



MANUAL PARA LA APLICACIÓN DE FUMIGANTES CON FOSFURO DE ALUMINIO



David Cibrián Tovar
Eduardo Martínez Manuela
Uriel Barrera Ruiz
Pablo Martínez Gil
Esau Bautista Verdis

AGRADECIMIENTOS

Se expresa un profundo agradecimiento a la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) Hidalgo, a la Dirección del Parque Nacional El Chico y al Gobierno Municipal de Mineral del Chico por su apoyo institucional, acompañamiento logístico y las facilidades otorgadas para el desarrollo de las actividades en campo, las cuales resultaron esenciales para la elaboración del presente manual.

De igual manera, se reconoce el valioso respaldo del Dr. Noé Ronquillo Gorgua, del Ing. Juan Miguel Hernández Hernández, del Ing. José Luis Cruz del Villar y del Ing. Iván Miranda Miranda, integrantes del equipo técnico a cargo de la Contingencia Ambiental en el Parque Nacional El Chico, por su orientación, liderazgo y compromiso durante todas las etapas del proyecto.

Asimismo, se extiende un especial agradecimiento a Frank Gregorio Cruz Rosas, Amelia García Hernández, Gregorio García Mendoza, Pablo Rodríguez Hernández, Esteban Reyes Ramírez, Michel Hernández Palafox, José Iván Victoriano Rendón y Marlen Ubaldo Hernández, brigadistas y colaboradores fundamentales en las labores de campo, cuyo esfuerzo, dedicación y profesionalismo fueron determinantes para la obtención de los resultados aquí presentados.

Su participación conjunta permitió integrar conocimientos técnicos, experiencia operativa y compromiso institucional en favor de la conservación y restauración del Parque Nacional El Chico.

PRIMERA EDICIÓN

Universidad Autónoma Chapingo
Km. 38.5 Carr. México – Texcoco, Chapingo, Texcoco.
Estado de México, México C.P. 56230

Este documento forma parte del “PROYECTO DE CONTINGENCIA FORESTAL, PARA LA ATENCIÓN DE PLAGAS POR INSECTOS DESCORTEZADORES EN EL PARQUE NACIONAL EL CHICO”

Impreso en México – Printed in México
Noviembre 2025

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1. Propósito del manual	4
2. Alcance y aplicación	4
3. Objetivo del procedimiento	4
2. RESPONSABILIDADES	5
2.1. Personal autorizado	5
2.2. Responsabilidades del supervisor	5
2.3. Responsabilidades del técnico aplicador de fumigantes	5
3. NORMAS DE SEGURIDAD OPERATIVA	7
3.1. Equipo de protección personal (EPP)	7
3.2. Zonas de riesgo y perímetros de seguridad	8
4. PROCEDIMIENTO DE FUMIGACIÓN	9
4.1. Materiales para la Aplicación	9
4.2. Acondicionamiento de las pilas	10
4.3. Colocación y sellado de la cubierta	11
4.4. Cálculo de Volumen y Dosis	12
4.5. Aplicación del Fumigante	13
4.6. Período de Espera	14
4.7. Destapado y Aireación Controlada	14
4.8. Disposición Final	15
5. GLOSARIO	16

1. INTRODUCCIÓN

1. Propósito del manual

Este manual técnico tiene como propósito establecer un procedimiento operativo estandarizado para el control de descortezadores en pilas de oyamel a través de fumigación con fosfuro de aluminio, buscando minimizar las pérdidas económicas, garantizar la máxima eficacia del tratamiento fitosanitario y asegurar condiciones seguras de operación para el personal y el entorno ambiental.

2. Alcance y aplicación.

La fumigación debe ejecutarse inmediatamente después del, apilado y antes del transporte, también en lugares de almacenamiento temporal donde se concentren troncos de oyamel que muestren signos de infestación activa o que estén en alto riesgo de ello. Es fundamental recordar que este tratamiento es un complemento a las prácticas de manejo forestal y no sustituye el procesamiento rápido de la madera para minimizar riesgos. La efectividad de la fumigación con fosfina depende críticamente de las condiciones ambientales, siendo óptima por encima de los 15°C y estando absolutamente contraindicada bajo condiciones de lluvia intensa o vientos superiores a 20 km/h, ya que dispersan el gas y comprometen su concentración letal, cuando la temperatura desciende por debajo de 10°C debido a la drástica reducción en la eficacia del fumigante, o a menos de 50 metros de viviendas, fuentes de agua o áreas públicas sin los permisos correspondientes y la implementación de medidas de seguridad extremas, incluida una señalización clara que advierta del peligro.

3. Objetivo del procedimiento.

Establecer los pasos secuenciales y las medidas de seguridad para realizar una fumigación efectiva y segura de pilas de troncos de oyamel, utilizando fosfina como agente de control.

2. RESPONSABILIDADES

2.1. Personal autorizado.

El personal autorizado para la ejecución de las actividades comprende exclusivamente al técnico Forestal responsable de la supervisión técnica de las actividades, jefe de brigada de Saneamiento a cargo de la coordinación operativa del equipo de trabajo, técnico aplicador de fumigantes certificado en manejo seguro de plaguicidas, con equipo de protección personal completo y documentación vigente; y al personal capacitado o brigadas forestales especializadas en trabajos silvícolas para el acomodo técnico de pilas, quedando estrictamente prohibida la participación de personal no calificado.

2.2. Responsabilidades del supervisor.

El Supervisor, ya sea el técnico forestal, el responsable del aserradero o área de almacenamiento temporal, o el jefe de brigada, tiene la responsabilidad de garantizar las condiciones de seguridad previas a la ejecución de los trabajos, lo cual comprende la verificación del acondicionamiento del área para la conformación técnica de las pilas, la correcta delimitación y señalización perimetral con cinta de peligro y avisos visibles que indiquen **"PELIGRO - ZONA DE FUMIGACIÓN - NO PASAR - GAS ALTAMENTE TÓXICO"**, manteniendo esta señalización durante todo el proceso hasta la finalización de la aireación, así como la preparación de vías de acceso seguras para el desplazamiento de los equipos y personal.

2.3. Responsabilidades del técnico aplicador de fumigantes.

El Técnico Aplicador de Fumigantes tiene como responsabilidad primordial ejecutar la aplicación de fosfina conforme al protocolo establecido, lo que comprende: realizar el cálculo volumétrico de la pila y la dosificación correspondiente del agente fumigante; verificar la

hermeticidad del sistema de cubierta con plástico hule especializada; mantener monitoreo continuo de las concentraciones gaseosas durante el período de exposición; ejecutar los procedimientos de aireación controlada post-tratamiento; gestionar la disposición final segura de los residuos peligrosos; y reportar inmediatamente al supervisor cualquier condición de riesgo o desviación del procedimiento establecido, utilizando de manera permanente y verificada el Equipo de Protección Personal completo en condiciones óptimas durante todas las etapas operativas.

3. NORMAS DE SEGURIDAD OPERATIVA.

3.1. Equipo de protección personal (EPP).

El uso del EPP es de carácter obligatorio e innegociable para todas las operaciones de fumigación, constituyéndose como un requisito fundamental que incluye específicamente para el personal de aplicación: máscara de gas con filtro especializado para fosfina, overol de material impermeable de mangas largas, guantes de nitrilo o neopreno con resistencia química certificada, gafas de seguridad de sellado hermético y botas de seguridad con protección integral.



Mientras que para el equipo especializado en acomodo técnico de pilas se requiere casco de seguridad para protección contra impactos, guantes de cuero resistente para manipulación de material, calzado de seguridad con casquillo de acero y ropa de trabajo de alta visibilidad.

3.2. Zonas de riesgo y perímetros de seguridad.

Se establecen tres zonas de seguridad alrededor del área de fumigación: la primera zona de exclusión debe tener un radio mínimo de 10 metros de acceso estrictamente restringido al personal técnico aplicador de fumigantes, que indique **"PELIGRO - ZONA DE FUMIGACIÓN - NO PASAR - GAS ALTAMENTE TÓXICO"**. La segunda zona de restricción entre 10-20 metros para personal de apoyo con EPP básico, y una Zona de Observación entre 20-50 metros como límite exterior del perímetro; estos radios se amplían según condiciones climáticas, presencia de áreas sensibles o topografía descendente, manteniendo señalización reflectante específica y protocolos de acceso.



4. PROCEDIMIENTO DE FUMIGACIÓN.

4.1. Materiales para la Aplicación.

- Hule plástico calibre 600: Debe ser de un material resistente de alta densidad para garantizar la hermeticidad y evitar fugas del gas.
- Fumigante - Fosfuro de Aluminio: Se presenta en forma de pastillas que liberan gas fosfina.
- Material para sellado: Para asegurar los bordes de la lona al suelo se requiere: pala para preparar una zanja perimetral, tierra suelta y compacta, y cinta de ductos resistente (especialmente para sellar hoyos o rasgaduras en el plástico o como método alternativo de cierre).
- Cinta métrica para medir las dimensiones de la pila.
- Señalización de Seguridad: Cinta de peligro para delimitar el perímetro y carteles visibles con la leyenda: **"PELIGRO - ZONA EN FUMIGACIÓN - NO PASAR - GAS TÓXICO"**.



4.2. Acondicionamiento de las pilas.

Antes de cualquier aplicación, es fundamental preparar el área de trabajo y la pila de troncos.

- Debe apilar las trozas hasta una altura aproximada de 1.20 metros, asegurándose de que la pila esté ordenada para facilitar la penetración del gas.



- Es obligatorio delimitar toda el área con cinta de peligro y colocar señales visibles con leyendas como **"PELIGRO - ZONA EN FUMIGACIÓN - GAS TÓXICO"**. Tiene que mantenerse durante todo el proceso para prevenir el acceso de personal no autorizado

4.3. Colocación y sellado de la cubierta.

El siguiente paso es cubrir completamente la pila con hule de plástico de alta densidad.

- El método de sellado más práctico consiste en realizar una zanja perimetral de aproximadamente 20 cm de profundidad, enterrar los bordes del plástico y compactar bien la tierra.



- Revisar que el hule de plástico no tenga hoyos o rasgaduras; de encontrarlos, deben sellarse con cinta de ductos.

- Como método alternativo, si las condiciones del suelo no permiten un sellado con tierra, se puede colocar primero el plástico en el suelo, hacer la pila sobre el plástico y luego sellar los bordes con cinta de ductos para crear un cierre hermético.



- En cualquier caso, se debe dejar una sección sin sellar para poder ingresar a aplicar el fumigante.

4.4. Cálculo de Volumen y Dosis.



Para garantizar la eficacia del tratamiento, se debe calcular con precisión el volumen total de la pila bajo la cubierta plástica.

- Para el cálculo del volumen y dosis se debe determinar primero la capacidad cúbica de la pila aplicando la fórmula del: prisma triangular o prisma trapezoidal. Donde todas las medidas deben expresarse en metros.

Prisma triangular

$$\left(\frac{b * h}{2} \right) * l$$

Prisma trapezoidal

$$\left(\frac{(B + b) * h}{2} \right) * l$$



- Posteriormente, calcular la dosis de fosfuro de aluminio multiplicando el volumen obtenido por 3 gramos de fosfina por metro cúbico en condiciones normales, o por 5 gramos de fosfina por metro cúbico cuando se presente infestación severa o temperaturas inferiores a 15-20°C, determinando finalmente el número de pastillas requeridas según la concentración especificada por el fabricante.



4.5. Aplicación del Fumigante.

Esta fase solo debe ser ejecutada por el técnico aplicador de fumigantes. El uso del EPP completo es obligatorio e innegociable.

- Una vez equipado, el aplicador debe ingresar por la abertura previamente dejada y distribuir las pastillas de fosfuro de aluminio de manera uniforme sobre los troncos.



- Inmediatamente después de la aplicación, debe salir y, con el apoyo de dos brigadistas, proceder a sellar herméticamente la parte que estaba destapada para que el gas comience a actuar en un ambiente confinado.



Es crucial tener en cuenta que la reacción química que libera el gas letal comienza con la humedad ambiental; las pastillas tardan aproximadamente 20 minutos en iniciar la liberación del gas.

4.6 Período de Espera.

Después de la aplicación y sellado, la pila debe permanecer completamente cubierta durante el tiempo de exposición, que en este protocolo se ha establecido en 10 días. Este período permite que la fosfina, en estado gaseoso, se distribuya y penetre en la madera, eliminando las plagas.

Durante este tiempo, el área de seguridad debe mantenerse señalizada y es recomendable realizar monitoreos visuales regulares para verificar que el sellado de la lona se mantenga intacto.

4.7. Destapado y Aireación Controlada.

Una vez cumplido el período de exposición, se debe proceder al destapado.

- El técnico aplicador de fumigantes debe destapar solo un lado de la pila para iniciar una aireación controlada y dejar que los gases residuales se disipen de forma natural durante un mínimo de 24 horas.



4.8. Disposición Final.

Pasadas las 24 horas de aireación, y siempre usando EPP como medida de precaución, ya se puede retirar completamente el plástico.

- Se deben recoger los restos sólidos del fumigante para disponerlos de manera segura, según lo indicado por el proveedor y la normativa local, ya que aún pueden contener residuos activos.



- Finalmente, se pueden desarmar las pilas y retirar toda la señalización de seguridad.

5. GLOSARIO.

- **Abies religiosa:** Especie forestal conocida comúnmente como oyamel.
- **Concentración letal:** Nivel mínimo de gas fosfina necesario en el ambiente confinado para garantizar la eliminación efectiva de las plagas objetivo.
- **Descortezadores:** Insectos de la subfamilia *Scolytinae* que se desarrollan bajo la corteza de árboles.
- **Astillado físico-mecánico:** Proceso de reducción mecánica de material forestal mediante acción de corte e impacto.
- **EPP (Equipo de Protección Personal):** Conjunto de elementos de protección para el operador.
- **Fosfina:** Gas tóxico liberado mediante la reacción del fosfuro de aluminio con la humedad ambiental, utilizado como agente de control fitosanitario en cámaras de fumigación herméticas.
- **Fosfuro de aluminio:** Compuesto químico en presentación de pastillas que, al reaccionar con la humedad ambiental, libera gas fosfina.
- **Hermeticidad:** Condición de sellado perfecto de la cámara de fumigación que previene la fuga del gas fumigante y garantiza su concentración efectiva durante el período de exposición.

NOTAS

[illegible]



Gobierno de
México

Medio Ambiente
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales



CONAFOR
COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

