

Folleto técnico

BASES PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL DESCORTEZADOR *Dendroctonus pseudotsugae* EN MÉXICO



CONAFOR
COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

BASES PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL
DESCORTEZADOR *Dendroctonus pseudotsugae*
EN MÉXICO

Autor:

Guillermo Sánchez Martínez

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Pabellón.

Fotografías:

Guillermo Sánchez Martínez

Bases para el manejo integral del descortezador *Dendroctonus pseudotsugae* en México

Impreso y hecho en México

CONTENIDO

Introducción	5
Conocimiento del hospedante	7
Características del hábitat	10
Ubicación de brotes recientes	10
Aspectos importantes sobre el descortezador	12
Proceso de ataque	14
Síntoma de ataque y su relación con el desarrollo del insecto	15
Manejo integral	22
Aspecto legal	22
El patrón de vuelo estacional como base para calendarizar las actividades de prevención y combate	23
Métodos de combate convencionales apropiados para <i>Dendroctonus pseudotsugae</i>	28
Derribo y extracción inmediata	28
Derribo, troceo y descortezado	28

Tratamientos preventivos a través del uso de semioquímicos	31
Aplicación de la feromona MCH en formulación “cápsula-burbuja”	31
Aplicación de la feromona MCH en formulación “micro-hojuelas interruptoras”	34
Estrategia conjunta del uso de la feromona antiagregante MCH y la feromona atrayente	40
Recomendaciones de seguridad en el manejo de los semioquímicos	40
Epílogo	43
Agradecimientos	45
Literatura consultada	46

INTRODUCCIÓN

Dendroctonus pseudotsugae Hopkins es un escarabajo descortezador que se especializa en atacar a *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, y bajo ciertas condiciones de estrés del arbolado o una alta población de insectos, le provoca la muerte. Este insecto se distribuye desde Columbia Británica en Canadá, pasando por los bosques del oeste de los Estados Unidos, hasta los bosques templados de Chihuahua, Durango, Coahuila y Nuevo León en México. Por su parte el hospedante (*P. menziesii*) tiene amplia distribución en los Estados Unidos de Norteamérica y Canadá, donde tiene usos maderables y como árbol de navidad; sin embargo, en México es poco abundante, limitando su distribución natural a pequeñas áreas con características de sitio particulares, razón por la cual se encuentra en la lista de especies protegidas en la NOM- 059-SEMARNAT-2010, bajo el estatus de especie sujeta a protección especial.

Desde el descubrimiento de *D. pseudotsugae* en rodales de *P. menziesii* var. *glauca* (Beissn.) Franco en Chihuahua, en 1976, su actividad como plaga forestal había sido discreta, según consta en las estadísticas fitosanitarias. No obstante, a partir de fines de la década de los 1990's, periódicamente se han presentado brotes tanto en la Sierra Madre Occidental, en los estados de Chihuahua y Durango, como en la Sierra Madre Oriental en Coahuila y Nuevo León, resultando afectado principalmente el arbolado sobre-maduro, de tal manera que la actividad de este descortezador ha requerido la implementación de cortas de saneamiento, como medida de combate, aplicando los tratamientos permitidos por la Norma

Oficial Mexicana NOM-019-SEMARNAT-2006. Otros tratamientos silvícolas convencionales tales como los aclareos para el manejo de la densidad y fortalecimiento del vigor del arbolado han sido prohibidos por la normatividad forestal debido al estatus mismo de *P. menziesii* var. *glauca*, lo cual en cierto sentido es una paradoja, ya que no se pueden realizar prácticas silvícolas en rodales de esta especie, que en otras circunstancias mejorarían la salud de los árboles.

Por lo antes mencionado, los daños causados por *D. pseudotsugae* a *P. menziesii* var. *glauca* cobran gran importancia ecológica en México y demandan medidas de control integral que tomen en cuenta el contexto especial de esta especie que, por una parte queda protegida del aprovechamiento humano convencional pero, por otra, al seguir su curso ecológico natural, queda vulnerable a los disturbios que actúan durante el desarrollo del rodal a través del tiempo, entre ellos el ataque del descortezador *D. pseudotsugae*. En niveles de población endémicas *D. pseudotsugae* se encarga de eliminar al arbolado sobre-maduro para permitir la liberación de la regeneración avanzada, en cambio en altos niveles de población este descortezador es capaz de atacar en masa al arbolado que aún no llega a la etapa sobre madura.

La presente publicación tiene como objetivo proporcionar los conocimientos más actuales sobre la biología, ecología, prevención y control del descortezador *D. pseudotsugae* desde un punto de vista de manejo integral, y está dirigido al personal técnico de las dependencias del sector forestal de México, que se encarga de la atención a la sanidad forestal, así como a productores forestales, estudiantes y público interesado en el manejo integral de plagas forestales.

CONOCIMIENTO DEL HOSPEDANTE

Un aspecto primordial en una relación planta-insecto es conocer cuanto sea posible sobre las características del hospedante preferido y del ambiente que habita. Al respecto, en México, *D. pseudotsugae* utiliza como hospedante único a *P. menziesii* var. *glauca* (Figura 1), quedando descartadas como hospedantes otras coníferas tales como los géneros *Abies*, *Picea*, *Pinus* y *Cupressus*, que con frecuencia crecen en comunidad con *P. menziesii*. En Canadá y los Estados Unidos de América este descortezador también utiliza como hospedante principal a *P. menziesii*, pero ocasionalmente ataca a *Pseudotsuga macrocarpa* (Vasey) Mayr, *Larix occidentalis* Nutt y *Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg.; sin embargo, estas últimas tres especies no forman parte de la vegetación forestal de México.

Algunos nombres comunes que recibe *P. menziesii* var. *glauca* en México son cahuite, pinabete, harrarín y guayamé colorado. En Norteamérica este árbol es conocido como abeto Douglas (Douglas-fir) y es una especie maderable así como para su producción en plantaciones comerciales como árbol de navidad. *Pseudotsuga menziesii* comprende dos variedades: *P. menziesii* (Mirb.) Franco var. *menziesii* que habita la parte costera en oeste de EE. UU. y Canadá y *P. menziesii* var. *glauca*, que crece principalmente en las Montañas Rocallosas y en México. A diferencia de Canadá y los Estados Unidos de América, donde esta especie cubre áreas extensas de bosque, en México solo existe *P. menziesii* var. *glauca* en poblaciones pequeñas, ubicadas en zonas remotas, aisladas y fragmentadas, generalmente creciendo en asociación con *Pinus* spp., *Abies* spp. *Populus* sp., *Cupressus* sp., *Quercus* spp. y en algunos casos con *Picea chihuahuana* Martínez. En la Sierra Madre Oriental se le encuentra en los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas,



Figura 1. Árbol adulto de *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* con detalles de sus flores y conos maduros.

Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Veracruz; en la Sierra Madre Occidental en los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas, y su límite geográfico de distribución natural es el estado de Oaxaca. En contraste a la distribución del hospedante, la presencia del descortezador *D. pseudotsugae* en México hasta ahora sólo ha sido detectada en los estados de Chihuahua, Durango, Coahuila y Nuevo León.

En cuanto a las características del hospedante preferido por *D. pseudotsugae*, este descortezador prefiere árboles maduros y sobremaduros, débiles o enfermos, así como árboles caídos por el viento. De esta manera este descortezador se mantiene en condiciones endémicas. Sin embargo, cuando se incrementa el número de árboles debilitados, ya sea por incendios forestales, sequías, alta densidad del rodal, u otro factor estresante, la población de insectos puede aumentar a niveles epizooticos y entonces son capaces de infestar y matar a árboles vigorosos mediante el ataque masivo. No obstante, aún en niveles epizooticos, *D. pseudotsugae* raras veces ataca árboles menores de 20 cm de diámetro normal (diámetro del fuste a 1.37 m sobre el nivel del suelo) y si lo hace generalmente resulta en un ataque fallido.

De acuerdo con lo observado, en la Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental *D. pseudotsugae* ataca a árboles a partir de los 22 cm de diámetro normal, pero los árboles que mueren son regularmente los de mayor diámetro. Por ejemplo, en sitios de estudio en el Ejido El Toro, Guanaceví, Dgo., el diámetro promedio del árbol muerto por el ataque de *D. pseudotsugae* fue de 53.2 cm (DS 19.6, n = 13), el diámetro mínimo de 28 cm y el máximo de 102 cm. El mayor número de árboles muertos tuvo diámetros entre 52.6 y 77.3 cm. En la Sierra La Magdalena, Ocampo, Chih., el diámetro promedio del árbol muerto por el ataque del descortezador fue de 48 cm (DS = 27.2, n = 16), el mínimo de 22 cm y el máximo de 109.5, ocurriendo la

mayor mortalidad en aquellos árboles con diámetro normal de 43.8 a 65.7 cm. Con este conocimiento, es de suponer que en la medida que un rodal de *P. menziesii* var. *glauca* contiene un mayor número de árboles con diámetros superiores a 50 cm de diámetro normal, es más susceptible al ataque de *D. pseudotsugae*.

Características del hábitat

De acuerdo con datos de estudios propios, los rodales de *P. menziesii* var. *glauca* que se han sufrido afectaciones por *D. pseudotsugae* se han encontrado en altitudes que van de 2,557 a 3,177 m en el estado de Durango; de 2,540 a 2,903 m en el estado de Chihuahua; y de 2,711 a 3,237 en la Sierra de Arteaga, Coahuila. Respecto a las características del terreno, *P. menziesii* var. *glauca* crece en laderas con exposición norte (ocasionalmente suroeste y sureste) escarpadas, húmedas, sombreadas; con pendientes de 40 a 70% en Chihuahua, de 34 a 60% en Durango y de 25 a 48% Coahuila (Figura 2). El conocimiento de las características del hábitat del hospedante es importante porque sirve para estimar el esfuerzo físico y el tiempo requerido durante la implementación de actividades de prevención y control. En gran medida, los parajes donde crece *P. menziesii* var. *glauca*, son difíciles de llegar y son desconocidos para la mayoría de las personas no relacionadas con el ambiente forestal.

Ubicación de brotes recientes

En Chihuahua, los brotes de *D. pseudotsugae* se han registrado en la parte oeste, en la Sierra La Magdalena, municipio de Ocampo y en el sur del estado en los municipios de Balleza, y Guadalupe y Calvo. En Durango, la mayoría de los brotes han ocurrido dentro del municipio de Guanaceví, siendo puntos de referencia el



Figura 2. Apariencia típica de un rodal de *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*, creciendo en sitios con exposición norte.

Cerro Barajas, Ejido El Toro y varios parajes dentro de los Ejidos Llano Grande, Chiqueros y Ciénega de la Vaca entre otros. Otros brotes más recientes han ocurrido en Comunidad Bagres y Anexos en el municipio de Tepehuanes; en el Predio Particular San Miguel de Cruces y Ejido San Bartolo, dentro del municipio de San Dimas, y en el Ejido Hacienditas y Anexos, municipio de Otáez. En la Sierra de Arteaga, municipio de Arteaga, Coah., los brotes se han registrado en los parajes Cañón de Jame, Cañón de Amargos, Cañón de las Alazanas, Cañón de Los Lirios, Cañón La Carbonera y Cañón de La Roja. También se ha presentado en Cañón del Orégano, municipio de General Cepeda y en la Sierra de Carneros del municipio de Saltillo.

ASPECTOS IMPORTANTES SOBRE EL DESCORTEZADOR

Existen dos subespecies del descortezador *D. pseudotsugae*; la primera, denominada *Dendroctonus pseudotsugae pseudotsugae* Hopkins, habita el noroeste y suroeste de los EE.UU., mientras que la segunda, *Dendroctonus pseudotsugae barragani* Furniss habita la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental en México. Especímenes de referencia de *D. p. barragani* se encuentran depositados en la Colección de Insectos Forestales del INIFAP-Campo Experimental Pabellón, en Pabellón de Arteaga, Ags. México y en el Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Estado de México.

Dendroctonus pseudotsugae barragani en estado adulto es un escarabajo de cuerpo robusto y cilíndrico que mide entre 4.6 a 7.0 mm de largo (Figura 3). La hembra mide alrededor de 5.7 cm de longitud, mientras que el macho mide alrededor de 6.4 mm.

Los especímenes de Chihuahua y Durango presentan cabeza negra; tórax negro o marrón muy oscuro; élitros negros o marrón muy oscuro, ocasionalmente rojizos. Los especímenes de la Sierra de Arteaga, Coah., tienen la cabeza negra; tórax oscuro; élitros rojizos como en *D. p. pseudotsugae*, ocasionalmente oscuros. La sutura epistomal ubicada en el vertex de la cabeza es profundamente impresa. El declive elitral es convexo. El margen de las punciones de las estrías en los élitros es claramente elevado en vez de plano. Los huevos son ovales, blanco perla, de 1.0 a 1.2 mm de largo (Figura 4 a). Son ovipositados en tres o cuatro grupos alternos, opuestos, a lo largo de los márgenes de la galería parental, la cual es construida



Figura 3.
*Dendroctonus
pseudotsugae
barragani* Furniss en
estado adulto.

verticalmente, a veces con una ligera sinuosidad. Al eclosionar, dan lugar a larvas blanquecinas, ápodas, curvadas, con cabeza bien desarrollada color marrón brillante (Figura 4 b). Las larvas consumen el floema, construyendo galerías individuales, horizontales, perpendiculares a la galería parental. En la medida que avanza el desarrollo de las larvas, las galerías se ensanchan en la parte distal. La pupa es de color blanco cremoso (Figura 4 c). El adulto antes de su madurez (preimago) tiene una coloración marrón claro (Figura 4 d).



Figura 4. Etapas biológicas de *Dendroctonus pseudotsugae*. a) Galería parental conteniendo una hembra en proceso de oviposición. Los huevos, de forma oval y color perla se aprecian al lado izquierdo de la hembra, b) larvas, c) pupas de color blanquecino y d) adulto inmaduro en color marrón.

Proceso de ataque

Al iniciar su temporada de vuelo, *D. pseudotsugae* emerge del árbol muerto donde completó su ciclo de vida. Las hembras seleccionan un nuevo hospedero, guiándose por los compuestos volátiles que libera *P. menziesii* var. *glauca*. Una vez seleccionado, penetran la corteza y llegan al floema, donde construyen

una galería parental. Al consumir el floema las hembras producen varias feromonas de agregación, entre ellas Frontalina (1,5-dimetil-6,8-dioxabicyclo (3.2.1) octano), Seudenol (3-metil-2-ciclohexeno-1-ol) y MCOL (1-metilciclohex-2-eno-1-ol), que atraen a machos y hembras de esta especie. Estas feromonas son expuestas al ambiente a través del excremento que expulsan los insectos por los orificios de ataque. Si la población de insectos es alta, ocurre un ataque masivo en cada árbol seleccionado.

Cuando los insectos (*D. pseudotsugae*) alcanzan una densidad de población muy alta en el árbol atacado, los machos liberan la feromona de antiagregación MCH (3-metilciclohex-2-en-1-ona), la cual repele la llegada de más escarabajos al hospedante. Esta feromona envía la señal a otros insectos de que el árbol ya está ocupado; en consecuencia, los insectos remanentes en el exterior seleccionan otro árbol para atacarlo, siendo de esta manera como ocurre el crecimiento de los brotes.

El conocimiento de los compuestos semioquímicos que participan en el proceso de ataque es importante porque de él se derivan los semioquímicos artificiales que se utilizan para la atracción o interrupción del ataque de *D. pseudotsugae* en el bosque, como se verá más adelante.

Síntoma de ataque y su relación con el desarrollo del insecto

El primer síntoma de ataque de *D. pseudotsugae* es la aparición de montoncitos de aserrín sobre la corteza, los cuales tienen una coloración rojiza o anaranjada. Este síntoma es más evidente en la base del fuste y hasta unos 5 m de altura (Figura 5). Si la población de insectos no es abundante, los ataques se concentran

sólo en la base del fuste. A diferencia de otros descortezadores, esta especie no produce grumos de resina, por lo que debe inspeccionarse el fuste con cuidado para detectar la presencia de aserrín en las grietas de la corteza, ya que el árbol puede estar colonizado aunque su copa mantenga coloración verde. Los montoncitos de aserrín indican que el descortezador ha penetrado la corteza y ha iniciado el consumo del floema. En Chihuahua y Durango, los montoncitos de aserrín sobre el fuste son relativamente fáciles de observar durante la segunda o tercera semana de junio, pero para julio y agosto resulta más difícil, ya que la lluvia lava el fuste y se requiere observar minuciosamente para detectar los ataques. Durante la temporada en que ocurre el ataque del insecto es difícil identificar los árboles recién atacados desde lejos, pero éstos pueden buscarse cerca de los árboles que tengan una copa rojiza, muertos el año anterior.

Si se extrae un pedazo de corteza de un árbol con apariencia de copa sana, pero que tenga montoncitos de aserrín rojizo, en el interior se podrán observar escarabajos adultos construyendo galerías y depositando sus huevos. Dos o tres semanas después, los huevos eclosionan y dan lugar a las larvas las cuales por su parte inician el consumo del floema. Conforme pasa el tiempo, las larvas aumentan de tamaño y continúan consumiendo el floema y cambium vascular, lo cual provoca la muerte del árbol, ya que éste se queda sin nutrientes. Cuando esto ocurre, la copa del árbol se decolora, adquiriendo una tonalidad verde pálido y luego amarillenta (Figura 6). Esta decoloración de la copa constituye un síntoma de un ataque exitoso; es decir, cuando los árboles muestran decoloración es señal de que la temporada de ataque ya ha concluido y en esta condición prácticamente están muertos en pie. La decoloración de la copa se aprecia a partir de los meses de octubre y noviembre, aproximadamente cuatro o cinco meses después de que ocurrió el ataque. Los árboles con copa verde pálido o amarillento pueden detectarse desde varios



Figura 5. Acumulación de aserrín en tonalidad rojiza sobre la corteza de *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*, síntoma del ataque reciente de *Dendroctonus pseudotsugae*. Al principio del ataque el follaje del árbol se mantiene verde.



Figura 6. Decoloración de la copa de *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*, síntoma de ataque exitoso de *Dendroctonus pseudotsugae*. Nótese el contraste del color con los árboles vivos que mantienen su copa verde. Esta coloración se aprecia cuatro o cinco meses después del ataque, lo cual puede observarse con facilidad en los meses de octubre y noviembre.

cientos de metros de distancia. Si se extrae un pedazo de corteza de un árbol con copa decolorada, es fácil encontrar en su interior larvas, pupas y preadultos. Estos últimos son insectos de apariencia adulta, pero que aún no completan su madurez.

Al completar su desarrollo las larvas construyen pequeñas celdas donde reposan y realizan la metamorfosis, transformándose primero en pupas y luego en adultos. Cuando esto último sucede, los árboles atacados son fáciles de distinguir desde lejos, hasta a varios kilómetros de distancia, pues presentan copas con tonalidad rojizo brillante, lo cual sucede a mediados de invierno y principios de primavera del año siguiente al ataque (Figura 7). En Chihuahua y Durango los adultos de la nueva generación permanecen en el interior de la corteza durante el invierno y hasta mayo y principios de junio del año siguiente al ataque, mientras que en la Sierra de Arteaga, Coah., hasta marzo del año siguiente al ataque. Posterior a este tiempo los insectos emergen y vuelan en busca de nuevos hospedantes.

Con el paso del tiempo, por efecto del viento y la lluvia, los árboles muertos comienzan gradualmente a perder sus hojas. Al principio de esta etapa los árboles mantienen copa rosácea y transparente (Figura 8), luego marrón y finalmente quedan en pie solamente los tallos y ramas sin follaje los cuales adquieren una tonalidad grisácea (Figuras 9 y 10). En esta condición, los árboles ya no contienen insectos descortezadores en su interior, pero las evidencias del ataque quedan marcadas en el interior de la corteza y sobre la madera del tallo donde quedan grabadas las galerías características de este insecto (Figura 11). Debido a que el crecimiento de un brote es gradual y a que la muerte de los árboles es lenta, es común encontrar, en un mismo lugar, árboles con diferentes coloraciones, señalando cada una el estado sanitario del árbol (Figura 12).



Figura 7. Apariencia de árboles muertos por *Dendroctonus pseudotsugae* siete a nueve meses después del ataque, tiempo durante el cual aún contienen insectos adultos en el interior de la corteza.



Figura 8. Apariencia de un árbol muerto por *Dendroctonus pseudotsugae* 12 a 14 meses después del ataque. El color rosáceo y la transparencia de la copa indican que los árboles ya no contienen insectos descortezadores en su interior.



Figura 9. Apariencia de árboles muertos por *Dendroctonus pseudotsugae* dos años y cuatro meses después del ataque. Los árboles mantienen una mínima cantidad de follaje rosáceo o marrón en la copa. Fotografía tomada en el Cerro Barajas, Ejido El Toro, Guanaceví, Durango.



Figura 10. Apariencia de árboles muertos por *Dendroctonus pseudotsugae* varios años después del ataque. Los árboles han perdido todo el follaje y el tallo y ramas son grisáceos. Fotografía tomada en Comunidad Bagres, Tepehuanes, Durango.



Figura 11. Galerías típicas de *Dendroctonus pseudotsugae* grabadas sobre la superficie del xilema de un árbol de *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*. Las galerías verticales son construidas por los padres y las galerías horizontales son construidas por las larvas.



Figura 12. Rodal de *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* infestado por *Dendroctonus pseudotsugae*. Nótese las diferentes coloraciones en las copas que señalan los diferentes estados de la infestación. Fotografía tomada en el Ejido Chocachi, municipio de Guerrero, Chihuahua.

MANEJO INTEGRAL

El manejo integral de plagas consiste en implementar una estrategia que tome en cuenta, en la medida de lo posible, todos los conocimientos disponibles sobre el funcionamiento del ecosistema, la interacción entre plantas e insectos, la biología y ecología de las especies afectantes y afectadas, los métodos prevención y control factibles de aplicar de acuerdo al contexto ambiental específico de la zona; el marco legal, y la experiencia de los manejadores del bosque, para conducir una situación fitosanitaria de una condición desfavorable a una condición favorable de salud forestal, o para prevenir una condición desfavorable.

Aspecto legal

Bajo un escenario convencional, una forma de disminuir los ataques de *D. pseudotsugae* sería manejar la densidad del arbolado, ya que varios estudios han demostrado que los ataques de este descortezador están dirigidos a aquellos rodales o sub rodales maduros, que presentan una alta densidad. Sin embargo, como ya se mencionó, en México *P. menziesii* var. *glauca* mantiene el estatus de especie sujeta a protección especial, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, de manera que los aclareos y cortes de aprovechamiento convencional están prohibidos para esta conífera en México y sólo se permite el derribo de árboles infestados por *D. pseudotsugae* siguiendo los métodos establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-019-SEMARNAT-2006. Bajo esta norma, como método de combate, se permiten las cortas de saneamiento (previa notificación por la SEMARNAT) las cuales consisten en el derribo y descortezado de

los árboles atacados exitosamente por el descortezador, durante el tiempo en que los insectos permanecen dentro del árbol, con el fin principal de evitar el crecimiento de los brotes y su propagación hacia otros rodales. La corteza a su vez es tratada ya sea de forma química o mecánica. Sin embargo, en 2016 se aprobó el “proyecto de Modificación de la NOM-019-SEMARNAT-2006, que establece los lineamientos técnicos de los métodos para el combate y control de insectos descortezadores; para quedar como NOM-019-SEMARNAT-2016, que establece los lineamientos técnicos para la prevención, combate y control de insectos descortezadores”. Una vez que sea publicada esta nueva norma, en el Diario Oficial de la Federación, fomentará además las actividades de prevención de infestaciones a través del uso de semioquímicos, lo cual, para *D. pseudotsugae* en particular, incluye el monitoreo a través de feromonas atrayentes y kairomonas, y la prevención del ataque mediante la aplicación de la feromona de antiagregación MCH. Con base en estos antecedentes, a continuación se dan las bases técnicas para el combate, monitoreo y prevención del ataque de *D. pseudotsugae*.

El patrón de vuelo estacional como base para calendarizar las actividades de prevención y combate

Para programar las actividades de diagnóstico, prevención y control de insectos descortezadores, es necesario conocer el número de generaciones por año y las épocas de mayor vuelo, lo que es conocido por los especialistas como “patrón de vuelo estacional”. El patrón de vuelo es importante porque marca las épocas en que ocurren los ataques de los insectos. En especies que presentan varias generaciones por año, el patrón de vuelo define las distintas temporadas en que vuela el insecto a lo largo del año. *Dendroctonus pseudotsugae* presenta sólo una generación por año y por lo tanto un sólo periodo de vuelo cada año. A través de varios estudios, el INIFAP ha determinado

el patrón de vuelo estacional de *D. pseudotsugae* en varias localidades de la Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental. Este patrón se ha definido mediante la instalación de trampas cebadas con atrayentes semioquímicos específicos para esta especie, conformados ya sea por frontalina + MCOL + seudenol + etanol + pineno, o bien por seudenol + frontalina + etanol + mezcla de monoterpenos. Estos atrayentes se colocan en trampas Lindgren de 12 embudos y se hacen recolectas quincenales o semanales para definir el periodo de vuelo. Para mantener constante el efecto de atracción, los atrayentes son reemplazados 45 días hasta cubrir por lo menos un año de estudio.

En la Sierra de Arteaga, Coahuila, el vuelo de *D. pseudotsugae* inicia a finales del mes de abril y a principios del mes de mayo, alcanzando el pico máximo entre mayo y junio y declina gradualmente hasta concluir en septiembre (Figura 13). Mientras tanto, en poblaciones de *P. menziesii* var. *glauca* en los municipios de Guanaceví, Durango, el vuelo inicia en mayo, alcanza su pico máximo en la primera quincena de junio y declina gradualmente durante julio y agosto hasta concluir (Figura 14).

Similarmente, en la Sierra La Magdalena, ubicada en el municipio de Ocampo, Chihuahua, el vuelo del insecto inicia a principios de junio, alcanza su máximo en la tercera semana de junio y declina gradualmente durante julio y agosto (Figura 15). En el municipio de Balleza, Chihuahua, en el año 2016 se observó que el vuelo inició a fines de mayo y el máximo ocurrió en la primera semana de junio, declinando igualmente durante julio y agosto.

El patrón de vuelo estacional observado tanto en Durango como Chihuahua indica que la temporada principal de dispersión y ataque de *D. pseudotsugae* en esos estados ocurre entre la primera y tercera semana de junio, mientras que en Coahuila sucede entre principios de mayo a mediados de junio. De manera presencial, los

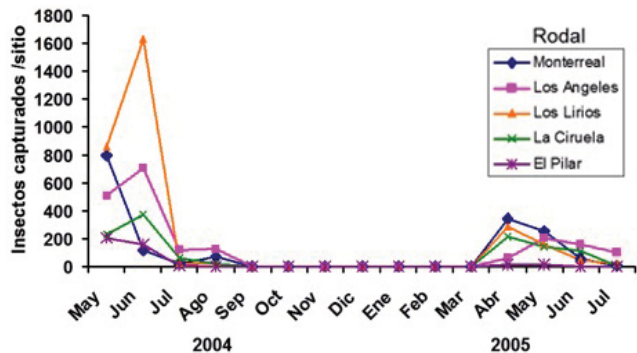


Figura 13. Periodo de vuelo de *Dendroctonus pseudotsugae* determinado en cinco parajes de la Sierra de Arteaga Coahuila, según Sánchez-Martínez et al. (2007)

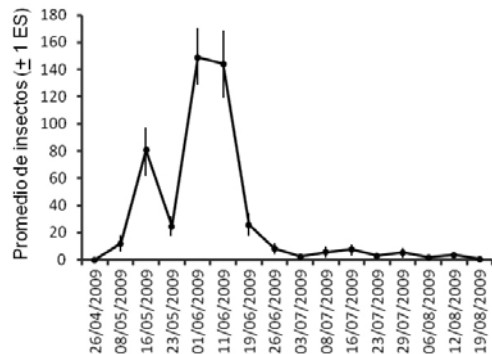


Figura 14. Periodo de vuelo de *Dendroctonus pseudotsugae*, determinado en el Ejido El Toro, Municipio de Guanaceví, Durango, según Sánchez-Martínez et al. (2012). (Eje de las Xs = Fecha de recolecta, ES = Error estándar).

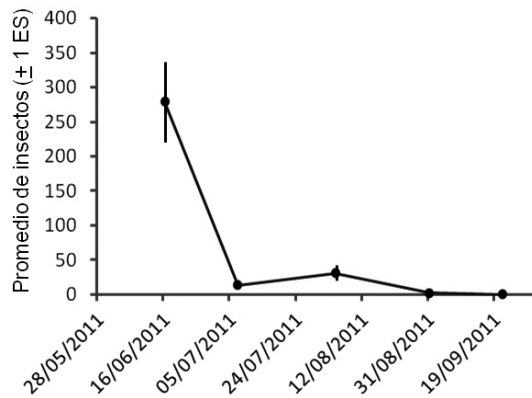
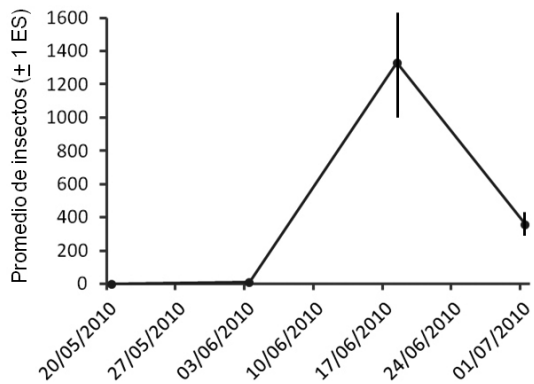


Figura 15. Periodo de vuelo de *Dendroctonus pseudotsugae* observado durante 2010 y 2011 en la Sierra La Magdalena, Ejido Santa Eduwiges, Municipio de Ocampo, Chihuahua, según Sánchez-Martínez et al. (2012). (Eje de las Xs = Fecha de recolecta, ES = Error estándar).

primeros ataques de este descortezador en 2009, en rodales de *P. menziesii* var. *glauca* del Ejido El Toro, en Guanaceví, Dgo., fueron observados el 7 y 8 de mayo. En la Sierra La Magdalena, Chihuahua, en 2011, los primeros ataques se percibieron el 10 de junio, y en mayor abundancia el 16 de junio. En 2008, se observaron hembras ovipositando el 11 de junio, en un árbol infestado en el Ejido Catedral, municipio de Guadalupe y Calvo, Chihuahua. En la Sierra de Arteaga, Coah., los primeros ataques se han detectado en abril.

El patrón de vuelo estacional de *D. pseudotsugae* en México debe servir para determinar hasta cuándo es justificable la autorización de una corta de saneamiento en árboles de *P. menziesii* var. *glauca*, puesto que el fin de este tipo de corta es impedir que los insectos que se encuentren dentro de un árbol infestado, vuelen y ataquen nuevos árboles. Derribar árboles con copa rojiza a fines de junio, con fines de combate, resulta injustificable en todos los Estados donde se presenta *D. pseudotsugae*, puesto que para esa fecha el periodo de vuelo prácticamente ha pasado. Sin embargo, tomando en cuenta conjuntamente la coloración de la copa y el patrón de vuelo estacional del insecto, existe una ventana de oportunidad para realizar la detección de árboles afectados y las cortas de saneamiento desde noviembre del año del ataque hasta abril del año siguiente, para el caso de la Sierra de Arteaga; o hasta principios de mayo del año siguiente, para el caso de Durango; y hasta fines de mayo, para el caso de Chihuahua.

El patrón de vuelo estacional del insecto también tiene utilidad en determinar la fecha adecuada para aplicación de la feromona antiagregante MCH, como actividad preventiva del ataque del descortezador. Al respecto, esta feromona debe aplicarse justo antes de que inicie el periodo de vuelo del insecto para que, en el momento de la emergencia de los insectos, éstos no localicen a sus hospedantes.

Métodos de combate convencionales apropiados para *Dendroctonus pseudotsugae*

Con base en los conocimientos sobre la biología y ecología de *D. pseudotsugae*, y su hospedante, y en los tratamientos permitidos según la NOM-019-SEMARNAT-2006, para el control de este descortezador se recomiendan los siguientes tratamientos:

Derribo y extracción inmediata

Este método consiste en derribar, desramar y trocear los árboles atacados exitosamente por los insectos descortezadores. Para aprovechar la madera de los árboles muertos, la troza es extraída inmediatamente del bosque y transportada, sin descortezar, a un centro de acopio o aserradero fuera del bosque. Los residuos de los árboles derribados se deben picar y acomodar para que se sequen y protejan el suelo. Se recomienda que las trozas sean procesadas en el aserradero a la brevedad y los residuos expuestos al sol para su pronta deshidratación. Considerando la biología de *D. pseudotsugae*, este método puede aplicarse durante octubre a diciembre, cuando los árboles muertos pueden distinguirse por la coloración de la copa verde pálido o amarillenta, y además no hay un riesgo de dispersión de insectos adultos.

Derribo, troceo y descortezado

Este método consiste en el derribo direccional de los árboles infestados, hacia el centro de la infestación, teniendo cuidado de no dañar al arbolado sano. Posteriormente los árboles se desraman *in situ* y el fuste se

secciona y descorteza completamente con hacha. Las ramas se pican y dispersan para que reciban el calor del sol y para evitar la acumulación de material combustible que implique riesgo de incendio (Figura 16). Según las características del terreno, el volumen de madera afectada y lo estipulado en el permiso de la corta de saneamiento, las trozas pueden aprovecharse desde el punto de vista maderable o bien dejarlas en el bosque después del descortezado.

Puesto que no todos los árboles atacados por *D. pseudotsugae* mueren y el insecto presenta sólo una generación por año, es necesario esperar a que los árboles manifiesten la sintomatología de ataque exitoso, consistente en la decoloración de la copa (verde pálido o amarillento) o que ésta adquiera tonalidad rojiza, para proceder con el derribo.



Figura 16. Derribo, troceo y descortezado de árboles de *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* infestados por *Dendroctonus pseudotsugae*.

Para aplicar correctamente el tratamiento, se recomienda que la inspección, identificación y señalización de los árboles muertos por el descortezador se haga durante octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero, meses durante los cuales se manifiestan los síntomas en la copa de los árboles y no hay dispersión del insecto. El derribo, troceo y descortezado también debe hacerse durante dichos meses, para que los insectos en estado inmaduro queden expuestos a las condiciones adversas del ambiente y no completen su desarrollo. Si el tratamiento se hace después de febrero, existe el riesgo de que el simple descortezado no impida la maduración de los insectos próximos a emerger, toda vez que los preimagos, e inclusive insectos maduros bien desarrollados, se encuentran dentro de la corteza y las condiciones a partir de marzo son más favorables para su sobrevivencia y dispersión.

Si bien la norma NOM-019-SEMARNAT-2006, permite la aplicación de un insecticida registrado sobre la corteza, en los casos que se estime que los adultos pueden dispersarse cuando el tratamiento de derribo y descortezado se realiza muy cercano a la época de vuelo del insecto, se recomienda realizar el saneamiento preferentemente durante el periodo de octubre del año del ataque hasta febrero del año posterior al ataque. Las cortas de saneamiento posteriores a febrero requieren sin duda el tratamiento de la corteza ya sea con fuego o un insecticida autorizado para evitar el vuelo de los insectos. Si la identificación del ataque es tardía (posterior a febrero), se recomienda implementar una estrategia de “empuje y atracción” mediante semioquímicos, lo cual consiste en establecer trampas cebadas con atrayentes en sitios estratégicos y la aplicación de la feromona antiagregante MCH dos semanas antes del inicio del periodo de vuelo. Dicha estrategia se fundamenta y describe en el apartado siguiente.

Tratamientos preventivos a través del uso de semioquímicos

Los semioquímicos, que comprenden las feromonas de insectos y compuestos volátiles del hospedante, son sustancias aromáticas que intervienen en la comunicación entre los organismos. La feromona de anti agregación MCH (3-metil-2-ciclohexeno-1-ona), confunde a *D. pseudotsugae* durante el proceso de ataque. Su efecto en la prevención de ataques de este insecto descortezador ha sido demostrado en varios estudios científicos realizados desde hace varias décadas en los Estados Unidos de América y recientemente en México. Esta feromona cuenta con registro de la Agencia de Protección al Ambiente (EPA por sus siglas en idioma Inglés) de los EE. UU., para su uso en la protección de árboles y rodales de *Pseudotsuga* sp., contra el ataque de *D. pseudotsugae*. Además, en años recientes la SEMARNAT permitió su uso para validar su efectividad en México, lo cual se hizo a través de un proyecto de investigación realizado por el INIFAP financiado por el Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal CONACYT-CONAFOR. Los tratamientos preventivos que a continuación se describen están basados en los resultados obtenidos en dicho proyecto, así como en los resultados de otros investigadores de Norteamérica.

Aplicación de la feromona MCH en formulación “cápsula-burbuja”

Los resultados experimentales realizados por investigadores del INIFAP demostraron que la feromona antiagregante MCH, en la formulación de cápsula-burbuja (Figura 17), en dosis de 28.8 g de Ingrediente Activo (IA)/ha y 44 g de IA/ha disminuyen la llegada del insecto descortezador *D. pseudotsugae* a los rodales de *P. menziesii* var. *glauca*.

Dosis recomendada: Se recomienda la aplicación de la feromona MCH en la formulación cápsula-burbuja en dosis de 28.8 g de IA/ha, para prevenir o disminuir los ataques de *D. pseudotsugae*. Dicha dosis equivale a instalar 72 cápsulas-burbuja/ha, considerando la información técnica de las empresas que la producen de manera comercial.

Lugares recomendados para aplicación: Debido a que *P. menziesii* var. *glauca* generalmente crece en terrenos difíciles de caminar y remotos, la feromona antiagregante MCH en formulación cápsula-burbuja se recomienda aplicar en rodales que tengan caminos que faciliten el acceso y estén relativamente cercanos a los poblados.



Figura 17. Presentación de la feromona MCH en la formulación de "cápsula-burbuja".



Figura 18. Aplicación de cápsulas burbuja de MCH, para la protección de *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* contra el ataque de *Dendroctonus pseudotsugae*.

Época de aplicación: La aplicación de las cápsulas-burbuja de MCH debe hacerse en años en que se estime que, por causa de un factor estresante tal como sequía o incendio forestal, o porque hay infestaciones cercanas, los ataques de *D. pseudotsugae* pueden incrementarse o propagarse. La época de aplicación debe ser justo antes de que inicie el periodo de vuelo del descortezador; por lo tanto, para la Sierra de Arteaga, Coahuila la instalación de las cápsulas-burbuja de MCH debe hacerse durante la última semana de marzo y primeras dos semanas de abril; para rodales de *P. menziesii* var. *glauca* en los Municipios de Guanaceví, Otáez, Tepehuanes y San Dimas, Durango; así como para los municipios de Balleza y Guadalupe y Calvo, Chih., la aplicación debe hacerse en las últimas dos semanas de abril y primera semana de mayo; para la Sierra La Magdalena y rodales aledaños en el municipio de Ocampo, Chih., el periodo apropiado para la instalación de las cápsulas-burbuja de MCH es de la segunda a cuarta semana de mayo. Para otras poblaciones de *P. menziesii* var. *glauca*, mientras no se cuente con una gráfica de dispersión local, puede tomarse como referencia la gráfica de dispersión de lugar más cercano, de acuerdo con este folleto, siendo recomendable determinar el periodo de dispersión con datos locales, para una mayor precisión.

Forma de aplicación: Las cápsulas-burbuja de MCH se engrapan con una engrapadora de carpintero sobre el fuste de árboles en pie de cualquier especie, árboles caídos, tocones, arbustos, debido a que se trata de una feromona antiagregante y lo que se pretende es distribuir uniformemente el aroma de la feromona dentro del rodal (Figura 18, pág. 32). Si no se cuenta con una engrapadora, las cápsulas burbuja se pueden instalar con un clavo de $\frac{1}{4}$ de pulgada y un martillo. La altura a la que deben colocarse es generalmente entre 1.8 m y 2.2 m, según el alcance del brazo de la persona que aplique, orientadas hacia la parte norte

del fuste, tocón, arbusto o troza. Ocasionalmente, a falta de un árbol o estructura que permita lograr la altura recomendada, puede colocarse a una altura menor.

La dosis recomendada de 28.8 g de IA/ha (72 cápsulas-burbuja) se logra instalando una cápsula-burbuja cada 12 m, en un patrón cuadrulado dentro del rodal. Puesto que regularmente los rodales de *P. menziesii* var. *glauca* se encuentran en lugares con exposición norte, se recomienda que el equipo de personas que va a hacer la aplicación camine sobre líneas orientadas de este a oeste y oeste a este, utilizando una brújula. Es recomendable que utilicen una cinta métrica de las comúnmente utilizadas en la medición de la vegetación forestal (Logger's tape) que les permita mantener de forma consistente la distancia de 12 m entre cápsulas-burbuja. Es natural que una distancia exacta de 12 m es poco factible, debido a las condiciones abruptas del terreno y que difícilmente los árboles, tocones o trozas donde se engrapa la cápsula-burbuja, intersecan en el punto exacto de los 12 m; sin embargo, esta distancia es la referencia que debe tomarse con la mejor aproximación. Mediante varios ejercicios de calibración *in situ*, las personas pueden determinar el número de pasos con los que cubren 12 m de distancia. Por otra parte, debe capacitarse bien a los aplicadores sobre el uso de la brújula. Se sugiere formar equipos de aplicación de tres a cuatro personas, lo que ayuda a corregir la orientación durante la aplicación y se cubre con mayor rapidez el área a tratar.

Aplicación de la feromona MCH en formulación “micro-hojuelas interruptoras”

En la Sierra La Magdalena, municipio de Ocampo, Chihuahua, la feromona antiagregante MCH se evaluó en la formulación micro-hojuelas interruptoras. El nombre común del producto es “Disrupt Micro-Flake MCH”

el cual, al igual que las cápsulas-burbuja, está registrado ante la Agencia de Protección al Ambiente de los EE. UU. Las micro-hojuelas de MCH consisten de una especie de micro-emparedado de 6.4 mm x 6.4 mm, formado por dos capas externas de un polímero laminado y una capa interna de plastisol donde va impregnado el ingrediente activo (Figura 19). El diseño de la micro-hojuela permite la volatilización lenta y gradual del ingrediente activo.

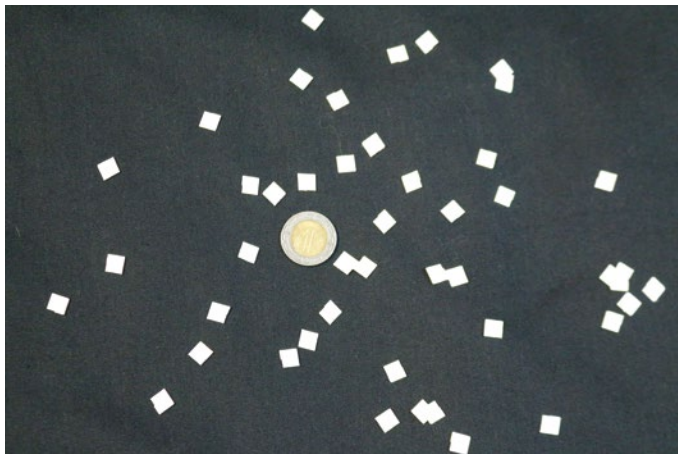


Figura 19. Micro-hojuelas interruptoras de MCH.

Dosis recomendada: Se recomienda aplicar micro-hojuelas de MCH en dosis de 185.3 g de IA/ha, a una concentración de 15%, dicha dosis se logra aplicando 1.2 kg de micro-hojuelas/ha. Es importante tener en claro la dosis en términos de ingrediente activo y hacer los ajustes necesarios según la concentración del producto.

Lugares recomendados para aplicación: La formulación micro-hojuela interruptora está diseñada para aplicarse de forma aérea a través de un avión ligero o helicóptero, por lo cual las áreas recomendadas a tratar son aquellos parajes de *P. menziesii* var. *glauca* que sean de difícil acceso, ya sea por su ubicación remota, topografía del terreno o falta de caminos. Mediante la aplicación aérea se pueden cubrir áreas mucho mayores en menor tiempo que la formulación cápsula-burbuja.

Época de aplicación: Al igual que las cápsulas-burbuja de MCH, la aplicación de las micro-hojuelas interruptoras de MCH debe hacerse en años en que se estime que por causa de un factor estresante tal como sequía o incendio forestal, o porque hay infestaciones cercanas, los ataques de *D. pseudotsugae* pueden incrementarse o propagarse. La aplicación debe hacerse justo antes de que inicie el periodo de vuelo. Para la Sierra de Arteaga, Coahuila, se recomienda que la aplicación de micro-hojuelas se haga durante la última semana de marzo y primera semana de abril. En los parajes de *P. menziesii* var. *glauca* ubicados en los municipios de Guanaceví, Durango; Guadalupe y Calvo, y Balleza, Chih., la aplicación debe hacerse dentro del periodo de la última semana de abril y primera semana de mayo. Para la Sierra La Magdalena y rodales aledaños en el municipio de Ocampo, Chih., el periodo apropiado de aplicación es durante la tercera o cuarta semana de mayo. Los periodos recomendados son más cortos que los recomendados para la formulación cápsula burbuja, debido a que puede aplicarse mucho más rápido. Si las micro-hojuelas de MCH se aplican en los periodos recomendados, solamente es necesaria una aplicación durante el año.

Para otras poblaciones de *P. menziesii* var. *glauca* debe tomarse como referencia la gráfica de dispersión de lugar más cercano, mientras no existan datos locales.

Forma de aplicación: Las micro-hojuelas de MCH están diseñadas para aplicarse de forma aérea través de un avión ligero o helicóptero. Las micro-hojuelas se dispersan cayendo por gravedad hasta el suelo (Figura 20). Antes de la aplicación en los rodales seleccionados, debe realizarse una calibración del equipo, la cual comprende determinar la apertura óptima del equipo dosificador, la velocidad de la nave, la altura, el ancho de la línea de aplicación, los tiempos de apertura y cierre de compuerta, de tal forma que se logre la dosis recomendada. Las micro-hojuelas deben quedar distribuidas uniformemente dentro de los parajes tratados. Aunque las aeronaves y los implementos a utilizar sean del mismo tipo, es necesario calibrar cada aeronave, para lo cual es necesario contratar pilotos con habilidad en la aplicación aérea de agroquímicos y preferentemente con experiencia en la aplicación de productos en terrenos forestales, ya que se requiere mayor pericia para volar en terrenos irregulares y vegetación de diversa altura.

Considerando el número de micro-hojuelas/kg y la concentración del ingrediente activo, debe determinarse el número de micro-hojuelas/m² que debe caer en el suelo. A la concentración de 11.6% utilizada en el experimento realizado por el INIFAP en Chihuahua, la dosis recomendada de 185.3 g IA/ha se logró al caer en promedio 5 micro-hojuelas/m². Para obtener el número de micro-hojuelas/m² cuando la concentración es diferente (por ejemplo 12.5% o 15%), se recomienda pesar 10 muestras de 5 g cada una, contar el número de micro-hojuelas en cada muestra, calcular el promedio de hojuelas por cada 5 g y mediante una regla de tres obtener el número de micro-hojuelas/kg. Nuevamente utilizando una regla de tres se estima el número de micro-hojuelas que

completan 1 g de IA; posteriormente, este número se multiplica por la dosis recomendada en g de IA/ha, con lo que resulta el número de micro-hojuelas/ha, que dividido entre 10,000 resulta el número de micro-hojuelas/m².

En las pruebas de calibración se recomienda utilizar lonas negras de 1 x 3 m ó 3 x 3 m, instaladas en el suelo y sujetadas con piedras o estacas para evitar que se las lleve el viento. Las lonas deben instalarse sobre una línea de aplicación de prueba. Después del paso de la nave sobre la línea de aplicación, debe contarse



Figura 20. Micro-hojuelas de MCH caídas en el suelo después de su aplicación aérea.

el número de micro-hojuelas/m² en las lonas. El grupo de trabajo y el piloto deben hacer los ajustes hasta lograr el número de hojuelas correcto. En la aplicación ya a nivel operativo, deben instalarse algunas lonas en algunos sitios para verificar que la aplicación está siendo correcta.

Para reducir los costos de la aplicación aérea, y considerando que el tamaño de los rodales de *P. menziesii* var. *glauca* en México son relativamente pequeños, es recomendable explorar en el corto futuro, la factibilidad del uso de drones acondicionados para tal propósito. La formulación de micro-hojuelas también puede aplicarse en rodales pequeños mediante un fertilizador manual, considerando también que requiere calibrarse (Figura 21).



Figura 21. Aplicación experimental de micro-hojuelas de MCH mediante fertilizadoras manuales.

Estrategia conjunta del uso de la feromona antiagregante MCH y la feromona atrayente

Ya que se ha demostrado que la feromona antiagregante MCH funciona para interrumpir la agregación de *D. pseudotsugae barragani* y que el atrayente ha funcionado bien para capturar a los insectos, estos semioquímicos pueden usarse en forma combinada en una estrategia conocida como “empuje y atracción”. Mediante esta técnica se colocan grupos de tres o cuatro trampas por hectárea, con atrayente donde se quiera concentrar a los insectos, preferentemente en un lugar donde no haya hospedantes muy cercanos. Las trampas se cuelgan de árboles no hospedantes (e.g. *Quercus* spp.) o bien en varillas metálicas fijadas en el suelo (Figura 22). También pueden colocarse en árboles muertos. Al quedar colgada la trampa, el contenedor debe quedar a una altura manejable (aprox. 1.6 m sobre el nivel del suelo). Dentro del contenedor debe colocarse una tira de insecticida de baja toxicidad. Los insectos en vuelo son atraídos a las trampas quedando dentro del contenedor. No debe colocarse la trampa en un árbol hospedero, pues sin duda sería atacado debido a la cercanía del atrayente.

Recomendaciones de seguridad en el manejo de los semioquímicos

La feromona antiagregante MCH, y las feromonas de agregación de *D. pseudotsugae* no son insecticidas, sino sustancias aromáticas que de manera natural las produce este descortezador. Si se aplica la feromona MCH, puesto que generalmente será en lugares que son poco accesibles a las personas, la población humana prácticamente no tendrá contacto alguno con el producto, el cual sólo estará en manos del personal técnico



Figura 22. Trampas de embudo Lindgren cebadas con semioquímicos atrayentes para la captura de *Dendroctonus pseudotsugae*. Las trampas se colocan en especies no hospedantes.

y científico encargado de la aplicación. Se recomienda aplicar el producto específicamente en áreas boscosas pobladas con la especie afectada *P. menziesii* var. *glauca*.

El personal que participe en la aplicación del producto y que tendrá contacto con el mismo, deberá seguir todas las recomendaciones señaladas en la hoja de seguridad del producto, para prevenir cualquier riesgo de la salud a causa del transporte o manejo de la feromona. La aplicación debe realizarse una vez que todo el equipo de trabajo haya entendido las recomendaciones y se cuente con los guantes, ropa de manga larga y lentes para protección de los ojos, de acuerdo a como se recomienda. Según la hoja de seguridad no se

requiere ninguna ropa y guantes especiales para la aplicación, pero se recomienda usar guantes de vinil, o caucho, para un manejo continuo. Los aplicadores y transportadores deben vestir camisa de manga larga y pantalones largos, calcetines, zapatos, guantes y lentes protectores resistentes a químicos.

En cuanto a la fitotoxicidad, ésta no aplica ni para la feromona MCH ni para los compuestos feromonales atrayentes, ya que los ingredientes activos consisten de sustancias volátiles, cuya función es la comunicación química y que en condiciones naturales son liberadas por los insectos (*D. pseudotsugae*) para la comunicación intraespecífica. Debe aclararse que ni el follaje, ni el fuste, ni el suelo se impregnan con los ingredientes activos, los cuales se volatilizan lentamente en cantidades micrométricas.

EPÍLOGO

Se ha presentado, en este documento, el conocimiento y las recomendaciones para prevenir los ataques y minimizar la mortalidad causada por *D. pseudotsugae* en poblaciones de *P. menziesii* var. *glauca* en los bosques de México, tratando de mantener un enfoque integral del ecosistema. Tomando en cuenta que el insecto mismo forma parte de la biodiversidad, resulta impropio pensar en su erradicación absoluta, pues tiene la función ecológica de eliminar a los árboles sobremaduros para dar espacio de crecimiento a la regeneración natural y mantener la dinámica del rodal. En el momento de realizar la inspección *in situ* de los rodales infestados, es necesario observar cuál es la condición de la regeneración natural y de la composición de las especies. Con frecuencia, llama más la atención la coloración de los árboles muertos que la presencia de la regeneración avanzada de *P. menziesii* var. *glauca* o de especies arbóreas pioneras como *Populus tremuloides*, que forman parte de la comunidad de especies donde crece *P. tremuloides* (Figura 23). En estos casos como parte del manejo integral debe hacerse un buen derribo direccional durante las cortas de saneamiento y, en su caso, la extracción cuidadosa de la trocería, para evitar daños a los árboles jóvenes que eventualmente reemplazarán a los árboles muertos por el ataque del descortezador.



Figura 23. Rodal de *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* con arbolado adulto afectado por *Dendroctonus pseudotsugae* (en el piso superior) y regeneración avanzada de la misma especie en el estrato inferior. Fotografía tomada en Comunidad Bagres, municipio Tepehuanes, Durango.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación es resultado del financiamiento del proyecto “Evaluación de la feromona antiagregante MCH para el control del descortezador *Dendroctonus pseudotsugae*”, clave 2008-C01-89494, el cual fue apoyado con recursos del Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal (CONACYT-CONAFOR).

Al Ing. Abel S. Juárez Cortéz, Biól. Jesús Cortés Aguilar, Biól. Óscar de León Lara, Ing. Yanet B. García Cruz, por el apoyo y el trabajo realizado en la revisión del presente folleto técnico.

LITERATURA CONSULTADA

Bentz, B. J. and A. S. Munson. 2000. Spruce beetle population suppression in northern Utah. *Western Journal of Applied Forestry* 15 (3): 122-128.

Byers, J. A. 1989. Chemical ecology of bark beetles. *Experientia* 45: 271-283.

Cibrián-Tovar, D., J. T. Méndez-Montiel, R. Campos-Bolaños, H. O. Yates III y J. Flores-Lara. 1995. Insectos Forestales de México/Forest Insects of Mexico. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. pp. 296-297.

Debreczy, Z. and I. Racz. 1995. New species and varieties of conifers from Mexico. *Phytologia* 78: 217-243.

Diario Oficial. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. 30 de diciembre de 2010.

Dodds, K. J., D. W. Ross, C. B. Randall, and G. E. Daterman. 2004. Landscape level validation of a Douglas-fir beetle stand hazard-rating system using geographical information systems. *West. J. Appl. For.* 19: 77-81.

Dodds, K. J., S. L. Garman, and D. W. Ross. 2006. Risk rating systems for the Douglas-fir beetle in the interior Western United States. *West. J. Appl. For.* 21: 173-177.

Farjon, A. 1990. Pinaceae: drawings and descriptions of the genera *Abies*, *Cedrus*, *Pseudolarix*, *Keteleeria*, *Nothotsuga*, *Tsuga*, *Cathaya*, *Pseudotsuga*, *Larix* and *Picea*. Koeltz Scientific Books. Konigstein, Federal Republic of Germany. pp: 177-191.

Fettig, C. J., P. J. Shea, R. R. Borys. 2004. Seasonal flight patterns of four bark beetle species (Coleoptera: Scolytidae) along a latitudinal gradient in California. *Pan-Pacific Entomologist* 80: 4-17.

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.

Frank, D. y M. Finckh. 1997. Impactos de las plantaciones de pino Oregón sobre la vegetación y el suelo en la zona centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 70: 191-211.

Furniss, M. M. sf. Photos from the WFIWC Archives: Mexico. <http://www.fsl.orst.edu/wfiwc/admin/history/photos-mexico.htm> (Consulted: 12 /May/ 2010).

Furniss, M. M., R. L. Livingston, and M. D. McGregor. 1981. Development of a stand susceptibility classification for Douglas-fir beetle. In: Hedden, R. L., S.J. Barras, and J. E. Coster (Tech. Coords.), Hazard-Rating Systems in Forest Insect Pest Management: Symposium Proceedings. USDA Forest Service Washington Office, Gen. Tech. Report WO-27. pp. 115-128.

Furniss, M. M. 2001. A new subspecies of *Dendroctonus* from Mexico. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 94: 21-25.

Gillette, N. E., C. J. Mehmel, J. N. Webster, R. R. Mori, N. Erbilgin, D. L. Wood, D. J. Stein. 2009. Aerially applied methylcyclohexenone-releasing flakes protect *Pseudotsuga menziesii* stands from attack by *Dendroctonus pseudotsugae*. *Forest Ecology and Management* 257: 1231-1236.

Hermann, R. K. y D. P. Lavender, 1990. *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. In: Burns R. y B. H. Honkala (cood. tec.). *Silvics of North America. Vol. 1, Conifers*. USDA Forest Service. Washington, D. C. pp. 527-540.

Hopkins. 1909. Contribution toward a monograph of the Scolytid beetles. USDA., B.E. Tech. Ser.17 Pt.1, pp.121-126.

Lindgren, B. S., G. Gries, H. D. Pierce, Jr., and K. Mori. 1992. *Dendroctonus pseudotsugae* Hopkins (Coleoptera: Scolytidae): Production and response to enantiomers of 1-methylcyclohex-2-en-1-ol. *Journal of Chemical Ecology* 18 (7): 1201-1208.

Lindgren, B. S., D. R. Miller, and J.P. LaFontaine. 2012. MCOL, frontaline and ethanol: a potential operational trap lure for Douglas-fir beetle in British Columbia. *Journal of the Entomological Society of British Columbia*. 108: 72-74.

Matthews, R. W. and J. R. Matthews. 2010. *Insect Behavior*. 2nd. Ed. Springer Science+Business Media B. V. pp. 217-259. DOI 10.1007/978-90-481-2389-6_6.

Narave F., H. y K. Taylor. 1997. Pinaceae. Flora de Veracruz. Instituto de Ecología A. C. Fascículo 98. Xalapa, Veracruz, Méx. 50 p.

Negrón, J. F. 1998. Probability of infestation and extent of mortality associated with the Douglas-fir beetle in Colorado Front Range. *Forest Ecology and Management* 107: 71-85.

Negrón, J. F. , J. A. Anhold, and A. S. Munson. 2001. Within-stand spatial distribution of tree mortality caused by the Douglas-fir beetle (Coleoptera: Scolytidae). *Environmental Entomology* 30 (2): 215-224).

Negrón, J. F., W. C. Schaupp Jr., and L. Pederson. 2011. Flight periodicity of the Douglas-fir beetle, *Dendroctonus pseudotsugae* Hopkins (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Colorado, U.S.A. *The Coleopterists Bulletin* 65(2): 182-184.

Reyes-Hernández, V.J., J. J. Vargas-Hernández, J. López-Upton y H. Vaquera-Huerta. 2005. Variación morfológica y anatómica en poblaciones Mexicanas de *Pseudotsuga* (Pinaceae). *Acta Botánica Mexicana* 70: 47-67.

Ross, D. W. and C. G. Niwa. 1997. Using aggregation and antiaggregation pheromones of the Douglas-fir beetle to produce snags for wildlife habitat. *West. J. Appl. For.* 12 (2): 52-54.

Ross, D. W. and G. E. Daterman. 1997. Using pheromone-baited traps to control the amount and distribution of tree mortality during outbreaks of the Douglas-fir beetle. *For. Sci.* 43(1): 65-70.

Ross, D. W., K. E. Gibson, G. E. Daterman. 2001. Using MCH to protect trees and stands from Douglas-fir beetle infestation. U.S. Department of Agriculture Forest Service FHTET-2001-09 (Revised March 2006).

Ruiz, E. A., J. E. Rinehart, J. L. Hayes, and G. Zuñiga. 2009a. Effect of geographic isolation on genetic differentiation in *Dendroctonus pseudotsugae* (Coleoptera: Curculionidae). *Hereditas* 146: 79-92.

Ruiz, E. A., J. Víctor, J. L. Hayes, and G. Zuñiga. 2009b. Molecular and morphological analysis of *Dendroctonus pseudotsugae* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae): An assessment of the taxonomic status of subspecies. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 102 (6): 282-207.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México. 423 p.

Salinas-Moreno, Y., C. F. Vargas-Mendoza, G. Zúñiga, J. Victor, A. Ager y J. L. Hayes. 2010. Atlas de distribución geográfica de los descortezadores del género *Dendroctonus* (Curculionidae: Scolytunae) en México/Atlas of the geographic distribution of bark beetles of the genus *Dendroctonus* (Curculionidae: Scolytinae) in México. Instituto Politécnico Nacional. México, D. F. pp. 41-42.

Sánchez-Martínez, G., L.M. Torres-Espinosa, I. Vázquez-Collazo, E. González-Gaona y R. Narváez-Flores. 2007. Monitoreo y manejo de insectos descortezadores de coníferas. Aguascalientes, Méx. INIFAP-CIRNOC, Campo Experimental Pabellón. Libro Técnico Núm. 4. 107 p.

Sánchez M., G., C. J. Mehmel, N. E. Gillette, E. González Gaona, J. A. López Hernández, J. C. Monárrez González, J. L. García Rodríguez, S. R. Mori, H. E. Alanís Morales, J. M. Mejía Bojórquez, M. Cano Rodríguez, M. A. Cortés Chamorro, L. M. Torres Espinosa. 2012. Fundamentos para el control integral del descortezador *Dendroctonus pseudotsugae barragani* Furniss en México Folleto Técnico núm. 46. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes México. ISBN: 978-607-425-797-7.

Sánchez-Salas, J. A., L. M. Torres-Espinosa, A. Cano-Pineda y O. U. Martínez-Burciaga. 2003. Daños y diversidad de insectos descortezadores de coníferas del noreste de México. Ciencia Forestal 28 (93): 41-56.

Sánchez-Salas, J. A. y Torres-Espinosa L. M. 2004. Manejo del descortezador *Dendroctonus pseudotsugae* Hopkins en los bosques de Coahuila. CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 15. Coahuila, México. 23 p.

Schmitz, R.E. and Gibson, K.E. 1996. Forest Insect & Disease. U.S.D.A. Forest Services. Leaflet 5: 1-6.

SEC (Softwood Export Council). 2001. Douglas fir *Pseudotsuga menziesii*. SEC, USA. 11 p.

SEMARNAT. 2008a. Relación de notificaciones expedidas en el estado de Durango en el periodo de enero a diciembre de 2006. Subdelegación para la Protección Ambiental y Recursos Naturales, Delegación Federal Durango. <http://semarnat.gob.mx/estados/durango/documents/sanidad.pdf> (Consultado: 01/Junio/2008).

SEMARNAT. 2008b. Norma Oficial Mexicana NOM-019-SEMARNAT-2006, que establece los lineamientos técnicos de los métodos de combate y control de insectos descortezadores. Diario Oficial de la Federación. México, D.F. 23 de julio de 2008, primera sección.

Shore, T. L., L. Safranyik, W. G. Riel, M. Ferguson, and J. Castonguay. 1999. Evaluation of factors affecting tree and stand susceptibility to the Douglas-fir beetle (Coleoptera: Scolytidae). *The Canadian Entomologists* 131: 831-839.

Stark, R. W. 1982. Generalized ecology and life cycle of bark beetles. In: Mitton, J. B. and K. B. Sturgeon

(eds.). Bark beetles of North American conifers: A system for the study of evolutionary biology. Austin, TX: University of Texas Press. pp. 21-45.

Syracuse Environmental Research Associates. 1998. 3-methylcyclohexen-1-one (MCH) human health and ecological risk assessment. Final report submitted to Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS) Biotechnology, biologics and environmental analysis and documentation. USDA, Riverdale, MD 20737.

Velasco-García, M. V.; J. López-Upton; G. Ángeles-Pérez; J. Vargas-Hernández y V. Guerra-de la Cruz. 2007. Dispersión de semillas de *Pseudotsuga menziesii* en poblaciones del centro de México. *Agrociencia* 41: 121-131.

Ventura-Ríos, A., J. López-Upton, J. J. Vargas Hernández y V. Guerra de la Cruz. 2010. Caracterización de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en el centro de México. Implicaciones para su conservación. *Rev. Fitotec. Mex.* 33 (2): 107-116.

Vité, J. P. and W. Francke. 1976. The aggregation pheromones of bark beetles: progress and problems. *Naturwissenschaften* 63: 550-555.

Wood, S. L. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. Great Basin Naturalist Memoirs, Provo, Utah. 1359p.

Esta publicación se terminó de imprimir en mes de enero de 2018.

Su tiraje consta de 700 ejemplares.



SEMARNAT

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



EJEMPLAR GRATUITO
PROHIBIDA SU VENTA
www.gob.mx/conafor
01800 **73 70 000**

Comisión Nacional Forestal | @CONAFOR | conaforgob | conafor