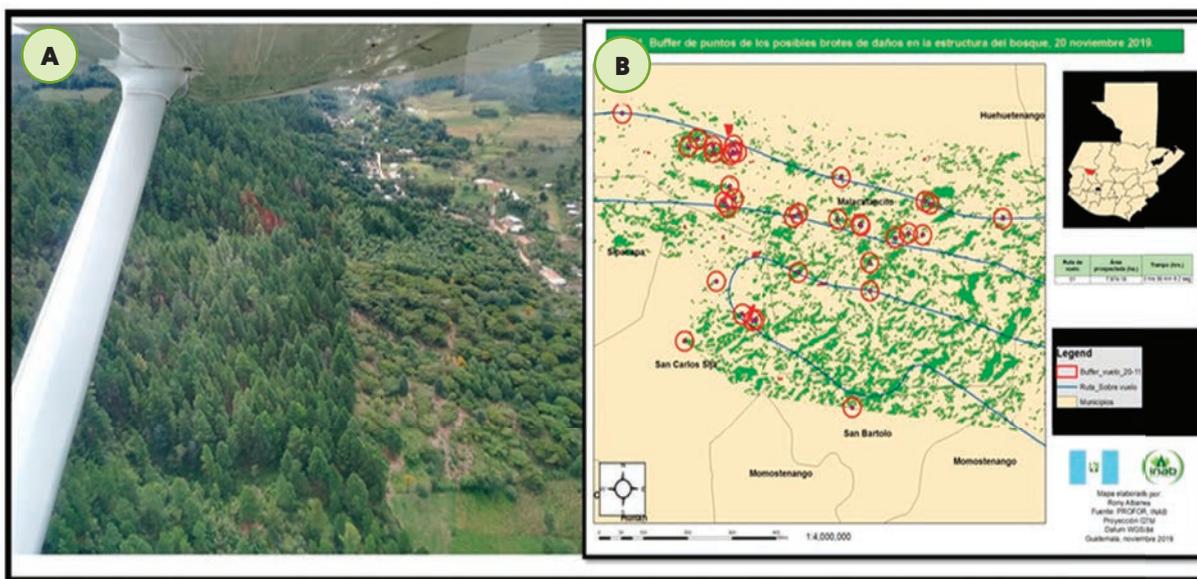


Figura 16. Información generada mediante monitoreo de infestaciones por descortezador del pino usando el mapeo aéreo. Fotografía (A) tomada durante el monitoreo aéreo desde la avioneta y mapa (B) con parrilla de vuelo marcando los posibles focos infestados por insectos descortezadores en los departamentos de Huehuetenango, Quetzaltenango y Tonicapán. Foto y mapa elaborados por Rony Albanes, INAB.

6.1.2.2 Detección y monitoreo usando drones con análisis de imágenes aéreas

El monitoreo con Vehículos Aéreos No Tripulados –VANT– o más comúnmente llamados “drones”, es una opción de bajo costo para el monitoreo forestal. Representa un gran potencial para mejorar en el monitoreo y detección temprana de brotes de insectos descortezadores del pino, por lo cual permite realizar la captura de fotografías que pueden ser analizadas en forma individual o procesadas en su conjunto a través de la

conformación de una ortofoto o mapas de alta precisión. A continuación, se ejemplifican los resultados del uso de esta tecnología.

Por medio de la utilización de un dron, se realizan sobrevuelos para monitorear y realizar una prospección aérea a través de la interpretación de imágenes y orto-mosaicos (Fig. 17) generados por el Departamento de SIG del INAB. El dron vuela a una altura de 100 metros a nivel del suelo, la imagen que se presenta a continuación es en tiempo real a la fecha de 31 de enero del año 2020.

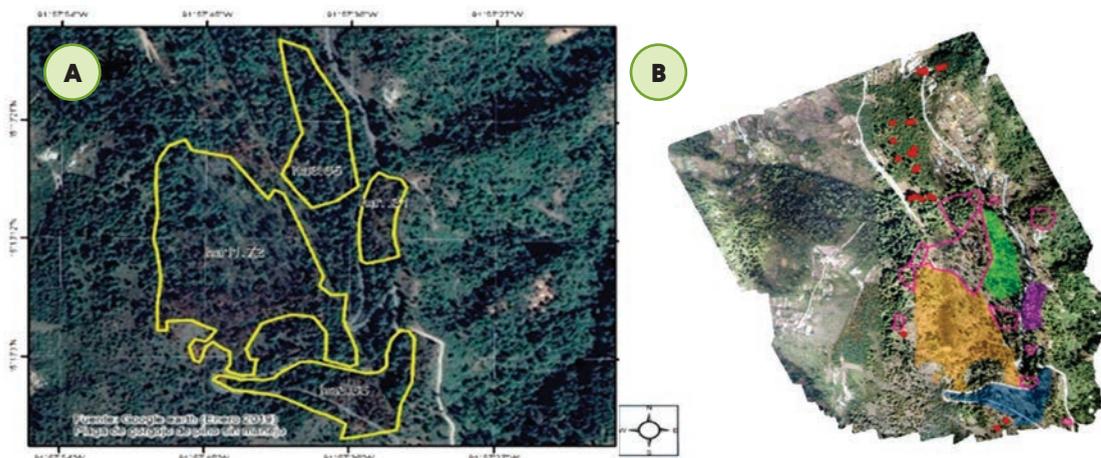


Figura 17. Imágenes tomadas por un dron. A) Interpretación de las imágenes aéreas en la prospección de brotes de insectos descortezadores. B) Orto-mosaico de imágenes sobre las cuales se delimitaron áreas infestadas en diferentes grados de desarrollo. Fuentes: A) PROFOR-INAB, 2020 y B) Toma y elaboración por Rony Albanes, INAB.

6.1.2.3 Registros de brotes detectados, evaluados y controlados

Es sumamente importante que se mantengan registros de todos los brotes detectados, evaluados y controlados con datos tales como las fechas pertinentes, hectáreas afectadas, número de brotes detectados, inspeccionados y controlados, especies de descortezador involucradas y método de control aplicado. También se deben registrar periódicamente el número

de brotes activos e inactivos en cada departamento forestal. Los datos acumulados por cada departamento deben ser enviados a la oficina central a fines de cada mes para compilar un registro a nivel nacional. Tales registros son valiosos para documentar el impacto, la severidad y extensión geográfica de plagas de cada peste forestal años atrás, por tal motivo en el Anexo 2 se encuentra el formato que el INAB usa con estos fines.

6.1.3 Detección y monitoreo con trampas cebadas por feromonas

El uso de trampas cebadas con atrayentes (semioquímicos) es un método de detección y monitoreo con características únicas. A pesar de su eficiencia en atraer insectos objetivos, **no debe ser usado con finalidades operativas de control por no ser eficiente en esos contextos** (Macías-Sámano 2020c). El trampeo es un elemento básico importante que permite detectar y tener una estimación del tamaño de las poblaciones de insectos

descortezadores específicas y sus depredadores cuando estos se están dispersando, es decir **cuando están volando fuera de brotes y no dentro de los establecidos**. Es una información que complementa a los otros tipos de detección y que una vez que se cuenta con datos históricos del número de insectos que vuelan se pueden buscar correlaciones con el número de brotes que se van presentando en las áreas y quizás, dependiendo de la



veracidad de la información silvícola, pudieran relacionarse con las condiciones silvícolas prevalentes en esos sitios (Billings y Upton 2010). Los principios biológicos y ecológicos, así como la instalación y operación de trampas cebadas con feromonas sintéticas para monitorear especies nativas de *Dendroctonus* e *Ips* en Mesoamérica, están descritos en un manual técnico desarrollado *ex profeso* (Macías-Sámano y Niño-Domínguez 2016). A continuación, se hace una breve descripción de esta metodología.

El monitoreo se basa en el uso de trampas cebadas con atrayentes comerciales, los cuales se colocan sistemáticamente en el bosque durante un ciclo anual y/o si se conocen, durante los periodos de mayor vuelo de la especie de descortezador de interés. Por lo anterior es importante remarcar que el monitoreo es únicamente un tipo de muestreo y como tal, su capacidad, precisión y eficiencia depende de los recursos con que se cuente para realizar tantas réplicas, en tiempo y espacio, como se puedan del mismo.

Los principales períodos de dispersión dependerán, entre otras cosas, de la especie de insecto, el tipo de año (“seco” o “húmedo”), diferencias altitudinales, número de generaciones anuales, y al traslape de las mismas. Por ejemplo, en caso de *D. frontalis*, los adultos emergen y vuelan por todo el año, la dispersión principal a largas distancias en Guatemala ocurre durante la primavera y el verano. Por ello la información obtenida del uso local y anual de trampas cebadas no únicamente permite estimaciones de las poblaciones de descortezadores y depredadores sean más precisas, sino las épocas en donde ellos se dispersan en mayores cantidades y

para el caso de los descortezadores cuando ellos comenzarán a iniciar brotes nuevos.

El número de insectos atrapados es un reflejo relativo de la población volando en el área de trampeo, y ese número de individuos de la especie objetivo (y si es posible la relación con el número de sus depredadores, ver Macías-Sámano *et al.* 2014), reflejan de una manera relativa el tamaño de sus poblaciones. **Si estos conteos se hacen de una manera periódica anual a la par de conteos de los brotes por descortezadores existentes en esas áreas,** se va construyendo un récord histórico. **Ambos números, insectos y brotes, se pueden relacionar para obtener un pronóstico del crecimiento de las poblaciones del insecto y así saber si esas poblaciones potencialmente se desarrollarán en un estado epidémico** (Billings y Upton 2010). **Es importante aquí estresar la importancia de la obtención periódica anual de este tipo de datos (número de insectos atrapados y de brotes) para la construcción de registros históricos,** los cuales, al irse acumulando durante varios años, hace esta relación numérica más confiable como un parámetro de predicción de cambios numéricos en las poblaciones.

Los monitoreos con atrayentes pueden tener al menos uno de los dos siguientes propósitos, los cuales son utilizados de manera regular y han sido previamente probados en México y parcialmente en Centroamérica:

- a) Detectar las especies de descortezadores objetivo y de algunos de sus insectos asociados (principalmente depredadores) existentes en el área.

b) Determinar los tiempos en que ocurren los picos de vuelo (mayor población en dispersión) fuera de brotes de las especies de descortezadores objetivo y de sus depredadores.

permite definir los picos de vuelo y sobre los cuales se pueden programar las actividades de detección (mapeo aéreo) y los saneamientos cuando la población comienza a causar mortalidad, lo que conlleva a una mayor eficiencia de control y optimización de recursos (Fig. 18) (Macías Sámano y Niño Domínguez 2016).

Como se indicó anteriormente en este documento, esta información es muy útil porque

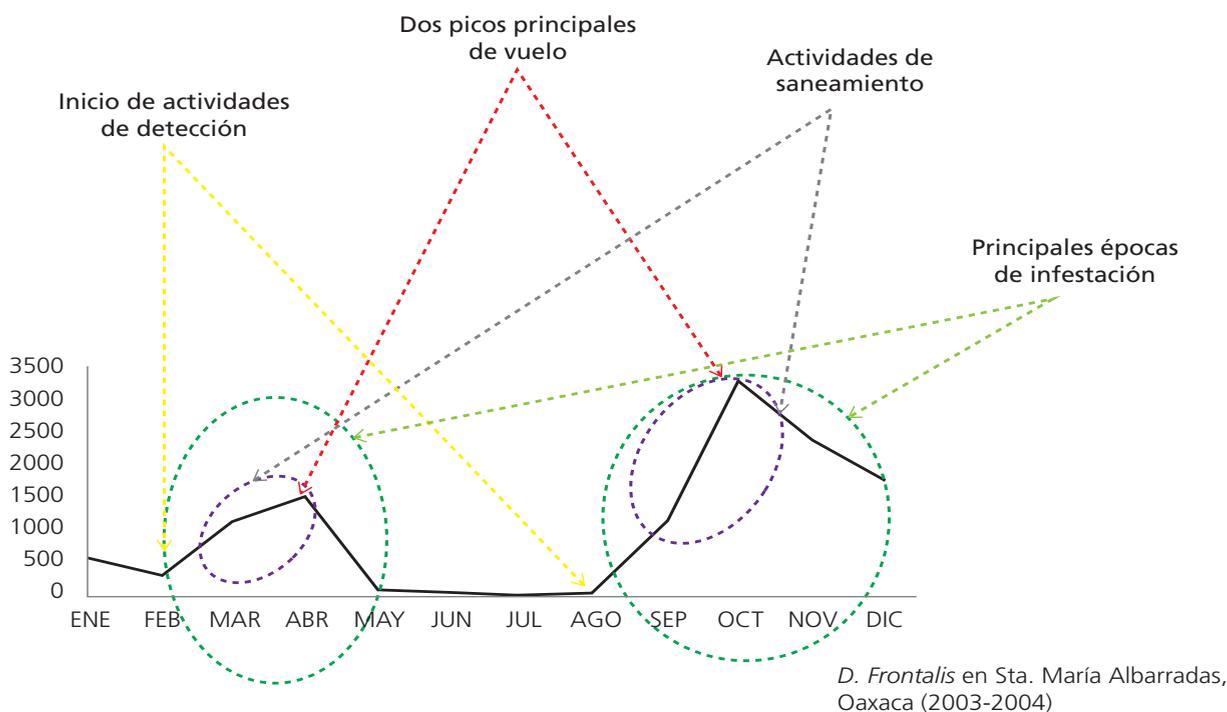


Figura 18. Información generada durante el monitoreo de *D. frontalis* mediante trampas cebadas durante un año en una localidad en México. Tomada de Macías-Sámano y Niño (2016).

Cabe indicar que **con fines de investigación es válido usar estos trampeos para comenzar a generar conocimientos locales** sobre ellos y su fauna asociada, pero para hacerlo **es indispensable hacerlo bajo un**

esquema de diseño experimental adecuado y en donde además de hacer las **réplicas** correspondientes de los tratamientos, debe de haber **trampas testigo** en las que no existan el o los atrayentes que se desea probar.

7. MÉTODOS DE CONTROL DE LOS DESCORTEZADORES DE PINO EN GUATEMALA

El objetivo principal de un programa de control directo de plagas de descortezadores es reducir el impacto y las pérdidas potenciales que resultarán si no se toman acciones. En caso de *D. frontalis*, el objetivo es identificar brotes nuevos y aplicar un control para evitar más pérdidas debido a su expansión, usando los siguientes procedimientos:

- Detectar brotes nuevos de descortezadores a través de vuelos de detección o inspecciones terrestres.
- Cumplir la inspección terrestre pronto después de la detección para identificar el agente causal y los brotes en expansión.
- Aplicar métodos de control directo a todos los brotes en expansión mientras que estén pequeños si sea posible.
- Aprovechar la madera afectada antes de que se deteriore si hay acceso y mercado disponible.

7.1 Cortar y dejar

Se utiliza cuando los brotes se ubiquen en zonas de difícil acceso o cuando no existe un mercado disponible para los pinos muertos. **Únicamente sirve para *D. frontalis*** (Billings *et al.* 1996b, Billings 2011, Macías-Sámano *et al.* 2016).

- Registrar datos pertinentes sobre las fechas de detección, evaluación y control, volúmenes afectados, método de control y área afectada.

A continuación, solo se enuncian los principales métodos de control de descortezadores de pino autorizados en el país. **Información oficial (INAB), precisa y detallada sobre los métodos de control y su tramitología se encuentran en:**

Palacios-Gutiérrez B.R., Albanes-Barahona R.A. y García-Ochaeta J.F. 2018. Guía técnica para el manejo de insectos descortezadores en bosques de coníferas. Instituto Nacional de Bosques. Guatemala. 80p.

También consultar Billings *et al.* 1996b y Billings 2011b.

- Cortar todos los pinos en Etapas 1 y 2 hacia el centro del brote.
- Cortar una franja de pinos no infestados en forma de herradura alrededor del frente activo. La franja preventiva no debe ser más ancha que la altura de los árboles



promedios en el brote (salvo en el caso de brotes mayor de 100 pinos infestados).

- Dejar los pinos cortados en el campo sin aplicar insecticida o fuego.
- No es necesario girar los troncos después de la corta.

La aplicación de cortar y dejar es un método de control simple y efectivo, lo cual ha dado buenos resultados durante plagas de *D. frontalis* en Honduras, Guatemala y el sur de los Estados Unidos (Billings et al. 2004, Billings 2011b). Si se incluye una franja preventiva, sirve para parar la expansión de

brotos a través de la eliminación de focos de atracción. Los pinos cortados en Etapa 1 rápidamente pierdan su capacidad de producir atrayentes y son colonizados por especies de *Ips*. En pinos tumbados de Etapa 2, muchas de las crías del descortezador no cumplirán su desarrollo debido a la competencia con *Ips* o la calefacción del sol. Los pocos adultos nuevos que emerjan volarán fuera del brote controlado debido a la falta de atrayentes. Si el tratamiento ocurre durante una temporada que no permita dispersión, muchos de ellos morirán sin encontrar nuevo hospedero (Billings 2011b, Macías-Sámano et al. 2016).

7.2. Cortar y trocear (aprovechamiento de la madera)

Es otra opción de control, se aplica cuando existe disponibilidad de equipo de corte y procesamiento de la madera para hacerlo en forma rápida y cuando el propietario del bosque tenga interés en el aprovechamiento y transporte del producto forestal generado.

- Corte del árbol desde la base dejando un tocón de 25-30 centímetros aproximadamente.
- Eliminación de ramas (desramado) y de la punta (ápice)

- Seccionado o troceado de la troza de acuerdo con dimensiones del mercado.

Aunque las siguientes dos tácticas no existen en el Manual del INAB y por lo tanto no son oficialmente autorizadas, se recomienda sean consideradas, pues ha dado muy buenos resultados durante los últimos periodos epidémicos de *I. calligraphus* en República Dominicana (R. Billings, com. pers., Texas A&M Forest Service).

7.3 Cortar y descortezar (se aplica principalmente en brotes de *Ips* spp)

- Cortar los pinos infestados por *Ips* en Etapas 1 y 2.
- Descortezar con hacha, pala o machete la parte del fuste colonizada por *Ips*, dejando la corteza en el suelo.



7.4. Árboles trampa o trampas de árboles (en caso de *Ips spp*)

- Cortar los pinos infestados por *Ips* en la copa superior.
- Descortezar la parte del fuste colonizada por *Ips*.
- Dejar la porción del tronco no infestada hasta que sea colonizada por *Ips spp* (se puede agregar bolsitas de feromona para atraer los *Ips* pero no es necesario.)
- Una vez colonizado, descortezar el tronco más recién infestado dejando la corteza en el suelo.

7.5. Cortar, apilar y quemar

Este método se aplica pocas veces y se hace cuando no existen condiciones para aplicar cualquiera de los métodos anteriormente mencionados. Tener cuidado que la aplicación de este no generará incendios forestales.

- Cortar, trocear y apilar los pinos y quemar la corteza con crías (Etapa 2) y ramas, tomando en consideración las medidas preventivas para evitar incendios forestales en el área de quema.
- En caso de plantaciones jóvenes, se pueden cortar, apilar y quemar los pinos enteros, los que están en Etapas 2 o 1.
- Si existe riesgo de no contar con personal, herramientas de combate de incendios o las condiciones climáticas y topográficas son limitantes se deberá enterrar la corteza y ramas cubriéndolas con tierra.

7.6. Cortar, descortezar y fumigar

Se cortan los árboles recién atacados y con grumos o galerías del descortezador (estados inmaduros). Con hachas, palas u otra herramienta se debe quitar la corteza. La fumigación se realiza a la corteza suelta, utilizando

insecticidas químicos a base de Deltametrina mezclados con un adherente (aceite mineral). No es necesario aplicar insecticida a las trozas descortezadas porque no contienen ya descortezadores.

7.7. Control químico

Dirigido a la troza recién cortada y con cría del insecto. También se utiliza de forma preventiva en pocos árboles en pie, ubicados en parques para proteger pinos de alto valor

ubicados principalmente dentro de la ciudad (arbolado urbano). Se deberá poner en contacto con los servicios forestales o Ministerio de Agricultura para más información.

8. REFERENCIAS CITADAS

- Alfaro R. y Langor D. 2016. Changing paradigms in the management of forest insect disturbances. *Can. Entomol.* 148: S7-S18.
- Armendáriz-Toledano F., Niño A., Sullivan B.T., Kirkendall L.R., Zuniga, G. 2015. New species of bark Beetle, *Dendroctonus mesoamericanus* sp. nov. (Curculionidae: Scolytinae), in Southern Mexico and Central America. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 108(3):403–414, <https://doi.org/10.1093/aesa/sav020>.
- Armendáriz-Toledano F., Zúñiga G., García-Román L.J., Valerio-Mendoza O. y García-Navarrete P.G. 2017. Guía ilustrada para identificar a las especies del género *Dendroctonus* presentes en México y Centroamérica. Instituto Politécnico Nacional. CDMX, México.
- Averill R.D., Larson L., Saveland J., Wargo P., Williams J., y Bellinger M. 1994. Disturbance processes and ecosystem management. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 19 p.
- Bentz B., Vandygriff J., Jensen C., Coleman T., Maloney P., Smith S., Grady A., y Schen- Langenheim G. 2014. Mountain Pine beetle voltinism and life history characteristics across latitudinal and elevational gradients in the Western United States. *Forest Science*, 60(3):434–449.
- Billings R.F. 2011a. Aerial detection, ground evaluation, and monitoring of the southern pine beetle: State perspectives. Chapter 17. Pp. 245-261. En: Coulson, R.N. y Klepzig, K.D. (eds.) *Southern Pine Beetle II*. Southern Research Station. General Technical Report SRS-140 Asheville, NC. USA.
- Billings R.F. 2011b. Mechanical control of southern pine beetle infestations. Chapter 27. Pp.399-413. En: Coulson, R.N. y Klepzig, K.D. (eds.) *Southern Pine Beetle II*. Southern Research Station. Gen. Tech. Rep. SRS-140 Asheville, NC. USA.
- Billings R.F., Clarke S.R., Mendoza V.E., Cabrera P.C., Figueroa B.M., Campos J.R., Baeza G. 2004. Bark beetle outbreaks and fire: A devastating combination for Central America's pine forests. *Unasyva* 55:10–15.
- Billings R.F. y P. Schmidtke. 2002. Central American southern pine beetle/fire assessment. Unpublished report prepared for U.S. Agency for International Development and the USDA Foreign Agricultural Service, Washington, D.C. 45 p.
- Billings R.F., Pase III H.A., y Flores J. 1990. Los escarabajos descortezadores del pino con énfasis en *Dendroctonus frontalis*: Guía de campo para la inspección terrestre. Texas Forest Service. Publicación 146, Lufkin, Texas. 10 p. <https://www.barkbeetles.org/spb/indice2a.html>

- Billings R.F., Flores J.E. y Cameron R.S. 1996. Los escarabajos descortezadores del pino con énfasis en *Dendroctonus frontalis*: Guía para la detección aérea. Texas Forest Service. Publicación 149, Lufkin, Texas. 12 p. <https://www.barkbeetles.org/spb/indice3a.html>
- Billings R.F. y Upton W.W. 2010. A Methodology for Assessing Annual Risk of Southern Pine Beetle Outbreaks Across the Southern Region Using Pheromone. *En* Advances in threat assessment and their application to forest and rangeland management, Pye, John M.; Rauscher, H. Michael; Sands, Yasmeen; Lee, Danny C.; Beatty, Jerome S., tech. eds., 73 – 85 pp, Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-802. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest and Southern Research Stations. 708 p. Vol 1.
- Billings, R.F. y Espino-Mendoza, J.V. 2005. El gorgojo descortezador del pino (*Dendroctonus frontalis*) en Centroamérica: Cómo reconocer, prevenir y controlar plagas. Publicación 0605/15000. Servicio Forestal de Texas, College Station, TX. 19 p.
- Billings R.F. y Espino-Mendoza V. 2018. El escarabajo descortezador del pino (*Ips calligraphus*) en el Caribe y Centroamérica. Cómo reconocer, controlar y prevenir las plagas. USAID, USFS-IP, ICF Honduras y Texas A&M Forest Service, 19p.
- Billings R.F. y Schmidtke P.J. 2002. Central America Southern Pine Beetle/Fire Management Assessment. U. S. Agency for International Development, Guatemala-Central America Program Under a technical services agreement with USDA Foreign Agricultural Service/International Cooperation and Development. Unpublished report. Texas Forest Service, College Station, TX. 41 p. Fire-Beetle-USFS-Report-2002.PDF (fao.org)
- Bleiker K.P., Carroll A.L. y Smith G.D. 2011. Mountain pine beetle range expansion: Assessing the threat to Canada's boreal forest by evaluating the endemic niche Final Report Ver. 1.1. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Mountain Pine Beetle Working Paper 2010-02. 17 p.
- Canadian Forestry Service. 2018. The state of Canada's forests. Annual Report 2018. Natural Resources, Canadian Forestry Service, Ottawa. 80 p.
- Castañeda-Salguero C. 2001. Caracterización de la plaga gorgojo del pino (*Dendroctonus* sp) en los bosques de Guatemala y propuesta de manejo integrado. Proyecto de investigación, informe técnico final, Instituto Nacional de Bosques, INAB, 50p.
- Cibrián-Tovar D. y Macías-Sámano J.E. 2020. Marco conceptual y desarrollo del manejo integrado de plagas MIPF. *En*: Fundamentos para el Manejo de Plagas Forestales MIPF, Cibrián-Tovar D. (ed.), Universidad Autónoma Chapingo, México. *En prensa*.
- Clarke S.R., Riggins J.J., y Stephen F.M. 2016. Forest management and southern pine beetle outbreaks: A historical perspective. *Forest Science*: 62, 166–180.
- Cognato A.L. 2011. A review of *Dendroctonus frontalis* Zimmermann systematics. Chapter 1. Pp. 7-12. *En*: Coulson R.N. y Klepzig K.D. (eds.) *Southern Pine Beetle II*. Southern Research Station. Gen. Tech. Rep. SRS-140 Asheville, NC. USA.

- 
- Cognato A.L. 2015. Biology, systematics and evolution of *Ips*. *EN Bark beetles, biology and ecology of native and invasive species*, Vega F.E. y Hofstetter R.W. (eds.), 351 – 370 pp, Academic Press.
- Comisión Centroamericana del Ambiente y Desarrollo CCAD. 2017. Estrategia Regional de Salud y Sanidad Forestal para Centroamérica y República Dominicana 2016-2026. CCAD, FAO, Panamá. 91 p.
- Comisión Interinstitucional para la Prevención y Control de la Plaga de Gorgojo del Pino. 2001. Estrategia para la prevención, control y seguimiento de la plaga del gorgojo del pino (*Dendroctonus frontalis*) en la zona suroriental de Petén. CONAP, INAB, PROBO-PETEN, MAGA, INAB/PROSELVA. 14 pp.
- Coulson R. N. y Klepzig, K. D. (eds.) 2011. Southern Pine Beetle II. Southern Research Station. Gen. Tech. Rep. SRS-140 Ashville, NC. USA. 512 p.
- Coulson R. N., y Witter J. A. 1984. *Forest entomology: Ecology and management*. New York: John Wiley and Sons.
- Coulson R.N. y Klepzig K.D. (eds.). 2012. Southern pine beetle II. U.S. Forest Service Southern Research Station General Tech. Rpt. SRS-140. U.S. Forest Service Southern Research Station, Asheville, NC. 522 p.
- Coulson, R. N. y Saarenmaa H. 2011. Integrated Pest Management of the Southern Pine Beetle. Pp. 431-446. En: Coulson, R.N y Klepzig, K.D. (eds.) Southern Pine Beetle II. Southern Research Station. Gen. Tech. Rep. SRS-140 Ashville, NC. USA.
- Domínguez-Sánchez B., Ramírez-Marcial N., Macías-Sámano J.E. y León Cortés J.L. 2008. Respuesta kairomonal de coleópteros asociados a *Dendroctonus frontalis* y dos especies de *Ips* (Coleoptera: Curculionidae) en bosques de Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 175-183.
- Douglas H.B., Cognato A.I., Grebennikov V. y Savard K. 2019. Dichotomous and matrix-based keys to the *Ips* bark beetles of the World (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Canadian Journal of Arthropod Identification* 38: 234pp. doi:10.3752/cjai.2019.38:
- Fetting C.J., Klepzig K.D., Billings R.F., Munson A.S., Nebeker T.E., Negrón J.F. y Nowak J.T. 2007. The effectiveness of vegetation management practices for prevention and controls of bark beetle infestations in coniferous forest in western and southern United States. *Forest Ecology and Management* 238: 24-3.
- Friedenberg N.A., Sarkar S., Kouchoukos N., Billings R.F. y Ayres M.P. 2008. Temperature extremes, density dependence, and southern pine beetle (Coleoptera: Curculionidae) populations dynamics in East Texas. *Environ. Entomol.* 37(3): 650-659.
- García-Ochaeta J.F. 2017. Informe de resultados diagnóstico fitosanitario; *Dendroctonus mesoamericanus*. LDFP-17-05-84. VISAR-MAGA, Guatemala.
- Garraway E. 1986. The biology of the *Ips calligraphus* and *I. grandicollis* (Coleoptera: Scolytidae) in Jamaica. *Can. Entomol.* 118: 113-121.

- Gomez D.F., Sathyapala S., Hulcr J. 2020. Towards sustainable forest management in Central America: Review of southern pine beetle (*Dendroctonus frontalis* Zimmermann) outbreaks, their causes, and solutions. *Forests* 11: 173- 187.
- Guldin J.M. 2012. Silvicultural considerations in managing southern pines stands in the context of southern pine beetle. Pp.317- 352., *En: Southern Pine Beetle II*, eds. Coulson R.N. y Klepzig K.D. (eds.), pp. 75-89, Gen. Tech. Rep. SRS-140, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, Asheville, NC.
- Haack R.A., Billings R.F. y Richter A.M. 1989. Life history parameters of bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) attacking West Indian pine in the Dominican Republic. *Florida Entomologist* 72 (4): 591-603.
- Hart S.J., Veble T.T., Eisenhart K.S., Jarvis D. y Kulakowski D. 2014. Drought induces spruce beetle (*Dendroctonus rufipennis*) outbreaks across northwestern Colorado. *Ecology*, 95: 930–939.
- ICF 2015. Plan de acción para el control de la plaga del gorgojo de pino. Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre. Gobierno de la República de Honduras. 35 pp.
- INAB-CONAP. 2015. Mapa Forestal por Tipo y Subtipo de Bosque, 2012. Guatemala. Informe Técnico. 26 p.p.
- INAB 2016. Plan de contingencia para la detección y control del gorgojo del pino (*Dendroctonus* spp) en Guatemala. Instituto Nacional de Bosques, Ciudad de Guatemala, Guatemala. 16 pp.
- INAB 2019. Consolidados de Plan Operativo Anual Subregional. Base de datos del consolidado nacional del Plan Operativo Anual Subregional. Instituto Nacional de Bosques. Matriz de Excel con base de datos registrados.
- INAB 2018-2020. Consolidados de Plan Operativo Anual Subregional. Base de datos del consolidado nacional del Plan Operativo Anual Subregional. Instituto Nacional de Bosques. Matriz de Excel con base de datos registrados.
- Jaén-Lara B. 2013. Monitoreo de la dispersión de la población de *Ips calligraphus* en las plantaciones forestales de *Pinus caribaea* var *hondurensis* en el proyecto bosque del Siglo XXI, en río Hato, Provincia de Coclé, República de Panamá. *Scentia*, 23, 87-102.
- Khain Tran J., Ylioja T., Billings RF, Regniere J. y Ayres MP. 2007. Impact of minimum winter temperatures on the population dynamics od *Dendroctonus frontalis*. *Ecol. Applications* 17(3): 882-899.
- Kleinman S.J., DeGomez T.E., Snider G.B., y Williams K.E. 2012. Large-scale pinyon ips (*Ips confusus*) outbreak in southwestern United States tied with elevation and land cover. *Journal of Forestry* 110: 194–200.
- López-Castilla R.A., Góngora-Rojas F., Guerra-Rivero C., de Zayas-Izaguirre E., Fernández-Vera A. y Triguero-Isasi N. 2009. Contribución para el diagnóstico y control de los descortezadores del género *Ips* (Coleoptera: Scolytidae) en los boques de pino de Cuba. *Ra Ximhai Revista de*

- 
- Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable, Universidad Indígena de México. Sinaloa, México. 5(3): 281-295.
- Macías-Sámamo J.E. 2001. Assessment of bark beetle infestations on the Mountain Pine Ridge Forest Reserve and the south Coastal Plain Region of Belize. CATIE. 13 p.
- Macías-Sámamo J. E. 2001b. Mediación semioquímica entre insectos descortezadores y árboles de coníferas. 459-503 pp. En "Interacciones químicas entre organismos. Aspectos básicos y perspectivas de aplicación", A. L. Anaya, F. J. Espinosa-García y Cruz-Ortega R. (eds.) Editorial Plaza y Valdez, Ciudad de México.
- Macías-Sámamo J.E. 2015. Observaciones y recomendaciones sobre las actuales infestaciones de descortezadores de pino en Honduras. Reporte de consultoría. USDA-FS-IP. 21 p.
- Macías-Sámamo J.E. 2017a. Apoyo técnico-científico para el desarrollo de la Estrategia de Salud y Sanidad Forestal de Guatemala. Parte 3. Guatemala, Reporte y Documentación electrónica diversa. USFS-IP. Febrero 27 – marzo 3. 5 p.
- Macías-Sámamo J.E. 2017b. Apoyo técnico-científico para la elaboración de la Estrategia Nacional de Salud y Sanidad Forestal y la creación de capacidades en el establecimiento de un Sistema de Monitoreo del Gorgojo del Pino mediante trampas cebadas en Honduras. USFS-IP. Mayo 14-27. 11 p.
- Macías-Sámamo J.E. 2018a. Apoyo al gobierno de la República Dominicana para el desarrollo de su Estrategia Nacional de Salud y Sanidad Forestal y Apoyo técnico-científico para el manejo del gorgojo de los pinos. GIZ, diciembre 2018.
- Macías Sámamo J. E. 2018b. Forest pest or forest fauna: a matter of perspective. Society of American Foresters, *International Forestry Working Group Newsletter*, September, 13-19p.
- Macías-Sámamo J. E. 2020c. Monitoreo de insectos mediante trampas cebadas con feromonas. En: Fundamentos para el Manejo Integrado de Plagas Forestales, Cibrián-Tovar D. (ed.), Universidad Autónoma Chapingo, México. En prensa.
- Macías-Sámamo J. E. 2020d. Utilización de semioquímicos como herramienta de control de insectos forestales. En: Fundamentos para el Manejo Integrado de Plagas Forestales, Cibrián-Tovar D. (ed.), Universidad Autónoma Chapingo, México. En prensa.
- Macías-Sámamo J.E. y Niño A. 2016. Protocolo para monitoreo de descortezadores de coníferas mediante el uso de semioquímicos, México y Centroamérica. USDA-FS-IP y ECOSUR. 39p.
- Macías-Sámamo J. E. y Zúñiga G. 2016. Estado actual del conocimiento en México sobre el uso de semioquímicos que median las interacciones entre insectos descortezadores y las coníferas. En *Ecología Química y Alelopatía: avances y aplicaciones*, Anaya Lang A.L., F.J. Espinosa, F. Macías y M. Reigosa (eds), UNAM, México. En prensa.
- Macías-Sámamo J.E, Rivera-Granados M.L., Jones R. e Ibarra G. 2014. Respuesta de insectos descortezadores de pino y de sus depredadores a semioquímicos en el sureste de México. *Rev. Maderas y Bosques INECOL*, 20(3): 41-47.

- Macías-Sámano J.E., Billings R.F. y Espino Mendoza V. 2016. Guía para implementar el método de cortar y dejar y la franja de contención como medios de control del gorgojo descortezador del pino, *Dendroctonus frontalis*, en Centroamérica y México. USFS-IP, ICF, Tegucigalpa, Honduras. 51 Pp.
- Medina-Guerra E.A. 1980. Susceptibilidad de los bosques de coníferas al ataque del gorgojo del pino *Dendroctonus* (Coleóptera: Scolytidae) en función de la composición, edad y densidad de los mismos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 94 p.
- Mery G., Alfaro R.I., Kanninen M. y Lobovikov M. 2005. Forests in the global balance: changing paradigms. World Series Volume 17. International Union of Forest Research Organizations, Vienna, Austria.
- Moreno B., Macías-Sámano J.E., Sullivan B. y Clarke S.R. 2008. Field response of *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytinae) to synthetic semiochemicals in Chiapas, Mexico. J. Eco. Entomol 101(6): 1821-1825.
- Niño-Domínguez A., Sullivan B., Urbina-Lopez, J.H. y Macías-Sámano J.E. 2016. Responses by *Dendroctonus frontalis* and *D. mesoamericanus* (Coleoptera: Curculionidae) to semiochemical lures in Chiapas, Mexico: multiple roles of pheromones during joint host attack. J. Eco. Entomol. 109(2):724-31
- Nowak J.T., Meeker J.R., Coyle D.R., Steiner C.A., y Brownie C. 2015. Southern pine beetle infestations in relation to forest stand conditions, previous thinning, and prescribed burning: Evaluation of the Southern Pine Beetle Prevention Program. Journal Forestry 113: 454–462.
- Plascencia-González A. y Magallón-Morineau C. 2020. Mapeo aéreo como una herramienta de monitoreo y detección de plagas forestales. En: Fundamentos para el Manejo Integrado de Plagas Forestales, Cibrián-Tovar D. (ed.), Universidad Autónoma Chapingo, México. En prensa.
- Pitoni A., Vélez R., Vité J.P., Ensink E. y Hedorstrom T. 1980. Planificación del control de la plaga del *Dendroctonus* y del aprovechamiento de la madera dañada: Guatemala. Documento de Trabajo TCP/GUA/8903. United Nations, Food and Agriculture Organization. 117 p.
- Raffa K.F.B., Aukema B.H., Bentz. B.J., Carroll, A.L., Hicke J.A., Turner M.G. y Romme W.H. 2008. Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: The dynamics of bark beetle eruptions. BioScience 58(6):501-517.
- Rivera-Rojas M., Locatelli B. y Billings R. 2010. Cambio climático y eventos epidémicos del gorgojo descortezador del pino *Dendroctonus frontalis* en Honduras. Forest Systems 19(1): 70-76.
- Rosenberger R.S., Bell L.A, Champ P.A., y Smith E.L. 2012. Nonmarket economic values of forest insect pests: An updated literature review. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-275WWW. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 46 p.
- Safranyik L. y Wilson W.L. (eds.). 2006. The mountain pine beetle: a synthesis of biology, management, and impacts on lodgepole pine. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, British Columbia. 304 p.

- 
- Sánchez-Martínez G. 2020. El papel de la silvicultura en la prevención y manejo integrado de plagas. En: Fundamentos para el Manejo de Plagas Forestales MIPF, Cibrián-Tovar D. (ed.), Universidad Autónoma Chapingo, México. En prensa.
- Schwerdtfeger F. 1955. Informe al gobierno de Guatemala sobre la entomología forestal de Guatemala. Vol.2, La Plaga de *Dendroctonus* en los bosques de pinos y modo de combatirla. FAO, Rome, Informe Fao/ETAP 366. 63 p.
- Sharma N.P. (ed.). 1992. Managing the world's forests: Looking for balance between conservation and development. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa. 605 p.
- Sistema de Información Forestal de Guatemala -SIFGUA. 2018. Sector Forestal de Guatemala. Instituto Nacional de Bosques. <http://www.sifgua.org.gt/Index.aspx>
- Sullivan B.T. 2011. Southern pine beetle behavior and semiochemistry. In: Southern Pine Beetle II, Coulson, R.N. y Klepzig, K.D. (eds). Gen. Tech. Rep. SRS-140. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Southern Research Station. 25-50.
- Six D.L., Biber E., y Long E. 2014. Management for Mountain Pine Beetle Outbreak suppression: Does Relevant Science Support Current Policy? *Forests* 5, 103-133.
- Teale S. A. y Castello J.D. 2011. The Past as Key to the Future: A New Perspective on Forest Health. En: *Forest Health: An Integrated Perspective*. J. D. Castello y S. A. Teale (eds.). Cambridge Univ. Press, pp. 3-16.
- Vité J.P. 1980. Planificación de control de la plaga de *Dendroctonus* (en Guatemala). Pp. 51-69. En Planificación de control de la plaga de *Dendroctonus* y del aprovechamiento de la madera dañada. Project TCP/GUA 8003, Rome FAO.
- Vité J.P., Luhl R., Hughes P.R. y Renwick J.A.A. 1975. Pine bark beetles of the genus *Dendroctonus*: Pest problems in Central America. FAO Plant Protection Bulletin 23: 178-184.
- Ward J.D. y Mistretta P.A. 2002. Impact of pest on forest health. En: *Southern forest resource assessment*. D. Wear and J. Greis (eds.). Gen. Tech. Rep. SRS-53. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. pp. 403-429.
- Wood S.L. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae). A taxonomic monograph. Great Basin Naturalist Memoirs 6: 1-1359.

9. GLOSARIO

Ataque exitoso de descortezadores. Se denomina al ataque de cuando menos un insecto y su pareja que logran penetrar la corteza de un árbol, y han desarrollado galerías parentales y nichos de ovoposición con prole en desarrollo debajo de la misma. Un ataque exitoso, en el caso de los descortezadores primarios (y algunos secundarios), genera feromonas de agregación (ver definición más adelante), las cuales atraen múltiples parejas de insecto y en conjunto generan más ataques exitosos, y en consecuencia ocurre la muerte del hospedero. Al exterior, en la superficie de la corteza, se observan grumos de resina con coloraciones rojizas. Estos ataques exitosos indican que los insectos ya han vencido las defensas de los árboles.

Atrayente. Cualquier sustancia volátil que atrae a los descortezadores en vuelo y que puede ser empleada en trampas. Estas sustancias no necesariamente son semioquímicos (ver definición más adelante), es decir, no son producidas por los insectos, tienen un papel en su comportamiento o están relacionadas con su ecología. Simplemente atraen a los insectos. Se denominan atrayentes a la frontalina, cuando esta sustancia es empleada para atraer especies de *Dendroctonus* en las que se desconoce la producción de esta y/o el papel que tiene en su biología y ecología.

Brote de descortezadores (= foco de infestación). Operativamente hablando, se considera a todo aquel sitio con descortezadores, en el cual ataques exitosos del descortezador ocurren en un grupo de árboles y estos son al menos dos individuos atacados y contiguos el uno al otro. En operaciones de control directo, se usa un umbral de 5-10 pinos atacados en grupo detectar y registrar brotes de *D. frontalis*.

Brote en expansión. Grupo de árboles de pino con follaje rojo, amarillo y verde y todos ellos atacados exitosamente por los descortezadores cuyas poblaciones están en varios grados de desarrollo del insecto. En general, un brote en expansión tendrá más que 20 pinos en Etapas 1, 2 y 3.

Brote inactivo. Grupo de árboles de pino atacados exitosamente por los descortezadores y todos ellos presentan orificios de emergencia y no existen árboles contiguos que presenten señales frescas de ataques. Esto se observa como un grupo de árboles con follaje rojo o sin follaje, cuya corteza se desprende con facilidad y estos árboles están rodeados de otros con follaje verde y sin presencia alguna de ataque por descortezadores. Tales brotes no requieren aplicación de control.



Cairomona. Son compuestos químicos producidos por una especie y que afecta el comportamiento de otra. Por ejemplo, algunos depredadores como los escarabajos de la familia Cleridae usan las feromonas producidas por las hembras de *Dendroctonus frontalis* para encontrar un pino bajo ataque y dónde están sus presas. Aquí la feromona del descortezador se convierte, desde la perspectiva del depredador, en una cairomona, pues está comunicando dos especies diferentes.

Ciclo de vida. Etapas de desarrollo por las que pasa un organismo, desde que nace hasta que da lugar a otra generación, cada etapa del ciclo de vida se expresa en tiempo (horas, días, meses, años) en el caso específico de insectos descortezadores este contempla cuatro estados de desarrollo (huevo, larva, pupa y adulto).

Conspécífico. Individuos de la misma especie.

Coloración del follaje. La coloración del follaje de un árbol sano y vigoroso es verde. Estos árboles al ser atacados por el descortezador en tiempo cambian de color su follaje. Si el proceso de muerte es lento, el color del follaje se torna a un color amarillento, posteriormente evoluciona a un color rojizo para finalmente tornarse a gris y caerse una vez que el árbol está totalmente seco. En algunas ocasiones el follaje de los árboles atacados se torna de una manera casi inmediata de verde a rojizo intenso (ocurre por lo general en invierno).

Control químico. Un método de control de gorgojos descortezadores que consiste en la

aplicación de insecticida a los pinos infestados para matar a los insectos antes de que emerjan de la corteza. Tiene la desventaja que es costoso y mata por igual a insectos benéficos como los depredadores.

Control mecánico. Métodos de control que no usan químicos, como el cortar y dejar para el control de brotes de *Dendroctonus frontalis* y cortar y descortezar para el control de *Ips* spp.

Depredador. Animal (incluye insectos y ácaros) que se alimenta de otro denominado presa. Un depredador busca, ataca y consume muchas presas como medio de sobrevivencia, para completar su desarrollo y alcanzar hasta su madurez. Algunos de los insectos depredadores de *D. frontalis* responden a la feromona producida por el gorgojo y la usan para encontrar a su presa.

Descortezadores primarios. Son aquellos gorgojos descortezadores que solo colonizan y se desarrollan en arbolado vivo, sanos o aparentemente sanos en pie. Generalmente no colonizan árboles que han sido colonizados por otras especies de descortezadores o árboles caídos. *D. frontalis* es un ejemplo de este tipo de gorgojos.

Descortezadores secundarios. Son aquellos descortezadores que colonizan los árboles ya ocupados por los descortezadores primarios y arbolado caído. Bajo condiciones de fuerte estrés hídrico o de una alta densidad del rodal es frecuente que estos insectos actúen como descortezadores primarios. Ejemplos de estos gorgojos descortezadores son los escarabajos descortezadores del género *Ips*.



Enemigos naturales. Insectos u otros animales que actúan como depredadores, se comen a los gorgojos y a veces sus estados inmaduros (huevos, larvas y pupas), son importantes porque regulan las poblaciones de gorgojos, ayudan a controlar brotes y mantener el equilibrio natural.

Epidemia. Es una infestación por plaga muy fuerte, con alta población de insectos (por ejemplo, los descortezadores) que producen serios daños y/o la muerte de muchos árboles.

Especie. Grupo de individuos capaces de aparearse y producir descendencia fértil. El nombre de una especie (un insecto o una planta) se compone de dos palabras, la primera corresponde al género y la segunda a la especie; ejemplo: *Dendroctonus frontalis* que es el gorgojo del pino.

Expansión del brote. Es el crecimiento natural de los brotes de *D. frontalis* no tratados. En la medida que los árboles vivos van siendo atacados y al mismo tiempo los descortezadores emergen de pinos en la Etapa o Fase 2, vuelan a la periferia del mismo brote y atacan pinos adicionales expandiendo el brote. Este va aumentando su tamaño y se desplaza la población del insecto y en consecuencia el daño.

Etapa 1 (o Fase 1). Son los pinos recién atacados o bajo ataque de descortezadores. Se caracteriza por tener grumos blandos y frescos en el fuste, sin galerías bajo la corteza, con follaje verde y color de madera blanca. La corteza es difícil de despegar, como ocurre en pinos sanos.

Etapa 2 (o Fase 2). Son los pinos colonizados por descortezadores. Se caracterizan por tener grumos duros en el fuste, con galerías en forma de "S" bajo la corteza, con follaje verde amarillenta hasta rojo y color de madera café. Tienen huevos, larvas, pupas y/o adultos nuevos abajo o dentro de la corteza.

Etapa 3 (o Fase 3). Son los pinos muertos y abandonados por crías de *D. frontalis*. Se caracterizan por tener follaje de color rojo o gris (o sin follaje), con muchos orificios de salida en la corteza, y con corteza, la cual es fácil de despegar.

Feromona. Sustancia química secretada por los insectos que provoca una reacción y que influye en el comportamiento de otros de la misma especie. Las feromonas de agregación producidas por los descortezadores provocan que la población del insecto se agregue en los árboles que los insectos están atacando, teniendo como resultado vencer las defensas del hospedero y aseguran su colonización.

Frente activo o de avance del brote. Es la parte del brote con árboles en Fase 1 y con alta cantidad de feromonas y atrayentes producidos por los insectos en proceso de colonizar los árboles y a donde están llegando continuamente gorgojos adicionales a atacar nuevos árboles. Un brote activo de *D. frontalis* puede tener más de un frente activo.

Generación. Ciclo biológico completo de un organismo, que va de un estado biológico dado al mismo estado biológico en la siguiente generación. Ejemplo: de adulto a adulto.



Georreferenciación. Localización de un objeto o individuo con base en sus coordenadas geográficas de latitud y longitud.

Gorgojo descortezador del pino. Existen varias especies en Centroamérica. En Guatemala, Honduras, Nicaragua y El Salvador, el insecto más destructivo tiene el nombre científico *D. frontalis* y que comúnmente se le llama escarabajo o gorgojo del pino. Sus ataques son identificados en campo por los grumos de resina que produce en el tronco del árbol y las galerías en forma de "S" debajo de la corteza.

Grumos de resina. Son la respuesta del árbol, en un principio a la herida física practicada por el insecto al romper los vasos de resina y saliendo esta al exterior como un material cristalino y semilíquido. Si el insecto logra establecerse exitosamente, exteriormente el grumo de resina se torna rojizo por la presencia de los desechos del insecto provenientes del cambium. Al pasar el tiempo, la resina se va secando, perdiendo su olor (componentes volátiles) y se va tornando dura y de coloración amarillenta. Grumos de resina también pueden ocurrir debido a ataques de otros gorgojos, como los de *Ips* u otras especies de *Dendroctonus*.

Hospedero. Planta, insecto u otro organismo vivo que sirve como fuente de alimento o refugio para otro organismo.

Huevo o huevecillo. Es el estado del ciclo de vida entremedio entre el adulto y la larva (o ninfa) de un insecto. En caso de *D. frontalis*, los huevos son blancos, miden 1-2 mm. de diámetro cada uno y se encuentran a los lados de la galería del adulto bajo la corteza en pinos de fase 1.

Infestación. Ataque y establecimiento de un daño causado por insectos plaga sobre otros organismos, sean estos vegetales o animales, y que interfiere su desarrollo, pudiendo producir su muerte. En el caso del gorgojo del pino, causa la muerte de su hospedero.

Ips. Son un género de gorgojos descortezadores que se considera secundario. Consiste en varias especies que limitan sus ataques a pinos caídos, tumbados o pinos debilitados por sequías u otras razones. Se encuentran en los mismos árboles colonizados por *Dendroctonus* y ejercen una competencia sobre las crías de *D. frontalis* en los pinos derribados en la práctica del método de cortar y dejar. Se distinguen los adultos por tener la parte posterior del cuerpo cóncava y bordeada de varias espinas, mientras que en los adultos de *Dendroctonus*, esta parte es redondeada y sin espinas.

Larva. Estado inmaduro de un insecto, intermedio entre huevecillo y pupa. En caso de *D. frontalis*, tiene cuerpo de color blanco con cabeza de color café y miden de 1 a 8 mm de largo. Se encuentra en pinos de Etapa (Fase) 2 bajo la corteza o escondido dentro de la corteza antes de cambiarse al estado de pupa.

Orificios de salida (emergencia). Son los orificios redondos (2-3 mm de diámetro) que se observan en la corteza y que indican que los gorgojos, criados en el árbol, están saliendo o ya salieron del mismo. Son más comunes en pinos de Etapa (Fase) 3 y algunos ocurren en la Fase 2 al emerger los padres adultos.

Pupa. Es el estado de vida de insectos con metamorfosis completa, que se encuentra entre el estado de larva y el de adulto. En



el caso de *D. frontalis* es del mismo tamaño que el adulto (3-5 mm de largo) de color blanco. Se encuentran en pinos de Etapa (Fase) 2 escondidos en la corteza.

Salvamento (Cortar y aprovechar).

Acción de rescatar la madera afectada por la plaga del gorgojo, que puede ser utilizada para construcción de ciertas obras.

Semioquímicos. Estos son químicos producidos por las especies de organismos que les permiten comunicarse entre ellos, es decir, con individuos de la misma especie.

Signos. Son los organismos o parte de ellos que se encuentran al revisar un material afectado y que seguramente son los responsables del daño presente.

Síntomas. Son los efectos anatómicos y/o fisiológicos causados por los organismos en el hospedero. Ejemplos son grumos de resina, galerías y orificios de salida indicando presencia de descortezadores de pino.

Sucesión ecológica. Es un proceso natural en el que se produce una secuencia de cambios en la comunidad ecológica que son observables en el tiempo y en el espacio.

Rebrotes. Son las apariciones de nuevas infestaciones en sitios donde ya se ha efectuado un control o saneamiento.

Sobremaduro. Arbolado vivo que ya no produce semilla o lo hace de una manera reducida y está llegando al final de su vida.

1. Descripción de las especies de *Dendroctonus* e *Ips* de Guatemala

Dendroctonus se distingue de otros géneros por la presencia de un proceso epistomal, una maza antenal aplanada que integra cuatro antenómeros y el funículo de cinco antenómeros. Las especies registradas en Guatemala son siete: *D. adjunctus* Blandford 1897, *D. approximatus* Dietz 1890, *D. frontalis* Dietz 1890, *D. mesoamericanus* Armendáriz-Toledano & Sullivan 2015, *D. parallellocollis* Chapuis 1869, *D. valens* Le Conte 1860 y *D. vitei* Wood 1975. A pesar de que Wood 1982, reportó a *D. mexicanus* para Guatemala, en estudios, colectas y revisión de material más recientes se ha encontrado únicamente desde Arizona, Estados Unidos, hasta Oaxaca, México, posiblemente *D. vitei* era mal identificada y confundida con esta especie (comunicación personal Francisco Armendáriz-Toledano). Las características de la genitalia de los machos (varilla seminal y el ancla) son atributos de gran valor para la identificación de las especies del género *Dendroctonus*, a pesar de que algunas de ellas muestren ligera variación intraespecífica. Para la identificación de las especies de Centroamérica se recomienda la guía ilustrada de Armendáriz-Toledano *et al.* (2017).

El género *Ips* se distingue de otros géneros por la presencia de la maza antenal fuertemente

aplanada, con suturas fuertemente a moderadamente bisinuadas, declive elitral cóncavo con espinas que oscilan entre tres a seis pares dependiendo la especie. Contrariamente al género *Dendroctonus*, la cabeza de los *Ips* está escondida por el pronoto en vista dorsal. Las especies registradas en Guatemala son cinco: *I. apache* Lanier 1991, *I. bonanseai* (Hopkins, 1905), *I. cribricollis* (Eichhoff, 1868), *I. integer* (Eichhoff, 1869) e *I. lecontei* Swaine 1924. Adicionalmente se encuentra la especie *Pseudips mexicanus* (Hopkins, 1905). Para la identificación de las especies se recomienda el artículo de Douglas *et al.* (2019). Sin embargo, se ha notado que varias de las características morfológicas se traslapan entre algunas especies, por ejemplo, *Ips integer* e *Ips bonanseai*, en estos casos es recomendable realizar pruebas moleculares para su correcta identificación.

A continuación, con base en la literatura ya indicada y la identificación taxonómica hecha por José Francisco García Ochaeta (MAGA) de ejemplares de diversas localidades de Guatemala, se da una breve descripción taxonómica de cada una de las especies de *Dendroctonus* y de *Ips*. Las fotografías de cada especie y sus varillas seminales (esta última característica solo en el caso de las

especies de *Dendroctonus*) fueron tomadas por el mismo especialista. Antes de continuar con la descripción de las especies que vamos a indicar que a excepción de la imagen de *I. bonansea*, la información e imágenes fueron obtenidas directamente de:

Palacios-Gutiérrez, B. R., R. A. Albanes-Barahona y J.F. García-Ochaeta. 2018. *Guía técnica para el manejo de insectos descortezadores en bosques de coníferas*. Instituto Nacional de Bosques. Guatemala.

Asimismo para las descripciones se utiliza un lenguaje taxonómico en donde las partes del insecto tienen nombres especializados y la ubicación de estas, en el cuerpo del insecto, requieren de dibujos detallados que no son proporcionados en el presente documento, pero que pueden ser consultados y vistos con detalle en la obra de Armendáriz-Toledano et al. (2017).

***Dendroctonus adjunctus* Blandford 1897 (Fig. 19A)**

Longitud: 3.0 a 5.5 mm.

Caracteres diagnósticos: los machos presentan un surco medio en la frente y pequeños gránulos agrupados en dos conjuntos a cada lado del surco y tubérculos frontales ausentes, las hembras con callo pronotal. Pubescencia del declive elitral larga, escasa y de longitud homogénea.

Varilla seminal: con el proceso ventral agudo y muy desarrollado, el proceso dorsal en forma de lóbulo (Fig. 19B).

Distribución: se ha registrado en los departamentos de Quetzaltenango, Chimaltenango, Guatemala, Huehuetenango, Quiché, Totonicapán, San Marcos y Sacatepéquez.



Figura 19. *D. adjunctus*. A) Vista lateral. B) Varilla seminal.
Fotos por García Ochaeta, MAGA.

***Dendroctonus approximatus* Dietz 1890 (Fig. 20 A)**

Longitud: 4.5 a 7.00 mm.

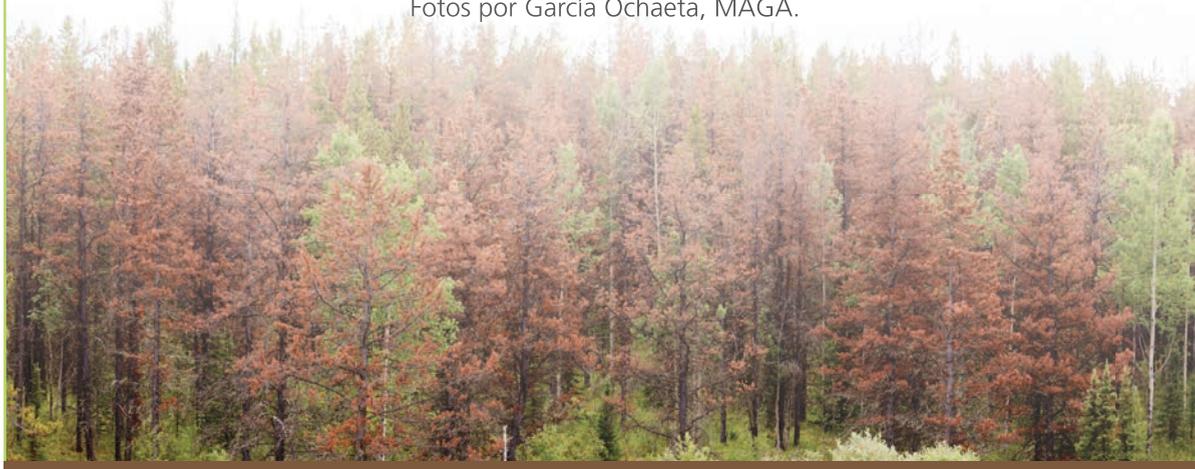
Caracteres diagnósticos: machos con tubérculos frontales prominentes, hembra con micangio pronotal, pubescencia del declive elitral uniformemente larga, de longitud más de tres veces el ancho de un interespacio.

Varilla seminal: entera, longitud del cuerpo de la varilla seminal dos o tres veces la longitud de la válvula. Cuerpo de la varilla seminal en vista lateral grueso y redondeado en la región distal (Fig. 20B).

Distribución: se ha registrado en los departamentos de Quetzaltenango y Guatemala.



Figura 20. *D. approximatus*. A) Vista lateral. B) Varilla seminal.
Fotos por García Ochaeta, MAGA.



Dendroctonus frontalis Dietz 1890 (Fig. 21 A)

Longitud: 2.0 a 3.2 mm.

Caracteres diagnósticos: los machos presentan gránulos prominentes y numerosos tubérculos agrupados en dos conjuntos a cada lado del surco medio, hembras con callo pronotal. Esta especie solo se puede identificar con la morfología de la genitalia masculina.

Varilla seminal: bifurcada en proceso ventral y dorsal, el ventral en forma de espina que rara vez se extiende más allá del dorsal, que es semicircular o lobulado, con un margen convexo distal distintivo. **Nota:** Esta especie es muy similar a *D. mesoamericanus*, pero se puede diferenciar porque *D. mesoamericanus* presenta un área preepisternal estriada, y por la forma del ancla y varilla seminal (Fig. 21 B).

Distribución: se ha registrado en los departamentos de Huehuetenango, Sololá, Zacapa, Baja Verapaz, Quiché y Jalapa.

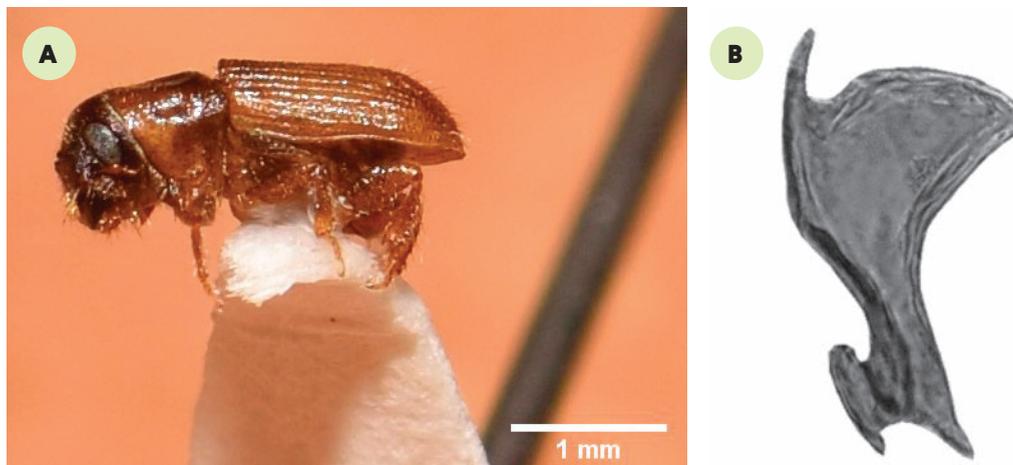


Figura 21. *D. frontalis*. A) Vista lateral. B) Varilla seminal.
Fotos por García Ochaeta, MAGA.

***Dendroctonus mesoamericanus* Armendáriz-Toledano & Sullivan 2015 (Fig. 22A)**

Longitud: 2.9 a 4.9 mm.

Caracteres diagnósticos: los machos presentan gránulos prominentes y numerosos tubérculos agrupados en dos conjuntos a cada lado del surco medio, hembras con callo pronotal. Esta especie presenta estrías paralelas en el área preepisternal.

Varilla seminal: bifurcada en proceso ventral y dorsal, el ventral en forma de espina delgada y el dorsal con forma triangular, comprimido lateralmente tanto en vista dorsal como ventral.

Ancla amplia en el área distal, compuesta de dos brazos laterales que se adelgazan en el área proximal y se fusionan en la distal donde adquieren forma de herradura, sin lóbulos distales (Fig. 22B). **Nota:** Esta especie es muy similar a *D. frontalis*, pero se puede diferenciar porque *D. mesoamericanus* presenta un área preepisternal estriada, y por la forma del ancla y varilla seminal.

Distribución: se ha registrado en los departamentos de Guatemala, Sololá, Jalapa, Santa Rosa, Sacatepéquez, Huehuetenango, Quetzaltenango, Chimaltenango, Quiché, Alta Verapaz, Baja Verapaz y Zacapa.

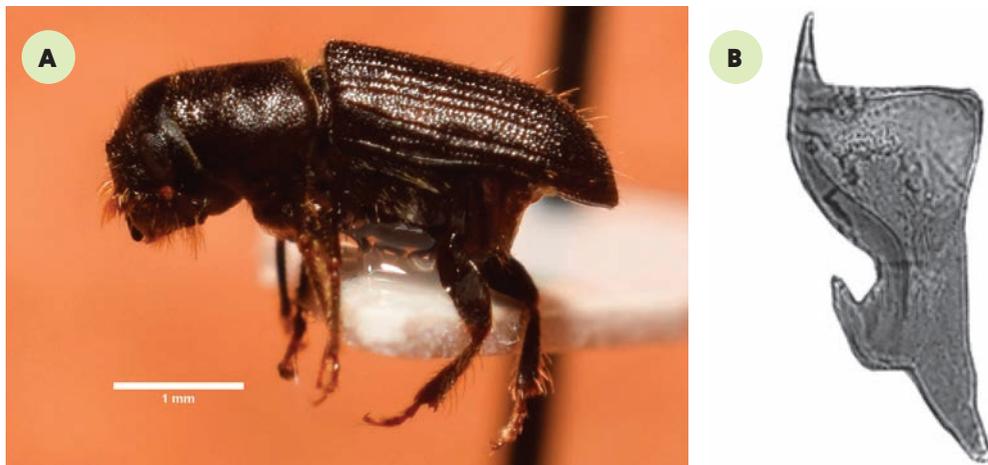


Figura 22. *D. mesoamericanus*. A) Vista lateral. B) Varilla seminal.
Fotos por García Ochaeta, MAGA.



Dendroctonus parallelocollis Chapuis 1869 (Fig. 23A)

Longitud: 4.9 a 6.3 mm.

Caracteres diagnósticos: región frontal redonda, sin surco medio y hembras sin protuberancia media a nivel de los ojos (esta especie presenta los márgenes laterales del proceso epistomal aplanados y la región anterior del pronoto casi tan amplia como la posterior (márgenes del pronoto casi paralelos). Varilla seminal: entera con una prolongación en la válvula seminal corta y recta, menor a un cuarto de la longitud del cuerpo de la varilla seminal; los brazos laterales de la válvula seminal paralelos al eje antero-posterior del cuerpo de la varilla seminal (Fig. 23B). **Nota:** Esta especie es muy similar a *D. parallelocollis* pero se puede diferenciar porque *D. approximatus* presenta un surco medio y tubérculos frontales, ausentes en *D. parallelocollis*, y el proceso epistomal, aplanados en *D. parallelocollis* y elevado en *D. approximatus*.

Distribución: se ha registrado en los departamentos de Zacapa y Huehuetenango.



Figura 23. *D. parallelocollis*. A) Vista lateral. B) Varilla seminal.
Fotos por García Ochaeta, MAGA.



***Dendroctonus valens* Le Conte 1860 (Fig. 24A)**

Longitud: 5.3 a 8.3 mm.

Caracteres diagnósticos: región frontal redonda, sin surco medio y en hembras con una protuberancia media conspicua al nivel de los ojos. Maza antenal simétrica, con los cuatro antenómeros del mismo color.

Varilla seminal: entera con una prolongación curva y corta, casi tan larga como ancha, aproximadamente de un cuarto de la longitud del cuerpo de la varilla seminal. Los brazos de la válvula seminal paralelos, con respecto al borde antero-posterior del cuerpo de la varilla seminal, en vista dorsal o ventral; en el ancla se observan en vista dorsal, los brazos laterales delgados y fusionados en la región anterior, el área distal del ancla con un lóbulo en vista lateral (Fig. 24B).

Distribución: se ha registrado en los departamentos de Alta Verapaz, Chimaltenango, Quiché, Escuintla, Huehuetenango, Sololá, Totonicapán, Zacapa y Alta Verapaz.



Figura 24. *D. valens*. A) Vista lateral. B) Varilla seminal.
Fotos por García Ochaeta, MAGA.



Dendroctonus vitei Wood 1975 (Fig. 25A)

Longitud: 3.4 a 5.2 mm.

Caracteres diagnósticos: los machos presentan tubérculos prominentes, agrupados en dos elevaciones a cada lado del surco frontal, las hembras con un callo anterior poco elevado dorsal y transversalmente. Esta especie presenta la cara anterior de la maza antenal con sensilas dispuestas en concavidades.

Varilla seminal: bifurcada en proceso ventral y dorsal; el primero en forma de espina en vista ventral y como cola de castor en vista dorsal; proceso dorsal ovado; ancla con brazos delgados y lóbulos distales pobremente desarrollados. **Nota:** esta especie se confunde con *D. mexicanus*, pero se diferencia fácilmente por la presencia de concavidades circulares en la cara anterior de las antenas, donde se agrupan sensilas basicónicas (Fig. 25B).

Distribución: se ha registrado en los departamentos de Guatemala, Huehuetenango, Jalapa, Chimaltenango, Sololá, Quiché y Zacapa.



Figura 25. *D. vitei*. A) Vista lateral y mazo antenal. B) Varilla seminal.
Fotos por García Ochaeta, MAGA.

***Ips apache* Lanier, 1991 (Fig.26)**

Longitud: 3.8 a 5.3 mm.

Caracteres diagnósticos: seis pares de espinas en el declive elitral, machos con tubérculo frontal separado del margen epistomal por más de dos veces el grosor del tubérculo frontal.

Distribución: se ha registrado en los departamentos de Petén, Baja Verapaz, Alta Verapaz, Chimaltenango, Chichicastenango, Guatemala, Quiché y Jalapa.



Figura 26. Vista lateral de *I. apache*.
Foto por García Ochaeta, MAGA.



Ips bonanseai (Hopkins, 1905) (Fig. 27)

Longitud: 2.9 a 3.4 mm.

Caracteres diagnósticos: cuatro pares de espinas en el declive elitral, puntuaciones del disco pronotal de igual diámetro y ubicadas equidistantemente unas de otras.

Distribución: se ha registrado en los departamentos de Totonicapán, Guatemala y Quetzaltenango (Atkinson, T. H. 2013. Bark and ambrosia beetles. www.barkbeetles.info).



Figura 27. Ejemplar de *I. bonanseai*. Foto tomada por Steve Valley y J. LaBonte, Oregon Department of Agriculture, EUA.

Ips cribricollis (Eichhoff, 1868) (Fig. 28)

Longitud: 2.9 a 4 mm.

Caracteres diagnósticos: cinco pares de espinas en el declive elitral, espinas dos y tres unidas en sus bases, con tubérculo frontal mediano.

Distribución: Se ha registrado en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, Guatemala, Quiché, Petén y Jalapa.



Figura 28. Vista lateral de *I. cribricollis*. Foto por García Ochaeta, MAGA

***Ips integer* (Eichhoff, 1869) (Fig. 29)**

Longitud: (4.1)- 4.6 a 5.7 mm.

Caracteres diagnósticos: cuatro pares de espinas en el declive elitral, suturas de la maza antenal fuertemente anguladas en su parte media, espina tres capitada, tubérculo frontal unido al tubérculo epistomal por una carina.

Distribución: se ha registrado en los departamentos de San Marcos, Chimaltenango, Sololá y Totonicapán (Atkinson, T. H. 2013. Bark and ambrosia beetles. www.barkbeetles.info).



Figura 29. Vista lateral de *I. integer*.
Foto por García Ochaeta, MAGA.

***Ips lecontei* Swaine, 1924 (Fig. 30)**

Longitud: 4 a 4.7 mm.

Caracteres diagnósticos: cinco pares de espinas en el declive elitral, sin tubérculo frontal mediano. En los machos el proceso epistomal es bífido en el centro, espina tres del declive elitral pequeña y con gancho.

Distribución: se ha registrado en los departamentos de Guatemala y Sacatepéquez.



Figura 30. Vista lateral de *I. lecontei*.
Foto por García Ochaeta, MAGA.

***Pseudips mexicanus* (Hopkins, 1905) (Fig. 31)**

Longitud: 3.6 a 5 mm.

Caracteres diagnósticos: tres pares de espinas en el declive elitral, tercera espina estrecha y capitada, suturas en la maza antenal fuertemente arqueadas.

Distribución: se ha registrado en los departamentos de Totonicapán, Chimaltenango y San Marcos.



Figura 31. Vista lateral de *P. mexicanus*.
Foto por García Ochaeta, MAGA.



2. Clave para la identificación de especies de *Dendroctonus* de Guatemala

La clave dicotómica de identificación taxonómica de especies del género *Dendroctonus* que se presenta a continuación fue adaptada y modificada para las especies de Guatemala de la original de Armendáriz-Toledano y Zuñiga (2017).

1. Región frontal de la cabeza sin surco medio; en las hembras el pronoto sin callo pronotal elevado y en vista dorsal márgenes anterolaterales del pronoto recto o cóncavo (como un “cuello de botella”); varilla seminal con una prolongación en la válvula seminal 2
 - Región frontal de la cabeza con surco medio que se extiende desde justo arriba del proceso epistomal hasta el nivel superior de los ojos; surco medio menos evidente en las hembras y en ambos sexos de *D. adjunctus*; en las hembras el pronoto con un callo pronotal elevado y márgenes anterolaterales del pronoto de fuerte a débilmente convexo en la vista dorsal; varilla seminal sin una prolongación en la válvula seminal 3
2. Los márgenes laterales del proceso epistomal no están elevados; frente de la hembra sin protuberancia media en el nivel superior de los ojos; región anterior del pronoto casi tan ancha como la posterior (pronoto sin constricción abrupta), los márgenes laterales casi paralelos en la vista dorsal; las estrías declivales I - IV notablemente impresas; válvula seminal con una prolongación recta y corta, longitud inferior a un cuarto del cuerpo de la varilla seminal, longitud de 4.9-6.3 mm. ***D. parallelocollis* Chapuis** (Fig. 23)
 - Los márgenes laterales del proceso epistomal están muy elevados; frente de la hembra con protuberancia media en el nivel superior de los ojos; región anterior del pronoto más angosta que posterior (con una constricción anterior abrupta), márgenes laterales no paralelos en la vista dorsal; estrías declivales I - IV no impresas con interestrías planas (no elevadas); válvula seminal con una prolongación curva, longitud igual o superior a un cuarto del cuerpo de la varilla seminal, mazo antenal simétrico, con los cuatro antenómeros de color similar; área distal del ancla con el lóbulo poco curvado en la vista lateral; cuerpo de color rojo, longitud 5.3-8.3 mm. ***D. valens* LeConte** (Fig. 24).
3. Frente del macho con surco medio ligeramente definido y con o sin pequeños gránulos agrupados en dos cumbres ligeramente elevadas en las áreas laterales del surco frontal pero sin tubérculos frontales; pubescencia escasa



en el declive elitral, setas muy largas y de tamaño homogéneo; varilla seminal dividida en proceso dorsal y ventral, con el proceso dorsal en forma de lóbulo –ampliamente triangular– y un proceso ventral alargado y espinoso (más de la mitad de la longitud total del cuerpo de la varilla seminal); longitud 3.0-5.5 mm. **D. adjunctus Blandford** (Fig. 19).

- Frente del macho con surco medio fuertemente marcado, gránulos prominentes y tubérculos en dos grupos fuertemente elevados en lados opuestos del surco frontal; abundante pubescencia en el declive elitral con setas uniformemente cortas, largas o de clases de tamaños múltiples; varilla seminal entera (sin proceso dorsal y ventral) o dividida en procesos dorsal y ventral; si se divide, entonces el proceso ventral en vista lateral con forma de espina y longitud aproximadamente un cuarto de la longitud total de la varilla seminal; proceso dorsal lobulado, ampliamente triangular o con forma de espina en vista lateral 4

4. Pubescencia del declive elitral uniformemente larga, setas más largas que el ancho de un interespacio, típicamente más de tres veces más largas; gránulos en interestría declivital 1 y (generalmente) 3 más abundantes y confusos; callo pronotal de la hembra prominente; frente del macho con tubérculos grandes, varilla seminal entera, dos a tres veces la longitud de la válvula seminal, el área distal de la varilla seminal se ensancha en la vista lateral; longitud 4.5-7.0 mm. **D. approximatus Dietz** (Fig. 20).

- Pubescencia del declive de tamaño heterogéneo (diferentes tamaños de setas en el mismo espécimen, varilla seminal dividida en proceso ventral y dorsal; ancla de la varilla seminal consiste en una única placa en forma de herradura con brazos laterales fusionados distalmente..... 5

5. Proceso dorsal de la varilla seminal lobulada tanto en la vista dorsal como lateral; margen distal del proceso dorsal débilmente cóncavo, recto, a fuertemente convexo en la vista lateral; proceso ventral consiste en una espina aguda y fina; ancla de la varilla seminal sin lóbulos en la región distal 6

- Proceso ventral de la varilla seminal aplanado dorsoventralmente, en forma de “paleta” y algo parecido a la cola de un “castor”, margen distal del proceso dorsal recto a fuertemente cóncavo en la vista lateral; ancla con pequeños lóbulos distalmente y brazos delgados. Mazo antenal con sensilas dispuestas en concavidades circulares que se asemejan a “cráteres”; 3.4-5.2 mm. **D. vitei Wood** (Fig. 25).



6. Regiones anterolaterales del pronoto (área preepisternal) lisas, sin crestas finas paralelas; callo pronotal de la hembra notablemente elevado; el proceso ventral en forma de espina de la varilla seminal se extiende con poca frecuencia distalmente más allá del proceso dorsal, el proceso dorsal es semicircular o bulboso en vista lateral y no se comprime lateralmente cuando se ve dorsoventralmente; ancla con forma de herradura y espesor similar en toda su extensión, con brazos laterales fusionados distalmente que no se estrechan proximalmente; longitud 2.0-3.2 mm. ***D. frontalis* Zimmermann** (Fig. 21)
- Regiones anterolaterales del pronoto (área preepisternal) con crestas finas paralelas; callo pronotal de la hembra débilmente o no elevado; el proceso ventral en forma de espina de la varilla seminal se extiende distalmente más allá del proceso dorsal, el proceso dorsal es aproximadamente de forma triangular en vista lateral y se comprime lateralmente cuando se ve dorsoventralmente; el ancla se engrosa distalmente, con los brazos laterales fusionados distalmente estrechándose proximalmente; 2.9-4.9 mm. ***D. mesoamericanus* Armendáriz-Toledano & Sullivan** (Fig. 22).

ANEXO 2

Formato INAB de toma de datos durante las inspecciones aéreas

No. Punto	ESTADO		Rangos de daño (ha)			Característica del daño					
	Activo	Inactivo	1-5	5-10	>10	D	DF	ENF.	IF	P.P	Otros
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											

D:	Descortezadores	P.P	Plantas Parasitas	IF:	Incendios Forestales
DF:	Defoliadores	ENF.	Enfermedades	Otros:	Rozas, talas, etc.

