



# SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA EL GORGOJO DESCORTEZADOR DEL PINO EN HONDURAS (SAT)

## Producto 3

### 3.1 MANUAL DE DIAGNÓSTICO, MONITOREO Y MANEJO DE LOS GORGOJOS DE LOS PINOS EN HONDURAS

## Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. ASPECTOS CONCEPTUALES .....	3
<b>2.1 El papel ecológico de los descortezadores en el ecosistema de bosque de pino.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Los descortezadores de pino en escenarios de plantaciones .....</b>	<b>4</b>
3. DIAGNÓSTICO Y DETECCIÓN .....	5
<b>3.1 Biología, ecología y comportamiento de los descortezadores de pino .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1.1 La comunicación química de los descortezadores y la formación de focos de infestación .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 Síntomas de los árboles colonizados por los descortezadores .....</b>	<b>13</b>
<b>3.2.1 Ataques iniciales / grumos de resina .....</b>	<b>13</b>
<b>3.2.2 Cambio de color del follaje de los árboles colonizados .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2.3 Fases de ataque .....</b>	<b>15</b>
4. DETECCIÓN, MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE FOCOS DE INFESTACIÓN	17
<b>4.1 Recorridos terrestres .....</b>	<b>18</b>
<b>4.2 Uso de trampas cebadas con feromonas.....</b>	<b>19</b>
<b>4.3 Mapeo aéreo.....</b>	<b>21</b>
<b>4.4 Uso de sensores remotos .....</b>	<b>22</b>
5. CONTROL Y MANEJO DE DESCORTEZADORES .....	23
<b>5.1 Métodos de control .....</b>	<b>23</b>
<b>5.1.1 Cortar y Dejar .....</b>	<b>23</b>
<b>5.1.2 Cortar y Aprovechar .....</b>	<b>23</b>
<b>5.1.3 Cortar, apilar y quemar .....</b>	<b>24</b>
<b>5.2 Manejo y Prevención.....</b>	<b>24</b>
<b>5.2.1 Sistemas de alerta temprana .....</b>	<b>25</b>
<b>5.2.2 Uso de semioquímicos para el manejo de descortezadores .....</b>	<b>25</b>
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	28
7. GLOSARIO.....	33

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde un punto de vista antropocéntrico y teniendo un objetivo de manejo determinado, podemos hablar de los recursos forestales en términos de escenarios forestales. Aquellos escenarios forestales que tienen estructuras básicas naturales como son los bosques y selvas, o aquellos que han sido creados como serían las plantaciones, reforestaciones, 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 pudieran o no tener esos aportes, pero que su funcionamiento obedece a las complejas interacciones de un ecosistema, como serían los bosques y selvas. Y esto es muy útil para definir aspectos como manejo, administración, inversión, pero, ante todo, definir los objetivos del manejo que de ellos se pretende y consecuentemente, el valor que tiene cada uno de los individuos dentro del escenario y cual agente es un factor que afecte su línea base de mortalidad, es decir a quien debemos o no darle el término 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.** Con excepción de los organismos exóticos (y que no forman parte del ecosistema y por ende carecen de reguladores 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 calentamiento global, 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 tiene que llegar a un nuevo estado de estabilidad que quizás ya no sea tal y como lo conocemos.

## 2. ASPECTOS CONCEPTUALES

### 2.1 El papel ecológico de los descortezadores 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).

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 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 o edad o estado fenológico y por ende no afectan 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).**

El papel ecológico de los gorgojos 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 son muertos y la regeneración se reestablece siempre que no existan factores exógenos como incendios 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 que también 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 calentamiento global 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.) 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 tuvieron mortalidades inéditas, de más de 1 millón de m<sup>3</sup> en el norte y centro del país, principalmente por *Dendroctonus mexicanus*, *D. frontalis* e *Ips lecontei* (D. Cibrián, UACH, 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, 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 (Rivera Rojas et al. 2010, ICF 2015, INAB 2016).

## 2.2 Los descortezadores de pino en escenarios de plantaciones

Todo lo anteriormente explicado sobre la importancia de las interacciones existentes entre los descortezadores y sus hospederos, mismas que se han desarrollado evolutivamente, desaparecen o son fuertemente impactadas cuando el escenario forestal es una plantación sea cual sean sus fines. Y aquí usaremos el termino 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, agrosilvícolas, 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 y el sitio donde ocurrirá el plantado.

En general en las plantaciones se usan densidades de individuos muy superiores a las presentes de manera natural. Aunado a ello, las plantaciones son ambientes homogéneos, en los que se favorece el crecimiento de una, dos o tres especies (en comparación de decenas en ambientes naturales), y en donde además los individuos tienen las mismas edades y actividades culturales (como podas, aplicaciones de agroquímicos y tratamientos al suelo, entre otros). Un aspecto que hace especialmente susceptible a las plantaciones de ser impactadas por agentes bióticos es el sitio en donde crecen y este puede o no ser el óptimo para esas especies.

Esta situación en particular 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 especies relacionadas filogenéticamente a las ubicadas en las plantaciones.

Estas características de las plantaciones son totalmente 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. A ello es indispensable sumarle los agentes de estrés propios del sitio, falta de un monitoreo sanitario continuo y ahora, a nivel mundial, los efectos de un cambio climático, hace de las plantaciones sitios de alta susceptibilidad a impactos por plagas y enfermedades.

Los organismos exóticos introducidos han encontrado en las plantaciones forestales un paraíso, debido a las características que se han explicado de ellas. Y es una razón muy importante para que los países tengan sistemas de monitoreo en sus puertos de entrada y un seguimiento de medidas fitosanitarias adecuadas en el comercio internacional.

Es claro que por la estructura de una plantación y sobre todo la productividad esperada, es imposible pensar en seguir las prácticas silvícolas preventivas indicadas en la sección anterior. De hecho, la plantación como tal es una negación a ellas. Por todo esto, las plantaciones deben ser monitoreadas permanentemente y de aparecer el primer árbol atacado por descortezadores de inmediato aplicar las medidas sanitarias adecuadas y de ser posible otros métodos como tratamientos de protección con químicos y semioquímicos (**ver Sección 5**), que, aunque costosos, puedan ser económicamente rentables dado el valor de la inversión y la oportunidad y la eficiencia con que se pudieran aplicar.

### 3. DIAGNÓSTICO Y DETECCIÓN

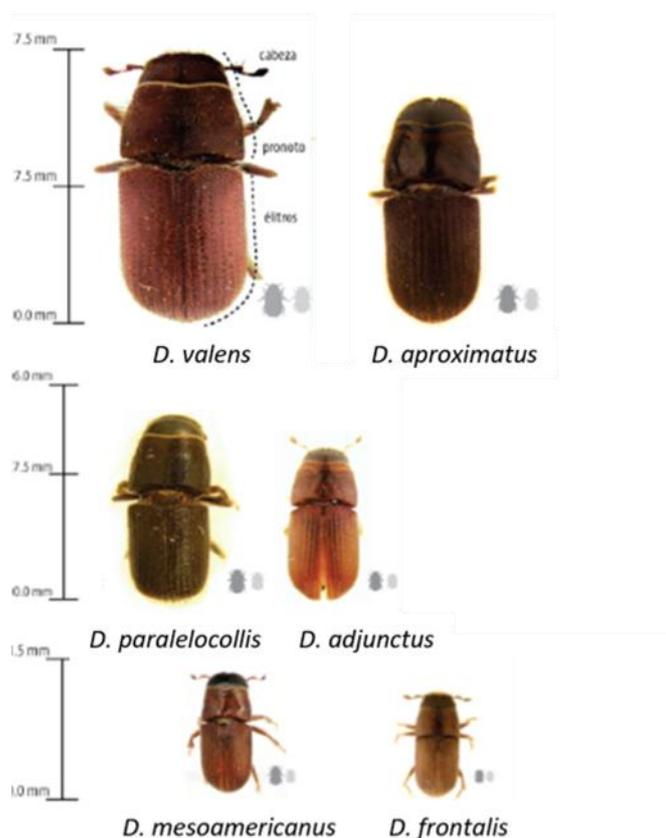
#### 3.1 Biología, ecología y comportamiento de los descortezadores de pino

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 sin número de organismos, acciones que al final hacen que se desprenda la corteza (Macías Sámano 2001b). Los principales descortezadores de pino en Honduras pertenecen a los géneros *Dendroctonus* e *Ips*.

Para el género *Dendroctonus* en Honduras se tienen reportadas seis especies (Fig. 1), *D. frontalis* Zimmermann, *D. adjunctus* Blandford, *D. mesoamericanus* Armendáriz-Toledano & Sullivan, *D. parallellocollis* Chapuis, *D. approximatus* Dietz, y *D. valens* LeConte (Armendariz-Toledano *et al.* 2018). Para el género *Ips* se tienen cinco (Fig. 2), *I. bonanseai* Hopkins, *I. apache* Lanier, *I.*

*cribricollis* (Eichhoff), *I. grandicollis* Wood, e *I. lecontei* (Clark 1974, <http://www.barkbeetles.info/index.php> consultado Julio 2020). Para la identificación taxonómica de estos descortezadores se recomienda consultar Armendáriz-Toledano *et al.* (2017) y Douglas *et al.* (2019).

Las especies *D. frontalis*, *D. adjunctus* y *D. mesoamericanus* se consideran primarias porque en general los individuos de estas especies colonizan arbolado verde y vigoroso, mientras que las otras especies de *Dendroctonus* en general colonizan árboles previamente atacados por las especies primarias. 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* 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).



**Fig. 1. Ejemplares de las seis especies de *Dendroctonus* reportadas en Honduras. Ver texto. Fotos modificadas de los originales tomados de © Armendáriz-Toledano *et al.* 2017.**

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. Esta última situación ocurre en algunas ocasiones al estar finalizando grandes infestaciones de descortezadores primarios (**ver final de esta Sección**). **Es muy importante indicar que, en el caso de Panamá, Cuba, República Dominicana, Haití y Jamaica en donde únicamente existen especies de *Ips* y no de *Dendroctonus*, el primero es el único descortezador de pino y es siempre primario en esto**

países (Garraway, 1986, Haack *et al.* 1989, López-Castilla *et al.* 2009, Jaén-Lara 2013, Billings y Espino 2018).



**Fig. 2. Especies de insectos descortezadores del género *Ips* presentes en Honduras reportados por Douglas *et al.* (2019). © Fotografías originales tomadas por S.A. Valley, Orgeon Department of Agriculture, Salem, Oregon, EUA.**

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 (Macías-Sámano y Niño 2016, Niño *et al.* 2018). Mientras que las especies de *Ips* son polígamas, los machos son quienes inician los ataques (Wood 1982) y los que producen feromonas de agregación (Macías-Sámano *et al.* 2014, Macías-Sámano 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.**

Derivado de esta forma de apareamiento (monogamia o poligamia), se derivan las formas que las galerías, las cuales son construidas y grabadas 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 en forma de “S” alargadas y **llenas de aserrín**, 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) o de “H” (cuatro hembras), **limpias de aserrín** y con galerías larvales irradiando de cada “brazo” de las parentales (Billings y Espino, 2018).

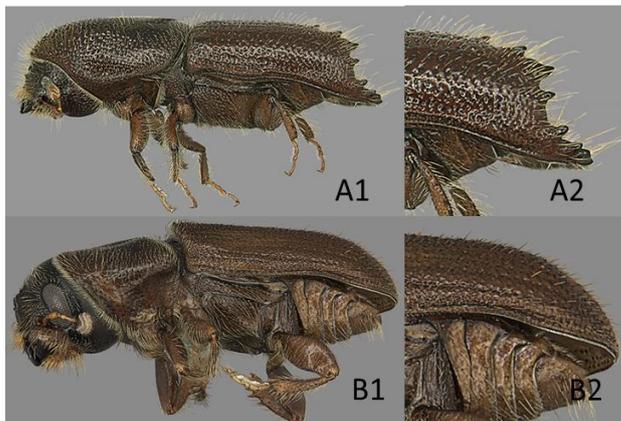
En general los descortezadores de los géneros *Dendroctonus* completan su desarrollo (huevo hasta adulto) en 6-8 semanas dependiendo de las temperaturas de verano e invierno, de tal manera que pueden tener de una (*D. adjunctus* y quizás *D. mesoamericanus*) hasta 12 generaciones (*D. frontalis* en Centro 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.

Los individuos pertenecientes a las especies de *Dendroctonus* e *Ips* son escarabajos pequeños, los adultos miden en promedio menor a 4 mm de largo, son de color café a negro y aunque sus cuerpos son muy parecidos, difieren muy aparentemente en su declive elitral (Figura 3) siendo este liso para los *Dendroctonus* y aserrado (con un numero de espinas variables) en los *Ips* (Wood

1982). Ambos escarabajos pasan por cuatro estados de vida (huevecillo, larva, pupa y adulto) (Figura 4).

Al emerger, los adultos nuevos vuelan en la búsqueda de nuevos hospederos durante todos los días del año, siempre y cuando las temperaturas excedan los 15 °C. La distancia que vuelan estos insectos varía con la estación del año y la presencia de atrayentes en la vecindad. Si no hay atrayentes presentes, 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, 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-Sámano *et al.* 2016).

La relación entre gorgojos descortezadores y sus asociados implica una comunicación química muy bien definida (ver siguiente **Sección 3.1.1**). Esto hace que la relación incluso con sus hospederos sea dinámica, compleja y depende 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.).



**Fig. 3. Ejemplares de Ips (A1) y de Dendroctonus (B1), mostrando un declive elíptico aserrado (A2) y uno liso (B2). Fotos modificadas de las originales tomadas por © Steve Valley, y J. LaBonte, Oregon Department of Agriculture.**



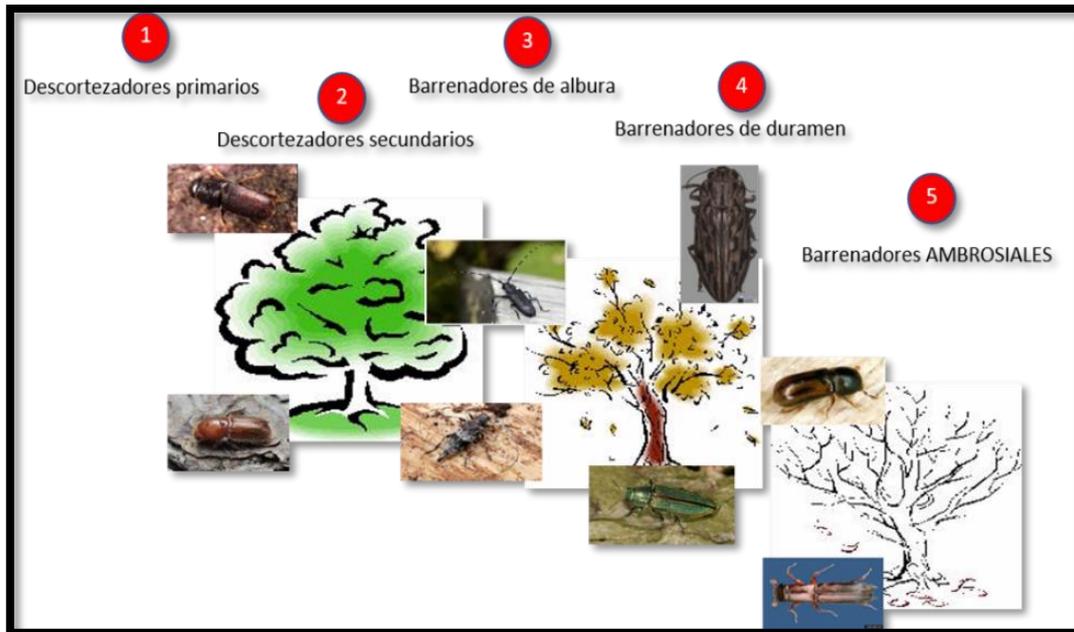
**Fig. 4. Ciclo de vida generalizado de Dendroctonus frontalis. Se muestran los estados larvales, un insecto adulto, detalles de galerías en corteza y dos secciones de cabeza-tórax ilustrando las diferencias en la frente de un macho y una hembra. Ilustración por © R. Kliefoth, Boyce Thomson Institute.**

Debido a estos factores, en una localidad determinada, existe una gran variación en el número y el 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).

Como se explicó en la **Sección 2.1**, 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 sobre maduros 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 muy esquemática (Figura 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, ambrosiales, termitas, hormigas, etc.) y finalmente solo queda la acción de hongos y bacterias que degradaran lo que queda de la madera lista para ser integrada y convertirse en suelo. Este Manual se ubica en el mero 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.



**Fig. 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).**

Con base en esta sucesión de insectos sobre los pinos atacados por *D. frontalis*, por ejemplo, no es difícil ver que cuando existe una explosión poblacional de estas especies, automáticamente existe un incremento de las poblaciones de los insectos que lo siguen en la sucesión, sobre todo de aquellos especializados como *Ips* spp que cuentan además con feromonas de agregación. Aunado a este hecho que aumenta las poblaciones de esta especie en los bosques como una consecuencia de grandes infestaciones de descortezadores primarios, ocurre que, en el caso de Honduras, se favoreció el uso del método de cortar y dejar, este método utiliza a las poblaciones de *Ips* para competir exitosamente con los adultos y la progenie de *D. frontalis* en el arbolado tirado, esta acción si bien logró su objetivo con disminuir *D. frontalis*, paralelamente impulsó las

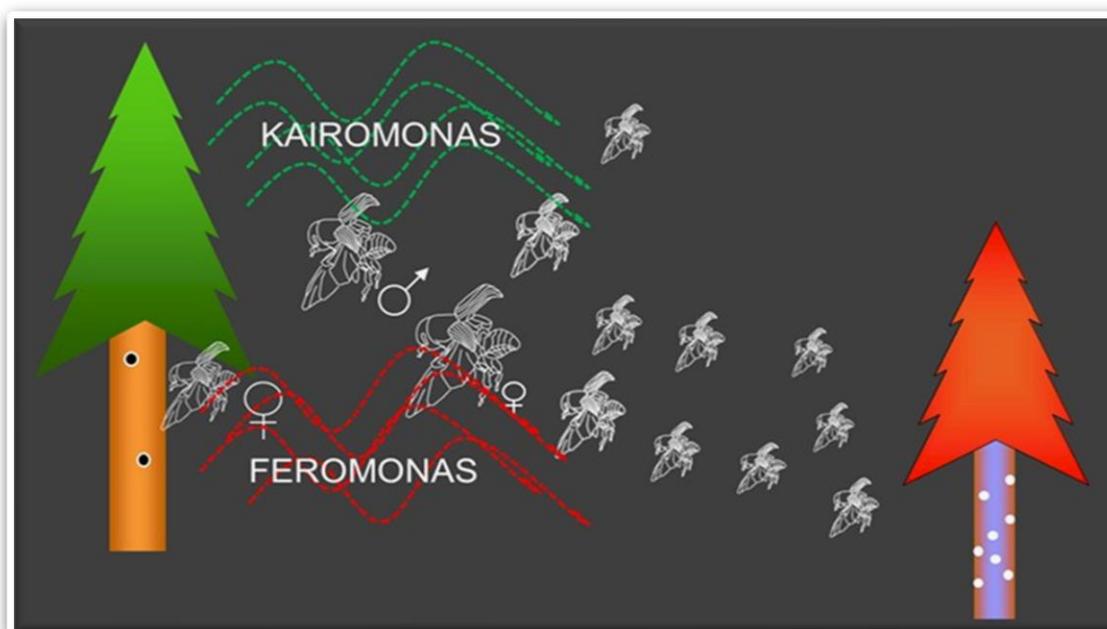
poblaciones de *Ips* spp. Pero eso no es todo, debido a que el arbolado remanente todavía está o estaba estresado y existen grandes poblaciones volando de *Ips* spp, muchos árboles fueron presa fácil del ataque mediado por sus feromonas de agregación. Estas son tres razones probables del porqué de una manera anormal se dieron mortalidades de arbolado por este insecto secundario. Sin embargo, al igual que el descortezador primario, las poblaciones del secundario tenderán a bajar por sí solas y el bosque se recuperará, si es que no existen factores ajenos al ecosistema, como serían los antropogénicos.

### 3.1.1 La comunicación química de los descortezadores y la formación de focos de infestación

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-Sámamo *et al.* 2014, Cognato 2015, Niño-Domínguez *et al.* 2016). Así mismo durante el 2018 y el 2019 en Honduras se establecieron trampeos con feromonas comerciales para *D. frontalis* y tanto individuos de esta especie como de *D. mesoamericanus* fueron capturados (Yensi Yanez, ICF, com. pers.) lo que muy posiblemente indica que los resultados obtenidos en el sur de México son aplicables en Honduras.

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-Sámamo y Zúñiga 2020, Macías-Sámamo *et al.* 2014, 2016).

En los descortezadores de pino, la comunicación entre los miembros de la misma especie está basada principalmente en señales olorosas producidas por cada individuo (feromonas) o producidas por el hospedero (caiomonas), 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 cairomonas liberadas por los árboles mismos – al ser heridos por efecto de la barrenación de cada insecto en los mismos – atrae insectos co-específicos (de la misma especie) que vuelan en la vecindad del árbol bajo ataque (Figura 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 reunión y atracción.

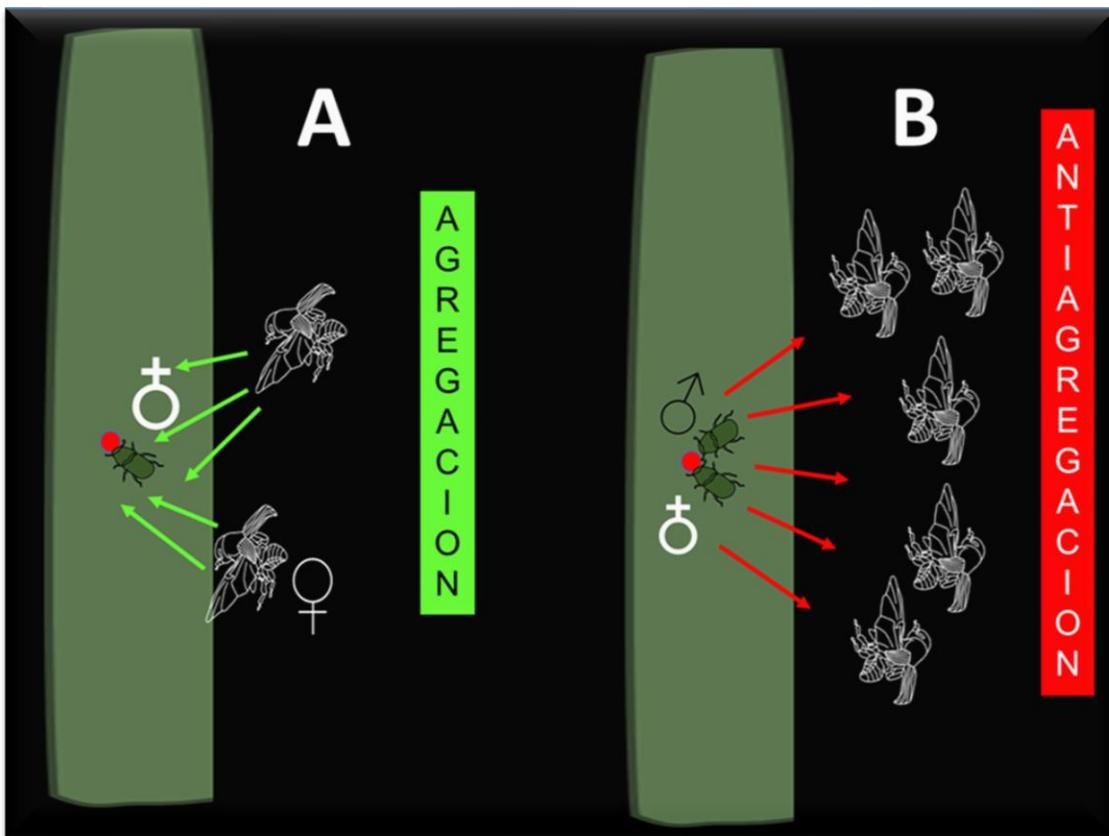


**Fig. 6. Colonización de un nuevo hospedero por un gorgojo descortezador del pino, mediante la atracción sinérgica de feromonas y kairomonas. Tomado de © Macías Sámano y Niño Domínguez (2016).**

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 2001, Macías-Sámano *et al.* 2016, Macías-Sámano y Niño-Domínguez 2016).

Una hembra (en el caso de las especies de *Dendroctonus*) o un macho pionero (en el caso de las especies de *Ips*) son atraídos a los pinos exclusivamente 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 la hembra (*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-Sámano y Niño-Domínguez 2016, Niño-Domínguez *et al.* 2016). Estos compuestos en combinación con los olores del pino (eminentemente el monoterpeno  $\alpha$ -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 (Figura 7A) (Macías-Sámano 2001, Macías-Sámano *et al.* 2016, Macías-Sámano 2020a).

Al arribar los machos (*Dendroctonus*) o hembras (*Ips*) atraídos por los individuos pioneros y ocurre el apareamiento, 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 (Figura 7B).



**Fig. 7 Inicio de la colonización (A) (agregación) por descortezadores de un árbol y finalización de esta (B) (antiagregación). Tomado de © Macías Sámano y Niño Domínguez (2016).**

Estas feromonas repelentes producidos por los mismos descortezadores sirven para regular la densidad de ataques en cada árbol y previenen la competencia entre la progenie que se desarrolla bajo la corteza (Macías-Sámano 2001, Macías-Sámano *et al.* 2016). Luego entonces, estos insectos que son “repelidos” se van a arboles contiguos y si están disponibles los comienzan a colonizar, reiniciando de esta manera un ciclo de colonización. De esta manera y si las condiciones de susceptibilidad de hospederos y el número de descortezadores es suficiente el foco de infestación va creciendo a más y más árboles.

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 si comienza a cambiar. En primera instancia los olores

a “pino” (principalmente los conformados por compuestos como el  $\alpha$ -pineno) se han reducido fuertemente y los niveles de alcohol (como resultado del comienzo del deterioro del árbol mismo) se van elevando.

Por ello comienza 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 y barrenadores de madera, y ya no más individuos de *D. frontalis* arribaran a él (Macías-Sámano *et al.* 2016, Macías Sámano y Zúñiga 2020). 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 rápidamente 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.

### 3.2 Síntomas de los árboles colonizados por los descortezadores

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 árbol y hasta el momento no se sabe si los árboles atacados por esta especie generan distintas coloraciones de follaje al ir muriendo y esto debido a que 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 esta especie en Centroamérica pero nada sobre su biología (Armendáriz-Toledano *et al.* 2017). La sintomatología presentada por los árboles colonizados por *Ips* es muy similar a la expuesta para *Dendroctonus* mencionados, se recomienda ver las diferencias en la siguiente sección.

#### 3.2.1 Ataques iniciales / grumos de resina

Para entrar, cada hembra de las especies primarias de *Dendroctonus* o de *Ips* barrenan la corteza y directamente rompen y dañan tejido vivo (de conducción y resinoso) por lo que el árbol produce resina y genera una respuesta de resistencia localizada para detener la intrusión del insecto y sus microorganismos asociados (Macías-Sámano 2001). La producción de grumos de resina (Figura 8) es el síntoma principal del inicio de la colonización del árbol por estos insectos. Al principio la resina es transparente, pero al irse oxidando 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 y luego las larvales (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, se inicia un reclutamiento de coespecíficos (de la misma especie) sobre ese árbol. Si esto ocurre cuando estas especies de *Ips* atacan de manera primaria



**Figura 8.** Fuste de *Pinus oocarpa* con tubos de resina indicando que el gorgojo descortezador *D. frontalis* ha entrado y se ha establecido exitosamente debajo de la corteza del árbol. Foto tomada por R. Billings, Texas Forest Service.

(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*, y 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 y seco saliendo de los orificios de ataque.

En el caso de *D. adjunctus* es muy común encontrar árboles con grumos amarillos y secos, que indican ataques no exitosos del descortezador sobre esos individuos en particular. Y esto quizás se debió a que como tiene un ciclo de vida largo toma tiempo generarse números altos para concertar un ataque en los árboles individuales (Cibrián Tovar *et al.* 1995 y observaciones personales).

Aquí definimos el **termino brote** como un **grupo de árboles que son atacados de manera concertada por insectos que fueron atraídos al área por los semioquímicos** (ver siguiente sección) **liberados por al menos un árbol que está siendo atacado exitosamente por ellos, y el cual libera tanto compuestos de los insectos entrantes como por él mismo al ser herido durante los ataques.**

### 3.2.2 Cambio de color del follaje de los árboles colonizados

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 2001).

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 de color en su follaje (Figura 9), 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 marzo) cuando los árboles presentan cierto estrés hídrico por las altas temperaturas. En primavera y otoño es cuando las poblaciones de insectos se dispersan a

grandes distancias para iniciar la mayoría de los brotes nuevos, mientras que durante el verano e invierno se mantienen cercanas expandiendo los brotes ya establecidos.



**Fig. 9. Composición sobre una fotografía aérea sobre la cual se delinearon las tres distintas fases de coloración que presentan los árboles de pino atacados por el descortezador *D. frontalis*. Tomada de © Macías Sámano et al. 2016).**

Como se comentó desde el inicio de este capítulo, en varios países de 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 lo que a **continuación se describe en cuanto a las fases de ataque, aplica para las especies de *Dendroctonus* aquí tratadas y para las de *Ips* cuando se comportan como primarias.**

### 3.2.3 Fases de ataque

Esta sección del manual se tomó directamente de la “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 elaborada por Macías-Sámano et al. (2016).

En brotes en expansión que abarcan varios árboles (Figura 9) se pueden observar las tres distintas fases de coloración de los árboles atacados. Mas esto puede variar según las condiciones silviculturales y climatológicas.

**Fase 1.** Se denomina **Fase 1** al grupo de árboles con grumos frescos de resina indicando un pino 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 donde está volando la población del insecto adulto.

Algo muy importante de 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 (Figura 8). La corteza está bien pegada al fuste, siendo difícil de sacar muestras con hacha o machete (Fig. 11, Fase 1). 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. De otra manera, si se revisara el floema de sitios (en el mismo árbol) en donde no se observan grumos, los tejidos son blancos, sin galerías de insectos y parecieran sanos (Figura 9, Fase 1) (Macías-Sámano *et al.* 2016, Billings y Espino 2018).

**Fase 2.** Ubicada inmediatamente adyacente al frente de avance y de los árboles en **Fase 1** se encuentran la **Fase 2**. Esta está constituida por arbolado con follaje amarillento o verde limón (Fig. 9, Fase 2) en donde ya hay un desarrollo de larvas, pupas o adultos nuevos, pero todavía **no hay orificios de salida (emergencia)** que son por donde sale la generación de insectos criados dentro del árbol. La ausencia de esos orificios indica que la población todavía está dentro. 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 Fase 1. **Existen casos en que el cambio de color a rojo es tan rápido que todavía se encuentran todas las fases de desarrollo del insecto y solo hay algunos orificios de emergencia o incluso no los hay por completo.**



**Figura 10.** Orificios de salida practicados por los gorgojos descortezadores emergiendo para dispersarse en búsqueda de nuevos arboles y reproducirse en ellos. Foto tomada por Jorge Macías.

Si se toman muestras de corteza de estos árboles, se encontrarán galerías en forma de “S” o/y “Y” o “H” (según sea el caso) 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 (Figura 11, Fase 2). 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 fase (Fig. 11, Fase 2) (Macías -Sámano *et al.* 2016, Billings y Espino 2018).

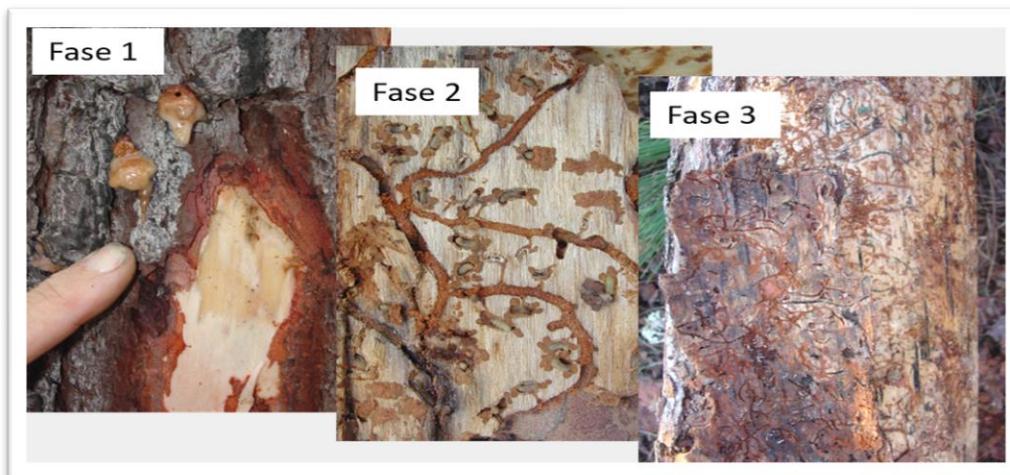
**Fase 3.** Son los árboles con follaje rojo, marrón o sin follaje y la copa se ve gris (Figura 9, Fase 3) y que presentan gran cantidad de orificios de salida (emergencia) (Figura 10) y su corteza se desprende con facilidad. En ellos, debajo de su corteza, prácticamente ya no hay individuos de adultos de las especies atacantes primarias (por ello los orificios de emergencia) quienes han salido a colonizar nuevos individuos. Sin embargo, si se encuentran numerosos adultos y larvas de muchos otros insectos asociados con los primeros (Fig. 12, Fase 3).

Particularmente los estadios de descortezadores secundarios son fáciles de confundir con los primarios. Los brotes que contienen árboles solamente en esta Fase 3, se denominan **brotes inactivos**. Este término se da porque estos árboles **ya no producen atrayentes de los descortezadores primarios**. Como parte de la **Fase 3** muchas veces se encuentran árboles ya sin follaje (árboles grises) que presentan mucha de su corteza desprendida y que fueron los que generaron las poblaciones de insectos que crearon el brote presente.

Existen ocasiones en donde no es tan clara la diferencia de las tres fases y como se indicó anteriormente, son más fáciles de observar durante el verano. A veces, se encuentran características de dos o más fases en el mismo árbol indicando que los insectos atacaron distintas zonas del árbol a diferentes tiempos. Esta condición es más común en el invierno (Macías-Sámamo *et al.* 2016, Billings y Espino 2018).

De manera general y comparativa con *D. frontalis*, los grupos de árboles atacados por *D. adjunctus* son muy pequeños e incluso los árboles están dispersos y su grado de avance es mucho menor al tener casi siempre una generación al año, de igual manera toma más tiempo para los árboles atacados el cambiar de color su follaje (Cibrián Tovar *et al.* 1995 y observaciones personales), más esto último se desconoce para Honduras.

Resumiendo, es indispensable que se realicen inspecciones terrestres 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 y los tejidos debajo de ellas debido a los distintos grados de desarrollo del insecto (Figuras 9 y 11, fases 1,2 y 3 en ambas) (ver Billings *et al.* 1990, Macías-Sámamo *et al.* 2016). Las detecciones aéreas (ver siguiente sección), si bien pueden cubrir superficies amplias en muy corto tiempo, no pueden detectar directamente los frentes de avance o pinos en **Fase 1**, por ser arbolado con follaje verde, aparentemente sano. Así mismos 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).



**Fig. 11. Comparación del estado de las cortezas de árboles provenientes de las Fase 1, Fase 2 y Fase 3 que se pueden diferenciar como una secuencia de desarrollo de un brote de gorgojo descortezador de los pinos. Ver explicación en el texto (tomado de © Macías-Sámamo *et al.* 2016).**

#### 4. DETECCIÓN, MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE FOCOS DE INFESTACIÓN

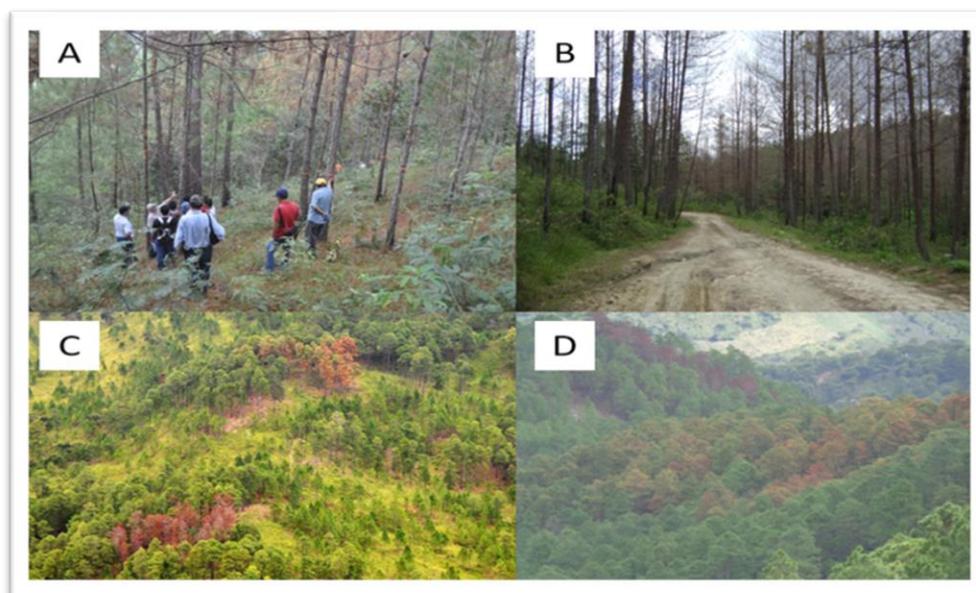
Monitorear, es observar, detectar, medir o evaluar algo o algún proceso en el tiempo y estas actividades se realizan de una manera sistemática. El monitoreo de la población de los descortezadores es un procedimiento primordial en el manejo de estos insectos, ya que con él se puede inferir su presencia, su abundancia poblacional y basados en estos parámetros, de ser

necesario, se pueden optimizar tiempos y recursos para su control (Macías Sámano y Niño Domínguez 2016). La evaluación en este contexto es simplemente el medir de alguna manera, en tiempo y espacio, los signos y síntomas presentados por el arbolado atacado, es decir la formación de brotes.

El valor de la información derivada del monitoreo es útil únicamente cuando esta actividad es periódica y constante, y adquiere otra dimensión mayor cuando se hacen comparaciones de los datos históricos de las tendencias numéricas de los insectos atrapados. 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 en problemas de sanidad forestal (Macías-Sámano y Niño-Domínguez 2016).

#### 4.1 Recorridos terrestres

Sin duda este es el método usado más frecuentemente. Al tiempo que se hacen otras actividades en el bosque, es fácil detectar grupos de árboles afectados por los gorgojos ya que es muy evidente el cambio de coloración de sus copas (árboles con follaje verde, con follaje amarillo y con follaje rojo) (Figura 12) y la presencia de grumos sobre la corteza (Billings *et al.* 1990). Y 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, un dron o un satélite.



**Fig. 12. Distintos aspectos del desarrollo de brotes del gorgojo. A, inspección terrestre de un brote activo y B, de uno inactivo, ambos en Gualaco, Honduras. C y D, vistas aéreas de brotes inactivos (a la izquierda en ambas fotos) y activos (a la derecha en ambas fotos), en Guaimaca y en Valle de Ángeles, Honduras, respectivamente (2015) (tomado de © Macías-Sámano et al. 2016).**

Una vez definido que en realidad la muerte es debida al gorgojo, **además de georreferenciar el sitio y tomar una muestra del insecto para confirmar su identificación taxonómica, es indispensable evaluar 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 que 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 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. Adyacentes a ellos están los de copas amarillas y después los de copas rojas e incluso, si el brote está en expansión, arboles 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 para definir la actividad de estos.
- **Un brote activo tiene siempre árboles verdes atacados y con gorgojos desarrollándose debajo de su corteza.**
- **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 (Fase 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 Fase 2) y que en poco tiempo saldrán de los árboles a colonizar nuevos hospederos (Macías-Sámamo *et al.* 2016, Billings y Espino 2018).
- Aunque la siguiente recomendación puede depender de la especie atacante de gorgojo, la especie de pino y la época del año, de una manera general y razonablemente real, es **hacer un conteo del número de árboles amarillos y el de árboles verdes atacados para saber qué tan “virulento” es el brote.** A mayor número de árboles con follaje verde comparativamente con los de follaje amarillo, es un indicativo de que el brote esta posiblemente en plena erupción. Por el contrario, si los de follaje amarillo son proporcionalmente más, el brote no lo está.
- 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 de ser confirmado en cada localidad**, con la finalidad de que las detecciones terrestres ocurran en ese tiempo y que las actividades sean más eficaces sobre todo si es necesario realizar un control.

## 4.2 Uso de trampas cebadas con feromonas

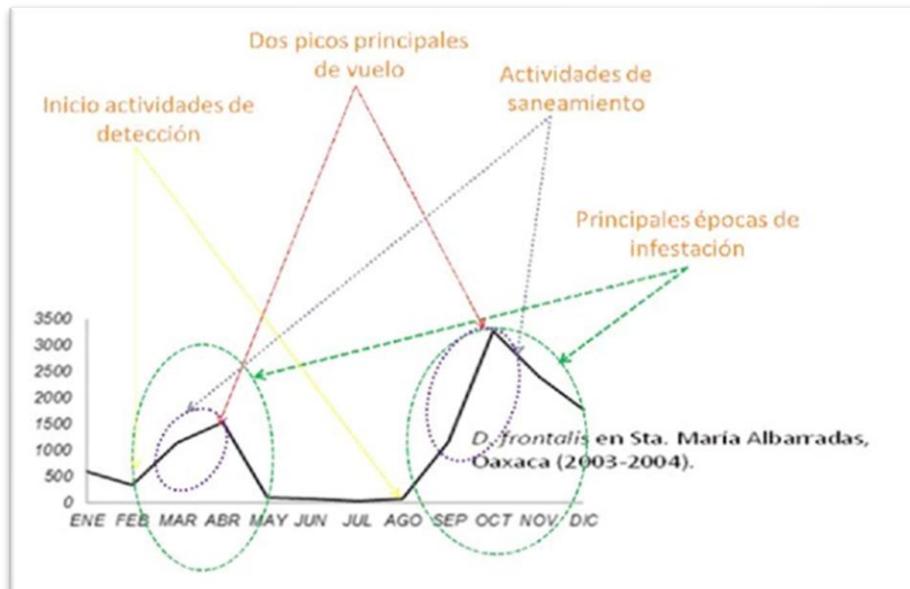
El monitoreo se basa en el uso de trampas cebadas con semioquímicos o atrayentes comerciales, los cuales se colocan sistemáticamente en el bosque durante un ciclo anual y/o si se conocen, durante los periodos de vuelo de estos. Por lo anterior es importante remarcar que el monitoreo es únicamente un tipo de muestreo y como tal, su capacidad, precisión y eficiencia depende de

los recursos con que se cuentan para realizar tantas réplicas, en tiempo y espacio, como se puedan del mismo (Macías-Sámamo 2020b).

Con base en trampeos 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 secas en el verano(marzo-junio) y el otro entre agosto y noviembre. Este tipo de conteos es muy útil porque permite definir regionalmente 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 (Figura 13) (Macías Sámamo y Niño Domínguez 2016).

Aunque se puede generalizar que los principales periodos de dispersión de estos insectos son en la primavera y verano, variaciones de este patrón general, ocurren de manera local de acuerdo, entre otras cosas, a la especie de gorgojo, al tipo de año (“seco” o “húmedo”), diferencias altitudinales, número de generaciones anuales, y al traslape de las mismas. Por ello la información obtenida del uso local y anual de trampas cebadas no únicamente permite que las 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 colonizar arbolado.

El número de insectos atrapados es un reflejo relativo de la población 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, pero ver Macías-Sámamo et al. 2014), reflejan de una manera relativa el tamaño de sus poblaciones (Macías-Sámamo 2020b).



**Fig. 13. Información generada durante el uso de monitoreo de *D. frontalis* mediante trampas cebadas durante un año en una localidad de México. Tomada de © Macias Sámamo y Niño Domínguez 2016)**

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 registro 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 recalcar la importancia de la obtención periódica anual de este tipo de datos (número de insectos atrapados y número de brotes) para la construcción de récords 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 (Macías-Sámano 2020b).

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 en Honduras *expofeso* (Macías-Sámano y Niño-Domínguez 2016).

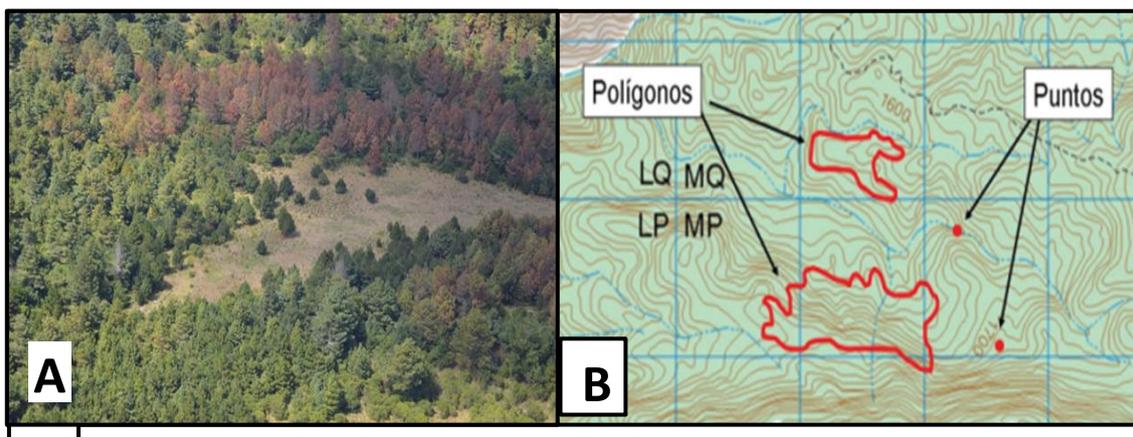
Dicho monitoreo puede tener al menos uno de los dos siguientes propósitos, los cuales son utilizados de manera regular y han sido previamente probados en México y parcialmente en Centroamérica:

- 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) de las especies de descortezadores objetivo y de sus depredadores.

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 haber **trampas control** en las que no existan el o los atrayentes que se desean probar.

### 4.3 Mapeo aéreo

El mapeo aéreo usa una aeronave (una avioneta es operativa y económicamente mejor que un helicóptero) y cartografía digital de la vegetación y uso del suelo (Fig. 14). En vuelo, sobre la cartografía digital se dibujan polígonos que ubican la situación y extensión de los focos de infestación del gorgojo, clasificándolos de acuerdo con si están inactivos o en expansión. La precisión de estos datos es 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 (Billings *et al.* 1996, Plascencia-Gonzalez y Magallón-Morineau 2020).



**Fig. 14. Información generada durante el monitoreo mediante el uso de la técnica del mapeo aéreo de infestaciones del gorgojo descortezador. La información vista desde el vuelo (A), se transfiere a mapas en papel (B) o digitalizados. Foto aérea tomada por © Paulo Ortiz y mapa del Texas Forest Service.**

#### 4.4 Uso de sensores remotos

Además de los factores a nivel de árbol o de rodal, también es importante entender como las poblaciones de insectos interactúan con sus alrededores a nivel paisaje, así como a escala regional climática. Para poder analizar esos procesos a escala paisaje se requieren de datos con determinadas características como son:

- Espacialmente explícitos
- Que cubran superficies geográficas grandes,
- Que provean con una resolución temporal que cuadran con los ciclos de vida de los insectos de interés, y
- Que **permiten una evaluación en series de tiempo largas para capturar fluctuaciones naturales a largo plazo que son inherentes a la dinámica de los insectos.**

El uso de sensores remotos llena todas estas características y son **herramientas poderosas para estudiar las infestaciones** a gran escala de insectos a niveles finos de espacio y tiempo. El Landsat es en la actualidad el sensor más usado para mapear disturbios por descortezadores, y provee con observaciones continuas a lo largo de varios años, que a su vez permite el monitoreo de infestaciones de descortezadores cuya duración llega a ser de varios años (Senfa *et al.* 2017 y referencias ahí citadas).

Solo unos comentarios de esta tecnología en términos de su uso para un país como Honduras. Es clara la utilidad de esta, pero también están bien acotadas las características en las que son útiles y resalta la **necesidad de series de tiempo largas para capturar fluctuaciones naturales a largo plazo que son inherentes a la dinámica de los insectos**, es decir se requieren datos de esos cambios en la vegetación y en el impacto de los insectos durante decenas de años y esta información no existe en el país. Por último, solo hay que comentar que el uso de esta tecnología es **con fines de estudio y análisis** no con un objetivo operativo de salud y sanidad forestal.

Prueba de esto último es respaldado por la manera que países como Canadá toma esta tecnología y que puntualiza que la detección es de daños y cambios en la coloración del follaje y que para el caso de descortezadores ese daño se logra ver (aun con sensores remotos) hasta

que el insecto ya está establecido y la muerte del árbol es eminente; **la tecnología es incapaz de detectar árboles recientemente atacados**. Canadá cuenta con superficies de bosque mucho mayores que las de Honduras y aún está en proceso de valorar la factibilidad de uso operativo de las imágenes de satélite (con el uso de bandas y los espectros), incluso ellos hacen énfasis que esta tecnología debe incorporar el conocimiento de **las interacciones insecto-hospedero y como los daños producidos por ellos se traducen en señales para que los sensores las detecten** (Hall *et al.* 2016).

Canadá genera mapas a nivel paisaje, pero usan de manera común las evaluaciones basadas en información obtenida de sobrevuelos (mapeo aéreo) optimizado a épocas específicas del año y con base en recorridos terrestres (Hall *et al.* 2016, Shore *et al.* 2010).

## 5. CONTROL Y MANEJO DE DESCORTEZADORES

En esta sección del manual comenzaremos por discutir los términos control, manejo y un sistema de alerta temprana y posteriormente en las distintas subsecciones de este, iremos detallando diversos métodos de control. La diferencia entre manejo y control radica en que un manejo implica el uso de estrategias y tácticas y el control es simplemente el método o el medio por el cual el insecto será directamente aniquilado y/o eliminado.

### 5.1 Métodos de control

A continuación, de una manera muy breve se describen los principales métodos definidos y autorizados para ser usados en Honduras (ICF 2020) para aniquilar a los insectos descortezadores. A manera de referencia se recomienda también revisar la forma que México por medio de la CONAFOR (2007) divide los métodos de control para descortezadores de coníferas y la diversidad de combinación que de ellos hacen permitiendo gran flexibilidad de control de acuerdo a las diversas situaciones en el campo y en los estados de desarrollo en que se encuentren los insectos en el momento que está ocurriendo el control.

El personal encargado de la aplicación de los tratamientos descritos deberá contar con el equipo de protección adecuado, el cual consiste en casco, mascarilla con filtro, guantes, anteojos (goggles), overol y botas. Los métodos descritos a continuación se pueden usar en combinación, en función del tamaño del área infestada y la accesibilidad a la misma.

#### 5.1.1 Cortar y Dejar

Derribo selectivo del arbolado afectado (según la fase de ataque). Este método ha sido practicado con éxito en Honduras y Nicaragua y existe un manual exprofeso generado en mismo Honduras desarrollado por Macías Sámano y colaboradores en el 2016.

#### 5.1.2 Cortar y Aprovechar

Corta de los aboles infestados, seguido de una aplicación de insecticidas registrados y autorizados en el país. Los árboles infestados a aprovechar podrán ser transportados hasta que hayan sido tratados.

Acciones: 1) Derribo y troceo **únicamente de las Fases I y II** del arbolado afectado por insectos descortezadores; 2) aplicación de productos plaguicidas con registro de uso forestal o de productos recomendados por ICF para tratamientos fitosanitarios específicos. La aplicación se

realizará mediante aspersiones a punto de goteo sobre las trozas y ramas. Los productos tratados no podrán ser removidos del lugar donde fueron asperjados, antes de 10 días naturales, a fin de evitar que el producto plaguicida sea eliminado de las trozas en el arrastre de los productos maderables aprovechables. Control de desperdicios, las ramas y puntas deberán picarse o quemarse o apilarse en áreas descubiertas de arbolado.

### 5.1.3 Cortar, apilar y quemar

Acciones.

1. Derribo y troceo del arbolado afectado en las Fases I y II;
2. Descortezado de las trozas, tocones y ramas con evidencias de daño;
3. Apilamiento y quema total de la corteza y, en su caso, de ramas y fustes de diámetros pequeños con evidencias de daño que sean difíciles de descortezar.

La quema deberá realizarse de conformidad con las disposiciones previstas en la Ley Forestal. En caso de que este método se aplique a descortezadores que solo tengan una generación al año, como sería *D. adjunctus*, una vez que los troncos son descortezados, la corteza se puede dejar sin quemar pues los estados larvales no resisten esas condiciones.

## 5.2 Manejo y Prevención

Como se ha indicado en la **Sección 2.1** al ser los descortezadores un elemento importante en la dinámica de los bosques de pino, el manejo y la prevención (de poblaciones grandes) de estos insectos se logra - por medio de manejo silvícola – llevándolo a una condición tal de densidad, estructura de edades y especies, entre otras que evita la formación de poblaciones epidémicas y mantiene condiciones de vigor adecuadas del arbolado.

Condiciones silvícolas que todavía están por ser definidas para las especies de pino y sus descortezadores en Honduras. Se recomienda revisar la revisión hecha por Sánchez-Martínez (2020) donde trata estos temas.

Las estrategias que a continuación se describen son la base del manejo de *Dendroctonus ponderosae* en Canadá y que se fundamentan en el conocimiento científico existente de las interacciones de esa especie de descortezador con el bosque en donde habita (Safranyik y Wilson 2006). Este manejo del bosque permite que por un lado se generen poblaciones bajas de los insectos y por otro promueve la formación de masas vigorosas de árboles, lo que en conjunto conllevan a prevenir impactos mayores de estos insectos de una manera regular, es decir bajo condiciones normales, comparadas con las que se presentan ahora bajo un régimen de cambio climático y en donde existe un estrés generalizado que abarca tanto a los bosques manejados como los no manejado y que por lo mismo promueve cambios importantes en los ciclos de vida del insecto y en sus números poblacionales (Bleiker et al. 2011, Bentz et al. 2014), como se indicó en la Sección 2.1 de este Manual.

El manejo de descortezadores puede usar seis diferentes estrategias: 1) La prevención (a largo plazo), 2) La supresión del insecto (eliminación total), 3) Mantener las poblaciones bajas del insecto, 4) Detener el avance de este, 5) Salvamento de la madera muerta y 6) No hacer nada, no controlar. Las estrategias deben ser previstas desde el inicio y ser una parte integral de la planeación del desarrollo forestal de un sitio o región. Ahora bien, cada estrategia puede tener tácticas, es decir, procedimientos específicos para lograr esa estrategia. Por ejemplo, la

estrategia de prevención pudiera incluir: la evaluación de riesgos y peligros de los rodales de pino; una prospección aérea anual; planeación y desarrollo de accesos a escorrentías que presentan riesgos y peligros altos o moderados; tratamientos silvícolas (espaciado o aclareo, conversión de especies/mosaico, creación de mosaicos de edades); extracción de árboles verdes atacados; captura de datos en un sistema GIS (Maclauchlan y Brooks, 1988).

### 5.2.1 Sistemas de alerta temprana

Los Sistemas de Alerta Temprana conocidos como SAT, son un conjunto de procedimientos e instrumentos, a través de los cuales se monitorea una amenaza o evento adverso (natural o antrópico) de carácter previsible y se recolectan y procesan datos e información, obteniendo pronósticos o predicciones temporales de su acción y posibles efectos (Matveeva 2006 en Placencia González 2020a), en el caso de este Manual esa amenaza son los descortezadores. Para el caso del manejo de los descortezadores de pino, es una **forma de organizar** a grupos diversos de personas bajo el mando de una autoridad, con el fin de **hacer frente a una situación de emergencia**, en este caso infestaciones por descortezadores.

La autoridad cuenta con datos y procedimientos que indican **de manera temprana** (antes de que se vuelva un problema grande) que las infestaciones por gorgojo han **llegado a niveles que requieren atención inmediata** y que cuenta con la normativa y los métodos de control para **solucionar el problema** de manera óptima y con un costo/beneficio alto.

El aspecto de organización de un SAT se maneja con base en un incidente mediante lo que se conoce como un Sistema de Comando de Incidencias (SCI). Este es un sistema de gestión estandarizado a nivel internacional, diseñado para permitir el eficiente manejo de incidentes como huracanes, inundaciones, contingencias fitosanitarias, etc. Y está integrado por una combinación de instituciones, instalaciones, equipos, personal, procedimientos y comunicaciones que operan dentro de una estructura organizacional común (USAID/OFDA/LAC 2012 en Placencia González 2020b), para el caso de Honduras serían los distintos miembros que tiene el CONAPROFOR, así como Sanidad Vegetal y la Secretaria de Finanzas.

Por lo tanto, un SAT es una herramienta de manejo que permite echar a andar una organización y recursos para atender las infestaciones de descortezadores que se sabe han pasado un umbral de daño y que deben ser tratados de manera emergente para evitar o prevenir daños mayores.

### 5.2.2 Uso de semioquímicos para el manejo de descortezadores

Es muy importante indicar que el uso más importante de los semioquímicos dentro del manejo de plagas forestales está en el monitoreo de poblaciones de insectos nativos y exóticos (ver capítulo 9.4 de esta obra). Sin embargo, dado su inherente poder de manipular el comportamiento de los insectos, estos compuestos son utilizados de manera estratégica para conducir parte de sus poblaciones a sitios donde sean controlados de manera más fácil o bien a que su impacto se diluya al desorientarlos en la búsqueda de hospederos adecuados y/o al disminuir su capacidad de reproducción mediante la desorientación en la búsqueda de pareja (Borden 1994).

Por lo anterior se debe entender que el éxito del uso de semioquímicos en el control, más propiamente en el manejo de insectos forestales, depende del grado de conocimiento que se tenga de la biología y ecología de las especies de insectos objetivo y de la de sus hospederos. Por otra parte, el uso de semioquímicos es totalmente amigable con el ambiente, pues son compuestos presentes en la naturaleza, se aplican en dosis de microgramos y mediante formas

de liberación tales que, en la mayoría de las veces, es fácil de recobrar los dispositivos que las liberan. Y estas son las bases para que países como Canadá (PMRA, Pest Management Registration Agency) y Estados Unidos (EPA, Environmental Protection Agency), no requieran registro como agentes de control y monitoreo (com. personal, Dave Wakarchuk, Synergy Semiochemicals Inc., Canadá) (Macías Sámano 2020d). **Para el caso de Latinoamérica y debido a que todos estos compuestos son de importación y su costo es alto, quizás el escenario que ofrece una mejor relación costo-beneficio, serían las plantaciones comerciales y el arbolado urbano.**

En la actualidad se conocen las siguientes estrategias y tácticas en que estos compuestos, solos o en trampas, han sido utilizados con éxito en manejo de insectos forestales (Macías-Sámano 2020c).

### **Estrategia 1. Alejar o repeler poblaciones de descortezadores de las áreas a proteger**

**Verbenona.** La verbenona es un semioquímico bien conocido y se ha identificado que es producido por varios descortezadores del género *Dendroctonus*, incluidos *D. adjunctus* y *D. frontalis*; es considerada como un compuesto que puede disminuir la velocidad de avance de un brote e incluso detenerlo (Strom y Clark 2011); sin embargo, no siempre resulta así (Fettig *et al.* 2012). Sin excepción, el uso de repelentes o antiagregantes siempre implica que los organismos repelidos van hacia otras partes y en el mejor de los casos mueren de cansancio, o bien colonizan o se aparean en otros sitios.

Aunque no publicadas, existen varias experiencias en Canadá (com. personal, D. Wakarchuk y Jorge Macías, Synergy Semiochemicals Corp., no publicado) y Estados Unidos (com. personal, S. Kegley y Ken Gibson, USFS Idaho, no publicado) donde el uso de verbenona, en bolsas, o junto con volátiles de hojas verdes (GLV's, ver siguiente párrafo) han funcionado bastante bien para proteger árboles individuales de pino del ataque de *D. ponderosae* en poblaciones epidémicas. Aunque estos compuestos en México son de importación y no registrados, por su bajo costo, sería interesante intentar investigar formalmente la repulsión de las especies de *Dendroctonus* existentes en México.

**Volátiles verdes de las hojas** (Green Leaf volatiles, GLVs, por sus siglas en inglés). Los GLVs son alcoholes, aldehídos y ésteres derivados, comunes como olores de plantas verdes y son especialmente abundantes en arbustos y árboles deciduos (Visser *et al.* 1979). Estos compuestos junto con algunos mono- y sesquiterpenos, el jasmonato de metilo y el salicilato de etilo, son emitidos por plantas bajo estrés (Dicke y Baldwin 2010, Copolovici *et al.* 2011) y por ello son semioquímicos importantes para detectar hospederos susceptibles a ser colonizados o de los cuales los insectos puedan alimentarse.

Los GLVs son efectivos para disminuir la atracción positiva a trampas cebadas con feromonas de agregación de las especies *D. frontalis* y *D. ponderosae* Hopkins y algunas especies de *Ips* spp (Dickens *et al.* 1992, Borden *et al.* 1998, Huber y Borden 2003), a las cuales se han adicionado los GLVs. De manera por demás interesante, pero opuesta, estos compuestos aumentan la atracción de las feromonas de agregación de los sistemas de descortezadores y barrenadores que colonizan latifoliadas; como serían los casos de *Scolytus multistriatus* Marsham y *Agrilus planipennis* Fairmaire (Dickens *et al.* 1990, Jackson *et al.* 2011, Ryall *et al.* 2015), quienes viven en olmos o fresnos, respectivamente. Como se explicó anteriormente, existen experiencias exitosas de protección de árboles individuales de pino contra descortezadores, donde a los individuos se les colocan dos cebos que liberan GLVs durante el ataque de altas poblaciones.

## **Estrategia 2. Concentración de insectos descortezadores**

**Concentración y contención.** Esta es sin duda una de las tácticas combinadas más exitosas contra descortezadores, pues permite concentrar y contener el avance de focos de infestación, seguido de la remoción del arbolado o la inducción de muerte de los insectos sea con insecticidas o con algún tratamiento mecánico. El principio es sencillo. En áreas donde se hace manejo y extracción de madera, el arbolado preseleccionado a ser removido es cebado con feromonas de agregación y extraído posteriormente una vez que son atacados por los insectos. Los árboles son procesados industrialmente (seccionados y descortezados) y, con ello, los insectos son eliminados (Borden 1993 en Macías-Sámano 2020d).

**Atracción y aniquilación.** Esta táctica utiliza trampas cebadas con feromonas y/o atrayentes; en los dispositivos colectores de los insectos se añade un insecticida. Se ha empleado con éxito para *D. ponderosae* en lugares remotos, en esta técnica los árboles sanos en pie son cebados con feromonas de agregación y posteriormente, una vez que los insectos han entrado en él, se coloca el herbicida MSMA a base de arsénico en el árbol para que los insectos al salir se envenenen y mueran (Borden.1990 y 1994 en Macías-Sámano 2020c).

## **Estrategia 3. Atracción y repulsión de descortezadores**

Esta estrategia explota, a la par el comportamiento de agregación y antiagregación para el manejo de poblaciones del descortezador *D. ponderosae*, por lo que se le ha denominado “atraer y repeler” (“push and pull” por su nombre en inglés). Utilizando la feromona de agregación, se induce la población a atacar árboles (previamente determinados y que serán aprovechados) cebados con estos compuestos. Por el contrario, los árboles que se desea proteger se ceban con el antiagregante (verbenona).

Desafortunadamente, esta estrategia no funciona siempre y es necesario hacer ajustes en densidades de cebado, además de ser crítica la remoción de cualquier árbol infestado. Se han establecido los siguientes parámetros guía para la aplicación de esta práctica: 1) la densidad del pinar debe ser mayor a 400 individuos por ha, 2) que la media diamétrica del DAP sea menor o igual a 25 cm; y 3) que el nivel corriente de ataque en el rodal sea menor o igual a 15 % (Borden et al. 2006; Macías 2020c).

## **Estrategia 4. Manipulación de las fuentes naturales de semioquímicos para terminar un foco de infestación.**

Es muy importante indicar que esta técnica ha sido desarrollada exclusivamente para infestaciones de *D. frontalis* y aplicada exitosamente en todo Centroamérica. Esta estrategia implica la manipulación empírica de la producción de las distintas feromonas de agregación y antiagregación de dos descortezadores *D. frontalis* e *Ips* spp a distintos tiempos durante el desarrollo de la estrategia. Si bien no se ha probado en otras asociaciones de descortezadores, se cree que funciona para las de *D. frontalis*, por el número de generaciones que llega a tener anualmente esta especie en la región (hasta 12) y que hace sus poblaciones susceptibles a ser colapsadas mediante la manipulación del rodal usando un derribo selectivo y secuencial de arbolado con características bien definidas (Macías Sámano et al. 2016).

La táctica o método se ha denominado de “cortar y dejar” (MCD) o de “derribo y abandono” y manipula las fuentes de insectos, las de su alimento (pinos) y los semioquímicos que son liberados de forma natural al formarse e interrumpirse un brote de árboles atacados por los descortezadores de pino y sus organismos asociados. Para mayor detalle en cuanto a las bases

ecológicas y los procesos operativas de este método de control para *D. frontalis* se recomienda consultar Macías Sámano et al. (2016).

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Armendáriz-Toledano F., G. 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.

Bentz B., Vandygriff J., Jensen C., Coleman T., Maloney P., Smith S., Grady A., and 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. 2011. Mechanical control of southern pine beetle infestations. Pp. 399-413, In: R. N.

Coulson and K. D. Klepzig. Southern Pine Beetle II USDA Forest Service, Southern Research Station Gen. Tech. Rpt. SRS-140.

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 V. 2018. El escarabajo descortezador del pino (*Ips calligraphus*) en el Caribe y Centroamérica. Como reconocer, controlar y prevenir las plagas. USAID, USFS-IP, ICF Honduras y Texas A&M Forest Service, 19p.

Billings RF, Pase III HA, 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 RF, 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>

Bleiker K.P., Carroll A.L, and 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.

Borden, J. H. 1990. Use of semiochemicals to manage coniferous tree pests in western Canada. En: Behavior modifying chemicals for insect management. R. L. Ridgway, R. M. Silverstein y M. N. Inscoe (eds.). New York, pp. 281-315.

Borden J.H. 1994. Future of Semiochemicals for the Management of Bark Beetle Populations. En: Proceedings of the Symposium on Management of Western Bark Beetles with Pheromones: Research and Development. P. J. Shea, technical coordinator. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-150. Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. 53 p.

Borden J.H., I. M. Wilson, R. Gries, L. J. Chong, H. D. Pierce Jr. y G. Gries. 1998. Volatiles from the bark of trembling aspen, *Populus tremuloides* Michx. (Salicaceae) disrupt secondary attraction

by the mountain pine beetle, *Dendroctonus ponderosae* Hopkins (Coleoptera: Scolytidae). *Chemoecology* 8: 69-75.

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*.

Cibrián Tovar, D., J. T. Méndez Montiel, R. Campos Boláños, J. Flóres Lara y H. O. Yates. 1995. Los insectos forestales de México / Forest Insects of Mexico. Pub. 6. Comisión Forestal de América del Norte, Universidad Autónoma Chapingo, Subsecretaría forestal y de la Fauna, SARH; USDA-FS, Southeastern Forest Expt. Stn. y Ministry of Forestry, Canada. 453p.

Clark E.W. 1974. Insectos asociados con *D. frontalis* en Honduras. *Rev Ceiba* 18(12): 41-46.

Cognato A.L. 2015. Biology, systematics, and evolution of *Ips*. *IN Bark beetles, biology and ecology of native and invasive species*, Vega F.E. y Hofstetter R.W. (eds.), 351 – 370 pp, Academic Press.

CONAFOR 2007. Manual de sanidad forestal. Comisión Nacional Forestal, Coordinación General de Conservación y Restauración, Gerencia de Sanidad Forestal, SEMARNAT, México. 76p.

Copolovici, L., A. Kännaste, T. Rimmel, V. Vislap y U. Niinemets, 2011. Volatile emissions from *Alnus glutinosa* induced by herbivory are quantitatively related to the extent of damage. *Journal of Chemical Ecology* 37: 18-28.

Dicke, M. y I. T. Baldwin. 2010. The evolutionary context for herbivore-induced plant volatiles: beyond the “cry for help”. *Trends in Plant Science* 15: 167-175.

Dickens, J. C., E. B. Jang, D. M. Light, y A. R. Alford. 1990. Enhancement of insect pheromone response by green leaf volatiles. *Naturwissenschaften* 77: 29–31.

Dickens, J. C., R. F. Billings y T. L. Payne. 1992. Green leaf volatiles interrupt aggregation pheromone response in bark beetles infesting southern pines. *Experientia* 48: 523-524.

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., and 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](https://doi.org/10.3752/cjai.2019.38):

Fettig, C. J., B. M. Bulaon, C. P. Dabney y C. J. Hayes. 2012. Verbenone plus reduces levels of tree mortality attributed to mountain pine beetle infestations in Whitebark Pine, a tree species of concern. *Journal of Biofertility and Biopesticides* 3, 123. [doi:10.4172/2155-6202.1000123](https://doi.org/10.4172/2155-6202.1000123).

Fule P. Z., W. W. Covington y M. M. Moore. 1997. Determining reference conditions for ecosystem management of southwestern ponderosa pine forests. *Ecological Applications* 7: 895–908.

Furniss, R.L. y Carolin, V.M. 1977. Western forest insects. U.S.D.A. Forest Service Misc. Publ. 1339, 654 pp.

Garraway E. 1986. The biology of the *Ips calligraphus* and *I. grandicollis* (Coleoptera: Scolytidae) in Jamaica. *Can. Entomol.* 118: 113-121.

Guldin J.M. (2012). Silvicultural considerations in managing southern pines stands in the context of southern pine beetle. P.317- 352, En: Southern Pine Beetle II, eds. Coulson RN and. Klepzig KD, pp. 75-89, Gen. Tech. Rep. SRS-140, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, Asheville, NC.

Haack, R. A, R. F. Billings and A.M. Richter. 1989. Life history parameters of bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) attacking West Indian pine in the Dominican Republic. Florida Entomologist 72 (4): 591-603.

Hall R.J., Castilla G., White J.C., Cooke B.J., Skakun R.S. 2016. Remote sensing of forest pest damage: a review and lessons learned from a Canadian perspective. Can. Entomol. 148: S296–S356/

Hart S.J., Veble T.T., Eisenhart K.S., Jarvis D., and Kulakowski D. 2014. Drought induces spruce beetle (*Dendroctonus rufipennis*) outbreaks across northwestern Colorado. Ecology, 95: 930–939.

Huber, D. P. W. y J. H. Borden. 2003. Comparative behavioural responses of *Dryocoetes confusus* Swaine, *Dendroctonus rufipennis* (Kirby), and *Dendroctonus ponderosae* Hopkins (Coleoptera: Scolytidae) to angiosperm tree bark volatiles. Environmental Entomology 32: 742–751.

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.

ICF 2020. Norma técnica para el manejo de insectos descortezadores del pino (*Dendroctonus* spp e *Ips* spp). 77 pp.

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.

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. Scintia, 23, 87-102.

Jackson, L., T. Molet y G. Smith. 2011. Exotic wood borer/bark beetle, National Survey Guide. Revised July 2011. USDA-APHIS-PPQ-CPHST, Raleigh, NC. 264 pp.

Kleinman S.J., DeGomez T.E., Snider G.B., and 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.

Kolb, T. E., M. R. Wagner y W. W. Covington. 1995. Forest health from different perspectives. En: Eskew, L.G., (Comp). Forest Health through silviculture: *Proceedings of the 1995 national silviculture workshop*. Gen. Tech. Rep. RM-267. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest Experiment Station: 5- 13.

López-Castilla RA, 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.

Maclauchlan L.E. y Brooks J.E. 1988. Strategies and tactics for managing the mountain pine beetle *Dendroctonus ponderosae*. BC Forest Service, Kamloops Region Forest Health. 60p.

Macías-Sámano J.E. 2001a. Assessment of bark beetle infestations on the Mountain Pine Ridge Forest Reserve and the south Coastal Plain Region of Belize. CATIE. 13 p.

Macías-Sámano, 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 R. Cruz-Ortega (eds.) Editorial Plaza y Valdez.

Macías-Sámano, J. E. 2020a. Compuestos químicos comportamentales de los insectos. En: Fundamentos para el Manejo Integrado de Plagas Forestales, Cibrián-Tovar D. (ed.), Universidad Autónoma Chapingo, México. En prensa.

Macías-Sámano, J. E. 2020b. 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-Sámano, J. E. 2020c. 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-Sámano, J.E. y Niño A. 2016. Protocolo para monitoreo de descortezadores de coníferas mediante el uso de semioquímicos, México y Centroamérica. USDA-FS-IP and ECOSUR. En imprenta. 39p.

Macías-Sámano, J. E. y Zúñiga G. 2020. 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 Aleopatía: avances y aplicaciones, Anaya Lang A.L., F.J. Espinosa, F. Macías and M Reigosa (eds), UNAM, México. En prensa.

Macías-Sámano J.E, Rivera-Granados M.L, Jones R. and 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 JE, Billings RF, 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.

Moreno, B., Macías, J. Sullivan, B. and 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. and 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

Plascencia-Gonzalez A. 2020a. Sistema de Alerta Temprana y Evaluación de Riesgo en Sanidad Forestal. En: Fundamentos para el Manejo Integrado de Plagas Forestales, Cibrián-Tovar D. (ed.), Universidad Autónoma Chapingo, México. En prensa.

Plascencia-Gonzalez A. 2020b. Sistema de Comando de Incidencias (SCI) en las contingencias fitosanitarias. En: Fundamentos para el Manejo Integrado de Plagas Forestales, Cibrián-Tovar D. (ed.), Universidad Autónoma Chapingo, México. En prensa.

Plascencia-Gonzalez 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.

Rivera-Rojas M., Localtelli B. and Billings R. 2010. Cambio climático y eventos epidémicos del gorgojo descortezador del pino *Dendroctonus frontalis* en Honduras. *Forest Systems* 19(1): 70-76.

Ryall K. L., P. J. Silk, J. F., P. Mayo, R. Lavallée, C. Guertin y T. Scarr. 2015. Effects of Pheromone Release Rate and Trap Placement on Trapping of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) in Canada. *Environmental Entomology* 44(3):734-745.

Safranyik L. y W.R. Wilson, editors. 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*.

Senfa C., Seidl R., y Hosterta P. 2017. Remote sensing of forest insect disturbances: Current state and future directions. *Int. J. Appl. Earth. Obs. Geoinf.* 60: 49–60. doi:10.1016/j.jag.2017.04.004

Shore T.L., Fall A., Riel W.G., Hughes J., y Eng M. 2010. Methods to Assess Landscape-Scale Risk of Bark Beetle. *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, —Volume 1 and Volume 2, Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-802. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest, and Southern Research Stations. 708 p.

Strom B. L. y S. R. Clarke. 2011. Use of semiochemicals for southern pine beetle infestation management and resource protection. En: *Southern Pine Beetle II*. R. N. Coulson y K. D. Klepzig (eds.). General Technical Report SRS-140, USDA Forest Service Southern Research Station, Asheville, NC, pp. 381–397.

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., and Long E. 2014. Management for Mountain Pine Beetle Outbreak suppression: Does Relevant Science Support Current Policy? *Forests* 5, 103-133.

Visser J. F., S. Van Straten y H. Maarse. 1979. Isolation and identification of volatiles in the foliage of potato, *Solanum tuberosum*, a host plant of the Colorado beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *Journal of Chemical Ecology* 5: 13–25.

Ward, J. D. y P. A. Mistretta. 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, No. 6, Brigham Young University, Provo, Uta. 1359 pp.

## 7. 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 progenie 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 necesariamente 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.

**Cairomona** - Son compuestos químicos producidos por una especie y que afecta el comportamiento de otra especie. Por ejemplo, algunos depredadores como los escarabajos 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.

**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 3 pinos atacados para 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 Fases 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 mucha facilidad y estos árboles están rodeados de árboles con follaje verde y sin presencia alguna de ataque por descortezadores. Tales brotes no requieren aplicación de control.

**Ciclo de vida** - Etapas 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).

**Conspecífico** - 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 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.

**Cortar y dejar (Derribo y abandono o cortar y controlar)** – Un método de control directo de brotes activos de *D. frontalis* que consiste en derribar los pinos infestados o bajo ataque (fase 2 y 1) más algunos pinos sanos adyacentes para interrumpir la producción de feromonas y sobrevivencia de gorgojos crías. Los pinos derribados se dejan en el sitio, sin necesidad de aplicar insecticidas o quemar las trozas. No sirve para controlar brotes de *Ips* u otras especies de *Dendroctonus*.

**Cortar y aprovechar** – Es un método de control de brotes de *Dendroctonus* o *Ips* que es similar en su aplicación al cortar y dejar, salvo que los árboles tumbados son recuperados inmediatamente y aprovechados. Es el método de control más recomendado, siempre que haya un mercado para la madera afectada. En el caso de brotes de *Ips*, no se debe cortar pinos sanos (faja preventiva).

**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. *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*.

**Diseño experimental** - Es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. En un diseño experimental se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés. El diseño experimental prescribe una serie de pautas relativas a qué variables hay que manipular, de qué manera, cuántas veces hay que repetir el experimento y en qué orden para poder establecer con un grado de confianza predefinido la necesidad de una presunta relación de causa-efecto.

**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 (gorgojos) que producen serios daños y 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: *D. 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 gorgojos emergen de pinos en la Fase 2, el brote va aumentando su tamaño y se desplaza la población del insecto y en consecuencia el daño.

**Faja preventiva** - La parte integral del método de cortar y dejar (o cortar y aprovechar) la cual consiste en pinos sanos más adyacentes a los pinos de fase 1, los cuales son tumbados juntos con los pinos en fases 1 y 2 para cumplir la aplicación de control. **Actividad exclusiva de un control en estado de emergencia, ver explicación en el término Franja de Contención.**

**Fase 1** – Son los pinos recién atacados o bajos ataque de *D. frontalis*. 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.

**Fase 2** - Son los pinos colonizados por *D. frontalis*. 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.

**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 gorgojos que provoca una reacción y que influye en el comportamiento de otros de la misma especie. Las feromonas de agregación 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 su colonización.

**Franja de Contención (Franja de Amortiguamiento)** - Es una modificación del método cortar y dejar; consiste en tumbar solamente pinos sanos y pinos recién atacados (Fase 1), dejando los pinos con crías (fase 2) en pie. Sirve para detener el avance de brotes muy grandes de *D. frontalis*. No funciona como método de control si solo se tumban los pinos sanos los cuales no tienen síntomas de ataque del gorgojo. **El uso de esta franja es exclusivo de acciones de emergencia, es decir cuando el Sistema Nacional de Gestión de Riesgo SINAGER ha declarado un estado de emergencia y control del insecto y además únicamente se realiza bajo la supervisión de personal del ICF.**

**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 Honduras, Nicaragua y EL Salvador, el insecto más destructivo tiene el nombre científico *D. frontalis* es el más destructivo 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 deshechos 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 llegar a 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 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 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 (4 – 8 mm de largo) de color blanco. Se encuentran en pinos de 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.

**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.