

**HONDURAS**  
**PROYECTO MANEJO SOSTENIBLE DE BOSQUES**  
**(HO-L1179)**

**Diseño del Componente 2: Sanidad Forestal**

**Informe Final: Evaluación del Programa de Control Directo de la Plaga del Gorgojo del  
Pino y Establecimiento de un Programa Permanente de Sanidad Forestal**

Preparado por

Dr. Ronald F. Billings

Revisado

17 de Septiembre del 2016

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. Introducción.....</b>	<b>3</b>
1.1 Antecedentes del Comportamiento y Control del Gorgojo del Pino.....	3
1.2 Antecedentes de Recursos Forestales y Plagas del Gorgojo de Pino.....	3
1.3 El Proyecto de Manejo Sostenible de Bosques.....	11
1.4 Objetivos de la Consultaria.....	11
1.5 Actividades Realizadas en la Primera Mission.....	12
<b>2. Evaluación de la Plaga Existente de Gorgojo del Pino y el Programa de Control.....</b>	<b>12</b>
2.1 Objetivos de la Evaluación.....	12
2.2 Situación Actual de la Plaga del Gorgojo del Pino (2013-2016).....	12
2.3 Factores que Contribuyen a la Plaga.....	14
2.4 Principales Logros del Program de Control.....	16
2.5 Deficiencias en el Programa de Control.....	20
2.6 Variación en la Actividad del Gorgojo con las Estaciones del Año.....	21
2.7 Eficacia del Programa de Control.....	23
2.8 Las Mejores Practicas Disponibles para el Control del <i>Dendroctonus frontalis</i> .....	25
2.9 Recomendaciones para Control de la Plaga en 2016 y 2017.....	28
2.9.1 Recomendaciones al Orden Nacional.....	29
2.9.2 Recomendaciones al Orden Región y Departamento Forestal.....	30
<b>3. Propuesto para un Programa Permanente de Sanidad Forestal.....</b>	<b>33</b>
3.1 Justificación.....	33
3.2 Recomendaciones de Largo Plazo.....	34
3.2.1 Crear el Departamento de Sanidad Forestal.....	35
3.2.1.1 Unidades Rurales de Protección Forestal.....	35
3.2.1.2 El Encargado Principal de DSF y La Coordinación Administrativa.....	35
3.2.1.3 El Area de Alerta Temprana y Monitoreo.....	35
3.2.1.4 El Area de Capacitación y Conciencia Pública .....	39
3.2.1.5 El Area de Prevención y Control.....	39
3.2.1.6 Investigación Aplicada sobre Sanidad Forestal.....	39
3.2.2 Recomendaciones para el Fortalecimiento de las Escuelas Forestales.....	42
3.2.3 Recomendaciones al Orden Centroamérica.....	44
3.3 Impacto Esperado de la Implementación de la SSF.....	45
<b>4. Bibliografía.....</b>	<b>48</b>
4.1 Selección de Literatura Publicada Sobre el Gorgojo Descortezador.....	48
4.2 Informes No Publicados Sobre Los Gorgojos Descortezadores.....	54
<b>5. Presupuesto para el Programa de Sanidad Forestal.....</b>	<b>56</b>
<b>6. Glosario.....</b>	<b>58</b>

## 1. Introducción

Este documento consiste en dos partes: la primera es una evaluación de la presente plaga del gorgojo del pino en Honduras y el programa de ICF para controlarla con mis recomendaciones de mejoramiento, y la segunda es una propuesta para el establecimiento de un programa permanente de sanidad forestal en Honduras relacionado con Componente 2 del Proyecto del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) “Manejo Sostenible de Bosques HO-L1179.”

### 1.1 Antecedentes del Comportamiento y Control del Gorgojo del Pino

El gorgojo descortezador del pino (*Dendroctonus frontalis* Zimmermann) pertenece al orden Coleóptera, familia Curculionidae y subfamilia Scolytinae. Es una de las especies de escarabajos descortezadores más destructivas en el mundo (Beal et al. 1964, Clarke y Nowak 2009, Coulson y Klepzig 2011 y referencias citadas). Este insecto causa plagas periódicas en los bosques comerciales de pino por todo su rango lo cual extiende desde el noreste de los Estados Unidos hasta Nicaragua (Vité et al. 1975, Wood 1982). El potencial de este insecto a matar pinos debilitados y sanos se debe a ciertas características únicas de su comportamiento. Estas incluyen 1) la capacidad de cumplir 6 hasta 12 generaciones por año con hembras que a veces puedan estalecer las crías en más que un solo árbol; 2) una tendencia durante plagas de atacar y matar pinos en grupos (brotes), incluyendo pinos sanos en bosques ralos; 3) la capacidad de expandir los brotes establecidos a través de un sistema de atrayentes (una combinación de la feromona frontalina producida por las hembras y olor de la resina producido por los pinos) ubicado en el perímetro del brote (Gara 1967, Payne 1980, Billings 1995).

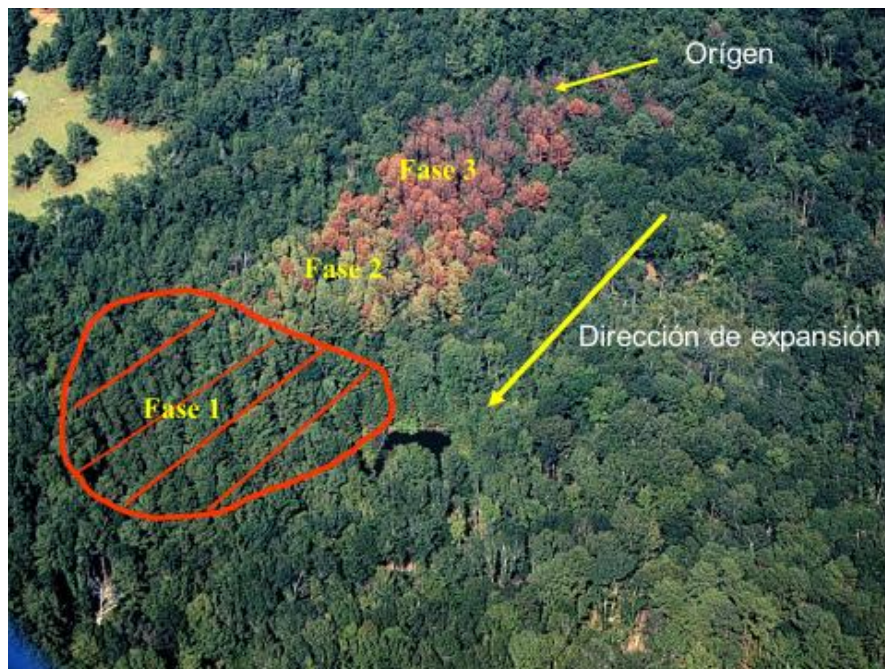
Al cumplir su ciclo de vida en la corteza, las crías del gorgojo emergen de pinos infestados como adultos desde el centro del brote y responden a los atrayentes presentes en el perímetro del mismo brote. Algunos de los adultos atacan los pinos que están produciendo atrayentes mientras otros atacan nuevos pinos adyacentes sin tener que volar fuera del brote para iniciar brotes nuevos durante la mayor parte del año. Una vez que esté establecida una sincronía entre la producción de atrayentes y la emergencia de crías de pinos en el mismo brote, los brotes pueden expandirse hasta que cubran miles de hectáreas si hay pinos disponibles y el brote no es controlado (Gara 1967, Coster et al. 1977a, Hedden y Billings 1979, Billings 1995). (Figura 1). Si tal sincronía no se mantiene por un mínimo de 30 días (una generación del insecto), el brote se pondrá inactivo (abandonados por los gorgojos del pino) (Gara 1967, Billings 1995) sin necesidad de control directo. Brotes con menos de 30 pinos infestados tienen una alta posibilidad de irse inactivo mientras los brotes más grandes expanden con más frecuencia (Billings 1974).

El comportamiento del *D. frontalis* varía según las estaciones del año (Thatcher and Pickard 1964, Texas Forest Service 1978, Payne 1980, Billings 1995). Durante uno o dos estaciones del año (se cree que son durante Febrero-Marzo y en Julio-Agosto en Honduras), los gorgojos adultos salen de los brotes establecidos al emerger y vuelan largas distancias en búsqueda de pinos debilitados en bosques densos para iniciar nuevos brotes. Los picos de vuelo

A

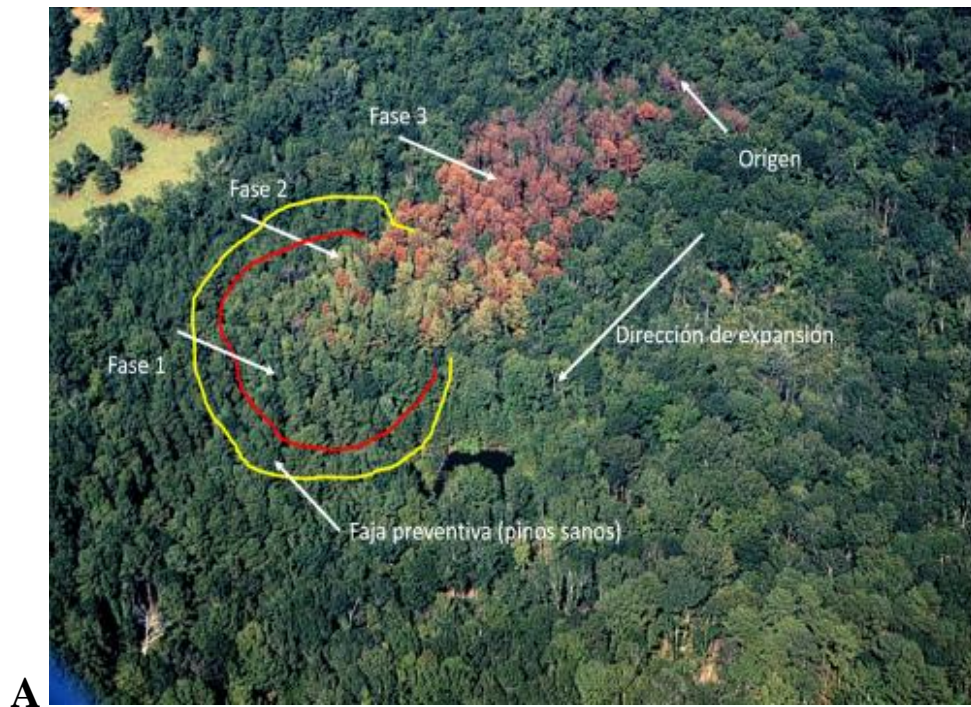


B

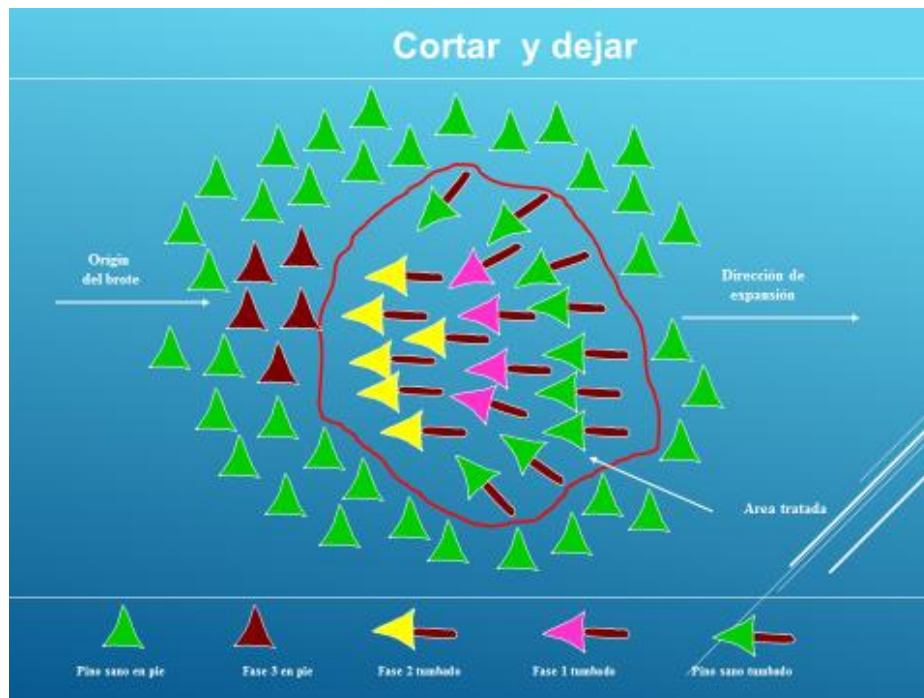


**Fig 1:** Foto A es un ejemplo de un brote activo de *Dendroctonus frontalis*; en la foto B se han identificado su origen (pinos sin follaje), pinos con copas rojas y abandonados por las crías (Fase 3), pinos con copas amarillentas y infestados con crías (Fase 2), y pinos probablemente bajo ataque con copas verdes (Fase 1). En este caso, los gorgojos adultos atacando pinos en Fase 1 fueron criados en los pinos que ya están en Fase 3 del mismo brote. (Fotografía, R. Billings)





**B**



**Fig. 2:** Para aplicar el cortar y dejar, se marca una faja preventiva de pinos sanos (A) adyacentes a los pinos bajo ataque (Fase 1) y tumban todos los pinos en Fase 2, Fase 1 y la faja preventiva hacia el centro del brote, dejándolos en el sitio sin necesidad de aplicar insecticidas o quemarlos (B).

se notan como una captura de números altos de gorgojos en las trampas cebadas ubicadas en bosques no infestados (Billings 1988, Billings y Upton 2010).

En programas operativos de control, el método principal de controlar brotes de *D. frontalis* en expansión es el “cortar y dejar” (Texas Forest Service 1975, Billings 1980b, Billings 2011b). Consiste en tumbar todos los pinos bajo ataque o recién atacados (Fase 1) y con crías del gorgojo (Fase 2) más una faja preventiva de pinos sanos adyacentes a los atacados (Figura 2). Tales pinos tendrán copas verdes y grumos frescos de resina en las grietas de la corteza (Fase 1) o tendrán cipas de color amarillento con galerías y crías bajo la corteza (Fase 2) (Billings y Pase 1979a, Billings et al. 1991). Los pinos con copas rojas (Fase 3) han sido abandonados por los gorgojos y deben quedarse en pie (Billings 1982, Billings y Espino 2005).

Para detener el avance de brotes muy grandes (más que 500 pinos infestados), se recomienda cortar solamente pinos bajo ataque con copas verdes (Fase 1) más un número igual de pinos sanos para crear una franja de contención (Billings 2001, 2005, 2014) (Ver Figura 5). Como se nota en las fotos (Figura 1), los brotes de *D. frontalis* en expansión son una verdadera crianza de gorgojos nuevos los cuales pueden causar una gran pérdida de bosques de pino si no son controlados. Al controlar los brotes activos a tiempo con cortar y dejar u otros métodos pronto después de la detección, las pérdidas económicas y ambientales pueden ser reducidas hasta 85% (Billings y Varner 1986, Clarke y Billings 2003, Redmond y Nettleton 1990).

## **1.2 Antecedentes de Recursos Forestales y Plagas del Gorgojo de Pino en Honduras**

Honduras estima en 5.38 millones de hectáreas sus tierras forestales, las cuales cubren casi la mitad de la superficie total del país. De esta área, 2.24 millones de hectáreas se adaptan a los bosques de pino o bosques mixtos de pinos y árboles latifoliados (ICF 2016). Muchas tierras boscosas han sido previamente degradadas por causa de malas prácticas de aprovechamiento forestal y el cambio del uso del suelo hacia la agricultura y la ganadería extensiva. Por otra parte, el consumo anual de madera para leña esta alrededor de 5.5 millones de metros cúbicos lo que implica una presión adicional sobre los bosques de pino y árboles latifoliados.

La ley de silvicultura de 1974 (vigente hasta 1992) nacionalizó los derechos de toda la madera y creó la empresa forestal estatal Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR) a cargo de la protección, manejo y aprovechamiento de los bosques, así como la fabricación y exportación de productos forestales primarios. En 1992, una nueva Ley de Modernización Agrícola y Desarrollo fue aprobada lo que causó un gran impacto en las prácticas forestales en Honduras. Como resultado de esta ley, una gran parte de las tierras forestales fueron asignadas a propietarios privados, comunidades o tribus indígenas. El resto son bosques nacionales de los cuales la mayoría han sido reservados como parques nacionales, áreas protegidas y cuencas hidrográficas - áreas donde rara vez se permitió la extracción de madera. Por su parte, el aprovechamiento de los bosques, transformación y comercialización de la madera fue asignado a la industria forestal privada.

En 2007 Honduras estructuró una nueva ley forestal (Decreto No. 98-2007) y creó la organización forestal llamada Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) quien sustituyó a la AFE-COHDEFOR. Casi al mismo tiempo, el especialista en plagas forestales de Honduras Ing. Vicente Espino, que había ocupado este cargo como jefe de la unidad de plagas dentro del Departamento de Protección Forestal desde 1982 con COHDEFOR, se retiró y fue reemplazado por Fredy Márquez. Infortunadamente el Sr. Márquez murió en 2014 y fue reemplazado por la Sra. Ángela Sevilla (2014-2015).

Las principales especies de coníferas que se encuentran en Honduras son *Pinus caribaea* y *P. oocarpa*. Las especies *P. pseudostrobus*, *P. maximinoi* y *P. tucunumani* están también presentes pero estas se encuentran en zonas altas. El *Pinus caribaea* (pino del Caribe) crece desde el nivel del mar en tierras bajas de sabanas hasta elevaciones de 600-800 msnm. El *P. oocarpa* se encuentra entre 500 a 1,200 msnm mientras que el pino blanco, *P. pseudostrobus*, se encuentra sobre todo por encima de 1,200 metros. *Pinus maximinoi* y *P. tucunumani* se encuentran comúnmente en rodales junto con *P. oocarpa* por encima de 500 msnm. *Pinus oocarpa* es la principal fuente de madera para la exportación y el uso doméstico, aunque todas las especies se utilizan en cierta medida.

Con excepción de los incendios forestales, el gorgojo del pino *Dendroctonus frontalis* causa las mayores pérdidas económicas para los bosques de pino en Honduras (Billings et al. 2004). Entre los años 1962 a 1965, unas 1.7 millones de hectáreas (casi dos tercios de los bosques de pinos nativos del país) se vieron afectados por este insecto (Ketchum y Bennett 1964). En 1964, se estimó que la plaga fue extendiendo a un ritmo de 150,000 hectáreas por mes (Hernández Paz, 1975). Hasta el momento esta sigue siendo la epidemia más devastadora ocasionada por los gorgojos del pino en la historia del país. Esta plaga se originó en Gualaco y Olancho y más tarde se extendió a lo largo de toda la zona de pinos, con excepción de las tierras bajas de sabana en la región de La Mosquitia.

De acuerdo con Ketchum y Bennett (1964) y Beal et al. (1964) durante esta plaga las infestaciones normalmente se produjeron en masas de *P. oocarpa* en las cimas y laderas escarpadas, con suelos poco profundos y erosionados. Más afectados fueron los árboles grandes, demasiado maduros y de crecimiento lento, a menudo con edad mayor a 100 años. Incendios repetidos habían dejado amplios rodales solamente de pinos y que por estar muy espaciados entre sí no fue posible la reproducción. Debido a la magnitud de la plaga, el rápido desarrollo del gorgojo, la falta de carreteras, personal entrenado y financiación, el control directo sobre una base de área amplia se consideró poco práctico. Por su parte, el control con hexacloruro de 0.5 por ciento de benceno (BHC) en aceite diesel se recomendó en los segmentos individuales de las zonas marginales de la infestación principal. Al parecer poco control se llevó a cabo bajo este método.

Desde el colapso de esa plaga histórica en 1965, las poblaciones del gorgojo de pino se mantuvieron en niveles endémicos hasta 1982, con excepción de algunos brotes locales dispersos. Entre 1982 y 1983, una plaga grave de *D. frontalis* se produjo en los rodales de pino de segundo crecimiento (regeneración desde el estallido de la plaga de 1964), principalmente en la región de Yoro. Más de 11,600 hectáreas de bosques de pinos jóvenes fueron atacadas y muertas durante esta plaga. Los esfuerzos para controlar las infestaciones activas en el momento consistieron en la tala, apilado y quema de árboles infestados y la aplicación de insecticidas químicos, principalmente el BHC (Billings 1982). El tamaño promedio de los brotes de infestación durante estos años fue de 12.6 hectáreas por infestación (Tabla 1).

Basándose en las recomendaciones de Dr. Ronald Billings (Servicio Forestal de Texas), tras la plaga de 1982, Honduras desarrolló un programa eficaz de control de plagas forestales enfocado principalmente en control de las poblaciones del gorgojo del pino usando el método cortar y dejar (AFE-COHDEFOR de 2003, Billings 1982, 1988). Bajo la dirección del Coordinador Forestal Nacional de Plagas, Vicente Espino, se implementó un sistema de registro de brotes detectados, evaluados y controlados de gorgojos apoyado por los coordinadores regionales de protección forestal quienes tomaban los registros en cada región boscosa.

**Tabla 1: Brotes de *Dendroctonus frontalis* detectados en Honduras desde 1982 hasta Agosto del 2016 (COHDEFOR, no publicado y ICF 2016).**

<b>Año</b>	<b>Brotes Detectados</b>	<b>Brotes Controlados</b>	<b>Prociónde Bortes Controlados</b>	<b>Área Afectada (ha)</b>	<b>Ha/brote E/B</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Vol./Ha</b>	<b>% de cambio en el área afectada del año anterior</b>
<b>1982</b>	362	230	64%	3,125	8.6	71,784	23	----
<b>1983</b>	563	297	58%	8,512	15.1	133,625	15.7	2.7
<b>1984</b>	1,084	408	38%	340	0.3	15,910	46.8	0.0
<b>1985</b>	837	471	56%	293	0.4	7,427	25.3	0.9
<b>1986</b>	1,341	1,224	91%	696	0.5	24,157	34.7	2.4
<b>1987</b>	1,006	777	77%	2,293	2.3	48,651	21.2	3.3
<b>1988</b>	1,063	918	86%	4,130	3.9	87,484	21.2	1.8
<b>1989</b>	244	204	84%	325	1.3	10,364	31.9	0.1
<b>1990</b>	348	330	95%	422	1.2	25,632	60.7	1.3
<b>1991</b>	166	84	51%	292	1.8	11,219	38.4	0.7
<b>1992</b>	101	55	54%	191	1.9	8,141	42.6	0.7
<b>1993</b>	83	68	82%	169	2	6,481	38.3	0.9
<b>1994</b>	54	49	91%	175	3.2	5,510	31.5	1.0
<b>1995</b>	121	79	65%	246	2	17,054	69.3	1.4
<b>1996</b>	174	117	67%	257	1.5	13,468	52.4	1.0
<b>1997</b>	255	160	63%	370	1.5	25,588	64.6	1.4
<b>1998</b>	375	285	76%	396	1.1	23,890	63.7	1.1
<b>1999</b>	511	364	71%	497	1	24,624	49.5	1.3
<b>2000</b>	1,691	1,072	63%	1,743	1	72,279	41.5	3.5
<b>2001</b>	3,698	2,691	73%	9,078	2.5	383,916	42.3	5.2
<b>2002</b>	5,937	4,574	77%	13,511	2.3	715,480	53	1.5
<b>2003</b>	1,496	816	55%	2,457	1.6	108,632	44.2	0.3
<b>2004</b>	471	226	48%	6,293	13.4	251,599	40	2.6
<b>2005</b>	1,522	870	57%	9,469	5.2	437,771	46.2	1.5
<b>2006</b>	544	295	54%	3,690	5.8	155,531	42.1	0.4
<b>2007</b>	697	490	70%	1,987	2.9	45,042	22.7	0.2
<b>2008</b>	82	68	83%	198	2.4	10,296	52	0.1
<b>2009</b>	159	159	100%	399	2.5	3,605	9	2.0
<b>2010</b>	67	67	100%	216	3.2	1,367	6	0.5
<b>2011</b>	7	7	100%	2	0.1	70	29.2	0.1
<b>2012</b>	?	231	?	354	1.5	10,409	29.4	177.0
<b>2013</b>	?	97	?	517	4.4	15,051	29.1	1.5
<b>2014</b>	7528*	455	6%	15,242	2	217,573	14.3	29.5
<b>2015</b>	?	8,679	?	373,782	43.1	18,354,570	47.2	24.5
<b>2016 (Agosto)</b>	?	8,956*	?	114,329	5.9	??		



Honduras fue el primer país de Centroamérica en iniciar y mantener registros a largo plazo de la afectación del gorgojo del pino; ocurrencia, número de brotes detectados y controlados, y pérdidas de madera asociadas fueron los principales datos que se registraron en su momento (Tabla 1). Para el período de veinte años 1984-2003, se detectaron 19,737 infestaciones (brotes) en Honduras; sin embargo, las pérdidas por el gorgojo del pino se mantuvieron al mínimo (2.1 ha. por brote) gracias a la detección temprana y la pronta aplicación de medidas de control principalmente cortar y dejar.

Las siguientes dos plagas importantes de gorgojos descortezadores se produjeron en Honduras entre los años 1986 – 1988 y 2000 – 2005 (Tabla 1). La severidad de la plaga de 1986-1988 se debió al hecho que las recomendaciones de control a tiempo no fueron realizadas por COHDEFOR durante estos años (Billings 1988). La plaga quedó controlado y las poblaciones del gorgojo disminuyeron una vez que se aplicaron el programa de control usando cortar y dejar pronto después de la detección de brotes nuevos (Tabla 1).

Entre 2000 y 2005 se registraron un total de 14,815 brotes y un estimado de 45,885 hectáreas afectadas (Tabla 1). Durante este período de 6 años el tamaño promedio de brote fue de 3.1 hectáreas. De los 2 millones de metros cúbicos de madera muerta como resultado de este plaga, sólo el 20% (403,000 metros cúbicos) fueron aprovechados (Billings 2005). La plaga, que alcanzó su punto máximo en 2002, se produjo principalmente en árboles jóvenes (15-25 años) en rodales de *Pinus oocarpa* (76%) y *P. caribaea* (20%). El resto de la afectación se dio en rodales de *P. pseudostrobus*, *P. maximinoi*, y *P. tucunumani*.

Desafortunadamente, durante plagas severas, no es posible aprovechar toda la madera afectada, debido a la falta de mercados, poco acceso, la rapidéz en que pudra la madera, y trámites del gobierno. Por ejemplo, con el programa de sanidad forestal de la COHDEFOR durante la plaga del 2000, un volumen de 72,279 m<sup>3</sup> fue afectado y se aprovecharon 27,895 m<sup>3</sup>, o solamente 38.6% del total, según datos de AFE-COHDEFOR (no publicado). Las trámites que requería la COHDEFOR postergaron la cosecha de madera en muchos casos de propiedades privadas hasta que no tenía valor, contribuyendo al nivel bajo de aprovechamiento (Billings 2004). La madera afectada pudre rápidamente y se hecha perder dentro de 6-8 meses después de ser atacado, como resultado de los barrenadores ambrosiales, los hongos y termitas.

Durante el período de 2000-2002, la plaga de gorgojo del pino llegó a escala regional de América Central, con pérdidas sustanciales de recursos no sólo en Honduras, sino también en Belice, Nicaragua y Guatemala (Billings y Schmidtke 2002, Billings et al. 2004).

Para la época seca de 2004 la plaga del gorgojo había disminuido en la mayoría de las regiones de Honduras, con excepción de la región de Olancho; considerada esta como la región boscosa de pino más grande de Honduras. El aumento significativo de la actividad de la plaga en esta región causó gran preocupación lo que llevó a COHDEFOR a solicitar una vez más la asistencia técnica del Dr. Billings. Esta plaga, centrado alrededor de San Esteban, fue controlado en 2005, a raíz de sus recomendaciones basadas en la aplicación de la táctica de control de cortar y dejar (de Vicente Espino, comunicación personal).

Entre los años 1984 y 2001, a pesar de la aparición de plagas periódicas, Honduras era considerada el país que tenía el programa de control del gorgojo del pino más bien desarrollado en América Central (Billings y Schmidtke 2002). Sin embargo, las pérdidas de madera durante la plaga de 2000-2005 fueron extensas y coincidieron con el período en que el especialista en plagas forestales de Honduras, Vicente Espino, dejó su cargo en COHDEFOR para llevar a cabo su licenciatura en el sector forestal en ESNACIFOR (Escuela Nacional de Ciencias Forestales, ahora

U-NACIFOR) dejando de esta manera disminuido el liderazgo del programa de manejo de plagas de COHDEFOR. Durante este mismo período, COHDEFOR tuvo una disminución de recursos financieros para llevar a cabo las operaciones de control de plagas, además tuvo otros problemas internos. En consecuencia, los brotes de gorgojos en los bosques de Honduras no recibieron la atención que requerían o habían recibido en años anteriores. Situación similar ocurrió en Belice, Guatemala, El Salvador y Nicaragua, debido principalmente a la falta de manejo forestal y programas de salud forestal permanente, frecuentes incendios forestales y otros factores predisponentes (Billings y Schmidtke 2002, Billings et al. 2004).

En Honduras también ocurren ataques de otros gorgojos descortezadores del género *Dendroctonus*, causando ocasionalmente pérdidas económicas en los bosques de pino (Wood, 1982). Entre los más comunes están *D. mexicanus*, *D. approximatus* (= *D. parallellocollis*), *Ips apache* (= *calligraphus* o *interstitialis*) y *I. cribricollis* (= *I. grandicollis*). Con la excepción del *D. mexicanus*, estas especies tienen un papel secundario, prefiriendo atacar árboles caídos, muy debilitados, ya atacados por *D. frontalis*, o muertos.

En el año 2000, los entomólogos noruegos Fred Mitgaard y Karl Thunes identificaron lo que creían que fue una nueva especie de *Dendroctonus* en Belice, Guatemala, El Salvador y Honduras (Mitgaard y Thunes 2002). Esta nueva especie le dio el nombre científico tentativo el *Dendroctonus woodi*, posteriormente, el *D. mayanensis* y más recientemente ha sido descrito como el *D. mesoamericanus* (Armendáriz-Toledano et al. 2015). De acuerdo con este grupo de entomólogos, la nueva especie tiende a ser un poco más grande (2.7 a 4.3 mm.) que el *D. frontalis* (2.3 a 4.0 mm) y construye una galería de huevos que tiende a ser forma horizontal o más abierta "S" que la del *D. frontalis*. Esta nueva especie no responde a frontalina, la feromona principal de *D. frontalis* (Sullivan 2012, Armendáriz-Toledano et al. 2014). Se cree que es menos agresivo que el *D. frontalis* y a menudo se produce en los árboles atacados primero por éste. Es común encontrar esta especie atacando las ramas de pinos infestados por *D. frontalis* y produce grumos un poco más grandes en general. Claramente, se necesitan más estudios sobre su biología, comportamiento de ataque y el papel que desempeña en relación a las plagas del gorgojo descortezador *D. frontalis* en América Central.

Las poblaciones de *D. frontalis* se redujeron a niveles muy bajos en 2011; se informó de sólo siete brotes, el nivel más bajo en Honduras desde el año 1981. Sin embargo, al contrario que en el este de Texas, donde no se han detectado infestaciones desde 1997, el nivel endémico en Honduras fue de corta duración. Al año siguiente (2012) las poblaciones de gorgojos descortezadores comenzaron a recuperarse, destacándose la detección de 231 brotes; ocurridas exclusivamente en la región de Olancho. A finales de 2014 el ICF había detectado unas 7,500 infestaciones ocurridas principalmente en las regiones de Olancho, Olancho Este, Yoro y Comayagua. Debido a diversos factores, entre ellos el año de la elección presidencial de 2013, la falta de fondos y de personal capacitado en plagas forestales en todos los niveles del ICF, etc, sólo 455 (6%) de estos brotes fueron controlados (Tabla 1).

En Noviembre del 2014 y otra vez en Septiembre del 2015, el Dr. Billings acompañados por otros especialistas de plagas de *Dendroctonus* (Dr. Stephen Clarke del Servicio Forestal de los Estados Unidos en Noviembre del 2014 y Dr. Jorge Macias en Septiembre del 2015) provieron asistencia técnica al ICF y hicieron recomendaciones en cuanto al control de la plaga (Billings 2014, 2015, Clarke 2014). El ICF puso en marcha la mayoría de estas recomendaciones con buenos resultados.

Todos los gorgojos recogidos en la corteza de los árboles infestados en Olancho por los

especialistas internacionales en 2014 se identificaron exclusivamente como *D. frontalis* (Brian Sullivan, US Forest Service, comunicación personal). No hubo ejemplares de la nueva especie reconocida *D. mesoamericanus*, confirmando que *D. frontalis* es el principal agente causal de la plaga actual (Billings 2014).

La plaga de 2013 a 2016 es la peor plaga de gorgojos descortezadores en Honduras y en toda Centro America en los últimos cincuenta años (Billings 2015). Ante escenarios de variabilidad y cambio climático para Honduras, el aumento en los brotes y la aparición de nuevas plagas forestales pudieran ser más cíclicas y severas (Rivera et al. 2010). Existe la posibilidad que plagas de *D. frontalis* podrían llegar a los países vecinos y/o afectar los bosques de *Pinus caribaea* que existe en la Región La Mosquitia en Honduras, los cuales no han sufrido plagas severas del gorgojo del pino en los años pasados.

### **1.3 El Proyecto de Manejo Sostenible de Bosques, HO-L1179**

Con la meta de combatir la plaga de gorgojos y solucionar deficiencias en el programa de control y manejo sostenible de bosques, en 2016 el gobierno de Honduras solicitó una operación del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), conocido como el Proyecto de Manejo Sostenible de Bosques, HO-L1179. Este proryecto consiste en 3 componentes:

- Componente 1: Manejo Forestal Sostenible y Agroforestal: Este componente incluye 1) apoyo para la imlementación de actividades de manejo forestal sostenible y agroforestal con el objetivo a restaurar zonas afectadas por los gorgojos, priorizando las áreas de servicios del ecosistema de alta valor, 2) diseñar y implementar un programa piloto de incentivos para los duenos de terreno para que participen en el manejo forestal sostenible, y 3) monitorear y evaluar el impacto de tales actividades.
- Componente 2: Mejorar la tecnología para adaptación al cambio climático. Consta de la identificación de especies agroforestales adaptados al cambio climático, incluyendo entre otras actividades la generación de bancos de germoplasma y apoyo en el manejo integral de pestes.
- Componente 3: Mejorar el manejo de fortalecer al gobierno de Honduras en el riesgo y cambio climático (adaptación y mitigación). Este componente fortalecerá el gobierno de Honduras por medio de 1) fortalecer el gobierno de estos sectores afectados por cambio climático, incluyendo el sector forestal, y 2) la creación y fortalecimiento de las condiciones que favorecen las inversiones privadas y cooperación internacional, incluyendo la creación de un fondo de cambio climático administrado por al Secretaría de Finanzas (SEFIN).

### **1.4 Objetivos de la Consultoría**

El objetivo de la consultoría del Dr. Billings fue ayudar a realizar el diseño de Componente 2 del Proyecto BID - Mejorar tecnología para la adaptación al cambio climático del Programa de Manejo Sostenible de Bosques (HO-L1179).

Según los términos de referencia las Actividades Principales de su consultoría fueron:

- Participar con especialistas del equipo BID para planificar dos misiones de siete días cada una a la República de Honduras. Tales misiones incluirán giras al campo en el interior del país. Como parte de estas misiones cada consultor del BID elaborará una presentación para los contrapartes explicando los logros de la consultoría.
- Documento Diagnóstico. Se llevará a cabo 1) un resumen de los distintos sistemas de sanidad forestal presente en el país; 2) un análisis de las mejores prácticas para el control directo de la plaga de gorgojos existente; 3) un análisis del sistema que Honduras está aplicando ahora mismo y 4) una evaluación del sistema de sanidad forestal que hoy existe en Honduras, incluyendo métodos de alerta temprana.
- Elaborar un documento de justificación para el componente 2 del programa, basado en información bibliográfica, reuniones con actores claves e información obtenida durante las dos misiones. Este documento incluirá a) cómo fortalecer el sistema de sanidad forestal y la alerta temprana de plagas basado en las mejores prácticas internacionales, b) recomendaciones para mejorar el presente programa de control de la plaga de gorgojos, y c) identificación de las opciones viables desde la perspectiva económica y ecológica para restaurar los bosques afectados, considerando los posibles efectos de cambio climático.

### **1.5 Actividades Realizadas en la Primera y la Segunda Misión**

La primera misión en la cual participó Dr. Billings se llevó a cabo con el equipo de consultores del Proyecto BID entre el 13 y 17 de Junio del 2016. Dr. Billings eligió extender su visita a Honduras hasta el 23 de junio con el motivo de conocer mejor la situación actual de plaga y el programa de control del ICF.

Actividades realizadas por el equipo de BID durante los primeros 5 días de la primera misión se resumen en el informe nombrado Ayuda Memoria – Misión de Orientación, Junio 13-17 del 2016. En los siguientes 5 días (18-22 de Junio), el Dr. Billings se reunió con personal de la Unidad de Emergencia de Control de Plaga (UECP) del ICF para discutir el programa de control en más detalle, conseguir más datos importantes y hacer giras al campo en las regiones forestales Francisco Morazán y El Paraíso. Durante el último día de su estadía (22 de Junio), se hizo un sobrevuelo, junto con miembros de UCEP, sobre unas áreas de las regiones de Francisco Morazán, El Paraíso y Comayagua para observar la situación actual de la plaga y el programa de control. Este sobrevuelo, en una avioneta de la Fuerza Aérea Hondureña, proveyó la oportunidad también de tomar una serie de fotos digitales de la plaga existente y esfuerzos para detenerla.

Entre el 2 y el 12 del Septiembre del 2016, Dr. Billings cumplió su segunda misión al país. Durante esta misión, se preparó y presentó una presentación PowerPoint para informar al personal de ICF y otros miembros del equipo BID sobre el comportamiento del gorgojo de pino y los logros y

deficiencias del programa de control directo de la plaga existente. También, se presentaron las recomendaciones para establecer un departamento de sanidad forestal permanente bajo la administración de Dirección Ejecutivo de ICF. Dr. Billings participó con otros miembros del equipo en discusiones sobre Componente 2 del Proyecto y los presupuestos involucrados con cada componente del Proyecto.

El día 7 del Septiembre Dr. Billings se trasladó a U-NACIFOR para participar como instructor en un curso corto sobre el método “cortar y dejar” conjunto con el Ing. Vicente Espino y el Dr. Jorge Macías, consultores del Servicio Forestal de los Estados Unidos/Programas Internacionales. En la noche del mismo día, Dr. Billings presentó una charla para los estudiantes del primer año sobre el comportamiento y control del gorgojo del pino.

## **2. Evaluación de la Plaga Existente de Gorgojo del Pino y el Programa de Control**

### **2.1 Objetivos de la Evaluación**

Los objetivos de la evaluación presente son:

- Describir la situación actual de la plaga de 2013-2016
- Describir los logros principales y deficiencias del programa de control directo aplicado en Honduras desde 2014.
- Resumir los mejores prácticas disponibles para control plagas de *Dendroctonus frontalis* al orden internacional.
- Recomendar un programa permanente de sanidad forestal incluyendo un sistema de alerta temprana que se debería establecer en Honduras.

### **2.2 Situación actual de la plaga de gorgojo del pino (2013-2016)**

Al igual que la plaga de 1960, la plaga de 2013-2016 se concentró inicialmente en la parte alta de las elevaciones montañosas de la región de Olancho, principalmente en rodales de *P. oocarpa* que se habían regenerado tras la plaga masiva de 1960. La mayoría de los árboles afercatdos estaban en rodales naturales, densos, sin manejo forestal y de difícil acceso, principalmente en tierras de propiedad del estado. Los pinos que regeneraron tras la plaga del gorgojo descortezador de 1960 sería de aproximadamente 50 años de edad. (Vale mencionar que en un árbol de pino cortado en las operaciones de control en la Región de Francisco Morazán fue confirmada la edad mediante la metodología de cuenta de los anillos anuales, la cual puede ser más de 230 años (Billings, datos no publicados). Estos árboles demasiado maduros en rodales densos son huéspedes ideales para el gorgojo del pino (Coster et al. 1979, Coulson et al. 1974, Hedden y Billings 1979 y referencias citadas) (Figura 3).





**Fig. 3. Infestación por *D. frontalis* afectando bosques de *Pinus oocarpa* en el Distrito Forestal Olancho Oeste, Honduras en 2015 (Fotografía, R. Billings, 2015).**

Debido a que los esfuerzos de control en 2012-2014 fueron ineficientes, mal aplicados y con un retraso de 18 a 24 meses, las pérdidas por la plaga del gorgojo fueron elevadas en 2015. En Agosto del 2016 un análisis de imágenes de satélite realizado por el ICF documentó una pérdida total de más que 488,000 ha. en fase 3. Suponiendo un promedio de 60 m<sup>3</sup>/ha y un valor de 400 L/m<sup>3</sup>, este plaga de gorgojos representa un volumen total de madera impactada de 29.3 millones de metros cúbicos aproximadamente con un valor de madera de 1.17 mil millones de L. (U\$ 50.9 millones).

Desde Abril del 2016 la actividad del gorgojo parece estar en disminución, solamente había 32,400 hectareas de brotes activos (ICF 2016). La mayor actividad para este período se concentraba en las regiones forestales Francisco Morazán, Comayagua, El Paraíso y Olancho. Infestaciones activas adicionales estaban presentes en las otras 12 regiones forestales (Tabla 2). Las pérdidas de bosques de pinos varían ampliamente de una región a otra; un 81% se concentra en Olancho, Francisco Morazán y Yoro mientras que en las regiones de Gracias a Dios e Isla de la Bahía son 0%. Sobre la base de las infestaciones en fase 3 (copas rojas) visibles con imágenes de satélite, las pérdidas totales a partir de agosto el año 2016 se estiman en un 21.7% de todos los bosques de pino del país. Actualmente pinos infestados en fases 1 y 2 no están representados en este total y en consecuencia se sumarán a las cifras de pérdidas finales.

Los esfuerzos de control directo, utilizando los métodos de control cortar y dejar y franjas de contención, se aplicaron a 4,813 hectareas de un total 15,242 afectadas en el 2014, esto representa el 32% aproximadamente. Del área afectada en el 2015 los métodos de control se aplicaron a 115,552 hectareas, de un total de 389,024 hectareas, un total de área intervenida del 30% aproximadamente (ICF 2016). En los primeros 4 meses de 2016 un adicional de 68,758 hectareas fueron tratadas y en 15,700 ha se detectaron nuevas infestaciones. En este sentido la plaga parece ir en declive. En Agosto del 2016, según datos de imágenes de satélite, la superficie con brotes considerados activos había bajado hasta 14,183 hectareas o 3% del área total afectada

(Tabla 2). Las poblaciones de gorgojos secundarios (*Ips* spp.) han aumentado en 2016, siendo esto otra indicación de que la plaga de *D. frontalis* empieza a colapsar. Sin embargo, en Julio del presente año, la actividad del gorgojo empezó a aumentarse de nuevo en algunas regiones del país, tales como en Corralitos (Región Francisco Morazán). Por ahora los esfuerzos de control continúan.

Al fin de Septiembre de 2016, una gran porción de la Región Forestal de Francisco Morazán queda en la Zona A (abandonada por el gorgojo del pino, mientras el resto de dicha región queda en la Zona B (brotes activos). Con la continuación del programa de control, se espera que Francisco Morazán estará totalmente en la Zona A por el fin del año 2016. El programa de restauración de bosques del Proyecto BID está enfocado principalmente en ésta Región Forestal.

**Tabla 2: Resumen de la situación de plagas a nivel departamental, agosto del 2016 basado en imágenes de satélite (ICF comunicación personal, 30 de Agosto del 2016).**

Departamento	Activo	Inactivo	Área Afectada en ha.	Área de Bosque en ha.	Área de Bosque Resguardada en ha.	Porcentaje Afectado
Atlántida		17.15	<b>17.15</b>	47.49	30.34	36.10%
Choluteca		128.11	<b>128.11</b>	21,013.37	20,885.26	0.61%
Colón		1.64	<b>1.64</b>	2,259.15	2,257.51	0.07%
Comayagua	1,100.39	48,703.15	<b>49,803.54</b>	193,558.59	143,755.05	25.73%
Copán	2.63	53.97	<b>56.60</b>	46,598.21	46,541.61	0.12%
Cortés	634.92	3,273.17	<b>3,908.09</b>	24,274.46	20,366.38	16.10%
El Paraíso	57.75	24,974.27	<b>25,032.02</b>	166,477.30	141,445.28	15.04%
Francisco Morazán	11,204.27	102,395.60	<b>113,599.86</b>	399,223.88	285,624.02	28.46%
Gracias a Dios	0.00	0.00	<b>0.00</b>	227,915.22	227,915.22	0.00%
Intibucá	344.67	2,608.07	<b>2,952.74</b>	94,047.89	91,095.15	3.14%
Islas de la Bahía	0.00	0.00	<b>0.00</b>	305.39	305.39	0.00%
La Paz	819.49	2,676.18	<b>3,495.67</b>	97,451.19	93,955.52	3.59%
Lempira	17.77	117.06	<b>134.82</b>	117,418.27	117,283.45	0.11%
Ocatepeque	1.34	39.85	<b>41.19</b>	34,101.99	34,060.80	0.12%
Olancho		214,959.01	<b>214,959.01</b>	551,726.99	336,767.97	38.96%
Santa Barbara		6,269.49	<b>6,269.49</b>	81,872.41	75,602.92	7.66%
Valle		8.29	<b>8.29</b>	76.65	68.36	10.81%
Yoro		67,703.22	<b>67,703.22</b>	186,615.43	118,912.21	36.28%
<b>TOTAL</b>	<b>14,183.23</b>	<b>473,928.22</b>	<b>488,111.45</b>	<b>2,244,983.90</b>	<b>1,756,872.45</b>	<b>21.74%</b>

## 2.3 Factores que Contribuyen a la Severidad de la Plaga

La plaga del gorgojo descortezador de pino ocurrido en Honduras durante el período 2013 – 2016 es el más devastador en los últimos 50 años. Esta plaga se da debido a diversos y complejos factores, incluyendo el impacto del clima, abundantes áreas de bosque de pino susceptibles, cambios en la legislación forestal y un retrasado en el plan de control, entre otros factores.

Honduras ha sido reconocida como uno de los países con mayor probabilidad de ser afectados por el cambio climático. Un estudio de 2010 (Rivera et al., 2010) predijo que las plagas de *D. frontalis* se producirían con más frecuencia y con más severidad en Honduras debido al cambio climático, en particular el aumento de la temperatura ambiente. En 2014 y 2015, una sequía prolongada, relacionada con el fenómeno climático El Niño, hizo susceptibles a los bosques lo que predispone a pinos a los ataques del gorgojo *D. frontalis*.

Muchos de los rodales de pino son regeneración de la plaga ocurrida en 1960 y a la fecha tienen más de 50 años de edad; están localizados en mayor parte en terrenos del estado. Otra gran proporción de los bosques se han definido como reservas naturales y áreas protegidas, zonas donde no está permitido o rara vez se realizan entresacas, aprovechamientos forestales y control del gorgojo. De toda el área afectada por el gorgojo del pino, unas 40% se encuentra en bosques privados (ICF 2016). Los dueños de estos bosques varían mucho en sus aplicaciones de control del gorgojo usando cortar y dejar con algunos haciéndolo a tiempo y otros que no lo hacen o toman mucho tiempo en que lo hagan. En algunos casos, brotes activos con plantas de café debajo no son controlados porque los dueños quieren mantener la sombra proveída por los pinos y/o no quieren dañar las plantas de café al tumbar los pinos infestados.

El programa agresivo de control del gorgojo de los pinos que la Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR) implementó durante los años 1984 a 2007 mantuvo las poblaciones de gorgojos en los niveles muy bajos, en consecuencia las pérdidas de recursos del bosque durante este período fueron mínimos (Tabla 1). Irónicamente, aunque sea beneficioso en el corto plazo, un programa de control agresivo cuando no va acompañado de un programa de prevención (raleos y cosechas en rotación periódica) ha dado lugar a una gran cantidad de bosques de pinos altamente susceptibles a las plagas severas de gorgojos del pino.

El año 2013 fue uno de elección presidencial y el ICF dio poco énfasis al control de brotes de plaga. Había terminado con la Sección de Control de Plagas y caracía de gente capacitada en combate de plagas del gorgojo una vez que el Ing. Vicente Espino se retiró del programa de protección forestal. Además, no había fondos disponibles para llevar a cabo un programa de control. Estos factores resultaron en la aplicación de poco control de la plaga en su comienzo, permitiendo la crianza de poblaciones muy grandes de gorgojos del pino. Por estas razones entre otros, el programa de control necesario para hacer frente a la plaga no se puso en marcha sino hasta Septiembre del 2015; dos años después desde que se detectó la plaga. Para entonces la población de gorgojos se había incrementado a niveles muy altos y las infestaciones individuales

cubrían miles de hectareas, por lo que el control directo se hizo mucho más difícil y menos eficaz. Estos factores permitieron muchas pérdidas de madera y otros impactos ambientales y sociales.

## **2.4 Principales Logros del Programa de Control**

Honduras está sufriendo su peor plaga de gorgojo del pino en cincuenta años. Los métodos disponibles para controlar esta plaga y la respuesta del gobierno de Honduras difieren en gran medida de la respuesta a la plaga presentada a principios de 1960. Un resumen de los mayores logros, así como las principales deficiencias en el actual programa de control, se presentan a continuación.

- ICF actuó con respecto a la plaga de 2014 mediante el desarrollo de un plan de acción inicial (ICF 2014), la creación de un comité nacional (Comité Nacional de Protección Forestal, de Áreas Protegidas y Vida Silvestre o CONAPROFOR) y la inversión de más de 15 millones de lempiras (US\$ 600,000) del presupuesto nacional y fondos internacionales. Con ello logró reforzar las oficinas regionales en el Departamento de Olancho y comenzaron a aplicar un control directo. Una emergencia forestal nacional fue declarada en agosto de 2015 mediante Acuerdo Ejecutivo 051-2015.
- En Agosto del 2015 el ICF finalizó el Plan de Acción para el Control de la Plaga del Gorgojo del Pino lo cual describió con detalles lo que la organización y sus colaboradores iban a hacer para combatir la plaga (ICF 2015). En el mismo mes, el Congreso Hondureño aprobó unas 440 millones de lempiras para controlar la plaga existente
- Como parte del plan de acción, en Septiembre del 2015 el ICF creó la Unidad de Emergencia Para Controlar La Plaga (UECP) y así respondió mejor a la actual epidemia. Los profesionales forestales con experiencia previa con el gorgojo del pino en Honduras fueron asignados a este grupo. El UECP consiste en cuatro divisiones: (1) Control, (2) Capacitación y Supervisión, (3) Monitoreo, y (4) Utilización y Comercialización del Producto).
- Para controlar y supervisar los aspectos técnicos y financieros del programa de control, el ICF ha creado un comité interinstitucional (Comité Interinstitucional para el Control de la Plaga del Gorgojo Descortezador) que consta de 22 instituciones públicas y privadas. Este comité se ha reunido por lo menos 13 veces hasta la fecha (Agosto del 2015).
- El ICF solicitó y recibió asistencia técnica de expertos en el manejo del gorgojo descortezador del pino a través de los Programas Internacionales del Servicio Forestal de Estados Unidos. Durante una visita de asistencia técnica inicial por los Doctores Ronald Billings del Servicio Forestal de Texas, Stephen Clarke del Servicio Forestal de Estados Unidos y Jorge Macías consultor privado. En Noviembre de 2014 los expertos internacionales evaluaron la plaga existente desde el aire y terreno y se hicieron recomendaciones para un programa de supresión (Billings 2014, Clarke 2014) El Doctor

Billings realizó una nueva visita en Septiembre del 2015 y el Dr. Jorge Macías lo hizo de nuevo entre Enero y Marzo de 2016. Como resultado de estas visitas se formularon recomendaciones adicionales a ICF y U-NACIFOR. También, Honduras ha invitado otros expertos en sanidad forestal de México, Turquía, Chile y Estados Unidos para poder considerar todas las opciones disponibles y buscar soluciones al problema.

- Con base en las recomendaciones de Billings (2014, 2015) en Septiembre del 2015 el ICF contrató y entrenó a cinco coordinadores regionales de plagas para supervisar los esfuerzos de control en las siguientes regiones: Yoro, Olancho Este, Francisco Morazán, Comayagua y El Paraíso. Además, unas 200 Fuerzas de Tarea de Control, cada una compuesta de 5 operadores de motosierras, 6 ayudantes, y un técnico forestal fueron contratados para implementar los métodos de control cortar y dejar y franjas de contención (Billings y Espino 2005). En Marzo del 2016 se emplearon directa e indirectamente más de 3,700 personas (por contrato a corto plazo) para hacer frente a la plaga (ICF 2016).
- Con el apoyo financiero del Servicio Forestal de Estados Unidos/Programas Internacionales, el Ing. Vicente Espino fue contratado de forma temporal para proporcionar capacitación y supervisión al programa de control. La experiencia del Ing. Espino de más de 35 años en la lucha contra las plagas de gorgojo del pino en Honduras ha sido fundamental. Como jefe de la Unidad de Capacitación y Supervisión de la UECP ha logrado entrenar a silvicultores y técnicos forestales de ICF, técnicos forestales de empresas privadas, funcionarios de los municipios y soldados de la Fuerzas Armadas de Honduras entre otros que han ayudado con el programa de control.
- ICF tomó la decisión de seguir las recomendaciones dadas por Dr. Billings para hacer frente a las plagas en anteriores ocasiones en Honduras (Billings 1982, 1988, 2001, 2004, 2014, 2015). Para combatir la plaga del 2013-2016, el método de control cortar y dejar (Texas Forest Service 1975, Billings 1982, Billings y Espino 2005, Macias et al 2016) fue aplicado en lugar de otros posibles métodos de control químico, control biológico, quemas, etc. (Figura 4). Cuando se justificó se realizaron cortes alrededor del frente de infestaciones de rápido avance (franjas de contención) (Figura 5). Esta estrategia fue ampliamente utilizada y aplicada correctamente en la mayoría de los casos.
- Los técnicos forestales fueron entrenados con éxito para reconocer las tres fases del ataque de escarabajos de la corteza (fase 1, 2 y 3) lo que les permite identificar las infestaciones en expansión y establecer las prioridades de control (Billings et al. 1996, Billings y Espino 2005). En la actualidad, el concepto de fases de ataque del gorgojo del pino está bien reconocido por parte de la mayoría de gente local involucrada en el combate de la plaga del gorgojo descortezador en Honduras.
- Siguiendo las recomendaciones dadas por Billings en el 2015, el ICF aplicó con éxito el sistema de zonas, dividiendo la plaga en tres zonas diferentes. De esta manera los equipos de control se concentran en la Zona B donde la mayoría de las infestaciones presentes estaban activas. Mientras tanto, la detección temprana y el control inmediato se hicieron



con base en la Zona C (departamentos donde las nuevas infestaciones estaban empezando a aparecer). Los esfuerzos realizados en la Zona A, donde la mayoría de las infestaciones estaban inactivas, fueron concentrados en la cosecha de los árboles muertos, la prevención de los incendios forestales y la reforestación.



***Fig. 4: Ilustración del método de cortar y dejar realizado en Honduras y mostrando su efecto en el 2016. Se puede apreciar la inexistencia de arbolado infestado (Fotografía, R. Billings 2016).***



**Fig. 5. Franja de contención aplicada con éxito en Honduras para detener el avance de una infestación de *D. frontalis*. La franja constaba de pinos en Fase 1 y un número igual de pinos sanos adyacentes. (Fotografía, R. Billings 2002).**

- Con la ayuda financiera de China Taiwan, el ICF implementó la más reciente tecnología en sistemas de información geográfica; Landsat 8 y otras imágenes de satélite se utilizaron con éxito en el análisis de toda el área infestada. Se logró documentar los árboles que permanecían en la fase 3 (abandonado por escarabajos de la corteza) proporcionando de esta manera una documentación científica de la zona afectada y el avance de las infestaciones en el tiempo. Este análisis se realizó en cada departamento forestal que fue afectado por la plaga. Las imágenes de satélite se utilizan para documentar la cantidad de infestaciones activas y las que ya fueron controladas. Además permiten evaluar la eficacia de las prácticas de control.
- El Presidente de Honduras, Doctor Juan Orlando Hernández Alvarado, ha tomado un interés personal en el problema del gorgojo de pino y mantiene toda su atención sobre el ICF hasta logre controlar la plaga y resolver el problema de manera definitiva. En consecuencia, el señor Presidente y el Congreso de Honduras asignaron en Agosto de 2015 más de US \$20 millones para responder a la epidemia.
- Las municipalidades, grupos agroforestales, comunidades locales y otras partes interesadas proveyeron información de los brotes del gorgojo y muchos de ellos estuvieron comprometidos en el programa de detección y control. Durante los años 2015 y 2016, las personas que fueron capacitados para actuar en campo como vigilantes ambulantes han ayudado con la detección de nuevas infestaciones.

- Los técnicos forestales del ICF y del sector privado han usado sus teléfonos celulares para reportar a las oficinas del ICF nuevas infestaciones locales. Frecuentemente están enviando imágenes con la información de las coordenadas, área estimada de la infestación así como el nivel de actividad. Se estableció la línea telefónica directa 116 de modo que cualquier persona que vea en campo una infestación pueda reportarla directamente al ICF.
- Ciertas regiones forestales, por ejemplo, Occidente, Noroccidente, El Paraiso, Pacífico y Copan, han respondido rápidamente ante nuevos brotes aplicando el control poco después de haber sido detectados, minimizando de esta forma las pérdidas de los recursos.
- Se desarrolló el formulario de registro de datos estandarizados para el registro de los brotes detectados, brotes evaluados y brotes controlados, área afectada, volumen de madera afectado y volumen aprovechado.
- Hasta Abril del 2016 el ICF estimó que la plaga había afectado 442,390 has. en fase 3 (ICF 2016); de estas, se han controlado una superficie de 189,124 ha. (43%) con una inversión de 366,231,676 L (U \$16.6 millones) o un promedio de 1,936 L/ha controlada (Tabla 3) y se estima que se resguardaron 1,802,593 ha. de bosques puros de pino y bosques mixtos (Tabla 2).

**Tabla 3: Inversión (ejecutado) por el ICF para el control de la plaga de gorgojo del pino (2014 hasta abril del 2016) (ICF 2016).**

Año	Brotes detectados	Brotes controlados	Superficie controlada	Ha/brote	Inversión ejecutada (L)	Costo/ha controlada (L)
2014	7,528	455	4,813	10.6	1,418,684	294.8
2015	10,241	8,679	115,552	13.3	198,302,209	1,716.1
2016	??	8,956	68,760	7.7	166,510,783	2,431.6
Total (Promedio)		25,075	189,125	(7.54)	366,231,676	(1,936.45)

- En el PCM-003-2016 se estableció la simplificación de los procedimientos para la extracción de volúmenes afectados por la plaga. En respuesta a esto, hasta el fin de agosto del 2016, se ha autorizado la extracción de 1,128,317 m<sup>3</sup> y se ha aprovechado 594,651 m<sup>3</sup> según en el último informe de avance (ICF 2016b). Este total representa 5% del volumen total afectado en 2016 (10,767,858 m<sup>3</sup>).

## 2.5 Deficiencias en el Programa de Control

El programa de control que el ICF y sus colaboradores llevaron a cabo durante 2014-2016 sufrió de algunas deficiencias tales como:

- Sin duda el peor error ha sido no haber actuado de inmediato para controlar la plaga cuando detectó por primera vez en Gualaco en 2013. El control directo al nivel necesario se retrasó principalmente hasta que hubo recursos financieros suficientes en agosto de 2015, unos dos años después de haber iniciado la epidemia.
- La falta de una unidad permanente de control de plagas forestales dentro de ICF también contribuyó al retraso en la detección temprana y la respuesta a la plaga. La Unidad de Emergencia Para el Control de la Plaga (UECP) no se estableció hasta mediados de septiembre de 2015, más de dos años después de que se informó por primera vez la plaga.
- A finales de 2014 muchas infestaciones eran muy grandes y en rápida expansión (Billings 2014, Clarke, 2014), sobre todo en las regiones del noreste de Olancho (11,119 ha) y Olancho (3,022 ha). De hecho, de las aproximadamente 7,528 infestaciones detectadas, solamente 455 (6%) habían sido controladas. A la enorme

población de gorgojos descortezadores se le permitió a extenderse a otros 15 departamentos forestales del país (ver Tabla 2).

- Los esfuerzos para entrenar y equipar a los soldados con motosierras como un medio para apoyar el programa de control fallaron y no se cumplieron las expectativas. El mal uso de los equipos y los accidentes provocaron la interrupción de este esfuerzo de control.
- Algunos de los Departamentos Forestales no están manteniendo el registro preciso de los brotes detectados y controlados y en consecuencia no están transmitiendo la información a nivel regional y nacional. En realidad el número de brotes detectados y la proporción de las infestaciones controladas dentro de cada región son sólo estimaciones realizadas sobre la base de la superficie total visible desde las imágenes de satélite. Por lo tanto es difícil evaluar el estado actual y el éxito del programa de control.
- Tal vez se ha puesto demasiada confianza en el análisis de imágenes de satélite para detectar nuevas infestaciones. Dado que sólo los árboles que se encuentran en la fase 3 y brotes de al menos 5 hectáreas son detectables por las imágenes de satélite, en muchos lugares comenzaron las labores de control cuando ya eran grandes las áreas afectadas.
- Los primeros esfuerzos por reducir el avance de la plaga en zonas de infestación intermedia resultaron inútiles porque en algunos casos se cortaron muchos árboles sanos en forma de anillo alrededor de las áreas infestadas y se dejaron en pie árboles infestados (fase 1), permitiendo así que las poblaciones de escarabajos cruzaran a nuevas áreas.
- Durante la plaga existente, el porcentaje del volumen de madera aprovechada hasta la fecha ha sido bajo (probablemente al menos de 20%) y mucha madera se echó perder, debido a la falta de un buen mercado, acceso limitado, y otros obstáculos. Antes de aprovechar los pinos tumbados, los dueños de bosques privados tienen que cumplir con un Plan de Salvamento y otros trámites requeridos por el ICF, los cuales postergaron en muchos casos la cosecha hasta que la madera tenía poco valor en el mercado.
- La extracción y el aprovechamiento de la madera afectada por la plaga ha sido muy limitado hasta la fecha. En los primeros 8 meses del 2016, solamente ha autorizado la extracción de 1,128,317 m<sup>3</sup> de un total de 10,767,858 m<sup>3</sup> (10%) y ha aprovechado 594,651 m<sup>3</sup> (5%) (ICF 2016b).



En general el ICF ha respondido bien ante el segundo peor infestación de gorgojos de pino en la historia del país. A pesar de un comienzo lento, un programa de control agresivo desde el 2015 y la primera mitad del 2016, junto con las lluvias estacionales, parecen estar poniendo fin a la plaga actual. A partir de Agosto del 2016 las infestaciones activas no controladas se habían reducido a un estimado de 14,000 de hectareas (ICF 2016). Esta estimación probablemente es conservadora ya que los árboles atacados recientemente (fase 1) y los pinos infestados con cría del gorgojo (fase 2) no son detectables fácilmente por las imágenes de satélite. Además, Julio y Agosto es una temporada de mayor actividad del gorgojo en Honduras. En consecuencia, el ICF debe seguir las actividades de supresión hasta que la plaga esté completamente controlada. Más adelante se presentarán las recomendaciones para el resto del 2016 y del 2017.

## 2.6 Variación en la Actividad del Gorgojo de Pino con las Estaciones del Año

Los datos tomados por ICF del área afectada por el gorgojo medido periódicamente por imágenes de satélite se pueden utilizar para documentar cambios en el comportamiento del gorgojo debido a las estaciones del año. En Tabla 4, hay un listado del área total en fase 3 desde Marzo del 2014 hasta Diciembre del 2015. Los números en negro son datos actuales y los números en rojo son estimaciones. Usando los datos actuales (en negro) en Tabla 4, se puede estimar el área nuevo en fase 3 detectado por mes (columna E). Basado en el supuesto que las copas de los pinos en fase 1 y 2 demoran unos 2 meses para cambiarse de color verde hasta rojo y ser detectadas por imágenes de satélite, se puede estimar la cantidad de pinos en fases 1 y 2 por mes (Columna F). Si se divide el número en Columna F (área en fase 1 y 2) por el número en Columna E (área nuevo en fase 3), se puede calcular un factor de aumento por cada mes de la plaga. Por ejemplo, un factor de aumento de 2 significa que cada hectárea de bosques en fase 3 generó una cantidad de gorgojos suficiente para producir 2 hectáreas de pinos en fase 1 y 2. En cambio, un factor de aumento menos que uno indica que la cantidad de pinos en fase 3 produjo menos pinos en fase 1 y 2 durante el mismo mes.

La Figura 6 es un patrón de los factores de aumento mensual entre Abril del 2014 y Diciembre del 2015, basados en los datos de Tabla 5. Se nota que, según estos datos, hay dos temporadas de mayor aumento de poblaciones del gorgojo, uno en Julio-Agosto y otro en Febrero y Marzo. Probablemente, estos dos temporadas durante el año son relacionados con los picos de vuelo de larga distancia del gorgojo. También, este patrón indica que las condiciones ambientales no favorecen mayor aumento de las poblaciones del insecto durante los meses entre medio de estos dos picos, o sea desde Abril hasta Julio y Septiembre hasta Marzo. Así que, los métodos de control usando cortar y dejar o franjas de contención deberían tener mayor eficacia durante estos períodos entremedios.

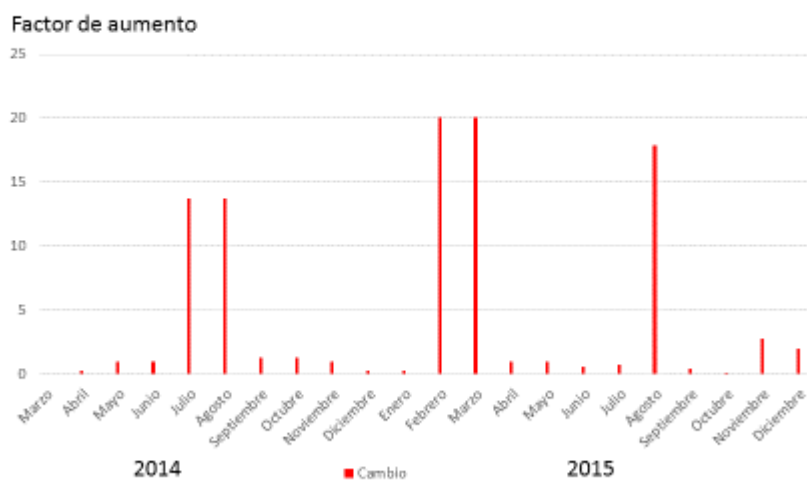
**Tabla 4: Estimación del área en fase 1, 2 basado en el área nueva detectada en fase 3 usando imágenes de satélite.** (se supone que los pinos demoran 2 meses para pasar de fase 1 y 2 hasta fase 3 o sea desde copa de color verde hasta rojo).

A	B	C	D	E	F	G
			nuevo	nuevo		
Año	Mes	fase 3*	fase 3	fase 3/mes	fase 1+2	Factor de
		ha	ha	ha	por mes	aumento
					ha	F/E

2014	Marzo	148	148		173	
	Abril	652	504	504	173	0.3
	Mayo	825		173	173	1
	Junio	999		173	173	1
	Julio	1,172		173	2,370	13.7
	Agosto	1,346	694	173	2,370	13.7
	Septiembre	3,716		2,370	3,137	1.3
	Octubre	6,085	4,739	2,370	3,137	1.3
	Noviembre	9,222		3,137	3,137	1
	Diciembre	12,359		3,137	1,018	0.3
2015	Enero	15,495	9,410	3,137	1,018	0.3
	Febrero	16,513		1,018	20,468	20.1
	Marzo	17,532	2,037	1,018	20,468	20.1
	Abril	38,000		20,468	20,655	1
	Mayo	58,467	40,935	20,468	20,655	1
	Junio	79,122		20,655	12,751	0.6
	Julio	99,777	41,310	20,655	13,518	0.7
	Agosto	112,528	12,751	12,751	228,310	17.9
	Septiembre	126,046	13,518	13,518	5,663	0.4
	Octubre	354,356	228,310	228,310	21,321	0.1
	Noviembre	360,019	5,663	5,663	15,165	2.8
	Diciembre	<u>381,340</u>	<u>21,321</u>	<u>21,321</u>	<u>15,165</u>	<u>2</u>

\* = datos en negro son datos actuales tomadas de los imágenes de satélite

Figura 6: Patron del cambio en la cantidad del área en fases 1 y 2 por mes (ha. en fases 1 + 2 por mes/ha. en nuevo fase 3 por mes) basado en datos de Tabla 4



## 2.7 Eficacia del programa de control

El ICF se destinó unos 1,418,684 L (U\$ 64,486) en 2014, 198,302,209 L (U\$ 9.01 millones) en 2015 para administrar el programa de control del gorgojo descortezador del pino. Hasta Abril del 2016, la inversión ejecutado fue 166,510,783 L (U\$ 7.57 millones). Con estos fondos, entre Marzo de 2014 y Abril de 2016 una superficie total de 189,125 hectáreas fueron tratadas por el método de Cortar y Dejar o Franjas de Contención, dando un promedio de 1,936 L/ha. (ver Tabla 3). Usando estas cifras y los supuestos enumerados en la Tabla 5 se realizó el análisis de costo-beneficio. Se supone que la superficie tratada consistió en talar el 70% de los árboles en las fases 1 y 2 y el 30% restante de árboles talados no infestados en las fajas preventivas. El valor de los árboles salvados por los controles de ejecución se estimó en un volumen de 60m<sup>3</sup>/ha con un valor de 400 L/m<sup>3</sup>.

En el escenario 1, el crecimiento de las infestaciones no tratadas se supone que es igual a la superficie de bosque que contiene árboles en la fase 1 y 2 para cada uno de 12 meses (una generación del gorgojo). En otras palabras, la población de gorgojos en la próxima generación mataría el mismo número de árboles sin expansión de la población. Por lo tanto, como se muestra en la Tabla 5, la superficie estimada de hectareas de bosque resguardada mediante la aplicación del control directo y el crecimiento de la infestación detectada es igual a 1,531,907 hectareas, los cuales tendría un valor estimado de 36.8 mil millones de lempiras (US\$ 1.67 mil millones) En este sentido la relación costo:beneficio sería 1 : 100.

Para el escenario 2, menos conservador y más realista, se utilizó el factor de crecimiento real de todas las infestaciones presentadas en 2015. En general en las regiones forestales la tasa de expansión promedio durante el periodo 2014-2015 fue de un factor de 24.5 (Tabla 1). Con el uso de este factor y la misma serie de cálculos que en el escenario 1 se estimó que el programa de control ha salvado a más de 3.2 millones de hectáreas de bosques de pino. El valor de los bosques resguardado se estimó en 76,481,856,000 L o 3.48 mil millones de dólares. El costo: beneficio usando este escenario es 1: 209.

Basado en estos dos escenarios, por tanto el programa de control realizado demostró ser muy eficaz en términos económicos. En escenario 1 y 2, no están incluido los costos de reforestación, cambio en el uso de suelo y otros impactos económicos, ecológicos y sociales evitados debido al control.

Además, es interesante analizar que Honduras sólo se tiene un estimado de 2.24 millones de hectáreas de bosques de pino y bosques mixtos, por lo que de no haberse activado los controles posiblemente Honduras hubiera perdido todos sus bosques de pino y los gorgojos descortezadores se habrían extendido a más de un millón de hectáreas en los países adyacentes. Todo esta conclusión es basado en el escenario 2.

## 2.8 Las Mejores Practicas Disponibles para el Control del *Dendroctonus frontalis*

El gorgojo del pino *Dendroctonus frontalis* es uno de las plagas forestales más agresivas en el mundo. El *D. frontalis* es capaz de cumplir hasta 10-12 generaciones al año en Honduras mientras que los

otras especies agresivas de *Dendroctonus* (*D. micans*, *D. ponderosae*, *D. rufipennis*, *D. brevicornis*) por lo general cumplen solamente de 1 hasta 3 generaciones al año. También, el *D. frontalis* tiene un comportamiento único en lo cual produce infestaciones en forma de brotes activos que puedan expandirse rápidamente por todo el año (o más), matando pinos sanos en grandes cantidades en el proceso (Billings 2011, Coulson et al. 1985, Hedden y Billings 1979, Thatcher et al. 1982). Un brote de *D. frontalis* en expansión consta de una población de gorgojos en todos los estados de vida, algunos como huevos, otros como larvas o pupas y otros en estado de adultos nuevos. Gorgos adultos al emerger de los pinos en un brote en expansión no vuelan largas distancias. Para buscar nuevos hospederos y crear la próxima generación de gorgojos, solamente vuelan al frente del brote atraídos por las feromonas que salen de pinos bajo ataque (fase 1). El brote en expansión es una verdadera crianza de gorgojos nuevos y sus ataques sirven para expandir el mismo brote en que se nacieron. El mismo brote puede expandirse a través de este proceso de emergencia de crías y producción de atraerentes hasta que termine el rodal de pinos o sea controlado por las brigadas de control.

Debido a estas características y comportamiento único, se han dedicado muchas décadas a la investigación, prevención y control directo de *D. frontalis* (Thatcher et al. 1980, Coulson y Klezig 2011 y referencias citadas). La experiencia tras los años en Estados Unidos y Centroamérica ha demostrado que, a pesar de su potencial de causar daños económicos, el *D. frontalis* es uno de los gorgojos descortezadores más fáciles de manejar y controlar si lo hacen

**Tabla 5: Análisis económico del programa de control hasta Abril del 2016 en Honduras.**

Escenario 1 (Conservador – se supone que la población de gorgojos no crece de una generación a la otra)

- Area controlada (consiste en el área en fase 1, fase 2 y faja preventiva): 2014 = 4,813 ha.; 2015 = 115,552 ha.; 4 meses del 2016 = 68,760 ha. Total = 189,125 ha. controladas
- Se supone un promedio de 30% queda en la faja preventiva (pinos sanos), el área total = 189,125 ha. x 70% = 132,387 ha. de área controlada en fases 1 y 2 (y 56,737 ha. en pinos sanos cortados).
- Si se supone que los gorgojos en cada hectárea en fase 1 y 2 matarán una cantidad de pinos igual en el próximo mes y seguirán haciendolo por 12 meses si el brote no fuera controlado, el área protegida con el control = 132,387 ha. x 12 = 1,588,644 ha. de bosques protegidos.
- Restando el área en pinos sanos sacrificados en las fajas preventivas, el total = 1,588,644 ha. menos 56,737 ha. o sea 1,531,907 ha. de bosques resguardados.
- Se supone un volumen promedio de 60 m<sup>3</sup> por ha. y un valor promedio de 400 L/m<sup>3</sup>, el valor de madera protegida = 1,531,907 ha. x 60 m<sup>3</sup>/ha. x 400 L/m<sup>3</sup> = 36,765,768,000 L o \$1.67 mil millones de dolares.
- Costo del programa de control (hasta abril de 2016) = 366,231,676 L o \$16.6 millones; basado en este escenario, el costo: beneficio del programa de control = 1: 100.3.

Escenario 2 (Más cerca de la realidad)

- Basado en datos de ICF (Tabla 1), cada ha. de brotes en 2014 se aumentó un promedio de 24.5 veces al fin de 2015. (Se supone que este factor de aumento habría sido aún más grande si no habría aplicado el control de algunos brotes en 2014 y 2015).
- Area controlada: 2014 = 4,813 ha.; 2015 = 115, 552 ha.; 4 meses en 2016 = 68,760 ha. Total = 189,125 ha.
- Se supone que 30% en la faja preventiva (pinos sanos), tal que el área total en fase 1 y 2 = 189,125 ha. x 70% = 132,387 ha. de área controlada en fases 1 y 2 (y 56,737 ha. en pinos sanos cortados).
- Se supone que cada hectárea de fase 1 y 2 crecerá por factor de 24.5 in 12 meses sin control, el área protegida con el control = 132,387 x 24.5 = 3,243,481 ha. protegidas.
- Restando el área en pinos sanos sacrificados en las fajas preventivas, el total = 3,242,4815 ha. menos 56,737 ha. o 3,186,744 ha. de bosques resguardados debido al control.
- Se supone un volumen promedio de 60 m<sup>3</sup> por ha. y un valor de 400 L/m<sup>3</sup>, el valor de madera protegida = 3,186,744 ha. x 60 m<sup>3</sup>/ha. x 400 L/m<sup>3</sup> = 76,481,856,000 L o \$3.48 mil millones de dolares.
- Costo del programa de control (hasta abril de 2016) = 366,231,676 L o \$16.6 millones U.S. basado en este escenario, el costo:beneficio del programa de control = 1 : 208.8.



usando programas de alerta temprana y control mientras que los brotes sean pequeños (Billings 1980, 1988, 2011, Clarke y Billings 2003, Redmond y Nettleton 1990).

En el sur de los Estados Unidos, donde se ha desarrollado la mayoría de la tecnología nueva para el manejo de esta peste, los programas más efectivos constan de sistemas permanentes de prevención, alerta temprana y control a tiempo (Billings 2011a, Clarke 2003). Se sabe que las plagas del gorgojo son relacionado con condiciones que debilitan los bosques de pino, tales como la falta de raleos y el mantenimiento de rodales muy densos (Coster y Searcy 1979, Hedden 1978, Hedden y Billings 1979 y referencias citadas). Se puede prevenir plagas por mantener bosques raleados (Belanger y Malac 1980, Belanger et al. 1993, Brown et al. 1987, Fettig et al. 2007, Guldin 2011 y referencias citadas) y cosecharlos cuando llegan a la edad de madurez (Coster y Searcy 1979, Coulson et al. 1974, Guldin 2011). Las plagas empiezan en bosques densos o sobremaduros durante períodos de estrés, tales como las sequías (Craighead 1925) o inundaciones o en pinos debilitados por incendios o resinación (Billings y Espino 2005). Una vez que la población de gorgojos llega a nivel muy alto (como en el 2014-2015 en Honduras), los gorgojos son capaces de atacar pinos sanos aún en bosques mixtos o malos.

A través de los años, se han aplicado muchos métodos directos en procesos experimentales y operativos para controlar plagas de *D. frontalis* en el sur de los Estados Unidos y Centroamérica (Thatcher y Searcy 1980, Billings 1980, 2011a). Métodos mecánicos incluyen el tumbar y descortezar pinos infestados y el cortar y dejar (Texas Forest Service 1975, Swain y Remion 1981), control químico usando insecticidas aplicadas en diesel (Billings 1980, 2011b) y el uso de semioquímicos del gorgojo mismo (Clarke et al. 1999, Strom y Clarke 2011 y literature citada).

La aplicación del insecticida BHC (hexacloruro de benceno) mezclado en aceite de diesel fue el método más usado para controlar plagas de *D. frontalis* en los Estados Unidos durante los años 1950s y 1960s. En 1970, se terminó de usar control químico debido a factores económicos y biológicos. La aplicación salió muy costosa y más que nada, se concluyó que el uso de insecticidas estaba prolongando la plaga debido a la muerte de los depredadores del gorgojo (Williamson y Vité 1971).

La aplicación experimental del repelente sintético “verbenone” ha dado buenos resultados para prevenir la expansión de brotes medianos y pequeños de *D. frontalis* en el sur de Estados Unidos (Clarke et al. 1999, Payne y Billings 1989), particularmente cuando los pinos en la fase 1 están tumbados como parte del tratamiento (Billings y Upton 1993). Esta aplicación todavía es experimental y sale muy costosa en situaciones forestales. También, otras posibles aplicaciones de semioquímicos de *D. frontalis* (ambos atrayentes y repelentes) queda en estado experimental en este momento (Strom y Clarke 2011, Sullivan 2016 y referencias citadas).

El control biológico es otra aplicación que se ha investigado para el control directo de plagas de *D. frontalis* (Stephen y Berisford 2011 y literature citada). La crianza y uso de depredadores tales como *Rhizophagus grandis* (Coleóptera: Rhizophagidae) para mantener niveles bajos del gorgojo descortezador *Dendroctonus micans* ha dado buenos resultados en Europa (Evans and Fielding 1996), especialmente en Turquía (Benz 1984). Desafortunadamente, hasta la fecha, no se ha aplicado control biológico para detener plagas de *D. frontalis*. Un obstáculo es que no existen los métodos de crianza para producir cantidades grandes de depredadores o parásitos de *D. frontalis* (Kulhavy y Miller 1989,

Stephen y Berisford 2011). Vale mencionar que la aplicación de cortar y dejar y franjas de contención en Honduras durante la presente plaga ha favorecido poblaciones de enemigos naturales de *D. frontalis* (Macias et al. 2016). En cambio, la aplicación de insecticidas o quemas a gran escala habría producidos efectos negativos a las poblaciones de enemigos naturales.

Desde 1970 en los Estados Unidos, al nivel operativo, se ha tenido éxito en el control de plagas del gorgojo del pino *D. frontalis* usando dos métodos mecánicos: cortar y aprovechar y cortar y dejar (Billings 1980, 2011a, Clarke y Billings 2003). Estos programas de control se han aplicado con eficiencia en terrenos federales, industriales y privados (Billings 1998, 2011a, Carter et al. 1991, Clarke y Billings 2003, Morris and Copony 1974, Redmond and Nettleton 1990, entre otros). Cortar y dejar ha dado buenos resultados en Honduras (Tabla 1), Nicaragua (Billings 2001b) y otros países Centroamericanos desde 1984 (Billings 1988, 2014, Billings et al. 2004). Este método de control sirve para interrumpir el avance de brotes en expansión con el fin de reducir las pérdidas económicas. Como se describe Billings (1988, 2011a) y con mas detalles en la nueva publicación en prensa sobre cortar y dejar (Macias et al. 2016), al tumbear los pinos bajo ataque (fase 1) y los pinos sanos adyacentes, no producen mas resina o atrayentes. El *D. frontalis* solamente ataca pinos en pie, así que al incluir la tumba de pinos sanos adyacentes (entre 10 y 20 m), se eliminan las fuentes de feromona que los gorgojos nuevos que emerjan dentro del brote o pinos tumbados son obligado a volar largas distancias y buscar otros pinos debilitados para atacar. Con las excepciones de dos estaciones del año (picos de vuelo), muchos adultos que dispersen fuera de brotes controlados por cortar y dejar se mueren por la falta de fuentes de atracción (feromonas que los atraen).

En los pinos infestados tumbados, las crías del gorgojo sufren debido al calor bajo la corteza, la competencia con otras especies de gorgojos descortezadores (genero *Ips*) (Billings 1974), y condiciones desfavorables de humedad (Ollieu 1969, Macias et al. 2016). Es importante notar que los métodos de cortar y dejar y la corte de franjas de contención solo sirve para *D. frontalis* y no para las otras especies de *Dendroctonus* u otros géneros de descortezadores. Su eficacia se debe, más que nada, al hecho que el gorgojo solo es capaz de volar largas distancias y establecer brotes nuevos durante dos períodos cortos del año (Febrero-Marzo y Agosto-Septiembre en Honduras). Así que, la aplicación de cortar y dejar sirve para detener la expansión de brotes entre medio de los picos de vuelo sin causar muchos brotes nuevos (Billings y Pase 1979b).

En resumen, el mejor sistema de manejo integrado disponible al orden internacional para el *Dendroctonus frontalis* consta de un sistema permanente de prevención, alerta temprana y control directo a tiempo. Se deben reconocer los factores que causan las plagas, mapear los bosques más susceptibles con sistemas de riesgo (Billings 1972, Billings et al. 1985, Birt 2011 y referencias citadas) y evitar tal condiciones cuando sea posible (Guldin 2011 y referencias citadas). Programas de prevención consta de un buen manejo de bosques con el fin de hacerles más resistentes al ataque de los gorgojos del pino. A los dueños privados, se deberá ofrecerles incentivos financieros para implementar raleos, tales como lo hacen en Texas (Billings et al. 2006) y otros estados de los Estados Unidos. Con el fin de mantener bosques sanos, es necesario establecer una estructura ejecutiva y operativa forestal por todas las regiones boscosas del país la cual permite prevenir y responder a plagas con programas efectivos de prevención y control directo aplicado a tiempo.

## **2.8 Recomendaciones para Control de la Plaga en 2016 y 2017**

### 2.8.1 Recomendaciones al Orden Nacional

A pesar de que la plaga del gorgojo descortezador del pino parece estar declinando hasta Septiembre del 2016, el ICF deberá continuar con los esfuerzos de control directo usando cortar y dejar hasta que la plaga está completamente bajo control. En el informe de avance de 13 de Septiembre del 2016, se estima que quedan solamente 8,415 ha de brotes activos por controlar (ICF 2016b). Si se supone que unas 3,000 Ha. de estos estarán activos (no controlados) al fines de 2016 y un costo de control de 2,000 L por Ha (Tabla 3), el programa de control requerirá unos 6 millones de lempiras (U \$261,000) para cumplir el control de los brotes existentes ahora en el año 2017. También existe la posibilidad de que se detecten más brotes activos en los últimos 3 meses del 2016. Si agregamos otros 1,000 ha. para brotes nuevos, el costo de control en el 2017 subiría hasta 8 millones de lempiras (U \$348,000) para controlar 4,000 ha. de brotes activos en 2017.

Entre los pasos más importantes a seguir al orden Nacional están:

- Durante plagas severas, no es posible aprovechar toda la madera afectada. Sin embargo, el ICF deberá reducir los trámites requeridos para que los dueños privados puedan aprovechar la madera afectada por plaga antes que se heche perder. Desafortunadamente, la mayoría de los pinos muertos por gorgojos en 2014 y 2015 que no haya sido aprovechado ya no se puede utilizar porque los árboles muertos llevan más que 9 meses en el campo. Vale mencionar que la mancha azul por si sola no afecta la calidad de la madera, solamente su color.
- Redefinir las Zonas A, B y C según Billings (2015) como un medio para volver a establecer las prioridades de control. La Zona C (la más recién plagada) debe incluir los Departamentos Forestales de Santa Bárbara, Cortés, La Paz, Intibucá, Choluteca, Lempira, Copán y Ocotepeque y otras con brotes pequeños. Los sobrevuelos de detección deben llevarse a cabo en Septiembre u Octubre del año 2016 sobre los departamentos referidos anteriormente. Se recomienda preferiblemente usar un equipo mapeo aéreo digital (Steiner 2011) para detectar todas las infestaciones activas antes que crezcan a más de media hectárea (5 ha es el minimo que se detectan com imágenes de satélite Landsat 8). Controlar todas las infestaciones en expansión con cortar y dejar o franjas de contención.
- La Zona B, donde permanecen el mayor número de infestaciones activas grandes, incluiría los departamentos de Francisco Morazán (una parte), La Paz, El Paraíso y porciones de Comayagua. En estas regiones forestales se recomienda utilizar imágenes de satélite actualizada obtenidas en agosto o septiembre de 2016, esto con el fin de identificar todas las grandes infestaciones que se mantienen activas. Controlar estos brotes con cortar y dejar y franjas de contención.
- La Zona A abarca los departamentos forestales que han sido muy afectados por la plaga pero que en la mayoría (o todos) los casos las infestaciones estan inactivas. Los departamentos forestales que se incluirían en la Zona A son la mayor parte de Franciso Morazán, Olancho, Yoro y porciones de Comayagua. Se recomienda centrar los esfuerzos

en la reforestación, la prevención del cambio de uso del suelo y la supresión y prevención de incendios durante la estación seca.

- Reubicar los coordinadores regionales de plagas y las brigadas de control hasta las Zonas B y C hasta que la plaga esté completamente terminada. Sobre la base de sus propias experiencias, con el personal de la UECP deben identificar y registrar las fortalezas y debilidades del programa de supresión 2014-2016 (qué acciones fueron eficaces ecológica y económicamente y cuales no fueron) ¿Que debe hacer de manera diferente antes y durante la próxima gran plaga de gorgojos descortezadores?
- El UECP deberá hacer un análisis económico de los costos y beneficios del control directo y de esta manera determinar la eficacia del método utilizado. Imágenes satelitales secuenciales serían útiles para documentar el crecimiento de la infestación de plagas controladas y no controladas.
- El ICF, en colaboración con U-NACIFOR y UNAH, debe comenzar a establecer un sistema de alerta temprana y ponerlo en práctica a lo largo de los bosques de pino de Honduras (ver recomendaciones abajo). Como fundamento del sistema de alerta temprana, el entomólogo forestal a U-NACIFOR y los técnicos forestales de UECP deben comenzar a utilizar trampas de feromonas monitoreadas durante todo el año para identificar o confirmar los picos principales de vuelo de larga distancia del *Dendroctonus frontalis* (Billings y Upton 2010, Macías y Nino 2014).
- El ICF debería establecer una unidad permanente de sanidad forestal para vigilar, prevenir y controlar futuros brotes de *Dendroctonus frontalis* y otros escarabajos de la corteza de los pinos. La unidad de sanidad forestal también debe supervisar y gestionar otros insectos forestales, enfermedades y especies invasoras (insectos, plantas, enfermedades) que pueden impactar en los bosques de Honduras en el futuro. Ver abajo para más detalles.

### **2.9.2 Recomendaciones al Orden Región y Departamento Forestal**

Para cumplir con el programa de control directo se recomienda lo siguiente al nivel de departamento forestal, particularmente los que están dentro de la Zona C (recién plagados):

- Es de especial relevancia mantener una buena base de datos y establecer un sistema de prioridades de control ya que cada sitio afectado tiene sus particularidades y no todos merecen la misma prioridad de atención. Se deben mantener el sistema de registros para tener datos confiables sobre la ubicación, reconocimiento terrestre, control y las pérdidas económicas de cada brote que se encuentre, dando a cada brote un código distinto. En cada municipio afectado con plagas se debe preparar un resumen mensual de datos que incluye 1) brotes detectados, 2) brotes evaluados, 3) brotes controlados, 4) brotes inactivos, 5) brotes que necesitan control, 6) volumen (m<sup>3</sup>) de madera afectada y 7) área (has.) afectada. Se debe revisar este resumen al comienzo de cada mes hasta que la plaga termine y se debe mandarse una copia al supervisor de la UECP.

- Dentro de cada sitio plagado se debe empezar por hacer el reconocimiento terrestre de todos los brotes existentes, asignándose una prioridad para el control de cada brote (o frente activo) según sean el grado de infestación, densidad, valor del bosque y otros factores (Tabla 6). Se debería dar mayor prioridad a los brotes con más capacidad de expandirse. Para esta actividad apoyarse en folleto “Guía de campo para la inspección terrestre” (Billings et. al 1990).
- Para el control de la plaga se debe dar énfasis a los brotes con alta prioridad (Tabla 6), utilizando el método de cortar y dejar o cortar franjas de contención (Macias et al. 2016, Billings et. al 1996b)

**Tabla 6: Cómo establecer prioridades de control y los métodos más recomendados para controlar brotes de *D. frontalis*.**

Características del brote	Prioridad	Método de control mas recomendado
Brotes grandes (más de 10 has)	1	Cortar franja de contención (30-50 m de ancho incluso todos los pinos de fase 1 más una faja de pinos sanos)
Brotes con 50 a 500 árboles en fase 1 y 2	2	Cortar y dejar (fase 1, 2 y faja de pinos sanos de 20 – 40m de ancho)
Brotes con 20 – 50 árboles en fase 1 y 2	3	Cortar y dejar (faja de 10-15 m)
Brotes pequeños (menos de 20 árboles en fase 1 y 2) sin mayor avance	4	Monitorear, no controlar

- Para detener el avance de los brotes muy grandes se debería empezar cortando los árboles en la primera fase de ataque junto con los árboles sanos más cercanos (franja de contención), extendiéndose la franja hasta 50 m de ancho o aún más ancho cuando sea necesario (Macias et al. 2016). Sin embargo, se debería notar que siempre es más fácil y menos costoso aplicar los métodos de control directo a brotes tan pronto como haya dado la detección y no dejarlos crecer a tamaño grande. Esta es la clave de un programa efectivo de control directo para el gorgojo descortezador de pino.
- En sitios con buen acceso se recomienda el aprovechamiento de árboles afectados por medio de cortas de salvamento (Texas Forest Service 1976, Billings et al. 1996). Este método si se aplica con prontitud puede producir un triple beneficio. 1°. Por derribar los árboles recién atacados más una franja preventiva de árboles sanos alrededor de la fuente activa se interrumpe el avance del brote causando su colapso. 2°. Una proporción de la población de gorgojos es removida y destruida en los aserraderos y, 3°. La utilización de la madera antes de su deterioro reduce las pérdidas económicas.
- Si es posible, los aserraderos deberán aprovechar todos los pinos tumbados en la faja preventiva y los de fase 1 y 2 tan pronto que sea posible después de la aplicación de control, mientras que la mayoría de los pinos en fase 3 sirven más que nada para leña o para la vida silvestre.
- Para prevenir ataque de barrenadores ambrosiales en las trozas aprovechadas, se debe aplicar un insecticida o mantener las trozas bajo sistemas de riego. El agua sirve para mantener alta humedad que proviene el ataque de barrenadores. Para exportar tablas de madera cortada de trozas de pino, se deberá fumigarlas con bromuro de metilo.
- Por cualquier razón, si no se puede realizar pronto la corta de salvamento, se deberán controlar primero brotes activos con avance usando el método de cortar y dejar o franja de contención (Macias et al. 2016). Los árboles cortados por este método se podrían utilizar cuando sea más conveniente dentro de 3 - 6 meses. Sin embargo, si existen muchos brotes activos en la zona resulta más valioso que las brigadas de control se dediquen a controlar el avance de todos los brotes activos por medio de cortar franjas de contención (solamente tumbando pinos en fase 1 y los sanos adyacentes). Una vez que todos los brotes con avance sean controlados se puede empezar con el saneamiento del sitio afectado para prepararlo para la regeneración natural. Brotes sin síntomas de avance (sin árboles en fase 1) merecen una baja prioridad de control. Por lo general, este tipo de brote se pondrá inactivo en poco tiempo

sin aumentar la plaga. Finalmente, los brotes que tengan solamente árboles de copa roja (fase 3) sin ninguna cría de gorgojo no necesitan controlarse.

- Se recomienda el método de cortar y dejar o cortar y aprovechar en lugar de los métodos más antiguos de cortar, apilar y quemar o cortar y aplicar insecticidas. El método de cortar, apilar y quemar requiere mucho más trabajo y demora más tiempo; además, si no se alcanza a quemar la corteza de los árboles afectados dentro de 2 o 3 semanas los gorgojos que sobrevivan habrán abandonado las trozas. El control químico tampoco se recomienda ya que el insecticida es costoso y su aplicación sirve para matar muchos insectos benéficos asociados con los gorgojos. De todos modos se ha encontrado que son pocos los gorgojos que pueden establecer nuevos brotes en la ausencia de atrayentes una vez que el brote ha sido controlado por el método de cortar y dejar o el cortar y aprovechar.
- A pesar de las experiencias en otros países, Turquía por ejemplo, donde las especies de gorgojos no son *D. frontalis*, no se recomienda el uso de trampas con feromonas para controlar plagas de *Dendroctonus frontalis*. La trampa no puede competir con un pino bajo ataque, aunque las trampas cebadas podrían servir para monitorear poblaciones de gorgojos (Billings 2010, Macias y Niño 2016).
- La crianza de depredadores y parásitos o la aplicación de hongos comerciales como la *Baeuveria bassiana* con el fin de controlar plagas de *D. frontalis* tampoco ha sido posible o efectivo hasta la fecha. El hecho que el ICF decidió no aplicar insecticidas en gran escala en su programa de control de *D. frontalis* ha favorecido el aumento de poblaciones indígenas de depredadores y estos enemigos naturales ayudarán en controlar la plaga existente.
- Se recomienda no usar insecticidas aún para fumigar trozas infestadas con gorgojos ya que cuesta mucho y no se puede aplicar en la concentración adecuada para matar las crías del gorgojo. También se sabe que el uso de insecticidas para combatir plagas de *Dendroctonus frontalis* puede causar más problemas que soluciones ya que el insecticida mata los depredadores, enemigos naturales del gorgojo (Williamson y Vité 1971). Hay métodos de control los cuales consisten en la aplicación de insecticidas sistémicos (emamectin benzoate, entre otros) pero tales métodos salen muy caros en situaciones de bosques rurales. Sin embargo estos insecticidas sistémicos pueden ser útiles para proteger pinos de alto valor en situaciones urbanas o cerca de casas. (Ver Grosman y Upton 2007, Grosman et al. 2009 para información sobre el insecticida sistémico emamectin benzoate).
- En todos los departamentos forestales se debe dar énfasis a la extensión y capacitación de los dueños de terrenos privados, las cooperativas forestales, las municipalidades, ONG y otros grupos o personas con intereses forestales dentro de las zonas plagadas. Los temas para la capacitación serían la detección, evaluación, control directo y prevención de *Dendroctonus frontalis*. Los técnicos forestales del gobierno deben priorizar la supervisión al aprovechamiento de madera de brotes en terrenos privados.
- Una vez que esté controlada la plaga actual los técnicos forestales de ICF deben recomendar a los propietarios de bosques de pino que reduzcan la susceptibilidad de los bosques a plagas de gorgojos en el futuro por medio de planes de manejo que incluyan los raleos y cortes de aprovechamientos periódicos.
- Se deben hacer los trámites necesarios para que los aserraderos cerca de zonas de plagas aumenten su aprovechamiento de árboles afectados o ya derribados, a fin de controlar los brotes más grandes y reducir las pérdidas económicas. Relacionado con esto, se debe rebajar o eliminar cualquier tarifa que se cobre a los dueños si la madera extraída es plagada



(fácilmente distinguible de la madera sana por los tubos de resina, las galerías en forma de “S” bajo la corteza y la mancha azul en la madera).

### **3. Propuesto para un Programa Permanente de Sanidad Forestal**

#### **3.1 Justificación**

Durante los últimos 15 años, varios países de Centroamérica han sufrido plagas causadas por los gorgojos descortezadores del pino, principalmente el *Dendroctonus frontalis* (Billings y Schmidtke 2002, Billings et al. 2004). Estos insectos han causado muchas pérdidas de recursos naturales en Belice, Nicaragua, Guatemala, Honduras y El Salvador y cada país ha tomado medidas diferentes para responder a las situaciones de crisis (Billings y Schmidtke 2002). Las plagas del gorgojo del pino han ocurrido más frecuentemente y con impactos económicos y ecológicos más severos en Honduras durante los últimos 50 años (Billings 1982, 1988, 2001, 2004, 2014, 2015, Hernández Paz 1975, Ketchum y Bennett 1964). Bajo la administración de la Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR), Honduras había desarrollado un programa de manejo de plagas que se mantenía con eficacia entre 1982 y 2007.

La nueva organización forestal (Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF), la cual se originó en 2008, no siguió con el mismo énfasis en sanidad forestal debido a la falta de plagas de gorgojos descortezadores de pino durante los años recientes y la carencia de los fondos necesarios para emplear especialistas de plagas, entre otras razones (Billings 2014). En los años 2013-2016, Honduras ha sufrido una plaga muy severa, causando la muerte de más que 488,000 hectáreas de bosques de pino. Esta plaga, la peor en 50 años, sirve para mostrar la necesidad de establecer y mantener un programa permanente de sanidad forestal en el país. La siguiente propuesta describe tal programa la cual podría ser desarrollada con el apoyo financiero del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) como Componente 2 de su Proyecto Manejo Sostenible de Bosques (HO-L1179).

Según los datos de Tabla 1, se puede concluir que las plagas del gorgojo del pino *Dendroctonus frontalis* son comunes en Honduras. Desde 1960, el país ha sufrido por lo menos 5 plagas (1963-1965, 1982-1984, 1986-1988, 2000-2005 y 2013-2016). Típicamente, las plagas duran de 3 hasta 6 años. Es muy raro tener un período de tiempo sin brotes de plaga en alguna región u otra del país, siendo las regiones de Olancho y Yoro las más plagadas históricamente. La experiencia de Honduras durante los últimos 50 años ha demostrado que programas de control directo probablemente no afectan la duración de plagas sino que sirven para reducir las pérdidas económicas, ecológicas y sociales. También, es importante notar que las pérdidas se aumentan rápidamente a niveles críticos si no aplican métodos de control directo a tiempo (antes que los brotes aumenten a tamaño grande) como fue el caso en la plaga del 2013-2016. Sin duda, dado los métodos de control disponible, los brotes pequeños son mucho más fáciles de controlar que los grandes. La clave para proteger los valiosos bosques de Honduras de plagas del gorgojo y otros problemas fitosanitarios sería la implementación y mantenimiento de un programa permanente de sanidad forestal como parte integral del Departamento de Protección Forestal de ICF. Las recomendaciones dadas aquí, si se implementan con los recursos financieros requeridos, deberán proveer estos resultados. Tal programa sería el más avanzado en Centroamérica.

### 3.2 Recomendaciones de Largo Plazo

La estrategia del manejo integrado de cualquier peste (insecto o enfermedad) de los bosques es basada en conocimiento de los factores los cuales producen bosques susceptibles a las plagas, crear condiciones para evitar tal susceptibilidad, el monitoreo constante de las áreas forestales para detectar a tiempo problemas fitosanitarios en combinación con la pronta aplicación de métodos de control en las infestaciones que se hayan detectado. Tan pronto como un ataque de peste sea detectado, las medidas de control directo son más efectivas si se aplican antes de que la población de la peste crezca en grandes proporciones. Se deben aplicar los métodos más eficientes y económicos que estén disponibles con un impacto ecológico y social mínimo. Para establecer o mejorar los programas de control y de prevención del gorgojo de la corteza y de otras pestes forestales en Honduras, se ofrecen las siguientes recomendaciones generales al orden nacional.

En la República de Honduras es urgente que se desarrolle un sistema de manejo integrado de plagas forestales que sea permanente en Honduras para evitar pérdidas similares a las de la última plaga (2013-2016) debido al gorgojo de pino y otros plagas potenciales en el futuro. La siguiente propuesta describe tal programa la cual podría ser desarrollada con el apoyo financiero del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) como parte de Componente 2 su Proyecto Manejo Sostenible de Bosques (HO-L1179).

#### 3.2.1 Crear el Departamento de Sanidad Forestal (SSF)

El ICF deberá establecer una unidad permanente de sanidad forestal al nivel nacional en Honduras con el fin de mantener el programa de protección contra plagas forestales. En 2015, el ICF estableció temporalmente la Unidad de Emergencia para el Control de la Plaga del Gorgojo de Pino (UECP) con gente profesional y capacitado en el combate de plagas. La recomendación principal sería establecer esta unidad y su personal existente como un departamento permanente bajo la Subdirección de Áreas Protegidas y Vida Silvestre. Tal Departamento de Sanidad Forestal (DSF) tendría como jefe un ingeniero forestal con experiencia en el combate de plagas de gorgojos de pino y con interés en entomología y/o patología forestal. Bajo la administración de este jefe, encontrarán tres Áreas de Trabajo responsable para 1) la alerta temprana y monitoreo (y registros de datos), 2) capacitación y conciencia pública, y 3) prevención y control. (ver la organigrama propuesta en Figura 7).

##### 3.2.1.1 Unidades Rurales de Protección Forestal

Para llevar a cabo los objetivos del DSF se deberá dividir el país en por lo menos 7 Unidades Rurales de Protección Forestal (URPF) como sigue:

Unidad	Regiones	Pinares (ha)
1	Olancho	300,000
2	Olancho Nor-Este	251,730
3	Yoro, Comayagua	380,174
4	Lempira, Intibucá, La Paz	308,917
5	Francisco Morazán	399,223
6	El Paraíso, Choluteca, Valle	187,567
7	Ocatepeque, Copán, Santa Barbara, Cortés Atlantida, Colón, Gracias a Dios	417,069

Se deberá asignar un técnico(a) o ingeniero(a) forestal capacitado en plagas forestales y incendios a cada URPF como coordinador regional de protección forestal con su propio oficina, vehículo y equipo.

**3.2.1.2 El Encargado Principal de DSF y La Coordinación Administrativa** se encargará de la gestión del departamento y supervisión de su personal en todos los aspectos técnicos en su representatividad nacional, asesorando y coordinado los aspectos científicos, normativas, procedimientos y métodos. Asistirá técnicamente a los áreas de trabajo del DSF, los coordinadores de sanidad forestal de URPF, departamentos, regionales involucradas y a los funcionarios técnicos de la Sección. La persona encargada del departamento deberá ser un ingeniero forestal con experiencia en programas de sanidad forestal y combate de plagas del gorgojo del pino en Honduras.

### **3.2.1.3 El Area de Trabajo de Alerta Temprana y Monitoreo**

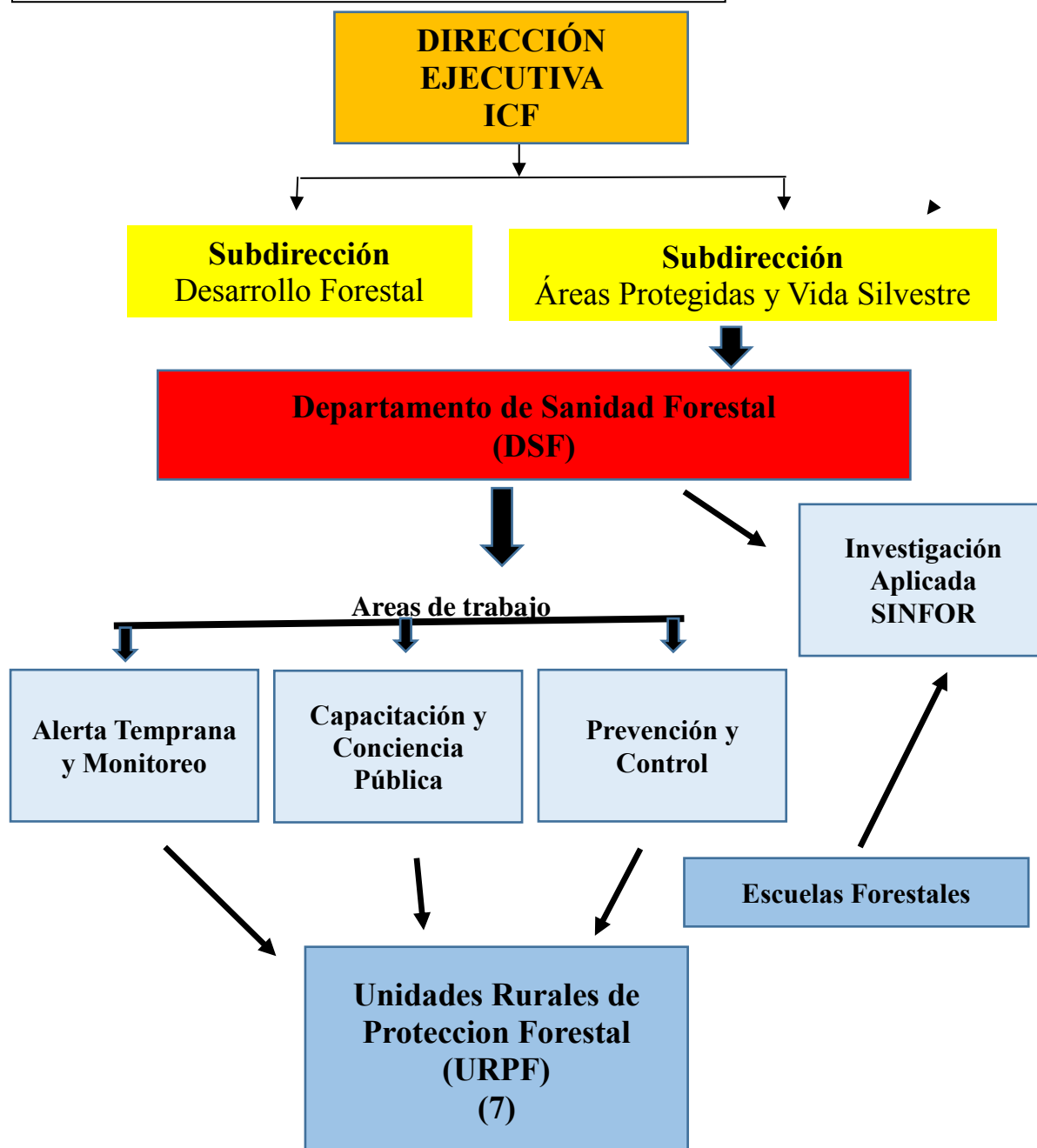
Esta área estaría responsable para el establecimiento y mantenimiento de un sistema permanente de alerta temprana en cada Unidad Rural de Protección Forestal (URPF). Un sistema de alerta temprana para proteger los bosques de pinos en el país tendría una red de trampas cebadas con feromonas de *D. frontalis*, 2) el monitoreo local, 3) estaciones agrometeorológicas, 4) sobrevuelos de áreas susceptibles a plagas, y 5) monitoreo con imágenes de satélite.

#### 1.) Red de trampas

Una red de trampas cebadas con la feromona de *D. frontalis* (frontalina y agarrás o trementina de pino) se deberá establecer en cada URPF. Ver Macias y Niño (2014). Para empezar, en dos regiones forestales (Olancho y Francisco Morazán, por ejemplo), deberán colocar 3 o 4 trampas en bosques de pino por dos años consecutivos y recoger los insectos cada semana con el fin de identificar los picos de vuelo de *D. frontalis*. Una vez establecidos los picos de vuelo (probablemente ocurren alrededor de marzo y agosto), se establecerán 10 trampas cebadas en cada URPF y monitorearlas por 4 o 6 semanas solamente durante estos picos. La cantidad de gorgojos (número o volumen en cm<sup>3</sup>) deben registrarse a los niveles del unidad y nacional.

Cada coordinador de URPF debería ser capacitado en el uso de trampas cebadas con semioquímicos para el monitoreo de descortezadores de pino. Macias y Niño (2016) ofrecen una guía con todos los detalles la cual describe como instalar y monitorear las trampas en bosques de pino. Siguiendo esta guía, cada coordinador deberá instalar y monitorear 6 trampas (6 trampas/unidad x 7 unidades = 43 trampas en total) cebadas con la feromona de *D. frontalis* en bosques de pino de su unidad durante los dos picos de vuelo del gorgojo y coleccionar los insectos capturados cada semana por seis semanas consecutivas. En cada colección de insectos, se deben separar y contar (o estimar) el número de gorgojos de pino y depredadores (de las familias Cleridae y Ostomidae). Otra opción sería enviar los insectos recogidos de cada trampa al entomólogo o biólogo en UNACIFOR y/o UNAH para ser identificado y contado. La información de las trampas se

Figura 7: Organograma del Departamento de Sanidad Forestal Propuesto



deberá registrar en una base de datos única nacional. Tal registro llevará la siguiente información: Lugar y unidad rural de sanidad forestal, fecha de inicio de trampeo, fecha de colección de insectos, número de días de trampeo, feromona usada, número de gorgojos colectados, número de depredadores según especie o familia y nombre de colector (ver Macias y Niño 2016). Una copia del registro deberá enviarse al jefe del Unidad Alerta Temprana y Monitoreo de DSF, quien estará responsable de hacer un análisis de todos los datos de trampas recibidas de los coordinadores de URPF.

Al nivel nacional, se deberá hacer una comparación de la abundancia de gorgojos y depredadores en cada URPF. Al final del año, se deberá investigar la relación entre la cantidad promedio de gorgojos captados por día (o semana) por trampa en cada URPF con el número de brotes detectados durante el año en la misma. Después de varios años, tal análisis, combinado con datos de las estaciones agrometeorológicas (descritos abajo) puede producir un sistema que sirva para pronosticar plagas del gorgojo de pino en el futuro (Billings 1988, Billings y Upton 2010).

Esta área de trabajo también deberá ponerse a cargo de establecer umbrales (número de brotes detectados por mil hectáreas de pino en la región) para definir una plaga. Tal umbral indicará la necesidad de hacer vuelos aéreos para detectar brotes nuevos, basado en datos conseguidos de las trampas. Personal capacitado en el uso de imágenes de satélite deberá seguir el análisis periódico de los departamentos forestales para detectar cualquier cambio en los bosques existentes con el fin de detectar nuevas plagas.

El mantenimiento de los registros de datos al nivel nacional (brotes detectados, brotes controlados, área y volumen afectadas y volumen aprovechada) conseguidos de los regionales forestales sería otra responsabilidad de esta área de trabajo.

## 2) Monitoreo local:

El monitoreo de los bosques por gente local se considera aún más importante que el monitoreo con trampas. El coordinador de cada URPF estará a cargo de capacitar a todos los técnicos forestales de los Departamentos Forestales bajo su administración con el fin de detectar cualquier problema fitosanitario que se encuentren en los bosques y viveros forestales locales. Todos los empleados de ICF en el terreno deben saber cómo identificar las tres fases del ataque del gorgojo de pino (Billings y Espino 2005) y avisarle al coordinador cuando detecten brotes nuevos.

Durante años de plaga del gorgojo de pino, el encargado de cada URPF deberá capacitar y emplear vigilantes ambulantes los cuales conocen el área local. Se deberá mantener la línea gratuita (116) para que la gente local pueda avisarle a la SSF de cualquier brote nuevo que se encuentre.

Como soporte al programa de capacitación y transferencia de conocimientos técnicos en el manejo de las plagas forestales, se debería crear una Red Nacional de Asistentes Técnicos Forestales de organizaciones oficiales y privadas, quienes estarían conectados a través de una plataforma virtual con dominio del jefe del Departamento de

Sanidad Forestal. La función de la Red sería la comunicación fluida e inmediata entre los técnicos de las diferentes regiones forestales y la consolidación de la base de datos de plagas forestales. Un ejemplo de una red funcional de asistentes técnicos puede ser consultada a través de LinkATA en Colombia. Para su conocimiento dirigirse a la siguiente dirección electrónica <http://linkata.co/>

### 3.) Estaciones agrometeorológicas:

Se recomienda la instalación de un mínimo de dos estaciones agrometeorológicas en cada unidad (URPF). Estas estaciones meteorológicas monitorearán las condiciones del clima local tales como la temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar, lluvia, dirección y velocidad del viento, humedad de suelo y presión atmosférica, entre otras. Los datos se envían por internet a una estación central. Estos datos se relacionarán con las capturas de gorgojos en trampas y contribuirán al desarrollo de un modelo para pronosticar plagas. La Estación Davis Pro2 Plus™ es un ejemplo de una estación agrometeorológica disponible por un costo de unos \$2,000 US cada una.

### 4.) Sobrevuelos:

Basado en información recibida de las trampas y del monitoreo local y las estaciones meteorológicas ubicadas en las unidades, el encargado de la Unidad de Alerta Temprana y Monitoreo deberá programar sobrevuelos de las áreas de alto riesgo. En el caso de plagas de *D. frontalis*, tales sobrevuelos deberán llevarse a cabo uno o dos meses después de los picos de dispersión del gorgojo, o sea en mayo y junio y/o octubre y noviembre. Se deben usar una avioneta de ala alta, como una Cessna 172, en vez de helicóptero para reducir costos. Sin embargo, para reducir costos, se debe averiguar la posibilidad de usar helicópteros o avionetas del Ejército Nacional o Fuerza Aérea para llevar a cabo los sobrevuelos. El protocolo para detectar brotes de *D. frontalis* durante los sobrevuelos lo describe Billings et al. (1996a). Cada vuelo constará de por lo menos tres personas: el coordinador de la URPF y otro observador (el encargado de la Unidad de Alerta Temprana y Monitoreo de DSF o el jefe regional de ICF) y el piloto. Cada observador deberá ser capacitado en el uso de mapeo digital (Steiner 2011) y utilizar tal tecnología nueva para registrar brotes nuevos durante el vuelo.

### 5.) Imágenes de satélite:

El DSF, como responsabilidad directa del Área de Trabajo de Alerta Temprana y Monitoreo, deberá mantener el análisis de imágenes de satélite (Landsat 8 y otros disponibles) como modo de monitorear la condición fitosanitaria de los bosques (ICF 2016). Este nivel de vigilancia servirá como el último recurso (y no el primero) para la detección de brotes nuevos y alerta temprana. En años sin plagas de gorgojo, el análisis de imágenes deberá cumplirse por lo menos cada seis meses, siendo los períodos óptimos los meses de mayo-junio y noviembre-diciembre. Estos son las temporadas del año en las cuales que se encuentran la mayoría de brotes nuevos en la fase 3 (ICF 2016) (ver Figura 6).

Dado el hecho de que los datos históricos de imágenes de satélite desde 2008 de Landsat 8 son gratuitos (U.S. Geological Service 2016), se recomienda que ICF haga un análisis de datos mensuales desde 2012 hasta 2017 de áreas afectadas por la plaga. El objetivo de tal análisis sería documentar las temporadas del año cuando *D. frontalis* tiene mayor capacidad de matar bosques de pino y cómo es relacionado con los picos de vuelo. Estos resultados servirán para indicar con más exactitud de las temporadas en que el cortar y dejar sea más efectivo (o sea las temporadas del año en las cuales los gorgojos son menos capaces de sobrevivir en brotes controlados, volar largas distancias y establecer brotes nuevos).

#### **3.2.1.4 El Area de Trabajo de Capacitación y Conciencia Pública**

Tendría como responsabilidades la capacitación de los especialistas de plagas regionales (los coordinadores de URPF), técnicos forestales de ICF y privados y otros actores involucrados en la sanidad forestal. Preparará folletos técnicos y otra información para educar al personal técnico de ICF, las municipalidades, comunidades y la gente pública sobre el tema de pestes forestales (insectos, enfermedades, plantas y otras pestes invasores). Ofrecerá talleres y cursos cortos de capacitación sobre sanidad forestal y la prevención y control de plagas de gorgojos del pino, entre otros enemigos del bosque. Mantendrá la comunicación entre todas las agencias involucradas en la protección forestal.

#### **3.2.1.5 El Area de Trabajo de Prevención y Control**

Será la responsable de desarrollar programas de prevención de plagas de gorgojos descortezadores a través de un buen manejo de bosques, utilizando prácticas de raleos, quemas prescriptas y otros métodos silvícolas. Si hay fondos disponibles para ofrecer incentivos a los dueños privados de bosques, el jefe de esta área de trabajo estaría responsable para administrar tal programa (Billings, et al. 2006). También, esta área de trabajo podría desarrollar un sistema de riesgo para plagas de gorgojos descortezadores de pino, utilizando variables tales como la densidad de rodales, su edad, la cantidad de bosques de pino por cada 5,000 o 10,000 has. de terreno, temperatura promedio, cantidad de lluvia y otros parámetros (Billings et al. 1985). El mapa de susceptibilidad lo cual ha desarrollado ICF basado en variables ambientales de temperatura, humedad, vegetación, área quemada y altitud (ICF 2016) puede servir como un buen modelo. Durante años de plaga del gorgojo descortezador del pino, esta área de trabajo tomará la responsabilidad de dirigir los programas de control directo.

#### **3.2.1.6 Investigación Aplicada Sobre Sanidad Forestal**

El Sistema de Investigación Forestal (SINFOR) es responsable de organizar y conducir investigaciones básicas y aplicadas sobre temas forestales. Bajo la administración de esta organización, el Proyecto BID deberá ofrecer un cierto número de becas de investigación sobre el comportamiento, prevención y control de agentes causales de plagas forestales, tales como los gorgojos descortezadores del pino. Por ejemplo, se necesitan más estudios sobre las biología y los comportamientos de *Dendroctonus frontalis*, *D. mesoamericanus* y otras pestes forestales con el fin de mejorar métodos de detección, monitoreo, prevención y supresión de plagas. El desarrollo y la evaluación de nuevos métodos de control directo, como el uso de hongos, quemas prescriptas, químicos sistémicos, y



feromonas o repelentes (semioquímicos), serán temas recomendados para investigar con las becas ofrecidas.

Se podría experimentar con el uso de una red de trampas cebadas con la fermona frontalina y agarráz para captar adultos de *D. frontalis* y mantener poblacones a niveles bajos en áreas de alto riesgo. Se debe probar y usar esta aplicación solamente durante años endémicos (poblaciones bajas del gorgojo) (Vité 1989). En investigaciones en progreso, Billings y otros (datos no publicados) han encontrado que las trampas cebadas con una combinación de frontalina y trementina de pino, con *endo*-brevicomina (ubicada a la distancia de 4 m de la trampa) atraen muchos más gorgojos que trampas cebadas solamente con frontalina y alfa-pineno.

Se ha descubierto que la frontalina y trementina de pino sirve para causar el ataque por *D. frontalis* de pinos individuales. Si se inyectan pinos aislados con un insecticida sistémica tal como emamectin benzoate (Grosman y Upton 2006; Grosman et al. 2009) unos 4 semanas antes de agregar las feromonas, el pino inyectado servirá como árbol trampa. Los gorgojos adultos atacarán el pino, pero mueren antes de que puedan poner huevos. (Para un listado de otros temas de investigación sugeridos ver la sección abajo sobre recomendaciones para las escuelas forestales).

Otras recomendaciones para la DSF serían:

- Se debería hacer lo necesario para coordinar todas las instituciones y los esfuerzos a nivel nacional y local para combatir cualquier plaga a tiempo y de forma integrada. Durante períodos de plagas, se debe iniciar un comité interinstitucional compuesto por un representante de cada uno de las organizaciones e instituciones nacionales e internacionales con intereses forestales (incluso organizaciones del gobierno, empresas forestales, ONG y organizaciones internacionales). La meta principal sería fomentar y mantener una mejor comunicación y coordinación a nivel nacional las cuales son requeridos para un buen programa de control de plagas forestales. A través de este comité, se podría llevar la situación a la atención del gobierno del país y conseguir más pronto el equipo y fondos de corto plazo necesarios para combatir la plaga eficientemente. En actualidad, el Comité Interinstitucional para el Control de la Plaga del Gorgojo de Pino, iniciado por el ICF como parte del Plan de Acción, es un buen ejemplo de tal comité (ICF 2015).
- Durante años de plaga, se deben proporcionar los recursos financieros requeridos para realizar vuelos de reconocimiento y detección sobre los departamentos forestales plagados (o los departamentos en los cuales una gran cantidad de gorgojos fueron captados en las trampas de alerta temprana). El supervisor del Departamento de Sanidad Forestal al nivel nacional se le deberá tener asignado su propio vehículo para poder salir al terreno y evaluar los proyectos de monitoreo, prevención y control cuando sea necesario.
- Se debe reconocer que la plaga de *Dendroctonus frontalis* es un problema asociado con el manejo a largo plazo de los bosques de pino. Al contrario, el control directo es una manera a corto plazo que sirve para reducir las pérdidas económicas potenciales – es sumamente necesario pero no es una solución permanente al problema. Dado que la plaga de *Dendroctonus* se debe en gran medida a la mayor edad y condición debilitada de los bosques motivado por los incendios, la resinación y la falta de raleos o de aprovechamiento, se debe dar más énfasis al combate de incendios forestales, la reducción de las resinaciones no controladas y a los raleos periódicos y cosechas a tiempo de los bosques de pino como modos de mantener la resistencia contra plagas de gorgojos descortezadores de pino. Así que, el DSF deberá formular un plan de protección de largo

plazo que describe los protocolos a seguir para proteger todos los bosques de Honduras y reducir su susceptibilidad al gorgojo del pino y otros problemas fitosanitarios. Tal plan deberá definir los procedimientos de manejo y control de plagas para bosques nacionales (áreas protegidas), ejidales y privados.

- Es importante que tomen decisiones a tiempo a nivel nacional para dedicar los fondos y personal necesario para combatir cualquier plaga. Periódicamente (cada 3 meses y a fin de año), el Departamento de Sanidad Forestal deberá publicar resúmenes de pérdidas económicas debido a la plaga y su estadio de control (y enviar copia al jefe de la RED de Centroamérica).
- Se deberá promover el aprendizaje del inglés en los técnicos de la unidad ya que casi toda literatura sobre los gorgojos del pino se encuentra publicada en inglés.
- El Proyecto de BID deberá ofrecer becas de dos años al nivel de maestría en una universidad con escuela forestal para capacitar a los coordinadores de URPF y jefes de las Areas de Trabajo del DSF en el campo de entomología y patología forestal y el manejo integrado de plagas forestales. Para los que no hablen inglés, algunas sugerencias serían el Ecosur en México, la Universidad Austral en Chile, y la Univeridad Autónoma de Nuevo León, México, además de las universidades nacionales de Honduras. Si hablan inglés, posibilidades dentro de los Estados Unidos serían Stephen F. Austin State University en Texas, la Universidad de Florida, la Universidad de Georgia, Universidad de Utah State, Northern Arizona State University, o la Universidad de Idaho. Cada beca deberá exigir que el candidato regrese al Honduras después de recibir su título para trabajar por lo menos 5 años en sanidad forestal.
- El Programa de Sanidad Forestal debe ser evaluado por un especialista internacional en plagas forestales después de su establecimiento y otra vez cada 2 años. La evaluación deberá incluir los logros y las deficiencias del nuevo programa además que recomendaciones para el futuro.
- Deberían realizar vuelos de detección que cubran 100% de los distritos forestales más plagados en la URPF cuando el DSF indica que las merezcan. Estos vuelos se deben hacer por lo menos dos veces al año en abril-mayo y septiembre-octubre, después de los picos de vuelo de larga distancia del gorgojo. En el vuelo de detección aérea, los observadores serían un representante del DSF al nivel nacional y el coordinador regional de plagas que pertenece a la URPF en la cual se está realizando el vuelo. Se debería obtener y aprovechar de sistemas digitales de detección aérea (digital sketch mapping) para registrar y trazar brotes detectados en los vuelos. Cada coordinador regional de sanidad forestal deberá ser capacitado en el uso de esta nueva tecnología (Steiner 2011).
- El coordinador regional de sanidad forestal estaría a cargo de revisar los proyectos de control en los departamentos forestales de su unidad dando recomendaciones en cuanto a las modificaciones necesarias para realizar el control de la plaga.
- Cada coordinador regional debería mantener un registro sumario de los datos de detección, inspección terrestre y control de brotes recibidos mensualmente de los distintos departamentos forestales con proyectos de control. Esta información se pasará al los jefes regionales y el jefe de SSE al nivel nacional para mantenerles informados del progreso de la plaga y su control.

- Durante años de plaga del gorgojo, cada coordinador de Unidad Rural de Protección Forestal enviará al coordinador nacional de DSF datos mensualmente sobre la plaga y programas de control en su unidad. El jefe del DSF prepararía un informe mensual a nivel nacional lo cual resumirá la plaga y esfuerzos para controlarla. Este informe también identificaría los problemas y las necesidades existentes en cada departamento forestal en relación al programa de control.
- Los datos registrados a los niveles de región forestal y nacional deben guardarse de forma permanente para tener una historia de la distribución y características de la presente plaga, una vez controlada.

### **3.2.2 Recomendaciones para el Fortalecimiento de las Escuelas Forestales**

Las escuelas forestales y universidades en Honduras juegan un papel importante en el desarrollo de un programa de sanidad forestal debido a sus capacitaciones de estudiantes y recursos para conducir investigaciones sobre insectos y enfermedades forestales. Las siguientes recomendaciones se dirigen a las escuelas forestales y sus facultades:

- Los entomólogos forestales y biólogos de la universidades y escuelas forestales deberían participar en mayor grado en la investigación de epidemias de plagas forestales, no sólo el gorgojo de la corteza, sino también los problemas nuevos de pestes que están empezando a aparecer en los bosques de pino y latifoliados (por ejemplo, muérdago verdadero, langosta gigante de pino, insectos defoliadores, polilla del brote, etc.). Para mejorar sus conocimientos de la biología, comportamiento y métodos disponibles de prevención y control, los especialistas de entomología forestal deben conseguir una copia de Coulson y Klepzig 2011.
- El Proyecto BID deberá ofrecer becas de investigación con el fin de apoyar estadios de maestría o doctorado en el campo de sanidad forestal. Cada candidato deberá preparar un propuesta que describe su estudio y los propuestos serían evaluados y seleccionados por un comité de personas profesionales (biólogos, entomólogos) de las varias universidades del país y ingenieros forestales de ICF.
- A los estudiantes del último año de cursos forestales se les debería dar la oportunidad de participar en el programa del control directo del gorgojo de la corteza que se está implementando en las diferentes regiones forestales. Esta experiencia les ayudará a prepararse más en la carrera forestal con las instituciones forestales del país.
- Los cursos de protección forestal deberían incorporar las varias guías en español sobre la detección aérea, la inspección terrestre, el control directo y la prevención del gorgojo del pino (Billings et al., 1990; 1996 a, b; Billings y Espino 2005, Macias y Niño 2014, Macias, Billings y Espino 2016) en las clases de entomología forestal para dar a los estudiantes un entrenamiento adecuado antes de su graduación.
- Los profesores de entomología forestal deberá establecer y mantener una colección de insectos forestales de referencia en la escuela, para poder identificar los insectos recogidos de las trampas y de los bosques del país. Cada insecto en la colección deberá ser etiquetado con la información básica, tal como el nombre científico, la fecha de

colección, el huesped, y nombre del coleccionista. Los insectos adultos se deberán guardar en cajas de Schmidt y los insectos inmaduros en frascos con alcohol (isopropílico de 70%). Cuando los coordinadores de URPF envían insectos a la U-NACIFOR o UNAH para identificación, esta colección de insectos será muy útil. Una buena colección de insectos de referencia se encuentra en U-NACIFOR y se debería hacer los esfuerzos necesarios para mantener y expandirla.

- Algunos de los estudiantes más interesados del último año de ingeniería forestal o los de maestría o doctorado deberían tener la oportunidad de hacer investigaciones (tesis de grado) sobre problemas fitosanitarios como plagas y enfermedades que afectan los bosques del país.
- Entre estudios de investigación necesitados sobre el gorgojo de pino, ofresco las siguientes sugerencias:
  - ✓ El monitoreo de trampas cebadas con feromonas por todo el año para determinar los picos de vuelo de larga distancia del gorgojo *D. frontalis*.
  - ✓ Identificación de los depredadores y parásitos enemigos naturales de *D. frontalis* y su abundancia e impacto como enemigos naturales.
  - ✓ La sobrevivencia y nivel de emergencia de adultos de *D. frontalis* en pinos tumbados en fase 1 y 2 como parte de cortar y dejar y cómo varía con las estaciones del año.
  - ✓ La eficacia de cortar y dejar para controlar brotes medianos y pequeños de *D. frontalis* y factores que la influyen.
  - ✓ La eficacia de cortar y desramar (o sacar la copa) para control de crías del gorgojo del pino en comparación a la de cortar y dejar.
  - ✓ La eficacia de franjas de contención para detener el avance de infestaciones grandes de *D. frontalis*.
  - ✓ La necesidad de cortar pinos sanos (faja de prevención) alrededor de los pinos en fase 1 en la aplicación de cortar y dejar y la anchura requerida para detener el avance de brotes de varios tamaños.
  - ✓ La eficacia de otros métodos de control directo, como el uso de fuego, insecticidas sistémicas, hongos (como *Beauveria bassiana*), feromonas y repelentes.
  - ✓ La biología y comportamiento de la nueva especie *Dendroctonus mesoamericanus* (Sullivan et al. 2016), y su relación a *D. frontalis* incluso su importancia como agente causal de plagas en el país.

- Los investigadores en las universidades y escuelas forestales deberán establecer y mantener comunicación con otros entomólogos forestales en los Estados Unidos, Europa, Mexico, Canada y otros países con plagas forestales y programas efectivos de sanidad forestal.

### 3.2.3 Recomendaciones al orden Centroamérica

Dado que las plagas de *Dendroctonus frontalis* son capaces de afectar los bosques de pino de varios países de Centroamérica (Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua), se ofrecen las siguientes recomendaciones generales para la región Centroamericana:

- En 2001, Billings (2001) recomendó establecer un Comité o Red Centroamericana de Manejo Integral de Plagas Forestales con el objetivo general de ofrecer mayor coordinación al control directo y prevención de plagas forestales existentes en la región de Centroamérica, con énfasis en la presente plaga de *Dendroctonus frontalis*. Actualmente, una red de especialistas fue formada y tuvo algunas reuniones, pero no ha estado muy activo en los últimos años, debido a varios factores (falta de fondos, ausencia de plagas del gorgojo, cambio en el personal técnico, etc.). Tal Red constaría de representantes de cada país afectado (Honduras, Nicaragua, Belice, Guatemala, El Salvador, y quisás Panamá, Costa Rica, República Dominicana y México). Los representantes deben ser los encargados del programa de protección contra plagas forestales a nivel nacional de cada país. Los miembros quedarían en contacto por medio de correo electrónico.
- Esta Red debería reunirse para preparar un plan estratégico de corto y de largo plazo para combatir cualquier plaga a nivel regional, aprovechándose para ello de las experiencias de Honduras, Nicaragua, Guatemala y los Estados Unidos en combatir plagas de *Dendroctonus*.
- En 2004, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ofreció una estrategia regional para sanidad y manejo forestal en América Central (FAO 2004) pero las recomendaciones no han sido llevadas a cabo hasta la fecha. FAO mantiene interés en la estrategia y está desarrollando nuevos esfuerzos en el tema (Pieter van Lierop, Oficial Forestal de FAO, comunicación personal). El ICF y DSF deberá apoyar y participar en una estrategia regional de sanidad forestal una vez establecida.
- El plan de manejo integral de plagas forestales debería constar de varios componentes, incluyendo: a) componente financiero para identificar agencias nacionales e internacionales y proyectos forestales que podrían proveer fondos, equipo y/o personal para combatir la plaga, b) componente de educación pública a nivel local y regional dentro de cada país, c) componente de capacitación (lo cual incluye técnicos forestales, dueños de bosques privados, industrias forestales, municipalidades de las zonas mas afectadas, grupos agroforestales, etc.), c) prospecciones aéreas de los bosques afectados para evaluar el nivel de la plaga existente en cada país, d) aplicación de métodos de detección y alerta temprana, inspección terrestre y control directo, usando la metodología más recomendada (véanse los tres folletos de Billings, et.al. 1990, 1996 a, b), e)

integración con programas de combate de incendios forestales, cooperativas y industrias forestales, y otros programas nacionales, regionales y locales en cada país.

- Se debería establecer un sistema standard para recoger datos de plaga, lo cual incluye un formato que contenga la siguiente información como mínimo: número de brotes detectados, evaluados, y controlados; área total afectada (en ha.); estimación de volúmenes (en metros cúbicos) de madera afectada y aprovechada; métodos de control usados y costos de control.
- Cada séis meses (1 de Enero y 1 de Julio ), la Red deberá preparar un informe que describa la situación de plagas de *Dendroctonus* a nivel internacional, indicando las zonas y países más afectados, número de brotes detectados, evaluados y controlados, las hectareas controladas y sin control, volúmenes de madera muerta y aprovechada y otros datos de interés regional. Este informe se distribuiría por medio del Internet. Tales datos se deben mantener en la computadora usando un programa standard preparado en MS Access.
- Un folleto a color, escrito en español, debería publicarse para ilustrar y describir la biología y manejo de gorgojos descortezadores del género *Ips* en Centroamérica.
- Si hay fondos disponibles, el Servicio Forestal de Texas (Dr. Billings), junto con personal de la Universidad de Georgia (Dr. Keith Douce) y el Instituto Politécnico de Virginia (Dr. Scott Salom), ofrecen desarrollar una página web en español que se describirá los insectos forestales dañinos de Centroamérica, con énfasis en los gorgojos descortezadores del género *Dendroctonus*. Información obtenida de cada país de Centroamérica sobre plagas de *Dendroctonus frontalis* saldría en esta pagina web y también en el “Southern Pine Beetle Internet Control Center”, una pagina web ([www.spbicc.vt.edu](http://www.spbicc.vt.edu)) que contiene mucha información sobre *Dendroctonus frontalis* y mantenida por el Instituto Politécnico de Virginia.

### **3.3 Impacto Esperado de la Implementación de la SSF**

Se espera que, con la implementación de una unidad permanente de sanidad forestal como la de SSF propuesto en este documento, se podrá evitar las pérdidas económicas, ecológicas y sociales que la República de Honduras haya sufrido en los últimos cuatro años. El siguiente análisis demuestra que tal programa tendría un impacto positivo que vale mucho más que cuesta. Basado en los datos históricos de Tabla 1, se puede comparar el programa de alerta temprana y control a tiempo aplicado en Honduras entre 1999 y 2002 con lo de control tardado el cual fue el caso en la plaga de los años 2012-2015. Para este análisis, se aplica el factor de aumento actual en 1999-2002 (bajo condiciones de detection temprana y control a tiempo) al área afectada en el comienzo de la plaga en 2012. El factor de aumento se define como el área final afectada después de cuatro años dividida por el área inicial afectada.

Según los cálculos explicados en la tabla 6, se puede concluir que un programa de alerta temprana y control a tiempo, como fue el protocolo durante la plaga de 1999-2002, habría ahorrado al gobierno Hondureño más que 301 millones de lempiras (U\$ 15.1 millones) solamente

en costos de control y habría resguardado unos 372,195 ha. de bosques de pino. Si se asume que el valor de una hectárea de pinos es 24,000 L/ha ( $60 \text{ m}^3/\text{ha} \times 400 \text{ lempiras/m}^3$ ), el valor de la madera resguardada sería 8.9 mil millones de L (U\$ 406 millones).

Con un presupuesto de unos 2.6 millones de dólares (ver presupuesto) por el primero 5 años, el programa propuesto de sanidad forestal tendría una relación costo : beneficio de 1: 156 (U\$ 406 millones /U\$ 2.6 millones).



**Tabla 6: Estimación de los beneficios de un programa de alerta temprana y control a tiempo de plagas de *Dendroctonus frontalis* en Honduras**

Años de Plaga	Area inicial afectada (ha.)	Area final afectada en 4 años (ha.)	Factor de aumento
1999-2002	497	24,829	50.0
2012-2015 (actual)	354	389,895	1101.4
2012-2015 (con control a tiempo)	354	17,700	50.0

- Multiplicando el factor de aumento de los años 1999-2002 (50.0) por el área inicial en 2012 (354 ha.), resulta en el total de 17,700 ha. Este es una estimación del área que habría sido plagada con un programa de alerta temprana y control a tiempo.
- Restando el área afectada de 17,700 ha. del área actual afectada en 2012-2015 (389,895 ha.), resulta en un área resguardada de 372,195 ha. (si habría aplicado el control a tiempo en 2013 – 2015).
- El valor de la madera en el área resguardada sería 372,195 ha. multiplicado por 60 m<sup>3</sup>/ha y 400 L/m<sup>3</sup> o un total de 8,932,680,000 L (U\$ 406 millones)
- Según los datos de ICF (ICF 2016), el costo actual de control tardado en 2014 a 2016 para controlar 189,124 ha. de brotes = 366,231,676 L. (U\$16.6 millones).
- Este representa un costo promedio de control de 1,936 L/ha. (U\$88/ha.).
- Así que, una estimación del costo de control a tiempo habría sido 17,700 ha. x 1,936 L./ha = 34,267,200 L (U\$1.56 millones).
- El costo adicional debido al programa de control tardado = 366,231,676 L. – 34,267,200 L. = 301,964,476 L. (U\$ 13.7 millones).

## 4. Bibliografía

### 4.1 Selección de Literatura Publicada Sobre el Gorgojo Descortezador *Dendroctonus frontalis*

**AFE-COHDEFOR. 2003.** Estrategia nacional para el manejo integrado del gorgojo de los pinos, Honduras. Documento no publicado.

- Armendez-Taledano, F., A. Niño, B.T. Sullivan, J. Macias-Samano, J. Victor, S.R. Clarke, and G. Zuñiga. 2014.** Two species within *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae): Evidence from morphological, karyological, molecular, and crossing studies. *Annals Entomol. Soc. of America* 107(1): 11-27.
- Amendáriz-Toledano, F., A. Niño, B.T. Sullivan, L.R. Kirkindall, and G. Zúñiga. 2015.** A new species of bark beetle, *Dendroctonus mesoamericanus* sp. Nov. (Curculionidae: Scolytinae), in southern Mexico and Central America. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 108:403-414.
- Beal, J.A., W.H. Bennett, and D.E. Ketchum. 1964.** Beetle explosion in Honduras. *American Forests* 70 (11): 31-33.
- Belanger, R.P., and B.F. Malac. 1980.** Silviculture can reduce losses from the southern pine beetle. USDA Forest Service Combined Research and Development Program. Agriculture Handbook 576, Washington, D.C. 17p.
- Belanger, R.P., R.L. Hedden, and J. Lorio, P.L. 1993.** Management strategies to reduce losses from the southern pine beetle. *Southern Journal Applied Forestry* 17: 150-154.
- Benz, G. 1984.** *Dendroctonus micans* in Turkey: the situation today. *In: Proceedings of the EEC Seminar on the Biological Control of Bark Beetles (Dendroctonus micans)*, Brussels, Belgium, 43-47.
- Berisford, C.W., R.H. Turnbow, and E.U. Brady. 1982.** Selective application of insecticides for prevention of southern pine beetle attack. *J. Econ. Entomol.* 73:458-461.
- Billings, R.F. 1974.** The Texas Forest Service southern pine beetle control program: Analysis of survey and control records to provide a basis for making improved operational decisions, pp. 54-57. *In* T. L. Payne, R. N. Coulson and R. C. Thatcher [eds.], *Southern Pine Beetle Symposium*. Texas A&M University, College Station, TX.
- Billings, R.F. 1980a.** Chapter 10: Direct control, pp. 179-192. *In* R. C. Thatcher, G. D. Hertel and J. L. Searcy [eds.], *Southern Pine Beetle. Technical Bulletin 1631*. USDA Forest Service, Expanded Southern Pine Beetle Research and Applications Program, Washington, D.C.
- Billings, R.F. 1980b.** Cut-and-leave for control of southern pine beetle. *Forest Farmer* 39: 6-7, 18.
- Billings, R.F. 1986.** Coping with forest insect pests in southern wilderness areas, with emphasis on the southern pine beetle, pp. 120-125. *In* D. L. Kulhavy and R. N. Conner [eds.], *Wilderness and Natural Areas in the Eastern United States: A Management Challenge*. Stephen F. Austin State University, College of Forestry, Nacogdoches, TX.
- Billings, R.F. 1988.** Forecasting southern pine beetle infestation trends with pheromone traps, pp. 295-305. *In* T. L. Payne and H. Saarenmaa [eds.], *Integrated Control of Scolytid Bark Beetles. Proc. XVII International Congress of Entomology*, Vancouver, B.C., Canada.
- Billings, R.F. 1995.** Direct control of the southern pine beetle: Rationale, effectiveness at the landscape level, and implications for future use of semiochemicals, pp. 313-329. *In* F. P. Hain, S. M. Salom, W. F. Ravlin, T. L. Payne and K. F. Raffa [eds.], *Behavior, Population Dynamics and Control of Forest Insects. Proceedings of International Union of Forestry Research Organizations Joint Conference*, Maui, HA.
- Billings, R.F. 1997.** Predicting southern pine beetle trends. *Forest Landowner* 56: 36-37.
- Billings, R.F. 1998.** Southern pine beetle outbreaks: Impact on Texas wilderness and adjacent private lands, pp. 76-83. *In* D. L. Kulhavy and M. H. Legg [eds.], *Wilderness and Natural Areas in Eastern North America: Research, Management, and Planning*. Stephen F. Austin State University, Nacogdoches, TX, Center for Applied Studies, Arthur Temple College of Forestry.
- Billings, R.F. 2011a.** Mechanical control of southern pine beetle infestations, pp.399-413. *In*, Coulson, R. N., and K. D. Klepzig (editors). 2011. *Southern Pine Beetle II*. USDA Forest Service, Southern Research Station, General Technical Report SRS-140. 511 p.
- Billings, R.F. 2011b.** Use of chemicals for prevention and control of southern pine beetle infestations, pp. 367 – 379. *In*, Coulson, R.N., and K.D. Klepzig (editors). 2011. *Southern Pine Beetle II*. USDA Forest Service, Southern Research Station, General Technical Report SRS-140. 511 p.

- Billings, R.F. 2011c.** Aerial detection, ground evaluation, and monitoring of the southern pine beetle: State perspectives. 2011. Pp. 245-261. *In*, Coulson, R. N., and K. D. Klepzig (editors). 2011. Southern Pine Beetle II. USDA Forest Service, Southern Research Station, General Technical Report SRS-140. 511 p.
- Billings, R.F., y R.S. Cameron. 1996.** Los escarabajos descortezadores del pino, con énfasis en *Dendroctonus frontalis*: Guía para la detección aérea. Texas Forest Service Publication 149. 27 p.
- Billings, R.F., and C. Doggett. 1980.** An aerial observer's guide for recognizing and reporting southern pine beetle spots. Agriculture Handbook 560, USDA Forest Service Combined Forest Pest R&D Program, Washington, D.C. 19 p.
- Billings, R.F., and V. Espino-Mendoza. 2005.** El gorgojo descortezador del pino (*Dendroctonus frontalis*) en Centroamerica: Como reconocer, prevenir, and controlar plagas. Texas Forest Service Publication 0605/15000. 19 p. (disponible en inglés a <http://www.barkbeetles.org/centralamerica/0605e.html>).
- Billings, R.F. y R. Hedden. 1979.** Southern pine beetle: Factors influencing the growth and decline of summer infestations in east Texas. Forest Science 25: 547-556.
- Billings, R.F., and B. Hynum. 1980.** Southern pine beetle: Guide for predicting timber losses from expanding spots in east Texas. Texas Forest Service Circular 249, Lufkin, Texas. 2 p.
- Billings, R.F., and Kibbe, C.A. 1978.** Seasonal relationships between southern pine beetle brood development and loblolly pine foliage color in east Texas. Southwestern Entomologist 3: 89-95.
- Billings, R.F., and H.A. Pase III. 1979a.** A field guide for ground checking southern pine beetle spots. Agriculture Handbook 560, USDA Forest Service Combined Forest Pest R&D Program, Washington, D.C. 19 p.
- Billings, R.F., and H.A. Pase III. 1979b.** Spot proliferation patterns as a measure of the area-wide effectiveness of southern pine beetle control tactics, pp. 86-97. *In* J. E. Coster and J. L. Searcy [eds.], Evaluating Control Tactics for the Southern Pine Beetle: Symposium Proceedings. USDA Expanded Southern Pine Beetle Research and Applications Program, Technical Bulletin 1613, Many, LA.
- Billings, R.F., and W.W. Upton. 1993.** Effectiveness of synthetic behavioral chemicals for manipulation and control of southern pine beetle infestations in east Texas, pp. 555-563. *In* Proc. 7<sup>th</sup> Biennial Southern Research Conf. Gen. Tech. Rpt SO-93, Mobil, AL. USDA Forest Service, Southern Experiment Station.
- Billings, R.F., and W.W. Upton. 2010.** A methodology for assessing annual risk of southern pine beetle outbreaks across the southern region using pheromone traps, pp. 73-85. *In* J. M. Pye, H. M. Rauscher, Y. Sands, D. C. Lee and J. S. Beatty [eds.], Advances in threat assessment and their application to forest and rangeland management. USDA Forest Service Pacific Northwest Research Station, Portland, OR. Gen. Tech. Rpt. PNW-GTR-802.
- Billings, R.F., and F.E. Varner. 1986.** Why control southern pine beetle infestations in wilderness areas? - The Four Notch and Huntsville State Park experiences, pp. 129-134. *in* D. L. Kulhavy and R. N. Conner [eds.], Wilderness and Natural Areas in the Eastern United States: A Management Challenge. Symposium Proceedings, Stephen F. Austin State University, Arthur Temple College of Forestry, Nacogdoches, TX.
- Billings, R. F., and J. D. Ward. 1984.** How to conduct a southern pine beetle aerial detection survey. Texas Forest Service Circular 267, College Station, TX.
- Billings, R.F., J.E. Flores y R.S. Cameron. 1996.** Los escarabajos descortezadores del pino, con énfasis en *Dendroctonus frontalis*: Métodos de control directo. Texas Forest Service Publication 150. 27 p.
- Billings, R.F., H.A. Pase y J.E. Flores. 1991.** Los escarabajos descortezadores del pino, con énfasis en *Dendroctonus frontalis*: Guía de campo para la inspección terrestre. Texas Forest Service Publication 146. 19 p.
- Billings, R.F., L.A. Smith, and M. Murphrey. 2006.** How to prevent southern pine beetle infestations: A guide to cost sharing thinning operations in east Texas. Texas Forest Service Publication 3/06/5000, College Station, TX. 19 p.
- Billings, R.F., S.R. Clarke, V. Espino-Mendoza, P. Cordon-Cabrera, B. Melendez-Figueroa, J. Ramon-Campos, and G. Baeza. 2004** Gorgojo descortezador e incendios: Una combinación devastadora para los pinares de América Central. Unasylva 55: 15-21.
- Branham, S.J., and R.C. Thatcher, eds. 1985.** Integrated pest management research symposium: The proceedings. USDA Forest Service Southern Forest Experiment Station, Pineville, LA. 383 p.
- Brown, M.W., T.E. Nebeker, and C.R. Honea. 1987.** Thinning increases resistance to bark beetles. Southern Journal Applied Forestry 11: 28-31.
- Cameron, R.S., and R.F. Billings. 1988.** Southern Pine Beetle: Factors associated with spot occurrence and spread in young plantations. Southern Journal of Applied Forestry 12: 208-214.
- Carter, D.R., J. O'Laughlin, and C. McKinney. 1991.** Southern pine beetle impacts and control policy in the 1982-1986 Texas epidemic. Southern Journal Applied Forestry 15: 145-153.

- Clarke, S.R. 2003.** Review of the operational IPM program for the southern pine beetle. *Integrated Pest Management Review* 6: 293-301.
- Clarke, S.R. 2014.** Trip report: Evaluation of a pine bark beetle outbreak in Honduras, November 13-28, 2014. Unpublished report prepared for U. S. Forest Service. Lufkin, TX 10 pp.
- Clarke, S.R., and R.F. Billings. 2003.** Analysis of the southern pine beetle suppression program on the National Forests in Texas in the 1990s. *Southern Journal Applied Forestry* 27: 122-129.
- Clarke, S.R., and J.T. Nowak. 2009.** Southern pine beetle. USDA Forest Service, Forest Insect and Disease Leaflet 49, FS-R6-RO-FIDL49, Portland, OR. 8 p.
- Clarke, S.R., R.F. Billings, and R.E. Evans. 2000.** Influence of pine bark beetles on the West Gulf Coastal Plain. *Texas Journal of Science* 52: Supplement: 105-126.
- Clarke, S.R., R.F. Billings, S.M. Salom, C.W. Berisford, W.W. Upton, Q.C. McClellan, and M.J. Dalusky. 1999.** A scents-ible approach to controlling southern pine beetles: Two new tactics using verbenone. *Journal of Forestry* 97 (7): 26-31.
- Coppedge, B.R., F.M. Stephen, and G.W. Felton. 1994.** Variation in size and lipid content of adult southern pine beetles, *Dendroctonus frontalis* Zimmermann (Coleoptera: Scolytidae) in relation to season. *Journal of Entomological Science* 29: 570-579.
- Coster, J.E., and P.C. Johnson. 1979.** Characterizing flight aggregation of the southern pine beetle. *Environmental Entomology* 8: 381-387.
- Coster, J.E., and J.L. Searcy, eds. 1979.** Evaluating control tactics for the southern pine beetle. Symposium Proc., Tech. Bulletin 1613, USDA Forest Service, Washington, D.C.
- Coster, J.E., and J.L. Searcy, eds. 1979.** Site, stand and host characteristics of southern pine beetle infestations. Technical Bulletin No. 1612. USDA Forest Service, Pineville, LA. 115 p.
- Coster, J.E., T.L. Payne, E.R. Hart, and L.J. Edson. 1977a.** Aggregation of the southern pine beetle in response to attractive host trees. *Environmental Entomology* 6: 725-731.
- Coster, J.E., T.L. Payne, E.R. Hart, and L.J. Edson. 1977b.** Seasonal variations in mass attack behavior of the southern pine beetle. *Journal of the Georgia Entomological Society* 12: 204-211.
- Coulson, R.N. 1979.** Population dynamics of bark beetles. *Annual Review of Entomology* 24: 417-447.
- Coulson, R.N. 1980.** Chapter 5: Population Dynamics, pp. 71-105. In R. C. Thatcher, G. D. Hertel and J. L. Searcy [eds.], *The Southern Pine Beetle*. USDA Forest Service Expanded Southern Pine Beetle Research and Applications Program. Technical Bulletin 1631, Washington, D.C.
- Coulson, R.N., and H. Saarenmaa. 2011.** Integrated pest management of the southern pine beetle. Pp. 431 – 446. In, Coulson, R. N., and K. D. Klepzig (eds.). 2011. *Southern Pine Beetle II*. USDA Forest Service, Southern Research Station, General Technical Report SRS-140. 511 p.
- Coulson, R.N., and K.D. Klepzig (editors). 2011.** *Southern Pine Beetle II*. USDA Forest Service, Southern Research Station, General Technical Report SRS-140. 511 p.
- Coulson, R. N., F. P. Hain, and T. L. Payne. 1974.** Radial growth characteristics and stand density of loblolly pine in relation to the occurrence of the southern pine beetle. *Environmental Entomology* 3: 425-428.
- Coulson, R.N., J.W. Fitzgerald, B.A. McFadden, P.E. Pulley, C.N. Lovelady, and J.R. Giardino. 1996.** Functional heterogeneity of forest landscapes: How host defenses influence epidemiology of the southern pine beetle, pp. 272-286. In M. J. Mattson, P. Niemela and M. Rousi [eds.], *Dynamics of Forest Herbivory: Quest for Pattern and Principle*. USDA Forest Service General Technical Report NC-183, North Central Forest Experiment Station, St. Paul, MN.
- Coulson, R.N., R.O. Flamm, T.L. Wagner, E.J. Rykiel, P.J.H. Sharpe, T.L. Payne, and S.K. Lin. 1985.** Population dynamics of initiation and growth of southern pine beetle infestations. USDA Forest Service Southern Forest Experiment Station, General Technical Report SO-56, Pineville, LA. 383 p.
- Coulson, R.N., R.O. Flamm, P.E. Pulley, T.L. Payne, E.J. Rykiel, and T.L. Wagner. 1986.** Response of the southern pine beetle guild (Coleoptera: Scolytidae) to host disturbance. *Journal of Economic Entomology* 15: 850-858.
- Coulson, R. N., P. B. Hennier, R. O. Flamm, E. J. Rykiel, L. C. Hu, and T. L. Payne. 1983.** The role of lightning in the epidemiology of the southern pine beetle. *Zeitschrift angew Entomologie* 96: 182-193.
- Coulson, R.N., K.D. Klepzig, T.E. Nebeker, F.L. Oliveria, S.M. Salom, F.M. Stephen, and H.J. Meyer. 2003.** The research, development, and applications agenda for a southern pine beetle pest management program. Proceedings of a Facilitated Workshop, Texas A&M University, August 11-14, 2003, Mountain Lake, VA.
- Coulson, R.N., B.A. McFadden, P.E. Pulley, C.N. Lovelady, J.W. Fitzgerald, and S.B. Jack. 1999.** Heterogeneity of forest landscapes and the distribution and abundance of the southern pine beetle. *Forest Ecology and Management* 114: 471-485.

- Coulson, R.N., T.L. Payne, J.E. Coster, and M.W. Houseweart. 1972.** The southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* Zimm. (Coleoptera: Scolytidae). Texas Forest Service, College Station, TX. 38 p.
- Craighead, F.C. 1925.** Bark beetle epidemics and rainfall deficiency. *Journal of Economic Entomology* 18: 557-586.
- Cronin, J.T., P. Turchin, J.L. Hayes, and C.A. Steiner. 1999.** Area-wide efficacy of a localized pest management practice. *Environmental Entomology* 28: 496-504.
- DeSteiger, J.E., R.L. Hedden, and J.M. Pye. 1987.** Optimal level of expenditure to control southern pine beetle. USDA Forest Service Southeastern Forest Experiment Station SE-265, Asheville, NC. 30 p.
- Dixon, J.C., and E.A. Osgood. 1961.** Southern pine beetle: Review of present knowledge. USDA Forest Service Southeastern Forest Experiment Station, SE 128, Asheville, NC. 38 p.
- FAO. 2004.** Estrategia regional para sanidad y manejo forestal en América Central. FAO Project TCP/RLA/2803(A). United Nations Food and Agriculture Organization. 55 p.
- Fettig, C.J., K.D. Klepzig, R.F. Billings, A.S. Munson, T.E. Nebeker, J.F. Negrón, and J.T. Nowak. 2007.** The effectiveness of vegetation management practices for prevention and control of bark beetle infestations in coniferous forests of the western and southern United States. *Forest Ecology and Management* 238: 24-53.
- Fitzgerald, J.W., R.N. Coulson, P.E. Pulley, R.O. Flamm, F.L. Oliveria, K.M. Swain, and D.B. Drummond. 1994.** Suppression tactics for *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae): An examination of the occurrence of infestations adjacent to treatment sites. *Journal of Economic Entomology* 87: 417-425.
- Fitzpatrick, G., W.W. Neel, and J.H. Lashomb. 1979.** Effectiveness and survivorship of *Dendroctonus frontalis* from three species of insecticide treated pines. *Journal of the Georgia Entomological Society* 14: 16-23.
- Fox, G.D., J.A. Beal, W.R. Smith, J.W. Bongberg, and M. Becker. 1964.** Southern pine beetle in Honduras: Appraisal and recommendations: USDA Forest Service unpublished report. 41 p.
- Gara, R.I. 1967.** Studies on the attack behavior of the southern pine beetle. I. The spreading and collapse of outbreaks. *Contributions Boyce Thompson Institute* 24: 77-86.
- Gara, R.I., and J.E. Coster. 1968.** Studies on the attack behavior of the southern pine beetle. III. Sequence of tree infestation within stands. *Contributions Boyce Thompson Institute* 24: 77-85.
- Gaumer, G.C., and R.I. Gara. 1967.** Effects of phloem temperature and moisture content on the development of the southern pine beetle. *Contributions Boyce Thompson Institute* 23: 373-378.
- Grosman, D.M. and W.W. Upton 2006.** Efficacy of systemic insecticides for protection of loblolly pine against southern pine engraver beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) and wood borers (Coleoptera: Cerambycidae). *J. Econ. Entomol.* 99: 94-101.
- Grosman, D.M., S.R. Clarke and W.W. Upton. 2009.** Efficacy of two systemic insecticides injected into loblolly pine for protection against southern pine bark beetles (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.* 102: 1062-1069.
- Guldin, J.M. 2011.** Silvicultural considerations in managing southern pine stands in the context of southern pine beetle, Pp. 317-352. In, Coulson, R.N., and K.D. Klepzig (editors). 2011. Southern Pine Beetle II. USDA Forest Service, Southern Research Station, General Technical Report SRS-140. 511 p.
- Hedden, R.L. 1978.** The need for intensive forest management to reduce southern pine beetle activity in east Texas. *Southern Journal of Applied Forestry* 2: 19-22.
- Hedden, R.L. 1985.** Simulation of southern pine beetle associated timber loss using CLEMBEETLE, pp. 288-291. In S. J. Branham and R. C. Thatcher [eds.], *Proceedings: Integrated Pest Management Research Symposium*. USDA Forest Service Southern Forest Experiment Station, General Technical Report SO-56, Asheville, NC.
- Hedden, R.L., and R.F. Billings. 1977.** Seasonal variation in the size and fat content of the southern pine beetle in east Texas. *Annals of the Entomological Society of America* 70: 876-880.
- Hedden, R.L., and R.F. Billings. 1979.** Southern pine beetle: Factors influencing the growth and decline of summer infestations in east Texas. *Forest Science* 25: 547-556.
- Hernández Paz, M. 1975.** El gorgojo de la corteza, plaga principal de los pinares. Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal. Publ. No. 111 p.
- Hicks, R.R., J.E. Howard, K.G. Watterston, and J.E. Coster. 1980.** Rating forest stand susceptibility to southern pine beetle in east Texas. *Forest Ecology and Management* 2: 269-283.
- Hertel, G.D., and H.N. Wallace. 1983.** Effect of cut-and-leave and cut-and-top control treatments on within-tree southern pine beetle populations. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station SO-299, Pineville, LA. 4 p.
- Hodges, J.D., and L.S. Pickard. 1971.** Lightning in the ecology of the southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae). *Canadian Entomologist* 103: 44-51.

- Hodges, J.D., and R.C. Thatcher. 1976.** Southern pine beetle survival in trees felled cut and top-cut and leave method. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station Research Note SO-219, Pineville, LA. 5 p.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Areas Protegidas y Vida Silvestre (ICF). 2009.** Como reconocer, prevenir y controlar plagas (de *Dendroctonus frontalis*). Color brochure, August 2009. 2 p.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Areas Protegidas y Vida Silvestre (ICF). 2011.** Norma tecnica para el manejo de la plaga del gorgojo del pino. Unpublished document. 50 p.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Areas Protegidas y Vida Silvestre (ICF). 2014.** Dicamen técnico: Areas afectadas por el *Dendroctonus frontalis* e Ips y recomendaciones sobre el control, manejo y saneamiento de la zona de Yoro y Olancho. Documento no publicado . Tegucigalpa, Honduras, August 20, 2014. 20 p.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Areas Protegidas y Vida Silvestre (ICF). 2014.** Plan para la detección y control del *Dendroctonus frontalis* Zimm. y restauración de areas afectadas en la Republica de Honduras. Unpublished report. November, 2014. 18 p.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Areas Protegidas y Vida Silvestre (ICF). 2015.** Anuario estadístico Forestal. Unidad de Estadísticas, Centro de Información y Patrimonio Forestal (CIPF), Tegucigalpa, Honduras. 124 p.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Areas Protegidas y Vida Silvestre (ICF). 2015.** Plan de acción para el Control de la Plaga del Gorgojo de Pino. Informe no publicado. Agosto del 2015. 324 p.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Areas Protegidas y Vida Silvestre (ICF). 2016.** Contexto nacional del territorio afectado por la plaga del gorgojo descortezador en los bosques de coníferas de Honduras y medidas adoptadas. Presentación de Misael León, Director Ejecutivo, para la mission del Banco Interamericano de Desarrollo, 14 de junio de 2016.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Areas Protegidas y Vida Silvestre (ICF). 2016b.** Informe de avance del plan de acción para el control de la plaga del gorgojo de pino 2016. Informe no publicado 13 de septiembre 2016. 40 p.
- Johnson, P.C., and J.E. Coster. 1978.** Probability of attack by southern pine beetle in relation to distance from an attractive host tree. *Forest Science* 24: 574-580.
- Kalkstein, L.S. 1976.** Effects of climate stress on outbreaks of the southern pine beetle. *Environmental Entomology* 5: 653-658.
- Ketchum, D.E., and W.H. Bennett. 1964.** Epidemic of the pine bark beetle, *Dendroctonus frontalis* Zimm., in Honduras. Unpublished FAO Final Report on file at USDA Forest Service, Washington, D.C. 27 p.
- King, E. 1972.** Rainfall and epidemics of the southern pine beetle. *Environmental Entomology* 1: 279-285.
- Kulhavy D.L., and M.C. Miller, eds. 1989.** Potential for Biological Control of *Dendroctonus* and Ips beetles. Texas, USA: Center for Applied Studies, School of Forestry, Stephen F. Austin State University, 109-128.
- Leuschner, W.A., H.E. Burkhart, G.D. Spittle, I.R. Ragenovich, and R.N. Coulson. 1976.** A descriptive study of host site variables associated with occurrence of *Dendroctonus frontalis* Zimm. in east Texas. *Southwestern Entomologist* 1: 162-165.
- Levi, M.P. 1981.** A guide for using beetle-killed southern pine based on tree appearance. USDA Forest Service, Combined Forest Pest Research and Development Program. Agriculture Handbook Number 572, Washington, D.C. 19 p.
- Macías, J.E. y A. Niño D. 2016.** Protocolo para monitoreo de descortezadores de pino mediante el uso de semioquímicos. USDA Forest Service, Documento en prensa. 33 p.
- Macías, J.M., R.F. Billings y V Espino M. 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. USDA Forest Service, Programas Internacionales. En prensa. 49 p.
- Mason, G.N., P.L. Lorio, R.P. Belanger, and W.A. Nettleton. 1985.** Rating the susceptibility of stands to southern pine beetle attack. USDA Forest Service, Washington, D.C.
- Mawby, W.D., and F.P. Hain. 1985.** The large-scale prediction of southern pine beetle populations, pp. 53-55. In S. J. Branham and R. C. Thatcher [eds.], *Integrated Pest Management Research Symposium: The Proceedings*. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, General Technical Report SO-56, Pineville, LA.
- Mayfield, A.E., J.T. Nowak, and G.C. Moses. 2006.** Southern pine beetle prevention in Florida: Assessing landowner awareness, attitudes, and actions. *Journal of Forestry* 104: 241-247.

- Mitgaard, F., and K.H. Thunes. 2002.** Pine bark beetles in the Mountain Pine Ridge Forest Reserve, Belize: Description of the species and advice on monitoring and combating the beetle infestations, p. 18. Norwegian Forestry Group and the Inter-American Development Bank, Isadalto, Norway.
- Moore, G.D., and R.C. Thatcher. 1973.** Epidemic and endemic populations of the southern pine beetle. USDA Forest Service, Southern Research Station, RP-SE-111, Atlanta GA. 11 p.
- Morris, C.L., and J.A. Copony. 1974.** Effectiveness of intensive salvage in reducing southern pine beetles in Virginia. *Journal of Forestry* 72: 572.
- Nebeker, T.E., J.D. Hodges, B.K. Carr, and D.M. Moehring. 1985.** Thinning practices in southern pines - with pest management recommendations. USDA Forest Service Technical Bulletin No. 1703, Washington, D.C. 36 p.
- Novak, J., C. Asaro, K. Klepzig, y R. Billings. 2008.** The Southern Pine Beetle Prevention Initiative: Working for healthier forests. *J. Forestry* 106: 261-267.
- Novak, J.T., J.R. Meeker, D.R. Coyke, C. A. Steiner, and C. Brownie. 2015.** Southern pine beetle infestations in relation to forest stand conditions, previous thinning, and prescribed burning: Evaluation of the southern pine beetle prevention program. *J. of Forestry* 113: 454-462.  
[http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/2015/ja\\_2015\\_novak\\_001.pdf](http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/2015/ja_2015_novak_001.pdf).
- Ollieu, M.M. 1969.** Evaluation of alternative southern pine beetle control techniques. Texas Forest Service Publication 204, College Station, TX. 6 p.
- Palmer, J., H.C., and J.E. Coster. 1978.** Survival of southern pine beetle in felled and standing loblolly pines. *Journal of the Georgia Entomological Society* 13: 1-7.
- Payne, T.L. 1980.** Chapter 2: Life History and Habits, pp. 7-28. In R. C. Thatcher, J. L. Searcy, J. E. Coster and G. D. Hertel [eds.], *The Southern Pine Beetle*. Technical Bulletin 1631, USDA Forest Service Expanded Southern Pine Beetle Research and Applications Program, Washington, D.C.
- Payne, T.L., and R F. Billings. 1989.** Evaluation of (-)-verbenone applications for suppressing southern pine beetle (Coleoptera: Scolytidae) infestations." *Journal of Economic Entomology* 82: 1702-1708.
- Payne, T.L., and H. Saarenmaa. 1988.** Integrated Control of Scolytid Bark Beetles. Proc. IUFRO Working Party and XVII International Congress of Entomology Symposium, Vancouver, B.C., Canada. 355 p.
- Price, T., C. Doggett, J.M. Pye, and B. Smith. 1998.** A history of southern pine beetle outbreaks in the southeastern United States. Georgia Forestry Commission, Macon, GA. 70 p.
- Pye, J.M., T.P. Holmes, J.P. Prestemon, and D.N. Wear. 2011.** Economic impacts of the southern pine beetle. Pp. 213-222. In, Coulson, R. N., and K. D. Klepzig (editors). 2011. *Southern Pine Beetle II*. USDA Forest Service, Southern Research Station, General Technical Report SRS-140. 511 p.
- Redmond, C.H., and W.A. Nettleton. 1990.** An economic analysis of southern pine beetle suppression activities on the Gulf Coastal Plains National Forest during 1985-1986. *Southern Journal Applied Forestry* 14: 70-73.
- Reed, D.D., H.E. Burkhart, W.A. Leuschner, and R.L. Hedden. 1987.** A severity model for southern pine beetle infestations. *Forest Science*. 27: 290-296.
- Sanshez-Martinez, G., L.M. Torres-Espinoza, I. Vazquez-Callazo, E. Gonzalez-Gaona, and R. Narvaez-Flores. 2007.** Monitoreo y manejo de insectos descortezadores de coníferas (Monitoring and management of conifer bark beetles). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Tecnico Numero 4, Aguascalientes, Mexico. 107 p.
- Schowalter, T.D., and P. Turchin. 1993.** Southern pine beetle infestation development: Interaction between pine and hardwood basal areas. *Forest Science* 30: 201-210.
- Schowalter, T.D., D.N. Pope, R.N. Coulson, and W.S. Fargo. 1981.** Patterns of southern pine beetle (*Dendroctonus frontalis* Zimm.) infestation enlargement. *Forest Science* 27: 837-849.
- St. George, R.A., and J.A. Beal. 1929.** The southern pine beetle: A serious enemy of pines in the South. US Department of Agriculture, Farmers Bulletin 1586, Washington, D.C. 18 p.
- Stephen, F.M., and M.P. Lih. 1985.** A *Dendroctonus frontalis* infestation growth model: Organization, refinement, and utilization, pp. 186-194. In S. J. Branham and R. C. Thatcher [eds.], *Integrated Pest Management Research Symposium: The Proceedings*. General Technical Report SO-56, USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Asheville, NC.
- Stephen, F.M., and C.W. Berisford. 2011.** Biological control of southern pine beetle. Pp. 415-427. In, Coulson, R.N., and K. D. Klepzig (editors). 2011. *Southern Pine Beetle II*. USDA Forest Service, Southern Research Station, General Technical Report SRS-140. 511 p.
- Steiner, C.A. 2011.** Conducting a southern pine beetle survey using digital aerial sketchmapping (DASM) – An overview. Pp. 263-270. In, Coulson, R. N., and K. D. Klepzig (editors). 2011. *Southern Pine Beetle II*. USDA Forest Service, Southern Research Station, General Technical Report SRS-140. 511 p.



- Strom, B.L., and S.R. Clarke. 2011.** Use of *En*, Coulson, R. N., and K. D. Klepzig (editors). 2011. Southern Pine Beetle II. USDA Forest Service, Southern Research Station, General Technical Report SRS-140. 511 p.
- Sullivan, B.T. 2016.** Semiochemicals in the natural history of southern pine beetle *Dendroctonus frontalis* Zimmermann and their role in pest management, Pp. 129-193. En Tittiger, C. y G.J. Blomquist (eds.), *Advances in Insect Physiology: Pine bark beetles*. Vol. 50. Oxford. Academic Press.
- Sullivan, B.T., M.J. Dalusky, D. Wakarchuk, C.W. Berisford, 2007.** Field evaluations of potential aggregation inhibitors for the southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae). *J. Entomol. Science* 42: 139-149.
- Swain, K.M., and C.W. Berisford. 2011.** Biological control of southern pine beetle. 2011. Pp. 415-427.76. Lindane registration should be retained, pp. 27-30. *In* T. W. Koerber [ed.], *Lindane in Forestry - A Continuing Controversy*. General Technical Report PSW-014, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Berkeley, CA.
- Swain, K.M., and M.C. Remion. 1981.** Direct control of the southern pine beetle. USDA Forest Service, Pineville, LA.
- Texas Forest Service. 1975.** Cut-and-leave: A method to reduce losses from the southern pine beetle. Circular 225, College Station, TX. 2 p.
- Texas Forest Service. 1976.** Salvage: The preferred method to reduce losses from the southern pine beetle. Circular 226, College, Station, TX. 2 p.
- Texas Forest Service. 1978.** Southern pine beetle: Seasonal habits in east Texas forests. Circular 228, College Station, TX. 2 p.
- Texas Forest Service. 1980.** Texas forest pest activity 1978-1979 and Forest Pest Control Section biennial report. Publication 121, College Station, TX. 21 p.
- Thatcher, R.C. 1960.** Bark beetles affecting southern pines: A review of current knowledge. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Occasional Paper 180, Pineville, LA. 25 p.
- Thatcher, R.C., and L.S. Pickard. 1964.** Seasonal variations in activity of the southern pine beetle in east Texas. *Journal of Economic Entomology* 57: 840-842.
- Thatcher, R.C., and L.S. Pickard. 1967.** Seasonal development in activity of the southern pine beetle in east Texas. *Journal of Economic Entomology* 60: 656-658.
- Thatcher, R.C., G.N. Mason, G.D. Hertel, and J.L. Searcy. 1982.** Detecting and controlling the southern pine beetle. *Southern Journal of Applied Forestry* 6: 153-159.
- Thatcher, R.C., J.L. Searcy, J.E. Coster, and G.D. Hertel (eds.). 1980.** The southern pine beetle. Technical Bulletin No. 1631, USDA Forest Service Expanded Southern Pine Beetle Research and Applications Program, Washington, D.C. 266 p.
- Turchin, P., P.L. Lorio, A.D. Taylor, and R.F. Billings. 1991.** Why do populations of southern pine beetles (Copeoptera: Scolytidae) fluctuate? *Environmental Entomology* 20: 401-409.
- USDA Forest Service. 1987.** Final environmental impact statement for the suppression of the southern pine beetle. Southern Region. USDA Forest Service Region 8, Volume 1, Management Bulletin R8-MB-3, Atlanta, GA. 388 p.
- U.S. Geological Survey. 2016,** Landsat—The watchman that never sleeps: U.S. Geological Survey Fact Sheet 2016–3045, 2 p., <http://dx.doi.org/10.3133/fs20163045>.
- Vité, J.P. 1989.** The European struggle to control *Ips typographus* – past, present and future. *Holarctic Ecology* 12: 520-525.
- Vité, J.P., R. Luhl, P.R. Hughes, and J.A.A. Renwick. 1975.** Pine beetles of the genus *Dendroctonus*: Pest populations in Central America. Food and Agriculture Organization, Bulletin of Plant Protection 6-23: 178-184.
- Waldron, J. D. 2011.** Forest restoration following southern pine beetle, pp. 353-363. *In*, Coulson, R. N., and K. D. Klepzig (editors). 2011. Southern Pine Beetle II. USDA Forest Service, Southern Research Station, General Technical Report SRS-140. 511 p.
- Ward, J. D., and P. A. Mistretta. 2002.** Chapter 17: Impact of pests on forest health. *In* D. N. Wear and J. G. Gries [eds.], *Southern Forest Resource Assessment*. USDA Forest Service, Southern Research Station GTR-SRS-53, Asheville, NC. 635 p.
- Wilkinson, R.C., and R A. Haack. 1987.** Within-tree distribution of pine bark beetles (Colyoptera: Scolytidae) in Honduras. *Ceiba* 28: 115-133.
- Williamson, D.L., and J.P. Vite. 1971.** Impact of insecticidal control on the southern pine beetle population in east Texas. *Journal of Economic Entomology* 64: 1440-1444.

- Wood, S.L. 1963.** A revision of the bark beetle genus *Dendroctonus* Erichson (Coleoptera: Scolytidae). Great Basin Naturalist 23: 1-117.
- Wood, S.L. 1982.** The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. Great Basin Naturalist Memoirs 6: 1-1359.

#### 4.2 Informes No Publicados Sobre Los Gorgojos Descortezadores en Centroamérica

- Billings, R. F. 1972.** Colonization patterns of two species of *Ips* (Coleoptera: Scolytidae) co-inhabiting pines in British Honduras and Honduras. Pp. 229-40. *En* Organization for Tropical Studies No. 72-2 "Ecology of Central American Pine Forests." Final Report. 1972.
- Billings, R.F. 1982.** Evaluation and recommendations for control of the 1982 outbreak of *Dendroctonus* in the pine forests of Honduras. Unpublished report submitted to U.S.D.A. Office of International Cooperation and Development and U.S. Agency for International Development. 26 p. 1982.
- Billings, R.F. 1988a.** Evaluation of the bark beetle outbreak and the control program in Honduras from 1982-1988. Unpublished report provided to U. S. Agency for International Development and the Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal. 24 p. 1988.
- Billings, R. F. 1988b.** Evaluación de los problemas de plagas actuales en los pinares de Honduras y un curso corto en detección, evaluación y control de las plagas forestales mayores. Informe no publicado, entregado a U.S.D.A. Servicio Extranjero de Agricultura/ Cooperación y Desarrollo Internacional, AID-EE.UU. y AFE-COHDEFOR. Febrero de 1998. 37 p. 1998.
- Billings, R. F. 2001a.** Evaluación de la plaga del gorgojo descortezador del pino (*Dendroctonus frontalis*) en los pinares de Honduras con recomendaciones para su control. Informe no publicado, entregado a la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. 20 de abril de 2001. 17 p.
- Billings, R. F. 2001b.** Plaga de *Dendroctonus frontalis* en Nicaragua y evaluación de la eficacia del programa de control en Jalapa (Nueva Segovia). Informe no publicado entregado al Instituto Nacional Forestal de Nicaragua y Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Extranjero de Agricultura y el Proyecto de Reconstrucción Huracán Mitch. 12 de Agosto del 2001.
- Billings, R. F. 2001c.** Evaluación de las plagas actuales en los pinares de la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas (Guatemala) y recomendaciones para su tratamiento. Informe no publicado entregado al USDA Foreign Agricultural Service y Fundación "Defensores de la Naturaleza. 2-7 de julio del 2001. 14 p.
- Billings, R. F. y P. Schmidtke. 2002.** Evaluación sobre el manejo del gorgojo del pino y de los incendios forestales en Centroamérica. Informe no publicado entregado a la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Programa Guatemala-Centroamérica. 4-22 de marzo del 2002. 55 p.
- Billings, R. F. 2008.** Biología y manejo del gorgojo descortezador del pino (*Dendroctonus frontalis*). Informe no publicado. Servicio Forestal de Texas. 2002. 8 p.
- Billings, R. F. 2004.** Evaluation of a pine bark beetle outbreak in Honduras and recommendations for direct control. Unpublished report submitted to USDA Forest Service, International Programs and U.S. Agency for International Development. November 28-December 11, 2004, 15 p.
- Billings, R.F. 2005.** Evaluation of a pine bark beetle outbreak in Honduras and recommendations for direct control: Results of the second technical assistance visit. January 17-29, 2005. 17 p.
- Billings, R. F. 2007.** Pronosticando plagas de *Dendroctonus frontalis* a través del monitoreo de la abundancia de sus enemigos naturales." *En* Proceedings 2007 annual meeting of Mexican Forest Parasitology Conference, Aguascalientes, Mexico.
- Billings, R.F. 2014.** Evaluation of a major pine bark beetle outbreak in Honduras and recommendations for direct control. Unpublished report submitted to USDA Forest Service, International Programs and Instituto de Conservación Forestal (ICF). November 16-29, 2014. 17 p.
- Billings, R. F. 2015.** Second evaluation of a major pine bark beetle outbreak in Honduras and recommendations for direct control. Unpublished report submitted to USDA Forest Service, International Programs, U.S. Agency for International Development and Instituto de Conservación Forestal (ICF). August 30-September 11, 2015. 32 p.

## 5. Presupuesto para el Programa de Sanidad Forestal

El siguiente presupuesto es una estimación de los equipos, suministros, sueldos y otros costos requeridos para establecer y mantener el Departamento de Sanidad Forestal por 5 años (sin contar con los salarios, beneficios y viáticos del personal del DSF).

A. Suministros	Cantidad DSF	Cantidad URSF	Cantidad U-NACIFOR	Cantidad Total	Costo Unidad (\$US)	Costo Total (\$ US)
Frascos de vidrio con tapas 2dr.	1 bruto	7 brutos	2 brutos	10 brutos	\$100	\$1,000
Frascos de vidrio con tapas 4 dr.	1 bruto	7 brutos	2 brutos	10 brutos	\$100	\$1,000
Feromonas (frontalin)		720	80	800	\$10	\$7,000
Fórceps	6	14	4	24	\$5	\$120
Pasadores de insectos (pqte)	4	14	6	24	\$5	\$120
Vinyl Flagging	200	700	100	1,000	\$2	\$2,000
Alcohol isopropílico (Litros)	10	28	12	50	\$1	\$50
Combustible por 5 años*						\$180,000
Otros suministros					\$500	\$66,110
<b>B. Equipo</b>						
Camionetas 4 x 4	2	7	1	10	\$30,000	\$300,000
Estación meteorológica		7	1	8	\$4,000	\$32,000
Lampara de aumento	1	7	1	9	\$250	\$2,250
Trampas (12 embudos Lindgren)	10	70	20	100	\$100	\$10,000
Microscopio binocular (aumento)	1	7	1	9	\$1,500	\$13,500
Cajas para insectos (Schmidt)	4	7	14	25	\$100	\$2,500
Binoculars (10 x 50)	5	7	4	16	\$200	\$3,200
Prismos (10X)	10				\$25	\$250
Hachas	4	7	4	15	\$30	\$450
Unidades de SPG	2	7	1	10	\$500	\$5,000
Refrigerador pequeño	1	7	1	9	\$300	\$2,700
Digital Sketch mappers	2	4	2	8	\$3,000	\$24,000
Diameter tapes	2	7	1	10	\$50	\$500
Chalecos	5	7	2	14	\$125	\$1,750
Clinómetro	1	7	2	10	\$200	\$2,000
Motosierra	2	7	1	10	\$1,000	\$10,000
Computadores	5	7	1	13	\$1,500	\$19,500
Teléfono celular y servicio	5	7	1	13	\$1,000	\$13,000
Total de A y B						<u>\$700,000</u>

		Costo/vuelo	Vuelos/año	Costo/5 años
C. Aquilar avioneta para sobrevuelos		\$2,000	14	\$140,000
D. Visitas de asistencia técnica	1 experto (2 visitas)		\$10,000	\$20,000
				<hr/>
E. Becas de maestría				\$428,000
F. Becas de Investigación (10-20)				<u>\$272,000</u>
Total				<b>\$1,560,000</b>
Estimación del costo de control de brotes activos en el año 2017				\$348,000

## 6. Glosario (Macías et al. 2016)

**Ataque exitoso de descortezadores** - Se define cuando una cantidad de insectos ha logrado penetrar la corteza, y han desarrollado galerías parentales y nichos de ovoposición con progenie en desarrollo debajo de la misma, matando al hospedero. Al exterior, en la superficie de la corteza se observan grumos de resina con coloraciones rojizas, que significa que los insectos ya han vencido las defensas de los árboles.

**Atrayente o 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.

**Kairomona** - 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 donde están sus presas. Aquí la feromona del descortezador se convierte, desde la perspectiva del depredador en una kairomona, 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 5-10 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).

**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*.

**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. Son tumbados juntos con los pinos en fases 1 y 2 para cumplir la aplicación de control.

**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.

**Franja de Contención (Franja de Amortiguamiento) –** Es una modificación del método de 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.

**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.

**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 desechos del insecto provenientes del cambium. Al pasar el tiempo, la resina se va secando, perdiendo su olor (componentes volátiles) y se va tornando dura y de coloración amarillenta. Grumos de resina también pueden ocurrir debido a ataques de otros gorgojos, como los de *Ips* u otras especies de *Dendroctonus*.

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

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

**Infestación** - Ataque y establecimiento de un daño causado por insectos plaga sobre otros organismos, sean estos vegetales o animales, y que interfiere su desarrollo, pudiendo 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.

**Plaga forestal**- Forma de vida vegetal o animal o agente patogénico, dañino o potencialmente dañino a los recursos forestales y que causa un impacto económico y ecológico.

**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.

**Raleo (Entresaca)** – Es la práctica silvícola de reducir la densidad de un rodal de pino por eliminar algunos de los árboles. El objetivo es mejorar el crecimiento de los pinos que queden y la



resistencia contra ataques del gorgojo del pino. En bosques de pino manejados se recomienda mantener una área basal de menos que  $12 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

**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 de *D. frontalis*** – Estos son químicos producidos por las hembras (frontalina) y machos (verbenona y *endo-brevicomina*) que regulan el ataque y colonización de un hospedero. Sirven para controlar la densidad de ataque por árbol y el movimiento de gorgojos descortezadores de un árbol a su vecino, formando un brote en expansión.

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

**Zona A** - Es parte de un sistema de priorización de una plaga. Representa las localidades más afectadas por la plaga y en las que hay más bosques infestados y muertos que bosques sanos. Merece una prioridad baja para control directo y el énfasis se debe poner en la recuperación de madera afectada, la prevención de incendios y la reforestación.

**Zona B** - Es la zona con mayor cantidad de brotes activos y no controlados. En esta zona, existen más bosques sanos que plagados y se debe dar énfasis a la inspección terrestre y al control directo de brotes en expansión usando los métodos de MCD o de Franja de Contención.

**Zona C:** Consiste en al área de pinares no cubiertos por las Zonas A y B, y en la cual se están observando brotes nuevos. En esta zona, se deben dedicar mayor esfuerzo a la detección temprana, evaluación y control de brotes nuevos en expansión, usando cortar y dejar o cortar y aprovechar.