

# **Bromuro de Metilo**

**BOLETIN TECNICO**

**Fumigación de Granos, Espacios y  
Estructuras**

# CONTENIDO

Página

---

GENERALIDADES	
Introducción .....	3
Propiedades Físicas y Químicas .....	4
Envases .....	5
Situación Legal .....	7
EQUIPOS Y CALIBRACION	
Aplicadores Manuales .....	8
Dosificador por Volumen .....	9
Báscula de Piso .....	10
Presurización con Nitrógeno .....	10
Vaporizador de Agua Caliente .....	11
Vaporizador de Motor de Combustión .....	12
Medidor de Flujo .....	13
Equipos para Detección y Muestreo	
Analizadores por Conductividad Térmica .....	14
Detector de Haluros .....	16
Tubos Colorimétricos .....	17
Equipo Complementario	
Bomba Auxiliar .....	18
Manómetro en"U" .....	19
USO DEL BROMURO DE METILO	
Concentración x Tiempo .....	20
Vaporización .....	21
Temperatura y Humedad .....	22
Absorción y Adsorción .....	23
Efecto Residual .....	23
Tolerancias Establecidas .....	24
PROGRAMAS DE TRATAMIENTO	
Introducción .....	25
Guía General .....	26
Frutas, Nueces y Verduras .....	29
Material Vegetativo	
Plantas .....	33
Raíces, Tubérculos y Rizomas .....	36
Semillas .....	37
Productos Vegetales Diversos .....	39
PROCESO DE FUMIGACION	
General .....	43
Fumigación bajo Cubierta Plástica .....	46
Cámaras de Fumigación .....	53
Furgones, Trailers y Remolques .....	54
Fumigación de Estructuras .....	55
Bodegas Horizontales con Grano a Granel ....	57
Silos Verticales .....	59
Fumigación de Barcos .....	63
SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS .....	69

---

# GENERALIDADES.

---

## Introducción.

El bromuro de metilo ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ) es un fumigante incoloro, sin olor e ininflamable. Por esta razón se le agrega un 2% de cloropicrina o tricloro-nitrometano ( $\text{CCl}_3\text{NO}_2$ ) que por su intenso olor y propiedades lacrimógenas sirve como agente delator.

El uso del bromuro de metilo al 100% no está autorizado por la Dirección General de Sanidad Vegetal, salvo como excepción, en ciertos tratamientos cuarentenarios, donde la cloropicrina puede causar manchado de las frutas.

El bromuro de metilo se evapora a  $3.6^\circ\text{C}$  y es muy poco soluble en agua. Como gas, es tres veces más pesado que el aire. Como líquido, a  $0^\circ\text{C}$  1 litro de bromuro pesa 1.730 kg. Para facilitar el transporte y el manejo, se almacena en estado líquido a presión, en cilindros metálicos.

Es un fumigante efectivo en el tratamiento de gran variedad de plagas que atacan diversos cultivos. Se emplea frecuentemente como fumigante en los tratamientos cuarentenarios. Se usa extensamente para combatir plagas en granos almacenados, contra tuzas y hormigas y para fumigación general de suelos. También puede emplearse para desinfectar material vegetal. Es efectivo en el tratamiento de las siguientes plagas:

- Insectos (todos los estados)
- Acaros y garrapatas (todos los estados)
- Nemátodos (incluyendo quistes)
- Caracoles y babosas
- Hongos
- Malezas

El bromuro de metilo es efectivo en una amplia gama de temperaturas arriba de  $5^\circ\text{C}$ , aunque es recomendable que las fumigaciones se hagan a temperaturas arriba de  $15^\circ\text{C}$ . En general, el material vegetativo vivo tolera las dosis especificadas, pero el grado de tolerancia varía con la especie, la variedad, el estado de crecimiento y las condiciones del material. El bromuro acelera la descomposición de las plantas que están en malas condiciones.

Como el bromuro de metilo es tres veces más pesado que el aire, se difunde lateralmente y hacia abajo muy rápidamente, pero puede requerir ventiladores para asegurar que haya movimiento hacia arriba, y obtener una distribución de gas homogénea. La circulación del aire producida por el ventilador también intensifica la penetración del fumigante en la mercancía. En la fumigación de silos, se usa frecuentemente un sistema de recirculación forzada de aire para contrarrestar las corrientes convectivas que se generan en las masas de grano infestadas.

Se emplea un vaporizador o evaporador para calentar el bromuro de metilo líquido, y así acelerar su conversión a gas. Una vez que el gas ha sido distribuido con uniformidad, mantiene esa condición durante todo el tratamiento salvo que ocurran fugas excesivas.

## Propiedades Físicas y Químicas.

### Bromuro de Metilo

#### Especificaciones:

Apariencia: líquido claro, libre de sólidos suspendidos

Agua, máximo ..... 100 ppm  
Acidez, como HBr, máximo ..... 10 ppm

Bromuro de metilo,  
por peso, mínimo ..... 97.5%  
Cloropicrina  
por peso, mínimo ..... 2.0%

Total ingrediente activo  
por peso, mínimo ..... 99.5%

Nombre común: **Bromuro de metilo.**

Fórmula: CH<sub>3</sub>Br

Nombres químicos: Bromuro de metilo, Bromometano.

Familia química: Alquil bromuro

Peso molecular ..... 94.94

Apariencia, y olor, 760 mm Hg, 20 °C: gas incoloro e inodoro.

Densidad, líquido, 0 °C/ 0 °C ..... 1.732

Densidad, vapor 760 mm Hg 0 °C (aire = 1) .... ~ 3.27

Presión de vapor, 20 °C ..... 1,400 mm Hg

40 °C ..... 2,600 mm Hg

Viscosidad, 0 °C ..... 0.397 cP

Punto de fusión ..... - 94.1 °C

Punto de ebullición, 760 mm ..... 3.56 °C

Solubilidad en agua, 20 °C ..... 1.75 g/100 g

25 °C ..... 1.34 g/100g

Índice de refracción, - 20 °C ..... 1.4432 n<sub>D</sub>

Capacidad calórica:

Sólido, - 96.6 °C ..... 0.165 cal/g/°C

Líquido, - 13.0 °C ..... 0.197 cal/g/°C

Vapor, 25 °C ..... 0.107 cal/g/°C

Calor latente de fusión, p.f. .... 15.05 cal/g

Calor latente de evaporación, p.e. .... 60.20 cal/g

Coefficiente de expansión, - 15 a 3 °C ..... 0.00163 /°C

Constante dieléctrica, 0°C

(103 a 105) ciclos/seg ..... 9.77

Temperatura crítica ..... 194 °C

Límites de inflamabilidad; Bromuro de metilo en aire

Punto de inflamabilidad, TCC ..... ninguno

Temperatura de autoignición ..... 537 °C

Límite inferior de explosividad, vol. % ..... ~ 10%

Límite superior de explosividad, vol % ..... ~ 15%

La ignición del bromuro de metilo puede ser provocada por una chispa de alta energía en los límites de inflamabilidad indicados anteriormente.

## Envases.

El bromuro de metilo se presenta en dos tipos de envases: latas de lámina de acero conteniendo 454 ó 680 g (1 ó 1.5 lb) y cilindros de acero con 13.6 a 90.72 kg (30 a 200 lb). Los más comúnmente usados son las latas de 680 g y los cilindros de 90.72 kg.

Para tratamientos en pequeña escala, el uso de las latas resulta más práctico. Como guía general, puede decirse que para fumigaciones esporádicas de espacios o mercancías de hasta 300 m<sup>3</sup> o fumigaciones de suelo de hasta 300 m<sup>2</sup>, es preferible el uso de latas. Para quienes deben hacer estos tratamientos repetidamente o con frecuencia, como es el caso de empresas dedicadas a la fumigación, resulta más sencillo y económico usar los cilindros. Igualmente se prefieren los cilindros para tratamientos de volúmenes o áreas grandes, aunque las fumigaciones sean poco frecuentes.

Hay cilindros que contienen de 500 a 1000 kg de bromuro de metilo, pero sólo se usan para fines de transportación o para fumigaciones de suelo en áreas muy grandes.



Fig. 1—Lata de bromuro de metilo

Para el combate de tuzas y hormigas, así como en fumigaciones pequeñas o infrecuentes se usan casi siempre las latas, que tienen la apariencia de las de refresco o cerveza, salvo porque están cerradas arriba y abajo y las cubiertas superior e inferior son cóncavas, para resistir mejor la presión, que sube notablemente al aumentar la temperatura.

Al hacer la perforación en la lata con el aplicador, debe evitarse la franja de unión de soldadura, levantando la etiqueta para verificar (Fig. 1).

En el capítulo sobre EQUIPOS Y CALIBRACION se tratan en detalle los dispositivos y equipos disponibles para realizar aplicaciones con bromuro de metilo envasado en latas o cilindros en diversas situaciones.

Los cilindros son semejantes en forma a los de gas doméstico, pero el mecanismo de descarga es totalmente distinto, y es muy importante que los técnicos dedicados a la fumigación lo conozcan perfectamente para poder trabajar con seguridad y poder resolver algunos problemas que se presentan ocasionalmente (ver Fig. 2 en la página siguiente).

El bromuro de metilo sale a través de un tubo de latón que corre de la válvula hasta cerca del fondo del cilindro; de esta forma, se asegura que al abrir la válvula, el bromuro de metilo líquido salga solo, sin aire ni mezcla de bromuro y aire.

La presión generada por el bromuro gasificado (y mezclado con aire) en la parte superior empuja hacia abajo el bromuro líquido para forzar su salida por el tubo de latón.

Además, normalmente se inyecta nitrógeno en la parte superior del cilindro para aumentar la presión a 10.5-14.1 kg/cm<sup>2</sup> (150-200 psi) con objeto de asegurar la descarga del bromuro con mayor rapidez o en condiciones de bajas temperaturas. Debe tenerse en cuenta que aunque el bromuro de metilo se evapora espontáneamente a unos 4 °C, toma calor del medio al evaporarse (Calor latente de evaporación = 60 cal/g). Por lo tanto, aún a temperaturas de más de 4 °C, si la descarga es rápida, el calor tomado por la evaporación del bromuro, puede enfriar el sistema de salida y detenerlo o tapar las mangueras de descarga con agua condensada del ambiente, y posteriormente congelada.

Sólo para ciertas situaciones en que el procedimiento de aplicación, como en el caso de fumigación de suelos por inyección, utiliza el nitrógeno como propelente, deben solicitarse específicamente cilindros sin presión agregada.

Tanto las latas como los cilindros se fabrican con acero de especificaciones muy estrictas, por lo que en ninguna forma deberá reenvasarse el bromuro de metilo en envases o cilindros destinados a otros propósitos.

Los cilindros de bromuro de metilo deben ser sometidos periódicamente a pruebas hidrostáticas para determinar la resistencia de las paredes.

La válvula de los cilindros funciona de la siguiente manera: al cerrar la válvula (girando en el sentido de las manecillas del reloj) se va comprimiendo un resorte cuya resistencia es necesario vencer. Al abrirla, se llega a un punto en que la apertura de la válvula coincide con la salida del tubo de latón y se inicia la descarga. Si se sigue abriendo, como podría ocurrir en una situación accidental, la apertura de la válvula queda arriba de la salida del tubo de latón (por la presión del resorte) y se bloquea la salida del bromuro.

Muy rara vez ocurre que el operador abre la válvula y el bromuro no sale; es posible que por el tiempo que el cilindro ha estado almacenado aunado a la alta humedad en el almacén, el resorte de la válvula pudiese trabarse por oxidación. Muchas veces, cuando eso ocurre, basta golpear suavemente con un martillo en la parte posterior de la válvula, para que se destrabe el resorte y empiece a fluir el bromuro de metilo.

Si el procedimiento descrito no resuelve el problema, no debe intentarse otro. De inmediato debe informarse al proveedor para hacer arreglos para devolver el cilindro y recibir crédito por la cantidad de bromuro que no se usó.

Hay dos tipos de válvula en los cilindros de bromuro de metilo: la llamada "sencilla" y la doble. Esta última, cuenta además con una salida de 0.365 mm (1/4") que se

comunica directamente con el espacio que queda arriba del bromuro líquido, el cual contiene una mezcla de bromuro y aire. Cuando quiera que se vaya a usar un sistema con nitrógeno como propelente (como en la inyección al suelo) debe especificarse la doble válvula al pedir el bromuro de metilo y solicitar, además, que los cilindros no tengan presión adicional de nitrógeno.

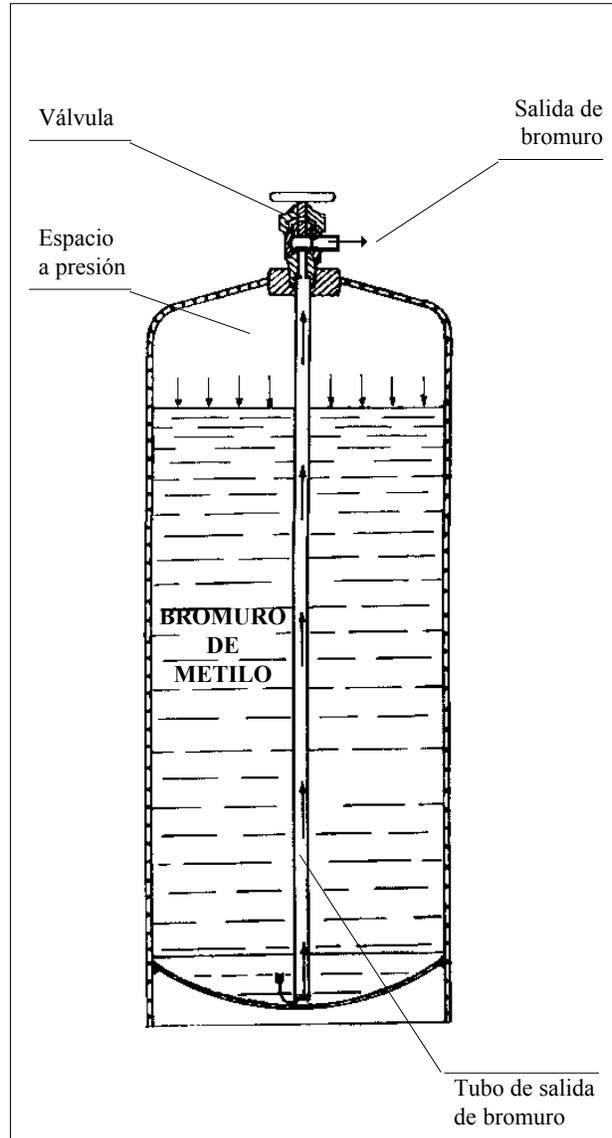


Fig 2.—Cilindro de bromuro de metilo

---

## Situación Legal.

El uso del bromuro de metilo, está regulado por los acuerdos que tienen anualmente cerca de 200 países, que en su momento apoyaron y firmaron el llamado Protocolo de Montreal en 1987.

Este acuerdo y sus enmiendas periódicas, está dirigido a eliminar la producción y uso de sustancias que se considera pudieran afectar la capa de Ozono en la estratósfera, en particular los compuestos cloro-fluoro-carbonados usados como propelentes en los aerosoles y en los compresores de los sistemas de refrigeración.

En la reunión de Ginebra a fines de 1993, el Comité para la Protección al Ambiente de la Organización de las Naciones Unidas atendió una propuesta al efecto de que se redujera la producción de bromuro de metilo a partir de 1996 al nivel que tenía en 1991 y que, al igual que los CFC's fuera eventualmente substituido por otros materiales sin efecto en la capa de Ozono.

Esta propuesta se hizo con base en la semejanza de la estructura química del bromuro de metilo con la de los CFC's, en modelos matemáticos que indicaron que el bromuro de metilo pudiera comportarse en forma análoga.

Muchas naciones miembros del Comité, particularmente entre los países no industrializados, consideraron que la suspensión del uso del bromuro de metilo tendría graves consecuencias en el abasto de alimentos para la población.

Otras expresaron que no había evidencia científica suficiente para respaldar la tesis de que el bromuro de metilo tuviera un efecto semejante en la capa de ozono al de los CFC's y que fuera realmente relevante la contribución a este efecto del bromuro de metilo usado para combate de plagas.

Para compensar por asimetría económica de los países firmantes, se convino en aplicar dos calendarios para eliminar el bromuro, uno para los países desarrollados (Clase 2) y otro para los demás (Clase 5): los primeros deberían llegar a cero para el año 2005 y los segundos, reducir al 80% del consumo del año base (1989) a partir del 2005 y a cero el primero de Enero de 2015.

Estudios posteriores de la NASA (Administración Nacional Aeroespacial de los Estados Unidos) indican que la vida media del bromuro de metilo en la estratósfera es del orden de un año, contra 15 a 30 para los CFC's, lo que baja notablemente el índice de efecto nocivo en la capa de ozono.

Igualmente, se estableció que la generación de bromuro de metilo en forma natural en los océanos es por mucho la principal fuente de bromuros orgánicos que se encuentran en la estratósfera.

En todo este periodo, se han buscado exhaustivamente materiales nuevos como el yoduro de metilo o ya conocidos, como el fluoruro de sulfurilo para substituir al bromuro de metilo. Hasta ahora no se ha encontrado uno que tenga efectividad y costo similares.

Así las cosas, en noviembre de 1993, la Agencia para la Protección del Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA), emitió un decreto ordenando la suspensión total de la producción, importación y exportación de bromuro de metilo en, hacia y de los Estados Unidos, a partir del 1º de enero del año 2000.

Sin embargo, posteriormente, por razones jurídicas y comerciales, la aplicación de este decreto ha sido pospuesta en varias ocasiones, pues consideran que la eliminación del bromuro coloca a sus productores de hortalizas en desventaja contra los que aun están autorizados para usarlo.

Como consecuencia los Estados Unidos y otros países industrializados, han estado posponiendo la aplicación de las restricciones convenidas, y solicitando vía excepciones por uso crítico, la autorización para el uso de mayor cantidad de BM que la convenida en los tratados.

Contradictoriamente, la oficina de Naciones Unidas a cargo de la protección de la capa de ozono, ha estado promoviendo acciones de desfase acelerado del BM por parte de los países en vías de desarrollo.

Las alternativas están más dirigidas al uso de invernaderos o de técnicas para injerto de plántulas, que son de alto costo y difícil aplicación en estos países.

Respecto al futuro del bromuro de metilo, lo único que puede aseverarse en este momento es que veremos presiones mayores para acelerar su desfase en los países en desarrollo antes del 2015 y, paralelamente, varios de los desarrollados presionarán por diversos mecanismos para seguir usándolo, en tanto no se encuentra una alternativa verdaderamente viable.

# EQUIPOS Y CALIBRACION

## Aplicadores Manuales.

Para la aplicación del bromuro de metilo en latas existen varios tipos de aplicadores manuales que operan en forma análoga, variando solamente la forma de descarga.

En todos los casos, el aplicador consta de un cincho cilíndrico que sujeta la lata en la parte inferior de su superficie lateral. Dispone de un mecanismo para fijar el aplicador firmemente a la lata y de otro que simultánea o posteriormente perfora la lata para permitir la salida del bromuro de metilo líquido a través de una manguera de polietileno, que normalmente es de 6.4 mm (1/4") de diámetro exterior.

El mecanismo de perforación consta de un punzón cilíndrico y de un empaque para sellar perfectamente el orificio abierto en la lata, evitando fugas laterales de bromuro. Siempre debe disponerse de empaques de repuesto, pues tienden a deteriorarse con el tiempo y la acción del bromuro. En toda aplicación debe cuidarse que el empaque se encuentre en buenas condiciones y que selle perfectamente; de otra forma, el operador corre el riesgo de que el bromuro salpique sobre la ropa o los ojos y pueda provocar ceguera permanente además de exponerse a una grave intoxicación.

El diagrama a la derecha (fig. 3) muestra uno de los tipos de aplicadores más comunes, con una válvula de paso. El bromuro sale directamente hacia la manguera en cuanto se abre la válvula. La dosificación se hace por tiempo. Como guía general, usando mangueras de polietileno de 6.4 mm de diámetro exterior (1/4"), se descargan alrededor de 15 gramos por segundo, a 15 °C.

La descarga puede variar con la temperatura, al variar la presión interna de la lata. Varía también dependiendo de que se vacíe la lata completa como en los tratamientos bajo cubierta plástica o de que se vaya vaciando poco a poco, como en los tratamientos contra hormigas y tuzas. Esta variación resulta de que el bromuro se enfría (60 cal/g) al evaporarse.

Cuando van a aplicarse varias latas conviene anotar el tiempo (o la suma de tiempos) en que se vacía la primera lata, para ajustar los tiempos de descarga de las siguientes. Una lata de 680 g contiene 390 cm<sup>3</sup>.

El aplicador sin válvula opera en forma semejante, salvo que se usa para descargar la lata completa, de una sola vez.

Existe también un aplicador con una botella plástica calibrada que permite medir por volumen el bromuro de metilo en incrementos de 10 cm<sup>3</sup> (17.5 g).

La descarga se hace en dos etapas: primero se abre la válvula de salida de la lata para que entre el bromuro a la botella. Se cierra entonces esta válvula y se abre la de la salida de la botella plástica para que descargue el bromuro hacia la manguera; para ello se requiere invertir la botella plástica.

Se cierra la válvula de la botella y se repite el proceso las veces necesarias.

El aplicador de botella plástica se usa poco actualmente en razón de que su manejo es menos práctico que el de válvula.

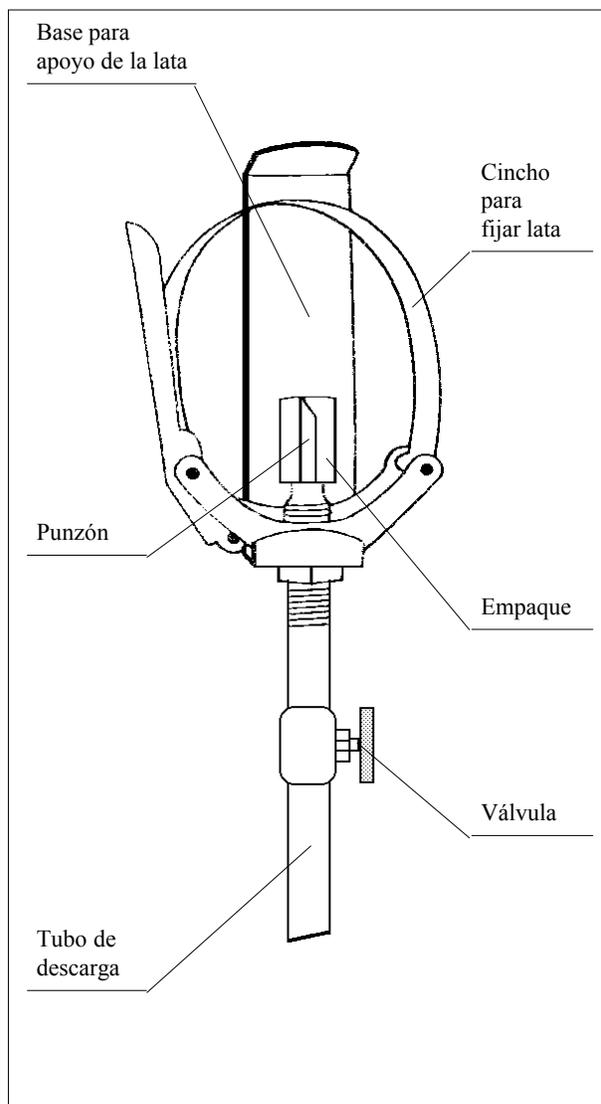


Fig. 3—Aplicador de Válvula

## Dosificador por Volumen

Para realizar fumigaciones frecuentes de tipo industrial o cuarentenario, en forma intermitente, resulta muy práctico el uso de dosificadores conectados a los cilindros de bromuro de metilo que cada vez miden y descargan volúmenes de 286 a 1720 cm<sup>3</sup> (0.5 a 3.0 kg). Dependiendo del trabajo a realizar, el bromuro puede descargarse a la manguera y de ahí directamente al espacio a fumigar. Para obtener mejores resultados, en particular si la temperatura y el tiempo son críticos, la manguera debe conducir el bromuro a un vaporizador antes de llevarlo al espacio a fumigar.

El diagrama de la figura 4 ilustra un dosificador por volumen típico.

El dosificador se conecta a la salida de bromuro del cilindro mediante un tubo con cabeza que cierra herméticamente contra el interior avellanado del tubo de salida del cilindro. Esta conexión se fija mediante una tuerca libre que sujeta la cabeza del tubo del dosificador contra la rosca exterior del tubo de salida del cilindro.

El bromuro pasa del cilindro al tanque del dosificador a través del tubo de cabeza del dosificador. El nivel del bromuro en el tanque se observa a través de un visor de vidrio lateral que comunica con el tanque. El visor puede estar calibrado en gramos o en libras. Al lado izquierdo del dosificador puede observarse un tubo de cobre, con una vuelta de espiral al centro, que conecta la parte superior con la inferior del tanque y que tiene por objeto liberar la presión, evitando que ésta se acumule en la parte superior y detenga la entrada del bromuro líquido.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Una vez conectando el dosificador a la salida del cilindro y habiendo cerrado todas las válvulas del dosificador, se abre la válvula del cilindro. En este momento debe verificarse que no haya fuga alguna; en caso de haberla, debe cerrarse la válvula del cilindro y corregir el problema.
2. Se abre la válvula de entrada al tanque del dosificador (1). Puede observarse a través del visor, como entra el bromuro al tanque; poco a poco la entrada se vuelve más lenta por la acumulación de presión en la parte superior del tanque del dosificador.

3. Se abren ahora 2 válvulas: la superior del tubo liberador de presión (2) y la de salida del bromuro (3). El aire atrapado si libera hacia el espacio a fumigar a través de la manguera de salida. Se observará que se reanuda la entrada de fumigante al dosificador y se espera a que el nivel de bromuro en el visor llegue a la marca deseada.
4. Se procede entonces a cerrar la válvula del cilindro de bromuro y la válvula de entrada al dosificador, y se abre la válvula inferior de presión (4) hasta que salga todo el bromuro del tanque del dosificador. Se cierran ahora todas las válvulas abiertas. Con esto se concluye un ciclo que toma unos 5 minutos; ciclo que se repite las veces que sea necesario hasta aplicar la cantidad total deseada de bromuro de metilo.

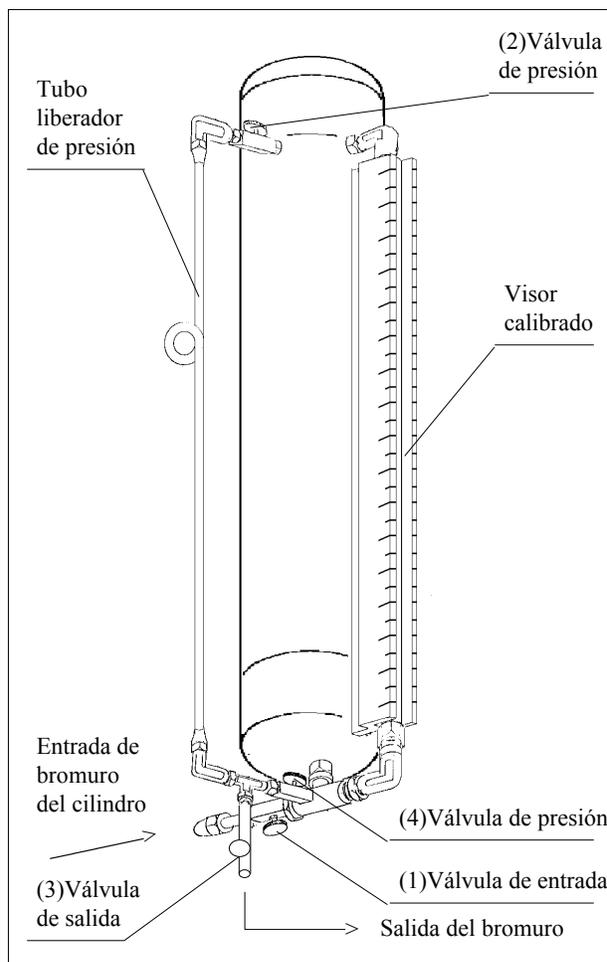


Fig. 4—Dosificador por Volumen

---

## Báscula de Piso.

La forma más tradicional de medir el bromuro de metilo es pesando el cilindro antes del tratamiento y descontando el peso de bromuro que se va a usar. Es un procedimiento muy práctico para la fumigación de instalaciones grandes en que no es necesario estar moviendo los cilindros de un lado para otro .

El procedimiento a seguir consiste en pesar primero el cilindro con el bromuro, incluyendo las conexiones y mangueras, tal como se van a usar.

A partir del peso obtenido anteriormente, se resta la cantidad de bromuro que se pretende usar, y se corre el fiel de la balanza hasta señalar el peso final que debería resultar.

Se procede entonces a iniciar la fumigación hasta que se nivele la balanza.

---

## Presurización con Nitrógeno

Este equipo se usa principalmente para la fumigación de suelos con bromuro de metilo por inyección, con equipo de tractor. Puede, desde luego, utilizarse para la fumigación de instalaciones y otras situaciones, pero, en general, es más complicado y no más preciso que el sistema de dosificador o de báscula de piso. Tiene mérito especial cuando es necesario estar moviendo los cilindros como es el caso de la fumigación de suelos con tractor.

El sistema consta de una válvula reguladora para nitrógeno y de las conexiones y válvulas para introducir presión controlada del cilindro de nitrógeno a uno con bromuro de metilo (fig. 5). Si se mantiene una presión constante en el cilindro de bromuro se asegura un flujo uniforme y previsible.

Este sistema puede estar conectado con un vaporizador o con un múltiple con orificios calibrados. Los fabricantes de boquillas y orificios publican tablas para obtener el flujo de bromuro de metilo a distintas presiones y con diferentes orificios.

Para operar el sistema se procede a conectar la válvula reguladora doble al cilindro de nitrógeno. Esta válvula tiene 2 manómetros: uno que mide la presión en el cilindro de

nitrógeno y otro que mide la presión suministrada al cilindro de bromuro a través de una manguera de polietileno de 6.4 mm (1/4") de diámetro exterior conectada a la pequeña válvula posterior de palometa del cilindro de bromuro.

La válvula reguladora doble se opera con una manija en "T" que opera en forma inversa: abre al apretar (girando en el sentido de las manecillas del reloj) y cierra al girarla en sentido contrario.

Antes de seguir adelante, debe retirarse la manija en "T" que opera la válvula reguladora doble. El nitrógeno entra a la válvula a más de 140 kg/cm<sup>2</sup> (2000 psi) y si entra con la válvula entre-abierta podría lanzar la manija a gran velocidad directamente hacia el operador!

Se procede entonces a abrir la válvula del cilindro de nitrógeno. En el manómetro de la izquierda se observará que la presión sube a alrededor de 155 kg/cm<sup>2</sup> (2200 psi). Se conecta entonces la manija en "T" y se va apretando hasta obtener la presión que se desea aplicar al cilindro de bromuro, la cual se muestra en el manómetro de la derecha, normalmente entre 2.8 y 3.6 kg/cm<sup>2</sup> (40 y 60 psi).

Como paso siguiente, se abre la válvula de palometa del cilindro de bromuro, permitiendo la entrada del nitrógeno y elevando la presión al nivel que muestra el manómetro de la derecha.

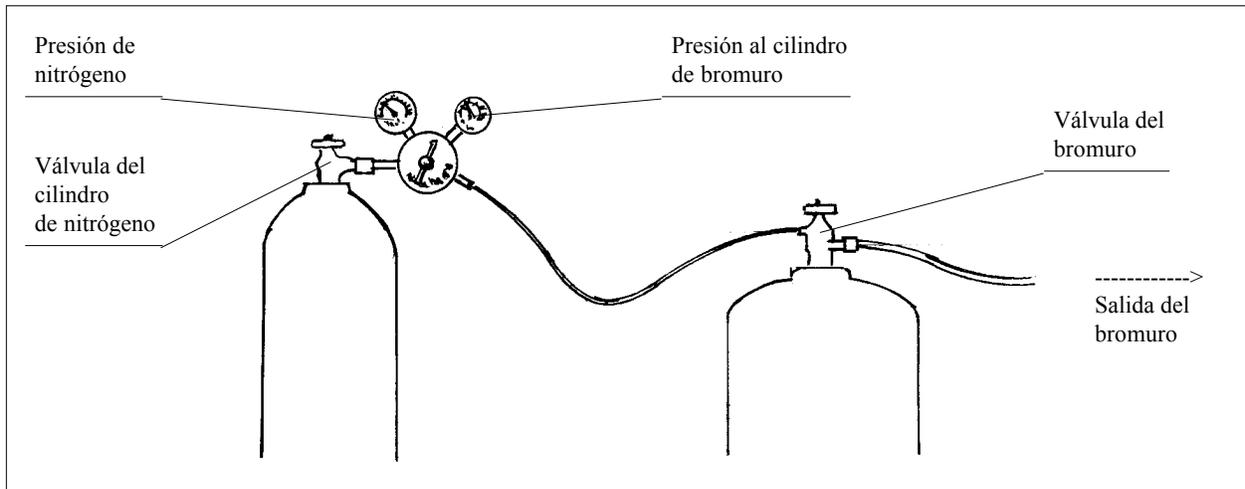


Fig. 5—Sistema de Presurización con Nitrógeno

## Vaporizador de Agua Caliente

Es conveniente usar un vaporizador cuando se fumiga a temperaturas por debajo de 15.5 °C o cuando se requiere el uso de más de 2 kg de bromuro de metilo para cada tratamiento. Al aplicar el bromuro gasificado se logra el importante beneficio de iniciar de inmediato la exposición de las plagas al fumigante, sin tener que esperar a que el bromuro se evapore en forma espontánea. Se consigue una mejor distribución del bromuro, tanto en los tratamientos a instalaciones y bodegas como en las fumigaciones de suelo.

El vaporizador tradicional consta de un serpentín por el cual se hace pasar el bromuro de metilo que sale del cilindro. El serpentín se introduce en un tanque de agua que ha sido calentada por un quemador de gas. Ver figura 6.

Puede construirse un vaporizador simple con un serpentín de tubo de cobre de 9.5 mm (3/8") de diámetro exterior y 7.50 m de largo, sumergido en un recipiente de agua caliente. Si el equipo debe utilizarse para cantidades de bromuro de metilo superiores a los 2 kg, se usará un tubo de cobre de 12.7 mm (1/2") de diámetro exterior por 15 m de longitud, enrollado en un recipiente de agua calentada a 65.5 °C o más.

Se debe descargar el fumigante a través del serpentín, a razón de 1.36-1.81 kg de gas por minuto. El tubo de introducción del gas debe sentirse caliente al tacto: es ésta una buena indicación de una vaporización satisfactoria.

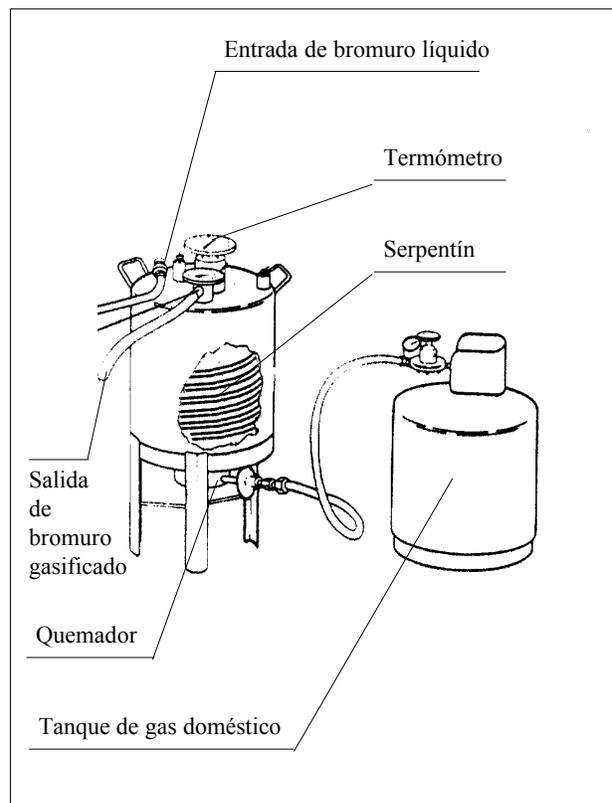


Fig. 6—Vaporizador de Agua Caliente

## Vaporizador de Motor de Combustión.

Para ciertas situaciones en que resulta muy inconveniente mover de un lado a otro el tanque de agua y el quemador con su tanque de gas de un vaporizador de agua caliente, hay una opción muy práctica: el vaporizador de motor (fig. 7).

Este equipo consiste de una atomizadora de motor a gasolina modificada para evaporar el bromuro de metilo.

La línea de bromuro se conecta a la manguera de la salida de aire de la atomizadora para que la corriente de aire evapore y arrastre el bromuro de metilo. Para compensar el calor latente de evaporación del fumigante, se hace una conexión del mofle del motor a la misma manguera de la salida de aire.

Para evaporar 1/2 kg de bromuro de metilo por minuto se requiere una atomizadora con una potencia de 3 HP y una descarga de aire de más de 12 m<sup>3</sup>/minuto. Debe cuidarse que el flujo de salida del bromuro no sea mayor que el previsto pues empezaría a salir en forma líquida anulando el efecto del vaporizador.

Este sistema fue desarrollado por FAX durante los años 70's; resulta muy conveniente para fumigación de suelos y ha sido adoptado en forma generalizada. La distribución y efectividad son substancialmente mejores que las que se logran con el sistema de inyección.

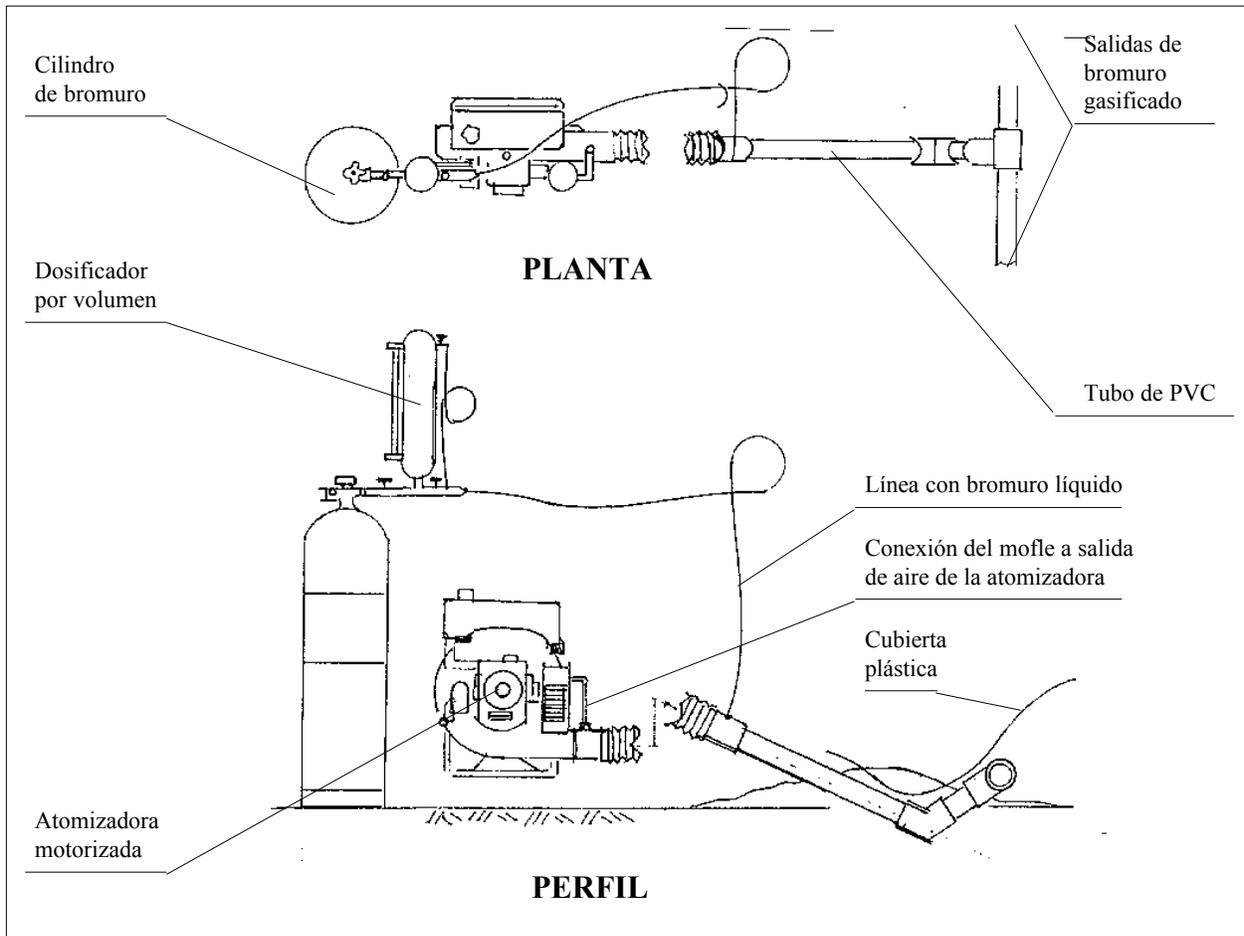


Fig. 7—Vaporizador de Motor de Combustión

## Medidor de Flujo

Este es un equipo que se utiliza para medir el flujo de bromuro de metilo líquido o gasificado, y que es muy útil en la fumigación de suelos con equipo de inyección montado en tractor, o en otras situaciones donde es deseable medir el flujo con precisión.

Se trata de un medidor de flujo de esfera flotante en el que el fluido pasa a través de un venturi vertical, en cuya salida flota una esfera (fig. 8). La altura de la esfera depende de la densidad y de la velocidad del fluido.

En los medidores de flujo habituales de este tipo, el venturi es de plástico o de vidrio y tiene una escala graduada. En el caso del medidor para bromuro de metilo, el venturi es metálico y la esfera es magnética.

El nivel de la esfera se transmite a un mecanismo que hace operar la aguja de una carátula la cual indica el flujo en gramos por minuto.

El equipo viene calibrado de fábrica para bromuro de metilo líquido o para ciertas concentraciones de bromuro en el aire.

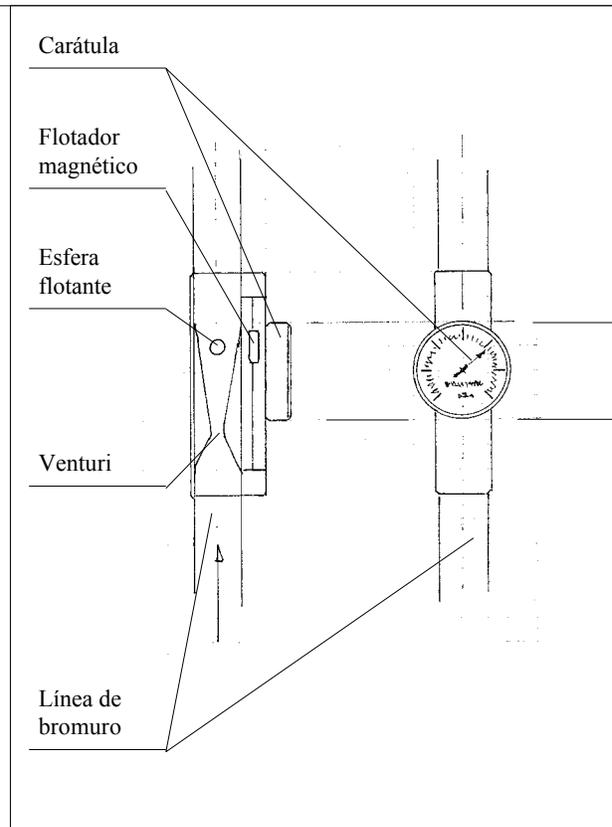


Fig. 8—Medidor de Flujo

# Equipos para Detección y Muestreo.

## Analizadores por Conductividad Térmica.

Los analizadores de gases por conductividad térmica, (fig. 9) permiten determinar la concentración de bromuro de metilo en un espacio fumigado. Contienen una celda de conductividad térmica, una bomba para succionar el gas, un selector del rango y un medidor del flujo del gas. Incluyen un tubo para el secado del gas. Para locales grandes se necesita además, una bomba auxiliar.

La muestra de bromuro entra al aparato por un tubo conector. Las mangueras de muestreo se conectan directamente a este tubo, o a través de un tubo para secado. Un medidor de esfera flotante indica el flujo de gas muestreado en pies cúbicos por hora (1 pie cúbico= 28.3 litros). El flujo se ajusta con una perilla que cambia la intensidad de succión de la bomba. La concentración del bromuro se muestra en una carátula que indica la concentración del bromuro de metilo en gramos por metro cúbico. Tiene también una perilla para ajustar la aguja de la carátula a cero, al pasar una muestra de aire puro a través del aparato.

El equipo cuenta con interruptores de corriente para la bomba y la carátula graduada, y un selector que regula el rango de concentraciones que muestra la carátula: 0—100 ó 0—400 g/m<sup>3</sup>. Los modelos digitales abarcan un rango de 0—999 g/m<sup>3</sup>.

Se debe descargar la salida de gases del instrumento lejos del operador. Cuando se usa la unidad en áreas poco ventiladas, el gas debe recircularse al espacio fumigado o sacarlo al exterior.

**Tubos Filtrantes**—Al usar el analizador, se utilizan tubos filtrantes para retener ciertos gases que interfieren con la lectura. Se usa un desecante como Drierite<sup>MR</sup>, que contiene sulfato de calcio anhidro, o Ascarite<sup>MR</sup> (soda asbesto) para eliminar el bióxido de carbono. El tubo se inserta en la línea de muestreo del gas, a la entrada de gas al aparato. La Drierite<sup>MR</sup>, de color azul cuando seca, se vuelve rosa al absorber humedad. Cuando el desecante se ha vuelto rosa, debe reemplazarse el tubo. En condiciones de alta humedad se colocan dos tubos, uno tras otro. Los tubos de secado deben mantenerse cerrados cuando no están en uso.

El tubo para secado debe colocarse verticalmente para que la mezcla de gases pase a través del material secante en lugar de por encima del mismo.

Los tubos con Ascarite<sup>MR</sup> para eliminar el bióxido de carbono y los de carbón activado para eliminar otros gases,

siguen el mismo principio de aplicación. Deben conectarse entre los tubos de Drierite<sup>MR</sup> y la entrada de gas a la manguera muestreadora. No deberá mezclarse el Drierite<sup>MR</sup> y Ascarite<sup>MR</sup> en el mismo tubo. El Ascarite<sup>MR</sup> debe reemplazarse cuando los gránulos comienzan a agregarse o se humedecen.

Es siempre aconsejable utilizar Drierite<sup>MR</sup> cuando se determina bromuro de metilo. El material desecante debe ser fresco y debe cambiarse frecuentemente para garantizar una lectura correcta.

Antes de operar la unidad debe normalizarse, procediendo en la forma siguiente:

1. Se conecta el aparato y se encienden la bomba y el medidor.
2. Se coloca el tubo para secado en el orificio de entrada al aparato y se prueba la hermeticidad tapando con un dedo la entrada del tubo. La esfera flotante del medidor de flujo debe indicar cero si las conexiones son herméticas.
3. Se calienta el aparato durante 10 a 15 minutos y se ajusta el flujo del aire a 1 pie cúbico por hora (28.3 l/hr.) moviendo la perilla selectora de flujo hacia la izquierda o derecha, hasta que la esfera flotante quede a la altura de la marca central en el visor calibrado.
5. Se acciona la bomba, para enviar aire fresco y seco al equipo y se mueve la perilla de ajuste del cero hasta leer cero en el indicador. Periódicamente se deberá verificar que la aguja del medidor no esté pegada o atascada. Para ello, se gira lentamente el selector a la derecha, en el sentido de las manecillas del reloj. Una vuelta en este sentido moverá la aguja de 0 a 100 / 200 en la escala de la carátula. Una vuelta en sentido contrario regresará la aguja a su posición inicial sobre el cero.

No se obtendrán lecturas precisas cuando la fumigación se haga bajo vacío, aunque éste sea muy pequeño. La unidad debe estar cerca del lugar de la fumigación para evitar el uso de mangueras de muestreo demasiado largas.

Por otra parte, debe estar suficientemente lejos del lugar de la fumigación (mínimo 10 m) para que los operadores trabajen sin riesgo de exposición accidental al gas y se les permita una salida fácil en caso de emergencia.

La unidad debe ser colocada sobre una superficie firme y protegida contra el viento, la lluvia, el frío excesivo y el sol. Antes de tomar lecturas de concentración del gas, la unidad debe ser calentada durante 10 a 15 minutos. Luego se prende la bomba y se ajusta el flujo a 1 pie cúbico (28.3 l) por hora. La unidad está ahora preparada para medir las muestras de bromuro procedentes del área tratada.

Se debe dar suficiente tiempo en la toma de cada muestra para tener una que sea representativa de la atmósfera fumigada.

Usando mangueras de 1/4" (6.4 mm) de diámetro exterior, de 5.00 a 6.50 m de largo, y a una temperatura de 21°C, el tiempo de muestreo debe tomar unos 7 minutos.

Usando pequeñas bombas auxiliares, el tiempo de muestreo puede reducirse a 12 o 15 segundos. Si se observa condensación de vapor de agua en el interior de las mangueras, deberá purgarse la línea y mover la unidad a otro lugar cuya temperatura sea semejante a la del área fumigada.

El bióxido de carbono puede interferir con la determinación cuando se fumiga fruta en cámaras donde se utilizan calentadores de petróleo o cuando se fumigan materiales vegetales empacados en turba o material orgánico. En estos casos, para obtener lecturas correctas debe usarse un material, como el Ascarite<sup>MR</sup>, en la línea de muestreo que absorba el bióxido de carbono. Después de la última lectura, se deberá hacer funcionar la bomba para circular aire fresco durante varios minutos por el interior del aparato.

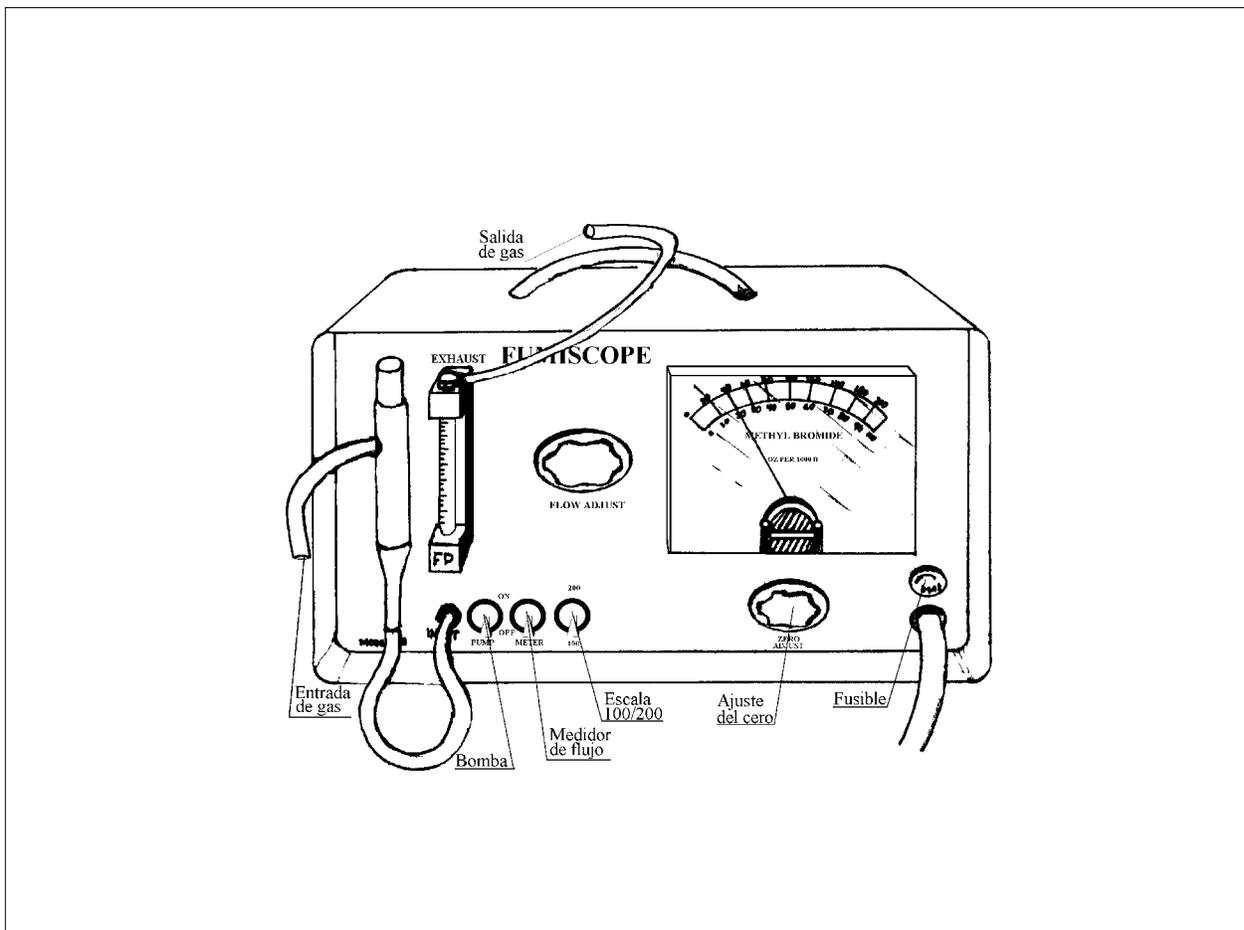


Fig. 9—Analizador de Conductividad Térmica

## Detector de Haluros

El detector de haluros (fig. 10) se utiliza para detectar fugas de bromuro de metilo alrededor de los espacios fumigados, y de los equipos de aplicación. También se utiliza para constatar la ausencia de bromuro en productos tratados que no deben conservar residuos después de la fumigación. Como medida preventiva de seguridad, este detector debe utilizarse regularmente en los locales donde se almacenan o guardan cilindros de bromuro de metilo o productos fumigados con este gas.

El detector de haluros indica la presencia y concentración aproximada en el aire del bromuro de metilo u otros compuestos halogenados. Esto se realiza haciendo circular la mezcla aire-gas sobre un plato o cono de cobre al rojo vivo, a través o sobre el cual pasa una flama. El color y la intensidad conferidos a la flama indican la presencia y la concentración del gas haluro.

Consiste de un tanque de combustible y una válvula para regular su salida; de un quemador donde el combustible se mezcla con el aire, y del plato o cono de reacción, donde la flama visible da una reacción de color. La mezcla de aire a ser analizada es succionada al quemador, por diferencial de temperaturas, a través de una manguera.

El detector de fugas de haluros se utiliza acercando un cerillo prendido al orificio del quemador y girando lentamente la válvula hacia la izquierda. Cuando el plato o cono de reacción se haya calentado al rojo vivo, la flama puede reducirse al mínimo necesario para mantenerlos al rojo vivo. El detector está ahora listo para usarse. Se toma la manguera de muestreo y se coloca cerca del área o artículo a examinar. Al pasar la muestra de aire succionada por el quemador sobre el plato o cono de reacción caliente, el color de la flama cambia si se encuentra presente bromuro de metilo u otro compuesto halogenado.

Como el detector de fugas de haluros en operación contiene una flama libre, se deben observar las medidas obvias de seguridad.

El cuadro siguiente muestra las concentraciones aproximadas de bromuro de metilo, asociadas a la coloración de la flama:

ppm*	g/m <sup>3</sup>	Color de la flama
0	0.0	Ninguna coloración
25	0.1	Margen verde claro
50	0.2	Verde moderado
125	0.5	Verde
250	1.0	Verde fuerte
500	2.0	Fuerte margen verde-azul
800	3.2	Azul-verde fuerte
1,000	4.0	Azul

\* El umbral límite para bromuro de metilo, para una exposición de 8 horas, es de 5 ppm. Los colores de la flama son válidos cuando la flama es reducida al mínimo necesario para mantener el plato o cono de reacción al rojo vivo. Si se usa el detector de noche o en lugares oscuros, la flama en sí, muestra un tono azulado.

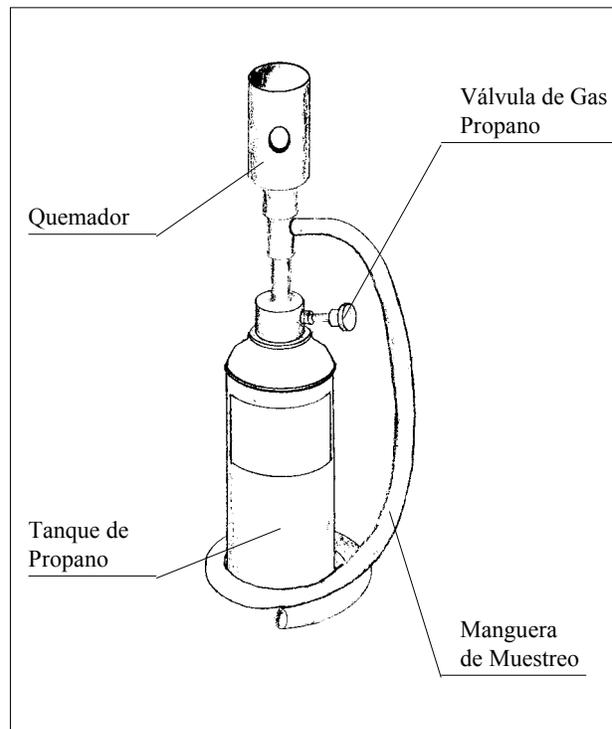


Fig. 10—Detector de Haluros

## Tubos Colorimétricos

La concentración del bromuro de metilo puede también determinarse con tubos colorimétricos. Con ellos puede determinarse fosfina y de algunos otros fumigantes cuya concentración no puede ser medida con una unidad C/T. Las concentraciones de gases residuales durante la operación de aireación de mercancías o locales pueden también determinarse para la mayoría de los fumigantes, incluyendo el bromuro de metilo, con tubos detectores.

Para este propósito se utilizan bombas especiales para extraer una muestra medida (normalmente 100 mililitros) de la mezcla aire-gas (fig. 11). La muestra es enviada a uno o dos tubos detectores, donde se realiza una reacción química con el reactivo de los tubos, dando una coloración típica. La longitud de la zona coloreada es proporcional a la concentración de gas. La medición de la longitud de la zona de color se efectúa mediante el uso de papeles calibrados o simplemente leyendo el número en una escala impresa sobre el tubo de vidrio.

Los tubos detectores de gas se fabrican con un peso constante de reactivo, con correcciones para las variaciones en el diámetro de cada tubo. Instrucciones operativas detalladas acompañan al equipo.

Los tubos son específicos para cada fumigante y normalmente se encuentran equipos de diferentes fabricantes. Sin embargo es recomendable utilizar la bomba proporcionada por el fabricante del tubo que se está utilizando.

Para casos de emergencia, pueden usarse tubos detectores de marca Auer, Drager, Gastec, Kitagawa y Mine Safety Appliances con bombas fabricadas por cualquiera de estas compañías, siempre que tengan una capacidad de extracción de 100 ml. Pueden ser necesarios unos adaptadores, a causa de los diferentes diámetros de los tubos vendidos por cada fabricante. La bomba Kitagawa utiliza un orificio de acero inoxidable desarmable para reducir el flujo de aire a través de muchos de sus tubos detectores. Esto garantiza una mayor precisión de la reacción química en el tubo. El orificio puede ser retirado cuando se utilizan tubos fabricados por otras compañías. Para alargar la vida útil de los tubos, deben conservarse bajo refrigeración.

Cuando deben enviarse muchas muestras a un punto común durante una fumigación de grandes proporciones, se debe utilizar una bomba auxiliar. Si se envía una sola muestra, puede ser necesario succionar el fumigante a través de la línea bombeando varias veces. Se puede conectar a la bomba la manguera de muestreo respectiva para detectar cuándo el fumigante ha llegado a la bomba.

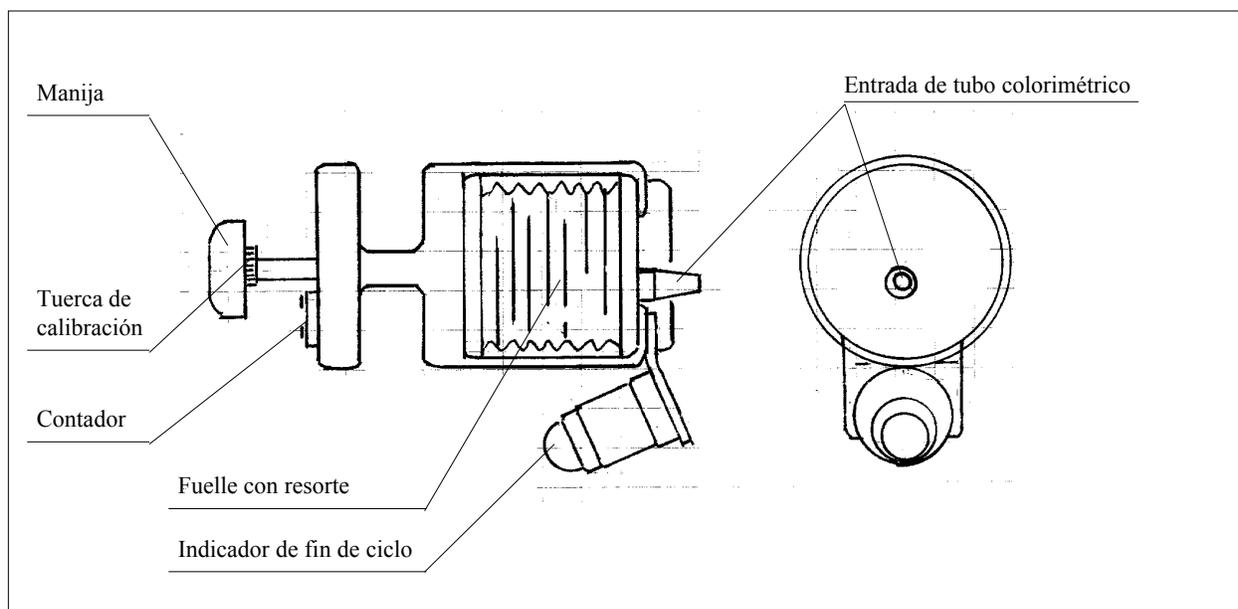


Fig. 11—Bomba para Tubos Colorimétricos

# Equipo Complementario

## Bomba Auxiliar

Durante la fumigación de locales grandes es necesario tomar numerosas lecturas de la concentración en varias posiciones en el interior del local. En algunos casos las distancias de muestreo serán mayores de 60 metros. El fumigante deberá ser aspirado desde el punto de muestreo hasta el analizador para obtener una lectura precisa de su concentración. Si se contara solamente con la bomba con la que está equipado el aparato de muestreo del gas, transcurriría demasiado tiempo entre las lecturas.

La bomba auxiliar (fig. 13) reduce el tiempo de muestreo al solo tiempo de lectura, ya que bombea el fumigante desde varias áreas y mantiene una aspiración constante.

La construcción de estos aparatos es relativamente simple. Se unen y se sueldan unas válvulas a un pedazo de tubo. Este tubo se conecta en el punto de succión de la bomba. El tubo funciona como un múltiple. La apertura o el cierre parcial de las válvulas permite el paso de las muestras de gas, en la medida requerida.

A la bomba se debe conectar una línea de salida de suficiente longitud para estar seguros de que el fumigante sea expulsado del área de muestreo.

Es importante que todas las soldaduras mantengan la hermeticidad en las válvulas. La bomba debe ser de tamaño suficiente para aspirar 28 litros/minuto a través de cada una de las líneas del múltiple. En consecuencia, cuanto mayor es el número de líneas, mayor es la capacidad requerida de la bomba. El equipo completo debe ser montado en una base suficientemente grande para reducir al mínimo las vibraciones. El peso del equipo debe ser reducido para facilitar el transporte.

Cada línea de muestreo se desconecta por turno de la bomba auxiliar, con la válvula cerrada. La línea se conecta luego a un equipo de conductividad térmica o a un detector de gases. Se hace la lectura, se vuelve a conectar la línea a la bomba auxiliar y se abre la válvula.

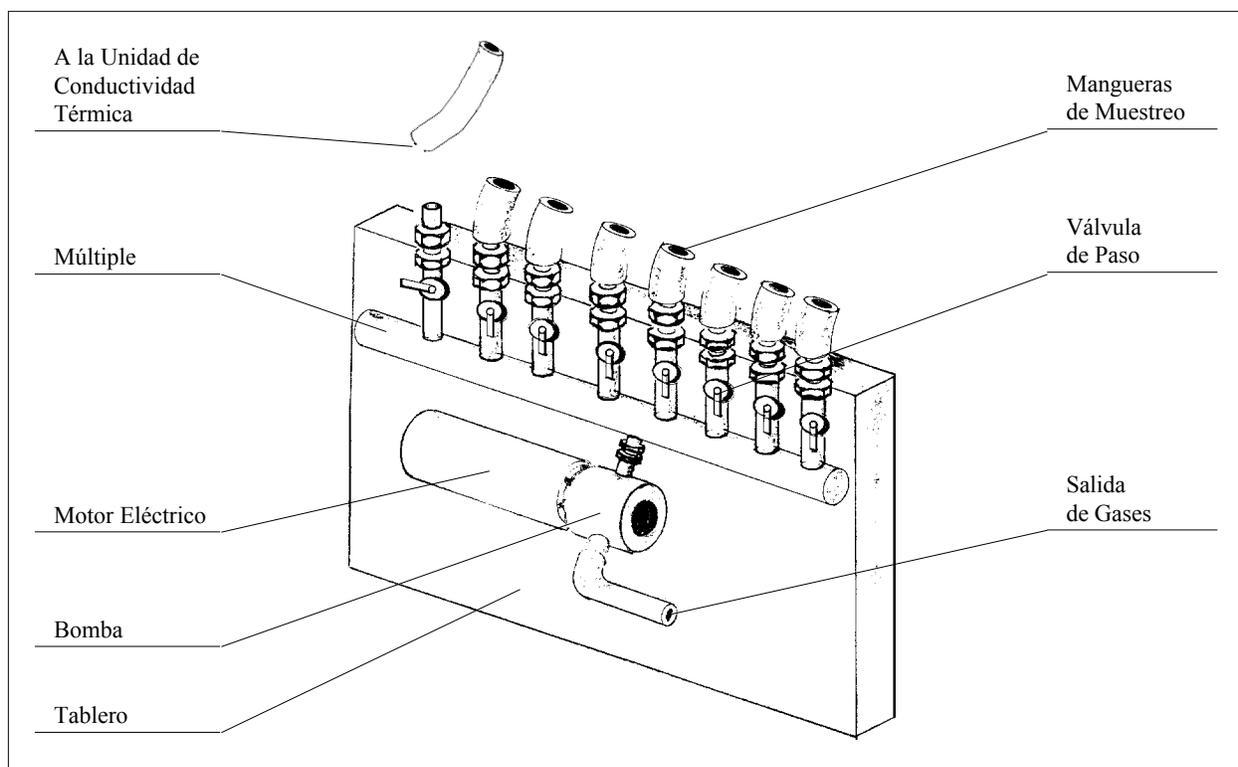


Fig. 13—Bomba Auxiliar

## Manómetro en "U" o de Brazo Abierto.

El manómetro es un tubo en forma de U, parcialmente lleno de keroseno o agua. El tubo podrá ser de vidrio o de plástico transparente. La diferencia de nivel en los dos brazos (o el nivel en un brazo) se mide por medio de una graduación en milímetros. Ver figura 14.

Cuando un fumigante es volatilizado en un local a presión atmosférica, se forma una presión positiva que luego se reduce paulatinamente por escape de la mezcla aire-fumigante. Las cámaras de fumigación deben ser suficientemente herméticas para retener el fumigante durante el tiempo de exposición. El manómetro se utiliza en la prueba de pérdida de la presión como índice de la hermeticidad. En la cámara se practica una abertura (normalmente de 2.54 cm (1") de diámetro) a la cual se conecta un soplador u otro aparato para la introducción de aire y la creación de una presión positiva. Se practica otra abertura, como las que se hacen para las líneas de muestreo del gas, para la conexión del manómetro. El procedimiento para la prueba es el siguiente:

- Se cierra la cámara como si se fuera a fumigar.
- Se conecta la boca del manómetro a la abertura de la cámara.
- Se utiliza una aspiradora, con la manguera conectada a la salida del aire, o un aparato similar para crear una presión positiva de 50 mm medida con el manómetro; Se considera los 50 mm como la diferencia de nivel del keroseno entre los dos brazos del manómetro (o un aumento de 25 mm del nivel en el brazo abierto).
- Se detiene el aparato soplador y se cierra la entrada de aire.
- Se mide el tiempo que tarda la presión en reducirse de 25 a 2.5 mm en el brazo abierto.

El tiempo necesario para reducir la diferencia de nivel en los dos brazos del manómetro de 50 a 5 mm debe ser de 22 segundos o más para asegurar la hermeticidad de la cámara. Las cámaras deben revisarse cada 6 meses cuando el tiempo haya sido entre 22 y 26 segundos. Las cámaras que retienen la presión durante 30 segundos o más deben ser revisadas una vez al año. La incapacidad para desarrollar o mantener una presión adecuada indica una fuga considerable. En estos casos, debe usarse una bomba de humo u otro sistema para determinar las zonas donde se presentan las fugas.

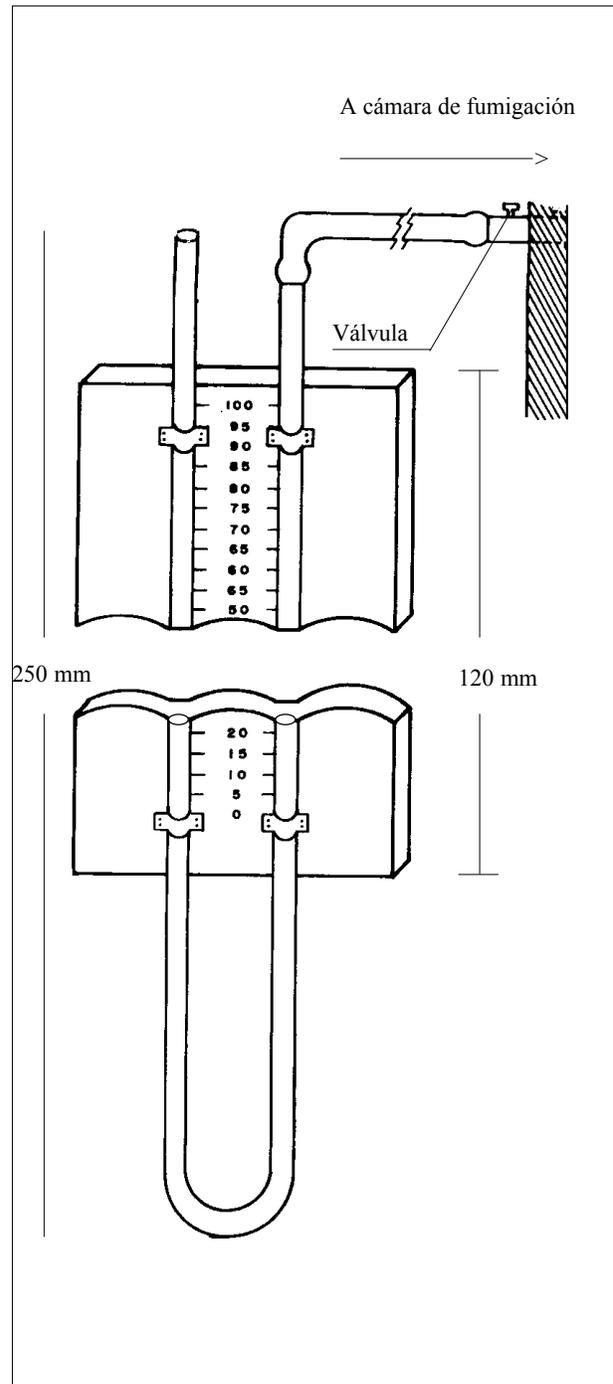


Fig. 14—Manómetro en "U" o de Brazo Abierto

# USO DEL BROMURO DE METILO

---

## Concentración x Tiempo.

Al tratar sobre los fumigantes, cuya acción contra las plagas, por una diversidad de mecanismos, resulta de la exposición de éstas al producto en forma gaseosa, la dosis se interpreta como la concentración del fumigante en la atmósfera fumigada. Este es el caso del bromuro de metilo.

Desde el punto de vista de la efectividad de una fumigación, el principio fundamental es lograr la combinación de concentración por tiempo (CxT) justa para el objetivo que se persigue.

En las fumigaciones comerciales, si el tiempo no es limitante, se escoge una dosis o concentración tan baja como sea posible, en términos de la gama de plagas presentes y sus estadios, del grado de infestación y la relación costo / beneficio del tratamiento. En términos generales, se elige una concentración que pueda eliminar cierto porcentaje pre-establecido de las plagas detectadas.

Si por el contrario, el tiempo es crítico, en razón de las ventajas operativas de terminar la fumigación con rapidez, se usa una concentración tan alta como sea recomendable en razón de la misma relación costo-beneficio.

Existen desde luego otros factores a considerar, como el efecto de la temperatura, el riesgo de daño a los productos fumigados, pero el criterio fundamental es básicamente económico, en términos de quién requiere de la fumigación.

En las fumigaciones cuarentenarias, donde el objetivo es evitar la introducción a la región o al país de plagas no endémicas, el valor económico del riesgo es tan alto que las concentraciones y tiempos prescritos por las autoridades fitosanitarias son los necesarios para asegurar la eliminación de las plagas no prevalentes en el país y de importancia cuarentenaria. La interacción de la temperatura y otros factores que afectan la efectividad del tratamiento modulan las concentraciones o tiempos prescritos. El posible daño a mercancías o instalaciones es necesariamente tomado en cuenta, pero no tiene la importancia o trascendencia que se le da en las fumigaciones comerciales.

Las concentraciones, tiempos de exposición y aireación de los tratamientos cuarentenarios están prescritas por las autoridades fitosanitarias y quien realiza estos tratamientos habrá de regirse por ellas en cada caso.

Se presentan aquí entonces, recomendaciones de tipo general aplicables principalmente a fumigaciones comerciales.

Para fumigaciones de espacios (instalaciones, bodegas, silos, furgones, etc.), el bromuro de metilo se usa a concentraciones que varían de 16 a 80 g/m<sup>3</sup> para tiempos de exposición de 36 a 6 horas, a temperaturas arriba de 15 °C.

Una recomendación típica es 50 g/m<sup>3</sup> con 24 horas de exposición.

Se aumenta la concentración en situaciones dónde:

- El tiempo de exposición es corto.
- La hermeticidad del local es pobre.
- El volumen a fumigar es pequeño.
- La mercancía es muy absorbente.
- La plaga objetivo es muy resistente

Tratándose de fumigación de suelos la concentración varía de 40 a 120 g/m<sup>2</sup> para tiempos de exposición de 24 a 48 horas (temperaturas del suelo de 15 a 25 °C).

Una recomendación típica es 50 g/m<sup>2</sup> con exposición de 48 horas.

Se aumenta la concentración en situaciones dónde:

- El suelo es muy arcilloso.
- La plaga objetivo (maleza, hongo) es muy resistente.
- El tiempo de exposición es muy corto.
- La temperatura es baja (menos de 15 °C).

---

## Vaporización

El bromuro de metilo ejerce su acción a partir de que se obtiene una cierta concentración en la atmósfera fumigada, congruente con el tiempo de exposición previsto. Es por tanto de gran trascendencia en la mayoría de las situaciones, que se obtenga lo más rápidamente posible la concentración deseada; es a partir de este momento que empieza a contar el tiempo de exposición! Este principio aplica para tratamientos para control de plagas en instalaciones, bodegas, furgones, barcos, etc., sin excluir la fumigación de suelos.

De lo anterior se deriva la importancia de asegurar cuando quiera que sea factible, que se aplique el bromuro de metilo en forma gasificada.

Extender el tiempo de exposición, en la mayoría de los casos, no compensa por el tiempo que tarda el fumigante en gasificarse espontáneamente. Aunque el bromuro de metilo evapora rápidamente arriba de los 4 °C, al evaporarse toma unas 60 calorías por cada gramo que se evapora (calor latente de evaporación).

En consecuencia, en un sistema cerrado o restringido, como lo pueden ser las mangueras de inyección o un espacio limitado, como una cubierta plástica, el bromuro se va enfriando y la evaporación va siendo cada vez más lenta. Mientras tanto, parte del bromuro en forma de gas se empieza a perder por difusión fuera del espacio o área tratada.

Si la temperatura es menor de 15 °C, el problema de alcanzar con rapidez la concentración planeada se vuelve crítico, tanto en la fumigación de espacios como en la fumigación de suelos o tratamientos para combate de hormigas o tuzas.

Hay otras razones para recomendar la vaporización del bromuro de metilo.

La absorción y adsorción en los productos tratados y desde luego en los tratamientos al suelo es notablemente mayor si el bromuro de metilo entra directamente en contacto, en forma líquida, con los productos tratados o el suelo. Esto, además del problema citado, tiene como consecuencia un nivel más alto de residuos que es un factor crítico en la fumigación de granos y comestibles en general.

Algunos materiales, particularmente aquéllos que contienen azufre, desarrollan olores desagradables tras la fumigación con bromuro de metilo. El gasificar el bromuro antes de su introducción, reduce notablemente problemas de olor residual.

El tipo de vaporizador a usar depende de cada situación específica. Los distintos tipos de vaporizadores se discuten en la Sección de EQUIPOS, USO Y APLICACION.

El vaporizador de serpentín y agua caliente, (fig. 7) se presta para fumigaciones de instalaciones y bodegas, donde el punto de fumigación es fijo o hay pocos desplazamientos a distancias relativamente cortas. Puede usarse en fumigación de barcos y contenedores.

Para la fumigación de furgones es deseable en general, usar un vaporizador de agua caliente y cuando la fumigación se hace a temperaturas abajo de 7-8 °C es indispensable.

El vaporizador de motor de combustión, (fig. 8) es muy práctico y efectivo para fumigación de suelos dónde la movilización del equipo es continua. En fumigaciones de contenedores y estibas, es recomendable también si el equipo debe estarse trasladando de un lugar a otro.

---

## Temperatura.

Después de la concentración y el tiempo de exposición, el elemento más importante para obtener un buen resultado en una fumigación es la temperatura.

El bromuro de metilo se evapora a 3.6 °C; abajo de esta temperatura, el bromuro va a estar líquido y no tiene acción como fumigante. Tiene desde luego un efecto directo si el líquido toca la plaga, pero cubrirá un espacio de 23 cm<sup>3</sup> con la cantidad (40g) de bromuro que serviría para fumigar 1 m<sup>3</sup>, en condiciones normales.

A temperaturas entre 7 y 15 °C es factible hacer una fumigación pero las condiciones no son ideales. La evaporación del bromuro es lenta, en parte por la baja temperatura misma y en parte porque al evaporarse se enfría. La difusión es más lenta y por tanto tarda en llegar a los puntos alejados del de introducción del gas, particularmente si la mercancía a fumigar está muy compacta.

Las plagas, insectos, nemátodos, etc., están en un nivel bajo de actividad metabólica, siendo más resistentes a la fumigación.

Todo lo anterior conduce a la necesidad de tener que subir la dosis, el tiempo de exposición, o ambos; dentro de este rango de temperatura es muy deseable utilizar algún tipo de vaporizador. Ver pág. 7 y 8.

Los mejores resultados en fumigaciones se obtienen a temperaturas superiores a los 15 °C. A medida que sube la temperatura, es factible reducir las dosis y tiempos de exposición, con los ahorros subsecuentes en costo y en tiempo operativo.

## Humedad.

La humedad afecta las fumigaciones en diversas formas. Tiene transcendencia tanto la humedad relativa de la atmósfera a fumigar como la humedad del producto a fumigar.

En términos generales, conviene evitar la humedad relativa demasiado alta (arriba del 70%). Tiene un efecto negativo en la fumigación misma por que retiene algo del bromuro de metilo. El agua condensada sobre la mercancía aumenta los residuos de bromo orgánico.

Demasiada humedad en el material a fumigar puede disminuir la efectividad del fumigante, por interferir con la difusión y distribución del fumigante.

Normalmente no se hacen tratamientos con bromuro de metilo en semillas para siembra pues tiende a reducir la germinación; sin embargo si la fumigación se hace cuando la semilla tiene baja humedad (abajo del 12%) es factible usar el bromuro de metilo.

El tratamiento de material vegetativo con bromuro de metilo, se hace normalmente sólo para fines cuarentenarios; en este caso, si se trata de material vegetativo en estado de crecimiento activo o con hojas, debe mantenerse un alto porcentaje de humedad (arriba de 75%) en la cámara, colocando musgo de turba o aserrín mojado en la cámara o mojando las paredes y el piso de la cámara de fumigación. Deben protegerse las plantas delicadas o en crecimiento activo de las corrientes de aire directo de los ventiladores.

La humedad interfiere con las lecturas de los analizadores de gas por conductividad térmica y debe eliminarse mediante los tubos con material desecante para obtener lecturas correctas.

La fumigación de suelos debe hacerse con el terreno a una humedad ligeramente arriba de la 'humedad de campo', o sea el agua retenida por capilaridad. En los terrenos demasiado húmedos, se obstruye la difusión del fumigante.

---

## Absorción y Adsorción.

En las fumigaciones con bromuro de metilo intervienen dos mecanismos que lo fijan y que hacen que no esté disponible para matar las plagas.

La adsorción, que es un proceso físico a través del cual el bromuro se fija a la superficie del material fumigado, y la absorción, en la que el fumigante queda atrapado en el interior del material tratado; en este último caso, puede tratarse de un proceso físico o de una reacción química, en cuyo caso se le conoce como quimio-absorción.

La velocidad de fijación del bromuro de metilo por estos procesos es alta al principio; después, se reduce gradualmente. Los materiales que adsorben o absorben el bromuro requieren de un mayor tiempo de aireación.

Los productos que se sabe o se cree que son altamente absorbentes para el bromuro de metilo no deben fumigarse en cámaras, a menos que se puedan tomar lecturas de concentración para asegurar que se cumple con la mínima requerida. Pueden necesitarse lecturas adicionales para monitorear adecuadamente la concentración de gas en las fumigaciones en cámaras.

Para la fumigación en cubiertas plásticas, se necesitan lecturas adicionales de la unidad de conductividad térmica para monitorear la concentración de gas y así determinar el grado de fijación del bromuro de metilo.

La siguiente es una lista parcial de mercancías conocidas por ser altamente absorbentes:

almidón de papa  
avellanas  
canela en rajas  
carbón  
costales de yute  
desperdicios de poliamida  
harina y productos molidos finamente  
hule  
incienso  
lana cruda, de trasquila  
madera agregada (Fibracel)  
nueces  
pistaches  
productos de madera (sin terminar)  
refuerzos de látex para alfombras  
tapetes de coco  
vermiculita

## Efecto Residual.

El bromuro de metilo puede reducir la vida de anaquel de las frutas y verduras frescas, la viabilidad de las plantas en estado activo de crecimiento o latente y la germinación de las semillas. Aunque el bromuro puede afectar adversamente algunas mercancías, cuando se trata de tratamientos cuarentenarios, es un riesgo necesario para controlar las plagas. Algunas dosis están cerca de la tolerancia máxima de algunos productos, de modo que debe ejercerse cuidado en la selección del programa apropiado de tratamiento y en la aplicación del mismo.

El bromuro de metilo puede también dañar a productos no vegetales. En general, los artículos con alto contenido de azufre pueden desarrollar olores desagradables tras la exposición a este fumigante.

En algunos productos es difícil o imposible quitar los olores por medio de la aireación. De ser posible o práctico, retírese del área a ser fumigada cualquier artículo que tenga probabilidades de desarrollar un olor indeseable.

Por lo general, los siguientes artículos no deben fumigarse:

- Artículos de magnesio (sujetos a corrosión)
- Artículos de pelo de caballo
- Artículos de piel, especialmente cabritilla
- Automóviles, aviones y vehículos en general
- Carbón
- Cojines de plumas
- Equipo electrónico
- Filtros y pieles
- Harina de huesos
- Harinas de alto contenido de proteínas (soya, trigo integral, cacahuete, polvos de hornear)
- Ladrillos de ceniza volcánica, sola o mezclada con concreto
- Mantequilla, manteca o grasas, salvo las envasadas herméticamente
- Papel con alto contenido de trapo o azufre
- Papeles para lustrar plata
- Polvo de hornear
- Productos de hule natural, hule esponjoso, hule espuma y hule reciclado, incluyendo almohadas, colchones, sellos de hule y muebles tapizados con estos materiales.
- Productos químicos e impresiones fotográficas y fotostáticas (excepto película fotográfica)
- Rellenos y respaldos de alfombra
- Revistas y periódicos (hechos de pulpa de madera)
- Sal yodada, bloques de sal que contengan azufre o derivados
- Telas de lana (especialmente de angora), estambres suaves y suéteres; telas de rayón viscosa

## Tolerancias Establecidas.

Cuando se realizan fumigaciones con bromuro de metilo, al igual que con cualquier otro fumigante, queda siempre algún residuo, por mínimo que sea, como consecuencia de la fumigación. De acuerdo con la experiencia en los tratamientos con bromuro de metilo y los residuos detectados, las autoridades de Salud de cada País establecen tolerancias máximas permisibles.

En el caso del bromuro de metilo las tolerancias establecidas para residuos de bromuro inorgánico, expresadas como bromo equivalente, son las indicadas en la siguiente lista:

En muchos casos, pueden fumigarse 2 ó más veces los productos enlistados, sin rebasar las tolerancias establecidas. En caso de duda, deberá hacerse un análisis de bromuro inorgánico antes de hacer una nueva aplicación.

Producto Natural	Tolerancia de Bromo Inorgánico (ppm Br)	Producto Natural	Tolerancia de Bromo Inorgánico (ppm Br)
Ajo ( <i>Allium sativum</i> ) .....	50	Manzana ( <i>Pyrus malus</i> ) .....	5
Alcachofa ( <i>Cynara scolymus</i> ) .....	30	Melón ( <i>Cucumis melo</i> ) .....	20
Alfalfa, ( <i>Medicago sativa</i> ), en forraje .....	50	Membrillo ( <i>Cydonia oblonga</i> ) .....	5
Algodón ( <i>Gossypium hirsutum</i> ), semilla de .....	200	Nabo ( <i>Brassica rapa</i> ) .....	30
Almendra ( <i>Prunus amygdalus</i> ) .....	200	Naranja ( <i>Citrus aurantium</i> ) .....	30
Arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) .....	50	Naranja china ( <i>Fortunella japonica</i> ) .....	30
Avellana ( <i>Corylus avellana</i> ) .....	200	Nectarina ( <i>Prunus persica</i> ) .....	20
Avena ( <i>Avena sativa</i> ), en grano .....	50	Nuez Americana ( <i>Carya spp.</i> ) .....	200
Betabel, ( <i>Beta vulgaris</i> ), raíces .....	30	Nuez de Castilla ( <i>Juglans regia</i> ) .....	200
Berenjena ( <i>Solanum melongena</i> ) .....	20	Nuez de macadamia ( <i>Macadamia spp.</i> ) .....	200
Cacahuete ( <i>Arachis hypogaea</i> ) .....	200	Nuez de la India ( <i>Anacardium occidentale</i> ) .....	200
Cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ), en grano .....	50	Nuez del Pará ( <i>Bertholletia excelsa</i> ) .....	200
Calabacita ( <i>Cucurbita pepo</i> ) .....	30	Nuez pecanera ( <i>Carya pecan</i> ) .....	200
Calabaza ( <i>Cucurbita pepo</i> ) .....	20	Nuez vellosa ( <i>Juglans cinerea</i> ) .....	200
Camote ( <i>Ipomoea batatas</i> ) .....	75	Ñame ( <i>Dioscorea spp.</i> ) .....	30
Castaña ( <i>Castanea spp.</i> ) .....	200	Okra ( <i>Abelmoschus esculentus</i> ) .....	30
Cebada, ( <i>Hordeum vulgare</i> ), en grano .....	50	Papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ) .....	75
Cebolla ( <i>Allium cepa</i> ) .....	20	Papaya ( <i>Carica papaya</i> ) .....	20
Cebollín ( <i>Allium cepa</i> ), bulbos .....	50	Pepino ( <i>Cucumis sativus</i> ) .....	30
Centeno ( <i>Secale cereale</i> ) .....	50	Pera ( <i>Pyrus communis</i> ) .....	5
Cereza ( <i>Prunus avium</i> ) .....	20	Pimiento ( <i>Capsicum annuum</i> ) .....	30
Chabacano ( <i>Prunus armeniaca</i> ) .....	20	Piña ( <i>Ananas comosus</i> ) .....	20
Chicharo ( <i>Pisum sativum</i> ), seco o en vaina .....	50	Pistache ( <i>Pistacia vera</i> ) .....	200
Chile ( <i>Capsicum annuum</i> ) .....	30	Raíz fuerte ( <i>Armoracia lapathifolia</i> ) .....	30
Chirivía ( <i>Pastinaca sativa</i> ), raíces .....	30	Rábano ( <i>Raphanus sativus</i> ) .....	30
Cidra ( <i>Citrus medica</i> ) .....	30	Salsifi ( <i>Tragopogon porrifolius</i> ), raíces .....	30
Ciruela ( <i>Prunus domestica</i> ), fresca .....	20	Sandía ( <i>Citrullus vulgaris</i> ) .....	20
Copra—de coco ( <i>Cocos nucifera</i> ) .....	100	Sorgo ( <i>Sorghum vulgare</i> ), en grano .....	50
Durazno ( <i>Prunus persica</i> ) .....	20	Toronja ( <i>Citrus paradisi</i> ) .....	30
Elote ( <i>Zea mays</i> ), con mazorca .....	50	Trigo ( <i>Triticum spp.</i> ), en grano .....	50
Fresa ( <i>Fragaria vesca</i> ) .....	30	Uva ( <i>Vitis spp.</i> ) .....	20
Frijoles ( <i>Phaseolus spp.</i> ), secos o verdes, ejotes .....	50	Zanahoria ( <i>Daucus carota</i> ), raíces .....	30
Jitomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> ) .....	20		
Lima ( <i>Citrus limetta</i> , <i>C. aurantifolia</i> ) .....	30		
Limón ( <i>Citrus limon</i> ) .....	30		
Maíz ( <i>Zea mays</i> ), en grano .....	50		
Mandarina ( <i>Citrus nobilis</i> ) .....	30		
Mango ( <i>Mangifera indica</i> ) .....	20		

# PROGRAMAS DE TRATAMIENTO

## Introducción.

En las páginas siguientes se presenta una serie de tablas que pueden servir como guía para decidir el programa de tratamiento a usar de acuerdo con el producto a fumigar, la plaga objetivo, la temperatura y el tipo de estructura o recinto donde tendrá lugar la fumigación.

Las tablas siguen el siguiente orden:

- Tabla General.
- Frutas, nueces y verduras.
- Material Vegetativo.
- Productos Vegetales Diversos.

En la primera tabla se incluyen recomendaciones de dosis y tiempos de exposición de tipo general, definiendo los límites típicos de concentraciones y tiempos, límites dentro de los cuales es factible decidir, de acuerdo con los parámetros operativos, las temperaturas y otras consideraciones descritas anteriormente.

Las demás tablas incluyen recomendaciones específicas para tratamientos los productos, plagas y rangos de temperaturas indicados, y se derivan de datos, información y experiencias en tratamientos de tipo cuarentenario, pero son aplicables a cualquier otro tipo de fumigaciones.

Para tratamientos comerciales deberá tenerse cuidado especial en realizar tratamientos grandes sin experiencia previa, particularmente en aquellos casos en que se indica en las tablas que existe riesgo especial de dañar la mercancía.

En el caso de tratamientos cuarentenarios, las dosis, tiempos de exposición y cuidados especiales, son prescritos por las autoridades fitosanitarias.

### Abreviaturas:

Vacío mm:	
PAN	Presión Atmosférica Normal.
380	Vacío de 380 mm de Hg.
660	Vacío de 660 mm de Hg.
Cámara:	
C o C	Cubierta Plástica o Cámara.
CAM	Cámara.
CUB	Cubierta Plástica.

## GUIA GENERAL PARA TRATAMIENTOS CON BROMURO DE METILO

Producto a Fumigar	Plaga Objetivo	Bromuro de Metilo	
		Dosis (g/m <sup>3</sup> )	Exposición (hrs)
Alfalfa, heno en pacas	Picudo de la alfalfa	16 a 24	21
Algodón, semilla, a granel en tolvas	Gusano rosado del algodón	64	24
Algodón, semilla, a granel en silos	Gusano rosado del algodón	64	24
		96	12
Arboles de Navidad	Palomilla gitana	40	6
Arroz con cáscara, a granel	Barrenador menor de los granos, gorgojo del arroz, palomilla de los graneros	24 a 32	24
Arroz, molido	Gorgojo serrado del grano, gorgojos de la harina, cadela, palomilla del arroz	24	6
Camote	Picudo del camote	56	4
Cereales (avena, centeno, maíz, trigo, sorgo), a granel, en tolvas, silos, bodegas horizontales	Barrenador del maíz, gorgojo del arroz, gorgojo serrado del grano	24 a 64	21
		Con circulación forzada de aire	
Cereales, alimento para animales, en sacos	Gorgojo del arroz, gorgojo serrado, gorgojos de la harina, cadela	16 a 24	15 a 24
Dátiles, empacados	Gorgojos de la harina, mayates, gorgojo serrado de los granos	32 a 48	1.6 a 3
Estacas, injertos y plantas en reposo vegetativo	Minadores de las hojas, escamas, palomillas, pulgones de la raíz, trips, ácaros o arañas rojas	24 a 40	4 a 6
Frijoles, secos	Gorgojo común del frijol	16 a 24	15 a 21
Frutas secas, incluyendo pasas, dátiles, higos	Palomilla de las pasas, mayates	24 a 40	1 a 6
Harina	Gorgojos de la harina, palomilla del Mediterráneo de la harina	16 a 24	16 a 21
Maíz sin cáscara, y sorgo, a granel, en tolvas (1)	Barrenador del maíz, gorgojo del arroz, otros insectos de los granos almacenados	64	16
Maíz en mazorca, en tolvas, almacenes y cámaras de fumigación	Barrenador del maíz, palomilla de los graneros, otros insectos del maíz	32	16
Manzanas (3)	Palomilla de la manzana, mosca de la manzana, palomilla oriental de la fruta	32	2

## GUIA GENERAL PARA TRATAMIENTOS CON BROMURO DE METILO

Producto a Fumigar	Plaga Objetivo	Bromuro de Metilo	
		Dosis (g/m <sup>3</sup> )	Exposición (horas)
Nueces, incluyendo nuez de Brasil, nuez de Cuba, nuez pecanera, nuez de Castilla, castañas, avellanas, pistaches	Palomilla oriental de la fruta, mayate de orla blanca	32 a 48	4
	Escarabajo japonés, palomilla de la harina	40	2.5
Papas (2)	Polilla del la papa	40	3 a 4
Pasas, fumigación bajo cubiertas de plástico	Palomilla de las pasas, mayates, otros insectos de comestibles almacenados, roedores	32 a 40	24
Peras (3)	Palomilla de la manzana, palomilla oriental de la fruta	32	2
Queso	Acaros del queso	12 a 16	8
	Gusanos del queso	20 a 24	8
Sorgo escobero, en pacas	Gusano telarañero, barrenador del maíz	16 a 24	12
Tabaco, cigarrillos	Mayate de los cigarros, palomilla del tabaco	16 a 24	48
Verduras frescas, jitomates, ejotes, frijoles, remolacha, nabos	Minadores de las hojas, piojos harinosos, barrenadores, ácaros, gusanos de alambre	16 a 24	4 a 6

### NOTAS:

Las dosis y tiempos de exposición indicados son válidos para temperaturas de 18 a 26 °C.

Para temperaturas de 10 a 18 °C aumentar la exposición en un 50%, o la dosis en proporción al descenso de temperatura.

(1) Las dosis mayores de 64 g/m<sup>3</sup>, necesarias a veces para el control de algunas plagas, pueden afectar la germinación de las semillas o la viabilidad de las plantas. Las semillas deben tener un contenido de humedad no mayor del 12%. El tiempo de exposición no debe ser mayor de 24 horas, seguido de aireación forzada. Aún dentro de los límites antes indicados puede haber daños por variación localizada de la concentración de bromuro, por cálculos equivocados o por otros factores. Si el fumigador no tiene experiencia previa en el tratamiento seleccionado, se recomienda hacer pruebas con lotes pequeños antes de realizar tratamientos comerciales.

(2) Las papas no deben fumigarse a temperaturas menores de 15 °C.

(3) No se sobrepasen las dosis y tiempos de exposición ya que puede afectarse la vida de anaquel de manzanas y peras.

---

**Página en blanco**

## Programas de Tratamientos con Bromuro de Metilo

### Frutas, Nueces y Verduras

Mercancía a Fumigar Plaga Objetivo	Vacío mm	Cámara	Temp	Dosis g/m <sup>3</sup>	Tiempo horas
<b>Achicoria (<i>Cichorium intybus</i>)</b>	PAN	C o C	>21 °C	32	2.0
			4 - 7 °C	64	2.0
<b>Aguacate (<i>Persea americana</i>)</b> <i>Ceratitis capitata</i> (Mosca del Mediterráneo), <i>Bactrocera tryoni</i> y <i>B. cucurbitae</i> Este tratamiento es marginal en cuanto a tolerancia del huésped	PAN	C o C	>21 °C	32	4.0
<b>Ajo (<i>Allium sativum</i>)</b> <i>Brachycerus spp.</i> y <i>Dyspessa ulula</i> (Dipteros)	380	CAM	>33 °C	32	1.5
			4 - 9 °C	48	4.0
<b>Apio (<i>Apium graveolens</i>)</b> Ectoparásitos	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			4 - 9 °C	48	2.0
<b>Arándano (<i>Vaccinium myrtillus</i>)</b> Ectoparásitos	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			21-26 °C	32	2.0
<b>Calabacita (<i>Cucurbita spp.</i>)</b> Ectoparásitos	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			4 - 9 °C	64	2.0
<b>Calabacita italiana o zucchini (<i>Cucurbita pepo</i>)</b> Ectoparásitos	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			16-20 °C	32	2.0
<b>Camote (<i>Ipomoea batatas</i>)</b> Ectoparásitos	PAN	CAM	>33 °C	40	4.0
			21-26 °C	56	4.0
<b>Cebolla (<i>Allium cepa</i>)</b> Endoparásitos	PAN	C o C	>33 °C	32	2.0
			4 - 9 °C	48	3.5
<b>Cebollín (<i>Allium cepa</i>)</b> <i>Exosoma lusitanica</i>	380	CAM	>27 °C	32	2.0
			4 - 9 °C	64	4.0
<b>Cereza (<i>Prunus avium</i>)</b> Insectos, excepto mosca de la fruta <i>Rhagoletis indifferens</i> (Mosca de las cerezas) y <i>Cydia pomonella</i> (Palomilla de la manzana)	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			4 - 9 °C	56	2.0
<b>Chayote (<i>Sechium edule</i>)</b> Ectoparásitos	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			4 - 9 °C	54	2.0
<b>Chirimoya (<i>Annona cherimola</i>)</b> <i>Brevipalpus chilensis</i> (Arañita escarlata)	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			10-15 °C	48	2.0
<b>Coco (<i>Cocos nucifera</i>)</b> Ectoparásitos	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			16-20 °C	40	2.0
<b>Col (<i>Brassica oleracea</i>)</b> Ectoparásitos	PAN	C o C	>27 °C	32	2.0
			4 - 7 °C	64	2.0
<b>Endivia, Escarola (<i>Cichorium endivia</i>)</b> Ectoparásitos	PAN	C o C	>21 °C	32	2.0
			4 - 7 °C	64	2.0
<b>Espárrago (<i>Asparagus officinalis</i>)</b> Ectoparásitos, como <i>Noctuidae spp.</i> , <i>Thrips spp.</i> , <i>Copitarsia spp.</i>	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			4 - 9 °C	64	2.0
<b>Frambuesa (<i>Rubus pumilus</i>)</b> Ectoparásitos como <i>Noctuidae spp.</i> , <i>Thrips spp.</i> , <i>Copitarsia spp.</i>	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			4 - 9 °C	64	2.0
<b>Fresa (<i>Fragaria vesca</i>)</b> Ectoparásitos	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			10-15 °C	48	2.0
<b>FAX</b>					<b>29</b>

## Programas de Tratamientos con Bromuro de Metilo

### Frutas, Nueces y Verduras

Mercancía a Fumigar Plaga Objetivo	Vacío mm	Cámara	Temp	Dosis g/m <sup>3</sup>	Tiempo horas
<b>Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) y lenteja (<i>Lens culinaris</i>), secos</b> <i>Bruchidae</i> (Gorgojos)	PAN	C o C	>21 °C	48	2.5
			4 - 9 °C	48	4.0
<b>Frijol y ejote (<i>Phaseolus spp.</i>)</b> <i>Maruca testualis</i> , <i>Epinotia aporema</i> , <i>Cydia fabivora</i> (Gusanos enrolladores de las hojas)	380	PAN	>33 °C	8	1.5
			4 - 9 °C	48	1.5
<b>Frutas de hueso—chabacano (<i>Prunus armeniaca</i>), nectarina y durazno (<i>Prunus persica</i>), ciruela (<i>Prunus domestica</i>)</b> Ectoparásitos	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			4 - 9 °C	64	2.0
<b>Haba (<i>Vicia faba</i>)</b> <i>Bruchidae</i> (Gorgojos)	660	CAM	>21 °C	48	2.5
			4 - 9 °C	48	5.0
	PAN	C o C	>21 °C	56	11.0
			4 - 9 °C	56	14.0
<b>Hortalizas de hoja</b> Ectoparásitos	PAN	C o C	>21 °C	32	2.0
			4 - 6 °C	64	2.0
Se incluyen como hortalizas de hoja: Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ), <i>Amaranthus spp.</i> (amaranto, quelite, espinaca China, tampala), arúgula ( <i>Arugula spp.</i> ), apio ( <i>Apium graveolens</i> ), celtuce ( <i>Lactuca sativa</i> var. asparagina), Perifollo ( <i>Anthriscus cerefolium</i> ), Valeriana ( <i>Valerianella olitoria</i> ), crisantemo ( <i>Chrysanthemum spp.</i> ), garlanda, epazote ( <i>Chenopodium ambrosioides</i> ), berro, berro de agua ( <i>Nasturtium officinale</i> ), berro de jardín ( <i>Lepidium sativum</i> ), berro de invierno ( <i>Barbarea praecox</i> ), diente de león ( <i>Taraxacum spp.</i> ), acedera ( <i>Oxidendrum arboreum</i> ), endivia ( <i>Cichorium endivia</i> ), hinojo ( <i>Foeniculum vulgare</i> ), perejil ( <i>Petroselinum sativum</i> ), verdolaga ( <i>Portulaca oleracea</i> ), ruibarbo ( <i>Rheum rhaonicum</i> ), acelga ( <i>Beta vulgaris</i> , var. cicla) y espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> ).					
<b>Jengibre (<i>Zingiber officinale</i>), raíz</b> Endoparásitos Ectoparásitos	380	CAM	>33 °C	32	3.0
			16-20 °C	48	3.0
	PAN	CAM	>33 °C	32	3.0
			16-20 °C	48	3.5
<b>Kiwi (<i>Actinidia spp.</i>)</b> Ectoparásitos, <i>Nyctius huttoni</i>	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			4 - 9 °C	64	2.0
<b>Llantén (<i>Plantago spp.</i>)</b> Ectoparásitos como <i>Noctuidae spp.</i> , <i>Thrips spp.</i> y <i>Copitarsia spp.</i>	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			4 - 9 °C	64	2.0
<b>Malanga, Taro (<i>Colocasia esculenta</i>)</b> Ectoparásitos Endoparásitos	PAN	C o C	>33 °C	32	3.0
			10-15 °C	48	4.0
	380	CAM	>33 °C	32	2.0
			4 - 9 °C	48	3.5
<b>Manzana (<i>Pyrus malus</i>)</b> Ectoparásitos excepto <i>Tortricidae</i> (Palomilla enrolladora de las hojas)	PAN	C o C	>27 °C	16	2.0
			4 - 9 °C	64	2.0
<b>Melón (<i>Cucumis melo</i>)</b> Ectoparásitos	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			4 - 9 °C	64	2.0
<b>Melones (<i>Cucumis spp.</i>) honeydew, muskmelon, sandía (<i>Citrullus vulgaris</i>)</b> Ectoparásitos como <i>Noctuidae spp.</i> , <i>Thrips spp.</i> (Trips), <i>Copitarsia spp.</i>	PAN	C o C	10-15 °C	48	2.0
			4 - 9 °C	64	2.0

## Programas de Tratamientos con Bromuro de Metilo

### Frutas, Nueces y Verduras

Mercancía a Fumigar Plaga Objetivo	Vacío mm	Cámara	Temp	Dosis g/m <sup>3</sup>	Tiempo horas
<b>Nueces (<i>Juglans regia</i>, <i>Carya pecan</i>)</b> <i>Cydia splendana</i> (Palomilla de las castañas) y <i>Curculio</i> spp. (Picudo)	PAN	C o C	>33 °C	64	3.0
			4 - 9 °C	96	6.0
<b>Nueces (<i>Juglans regia</i>, <i>Carya pecan</i>)</b> <i>Cydia splendana</i> (Palomilla de las castañas)	660	CAM	>27 °C	48	2.0
			4 - 9 °C	64	5.0
<b>Ñame, Barbasco (<i>Dioscorea</i> spp.)</b> Endoparásitos	PAN	CUB	>33 °C	40	4.5
			16-20 °C	64	4.5
La fumigación a temperaturas abajo de 21°C puede causar daños a la mercancía; las papas y el ñame deben mantenerse a la temperatura de la fumigación por 24 horas después del tratamiento. Deben mantenerse en un ambiente ligeramente húmedo para que no se resequen.					
<b>Ñame, Barbasco (<i>Dioscorea</i>, spp.)</b> Ectoparásitos	PAN	CAM	>33 °C	40	4.0
			16-20 °C	64	4.0
<b>Okra, quimbombó (<i>Abelmoschus esculentus</i>)</b> Gusano rosado ( <i>Pectinophora gossypiella</i> ) Si la humedad es alta, pueden causarse daños a la okra.	PAN	CAM	>33 °C	16	2.0
			4 - 9 °C	56	2.0
<b>Papa, blanca o irlandesa (<i>Solanum tuberosum</i>)</b> <i>Graphognathus</i> spp. (Mayate de orla blanca)  <i>Ostrinia nubilalis</i> (Barrenillo) y <i>Phthorimaea operculella</i> (Palomilla de la papa)	PAN	C o C	>27 °C	40	2.0
			21-26 °C	48	2.0
			>21 °C	44	2.0
<b>Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)</b>	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			10-15 °C	48	2.0
<b>Piña (<i>Ananas comosus</i>)</b> Endoparásitos Ectoparásitos	PAN	C o C	> 21 °C	32	6.0
			>27 °C	24	2.0
			4 - 9 °C	64	2.0
<b>Raíz Fuerte (<i>Armoracia lapathifolia</i>)</b> Germen de <i>Baris lepidii</i>	380	CAM	>33 °C	32	2.0
			21-26 °C	48	2.0
<b>Tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i>)</b> <i>Ceratitis capitata</i> (Mosca del Mediterráneo) El tratamiento es marginal en cuanto a tolerancia del huésped	PAN	C o C	>21°C	32	3.5
<b>Toronja (<i>Citrus paradisi</i>)</b> <i>Aleurocanthus woghumi</i> (Mosca prieta de los cítricos)	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			19-20 °C	28	2.0
<b>Tuna (<i>Opuntia</i> spp.)</b> <i>Ceratitis capitata</i> (Mosca del Mediterráneo) Ectoparásitos	PAN	C o C	>21°C	32	2.0
			>27 °C	24	2.0
			4 - 9 °C	64	2.0

<b>Programas de Tratamientos con Bromuro de Metilo</b>					
<b>Frutas, Nueces y Verduras</b>					
<b>Mercancía a Fumigar Plaga Objetivo</b>	<b>Vacío mm</b>	<b>Cámara</b>	<b>Temp</b>	<b>Dosis g/m<sup>3</sup></b>	<b>Tiempo horas</b>
<b>Uvas (<i>Vitis vinifera</i>)</b> Insectos varios <i>Lobesia botrana</i> (Palomilla menor de la vid)	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			4 - 9 °C	64	2.0
	PAN	C o C	27 °C	24	2.0
			4 - 9 °C	64	2.0
<b>Verduras de vaina verdes; Ejotes, frijoles, chícharos (<i>Phaseolus spp.</i>, <i>Pisum spp.</i>)</b> <i>Maruca testulalis</i> , <i>Epinotia aporema</i> , y <i>Cydia fabivora</i> (Gusanos enrolladores de las hojas) <b>Tratamiento alternativo:</b>	380	CAM	>33 °C	8	1.5
			4 - 9 °C	48	1.5
	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			10-15 °C	48	2.0
<b>Yuca (<i>Manihot utilissima</i>)</b> Ectoparásitos	PAN	C o C	>33 °C	32	3.0
			16-20 °C	48	3.0
<b>Zanahoria (<i>Daucus carota</i>)</b> Ectoparásitos Endoparásitos	PAN	C o C	>33 °C	32	3.0
			10-15 °C	48	4.0
	380	CAM	>33 °C	32	2.0
			4 - 9 °C	48	3.5
<b>Zarzamora (<i>Rubus spp.</i>)</b>	PAN	C o C	>27 °C	24	2.0
			4 - 9 °C	64	2.0

## Programas de Tratamientos con Bromuro de Metilo

### Material Vegetativo — Plantas

Mercancía a Fumigar Plaga Objetivo	Vacío mm	Cámara	Temp	Dosis g/m <sup>3</sup>	Tiempo horas
<p><b>Plantas leñosas de hoja caduca</b> (en estado de reposo vegetativo), esquejes de raíz, injertos y huéspedes sin hojas de la mosca blanca de los cítricos—tales como <i>Acer</i>, <i>Berberis</i>, <i>Fraxinus</i>, <i>Philadelphus</i>, <i>Rosa</i>, <i>Spiraea</i> y <i>Syringa</i>.</p> <p>Ectoparásitos y barrenadores</p> <p style="padding-left: 40px;"><i>Brachyrhinus</i> (larvas)</p> <p style="padding-left: 40px;">Otros</p>	PAN  660	C o C  CAM	32-35 °C 10-15 °C 32-35 °C 10-15 °C	32 48 32 48	2.5 3.5 2.0 3.0
<p><b>Plantas leñosas de hoja perenne</b>, en reposo vegetativo. De hoja ancha como <i>Azalea</i>, <i>Berberis</i>, <i>Camellia</i>, <i>Ilex</i> y <i>Photinia</i>. Coníferas como <i>Araucaria</i>, <i>Cedrus</i>, <i>Cupressus</i>, <i>Juniperus</i>, <i>Podocarpus</i>, <i>Thuja</i> y <i>Taxus</i></p> <p style="padding-left: 40px;"><i>Brachyrhinus</i></p> <p style="padding-left: 40px;">Otros</p> <p>Algunas especies y variedades de hoja perenne, en particular de los géneros <i>Azalea</i> y <i>Juniperus</i> muestran baja tolerancia al bromuro de metilo.</p>	PAN	C o C	32-35 °C 10-15 °C 32-35 °C 10-15 °C	32 48 24 40	2.5 3.5 2.0 3.0
<p><b>Esquejes, plantas herbáceas y esquejes verdes de plantas leñosas. Flor cortada y follajes.</b></p> <p style="padding-left: 40px;">Ectoparásitos, minadores de las hojas, trips</p> <p style="padding-left: 40px;">Barrenadores, escamas blandas</p>	PAN  380	C o C  CAM	27-31°C 10-15 °C 27-31 °C 10-15 °C	24 48 40 48	2.0 2.0 2.0 3.0
<p><b>Orquídeas</b>, plantas y esquejes</p> <p style="padding-left: 40px;">Ectoparásitos, excepto escamas blandas</p> <p>Barrenadores, mosca de la <i>Cattleya</i>, <i>mordellistena</i> spp., escamas blandas, <i>Vinsonia</i> spp.</p> <p>Algunas orquídeas son sensibles al bromuro de metilo, incluyendo algunos géneros como <i>Cymbidium</i>, <i>Cypripedium</i> y <i>Phalaenopsis</i></p>	PAN  380	C o C  CAM	32-35 °C 10-15 °C 32-35 °C 10-15 °C	16 48 48 48	2.0 2.0 1.0 3.0
<p><b>Bromelias</b></p> <p>Endoparásitos—barrenadores y minadores</p>	PAN  380	C o C  CAM	32-35 °C 16-20 °C 32-35 °C 16-20 °C	32 48 32 48	1.5 2.5 1.5 2.5

<b>Programas de Tratamientos con Bromuro de Metilo</b>						
<b>Material Vegetativo — Plantas</b>						
<b>Mercancía a Fumigar Plaga Objetivo</b>	<b>Vacío mm</b>	<b>Cámara</b>	<b>Temp</b>	<b>Dosis g/m<sup>3</sup></b>	<b>Tiempo horas</b>	
<b>Piña (<i>Ananas spp.</i>), vástagos</b>	PAN	C o C	32-35 °C	24	2.0	
			16-20 °C	48	2.0	
	660	CAM	32-35 °C	24	1.5	
			16-20 °C	48	1.5	
<b>Cactus y otras suculentas</b> Ectoparásitos, excepto escamas blandas  Barrenadores y escamas blandas  <i>Brachyrhinus</i> (larvas) Puede haber algún daño a las plantas	PAN	C o C	32-35 °C	16	2.0	
			4 - 9 °C	56	2.0	
	380	CAM	32-35 °C	32	2.0	
			4 - 9 °C	48	3.5	
	380	CAM	32-35 °C	32	2.5	
			4 - 9 °C	48	4.0	
<b>Crisantemos (<i>Chrysanthemum spp.</i>), esquejes enraizados o sin raíz. Puede haber daño a las plantas.</b> Áfidos Cícadas ( <i>Dioon edule</i> )  Cícadas ( <i>Cycas spp.</i> )— Otras excepto <i>Dioon edule</i>	PAN	C o C	>21 °C	12	2.0	
	660	CAM	32-35 °C	32	2.0	
			16-20 °C	48	2.5	
	380	CAM	32-35 °C	32	2.0	
			16-20 °C	48	2.5	
	<b><i>Dieffenbachia, Dracaena, Philodendron</i>, plantas y esquejes</b> Ectoparásitos  Endoparásitos Puede haber quemadura de las puntas de las hojas de <i>Dracaena</i>	PAN	C o C	32-35 °C	32	1.5
16-20 °C				48	2.5	
380		CAM	32-35 °C	32	1.5	
			16-20 °C	48	2.5	
<b>Pinos (<i>Pinus spp.</i>)</b>  Este es un tratamiento preventivo para pinos, con o sin raíces, ramas o brotes; se aplica a todas las especies de <i>Pinus</i>		PAN	C o C	23.9 °C	64	2.0
				21.7 °C	64	2.1
	19.4 °C			64	2.3	
	17.2 °C			64	2.5	
	15.0 °C			64	2.7	
	12.8 °C			64	2.9	
10.6 °C	64	3.1				
7.2 °C	64	3.5				

## Programas de Tratamientos con Bromuro de Metilo

### Material Vegetativo — Plantas

Mercancía a Fumigar Plaga Objetivo	Vacío mm	Cámara	Temp	Dosis g/m <sup>3</sup>	Tiempo horas	
<b>Huéspedes de la mosca blanca</b> <div style="text-align: right; margin-right: 20px;">Con hojas</div> <i>Brachyrhinus</i> <div style="text-align: right; margin-right: 20px;">Otras</div> <div style="text-align: right; margin-right: 20px;">Sin hojas</div> <i>Brachyrhinus</i>	PAN	C o C	29-35 °C 21-26 °C	24 32	4.0 3.5	
	PAN	C o C	29-35 °C 21-26 °C	16 32	4.0 3.5	
	PAN	C o C	32-35 °C	32	2.5	
	PAN	C o C	4 - 9 °C	48	4.0	
	PAN	C o C	32-32 °C	32	2.0	
				4 - 9 °C	48	3.5
	Contra <i>Veronicella</i> spp. u otras babosas	PAN	C o C	32-35 °C 16-20 °C	16 40	2.0 2.0
	Contra mosca prieta ( <i>Aleurocanthus woglumi</i> )	PAN	C o C	>29 °C 18-20 °C	16 28	2.0 2.0

Realizar a la sombra, de ser posible, las fumigaciones bajo cubierta de plástico, para evitar el sobre-calentamiento dentro de la cubierta. De ser posible, fumigar entre 4 y 5 días después de que las plantas hayan sido cosechadas y empacadas. Las raíces y el suelo deben estar húmedos antes de la fumigación. Diferir el riego por 12 horas después de la fumigación, a menos que las plantas se marchiten, en cuyo caso se regarán sólo en la medida necesaria. Evitar la circulación excesiva de aire durante la fumigación o durante el período de aireación post-tratamiento. Evitar colocar las plantas a pleno sol después de la fumigación.

## Programas de Tratamientos con Bromuro de Metilo

### Material Vegetativo — Raíces, Tubérculos y Rizomas

Mercancía a Fumigar Plaga Objetivo	Vacío mm	Cámara	Temp	Dosis g/m <sup>3</sup>	Tiempo horas
Ectoparásitos y plantas de la resurrección ( <i>Selaginella</i> spp.) <i>Brachyrhinus</i> (larvas)	PAN	C o C	32-35 °C	32	2.5
10-15 °C			48	3.5	
Otros	660	CAM	32-35 °C	32	2.0
Endoparásitos			10-15 °C	48	3.0
			32-35 °C	32	2.5
			10-15 °C	48	3.5
<b>Raíces de <i>Astilbe</i></b> con larvas de <i>Brachyrhinus</i> Para raíces empacadas en cajas grandes, con sustrato de turba; la temperatura corresponde a la del sustrato, si es menor que la de las raíces.	660	CAM	21-35 °C	64	2.0
16-20 °C			64	2.5	
10-15 °C			64	3.0	
<b>Ñame (<i>Dioscorea</i> spp.) y camote (<i>Ipomoea batatas</i>)</b>	PAN	C o C	32-35 °C	40	4.0
16-20 °C			64	4.0	
Temperaturas abajo de 21 °C durante la fumigación y la aireación, pueden causar daño al material. Los tubérculos deben estar curados, libres de humedad superficial y deben mantenerse a la temperatura de la fumigación durante 24 horas después del tratamiento.					
<b>Gladiola</b> con trips ( <i>Taeniothrips simplex</i> )	PAN	C o C	32-35 °C	32	3.0
			10-15 °C	48	4.0
	660	CAM	32-35 °C	32	2.0
			10-15 °C	48	3.0
<b>Bulbos de lirios, azucena (<i>Lilium</i> spp.),</b> empacados en sustrato.	PAN	C o C	32-35 °C	32	3.0
			10-15 °C	48	4.0
Límite de carga a fumigar, el 50% del volumen de la Cámara. Quitar todas las tapas de las cajas de madera. Se recomienda airear la mercancía de un día para otro, después de la fumigación.					
<b><i>Lycoris</i> spp.</b> con <i>Taeniothrips eucharii</i> (Trips)	660	CAM	32-35 °C	32	2.0
			10-15 °C	48	3.0
<b>Narciso (<i>Narcissus</i> spp.)</b> con <i>Steneotarsonemus laticeps</i>	PAN	C o C	32-35 °C	48	2.0
			10-15 °C	64	3.0
<b>Ajo (<i>Allium sativum</i>)</b> La carga no debe exceder el 80% del volumen de la cámara	380	CAM	32-35 °C	32	1.5
			10-15 °C	48	3.0

## Programas de Tratamientos con Bromuro de Metilo

### Material Vegetativo — Semillas

Mercancía a Fumigar Plaga Objetivo	Vacío mm	Cámara	Temp	Dosis g/m <sup>3</sup>	Tiempo horas
Ectoparásitos	PAN	C o C	27-35 °C 10-15 °C	40 48	2.5 3.5
La carga a fumigar no debe exceder el 30% del volumen de la cámara. No debe agregarse humedad cuando se fumigan semillas. Los embarques de semillas húmedas, normalmente sufren daños por el tratamiento.					
Endoparásitos	660	CAM	27-35 °C 10-15 °C	40 48	2.5 3.5
En semillas de cubierta dura como las nueces o cuando las semillas vienen tan compactadas que hacen dudosa la adecuada penetración del fumigante. Este tratamiento no es totalmente efectivo contra algunas especies de avispa calcídida. La carga no debe exceder el 50% del volumen de la cámara. Deberán retirarse o perforarse las cubiertas impermeables o de plástico que envuelvan la mercancía.					
Infestación de Bruchidae.	660	CAM	21-35 °C 10-15 °C	48 48	2.5 4.0
<i>Caryedon</i> spp. (con o dentro de leguminosas)	PAN	C o C	>10°C	32	24
Semillas de Veza ( <i>Vicia</i> spp.) excepto <i>Vicia faba</i>	PAN	C o C	>21 °C 10-15 °C	56 56	11.0 14.0
Semillas de <i>Vicia faba</i>	660	CAM	21-35 °C 10-15 °C	48 48	2.5 3.5
<b>Castañas y bellotas</b>	660	CAM	27-35 °C 10-15 °C	48 64	2.0 4.0
<b>Semilla de algodón</b> —en sacos, pacas o a granel	PAN	CAM	>16 °C 14 -15 °C	96 112	12.0 12.0
	PAN	C o C	>16 °C 4 -15 °C	112 128	12.0 12.0
	660	CAM	>4 °C	64	2.0
La carga no debe exceder el 50% del volumen de la cámara.					
<b>Semilla de kenaf (<i>Hibiscus cannabinus</i>) y okra o quimbombó (<i>Abelmoschus esculentus</i>).</b> La carga no debe exceder el 50% del volumen de la cámara.	PAN	C o C	16-35 °C 4 -34 °C	96 48	12 12

## Programas de Tratamientos con Bromuro de Metilo

### Semillas

Mercancía a Fumigar Plaga Objetivo	Vacío mm	Cámara	Temp	Dosis g/m <sup>3</sup>	Tiempo horas
<p><b>Semillas de coníferas</b> Para especies con semillas pequeñas, como <i>Picea</i> spp., <i>Pinus silvestris</i> y <i>Pinus mugo</i>, en sacos de 30 kilos, iniciar con un vacío de por lo menos 610 mm. Una vez introducido el bromuro de metilo, reducir el vacío a PAN. Este procedimiento es necesario para obtener una buena penetración y distribución del fumigante. Las semillas de coníferas en sacos de más de 30 kilos deberán airearse en un lugar bien ventilado durante 48 horas; las semillas pequeñas requieren una aireación de 48 horas.</p>					
Ectoparásitos	PAN	C o C	27-35 °C 10-15 °C	40 48	2.5 3.5
La carga no debe exceder el 30% del volumen de la cámara.					
Endoparásitos	660	CAM	27-35 °C 10-15 °C	40 48	2.5 3.5
En semillas del tipo de la nuez o cuando las semillas vienen tan compactas que hacen dudosa la adecuada penetración del fumigante. El límite de carga a fumigar es el 50% del volumen de la cámara. Este tratamiento no es totalmente efectivo contra algunas especies de avispa calcídida. Los embarques de semillas mojadas o húmedas pueden sufrir daños con el tratamiento.					
<b><i>Hevea brasiliensis</i> (árbol del hule)</b>	PAN	C o C	27-35 °C 16-20 °C	40 48	2.0 2.5
<b>Nueces de Macadamia (<i>Macadamia</i> spp.), para semilla, contra <i>Cryptophlebia illepidia</i></b>	PAN	C o C	>21 °C 10-15 °C	32 48	2.0 2.0
Semillas infestadas con gorgojo Khapra ( <i>Trogoderma granarium</i> )	PAN	C o C	>32 °C 10-15 °C	40 120	12.0 12.0
<b>Aguacate, semillas solamente, sin pulpa</b>	660	CAM	32-36 °C 10-15 °C	32 64	2.0 4.0
Insectos varios infestando semillas					
<i>Bootanomyia</i> spp. (en <i>Casuarina</i> )	660	CAM	>21 °C	56	6.0
<i>Systole</i> spp. en <b>umbelíferas</b> .	660	CAM	27-30 °C 10-15 °C	40 48	3.5 4.5
<i>Bruchophagus</i> spp., <i>Eurytoma</i> spp. (en <b>leguminosas</b> )	660	CAM	>21 °C	128	4.0
<i>Caryedon</i> spp. (en o junto con <b>leguminosas</b> )	PAN 660	C o C CAM	>10 °C >21 °C	32 80	24 2.0
Pupas de <i>Rhagoletis cerasi</i> (Mosca de las cerezas) en <b><i>Lonicera</i> spp.</b> u otras semillas.	PAN	C o C	>21 °C	96	16

## Programas de Tratamientos con Bromuro de Metilo

### Productos Vegetales Diversos

Mercancía a Fumigar Plaga Objetivo	Vacío mm	Cámara	Temp	Dosis g/m <sup>3</sup>	Tiempo horas
<p>El período de exposición puede ser extendido para cualquier mercancía que no vaya a ser usada para propagación o para comida. Esta extensión tiene sólo por objeto reducir el costo del tratamiento, al bajar la concentración. Al extenderse el período de exposición, puede ser necesario tomar precauciones adicionales de seguridad, incluyendo aumentar el período de aireación.</p> <p><b>Algodón (<i>Gossypium hirsutum</i>) y sus productos</b> Para infestaciones de <i>Pectinophora spp.</i> (Gusano Rosado)</p> <p>Tratamiento de cáscara de semilla de algodón, harina de semilla de algodón, desechos de despepitadora, hilaza, borra, desperdicios, y semillas.</p>					
A granel	PAN o bien	CAM	>16 °C 4 -15 °C >16 °C 4 -15 °C	96 112 64 80	12.0 12.0 24.0 24.0
En otra forma	PAN o bien	CAM	>16 °C 4 -15 °C >16 °C 4 -15 °C	96 112 48 64	12.0 12.0 24.0 24.0
Tratamiento alternativo	660	CAM	>16 °C 4 -15 °C	128 144	3.0 3.0
Semilla de algodón en pacas	PAN	CUB	> 4 °C	128 64	16.0 24.0
Para infestaciones de gorgojo khapra ( <i>Trogoderma granarium</i> ).					
Borra e hilaza, desperdicios de despepitadora, en pacas No llenar más del 50% del volumen de la cámara.	PAN	C o C	>16 °C 4 -15 °C	128 176	
Contra infestación de nemátodo dorado	660 o bien	CAM	> 4 °C	112 64	12.0 24.0
Para infestaciones de picudo del algodón ( <i>Anthonomus grandis</i> )	PAN	C o C	>32 °C 21 26 °C 13-15 °C 10-12 °C	40 64 80 88	2.0 2.0 3.0 4.0
<b>Granos y Semillas</b> Mazorcas de maíz ( <i>Zea mays</i> ) y Maíz ( <i>Zea mays</i> ), sin cáscara Para contaminación con gorgojo khapra ( <i>Trogoderma granarium</i> )	PAN PAN	CAM C o C	>21 °C >32 °C 10-15 °C	32 40 120	6.0 12.0 12.0

## Programas de Tratamientos con Bromuro de Metilo

### Productos Vegetales Diversos

Mercancía a Fumigar Plaga Objetivo	Vacío mm	Cámara	Temp	Dosis g/m <sup>3</sup>	Tiempo horas
<b>Granos y Semillas (continúa)</b>					
Si se encuentran barrenadores de la madera	660	CAM	>16 °C 4-15 °C	128 144	3.0 3.0
La carga no debe exceder el 75% del volumen de la Cámara.					
<b>Castañas</b> <i>Cydia splendana</i> (palomilla de las castañas) y <i>Cucurlio</i> spp. (picudo).	PAN 660	CCC CAM	>32 °C 10-15 °C 27-35 °C 10-15 °C	64 96 48 64	3.0 5.0 2.0 4.0
La mercancía tratada no podrá usarse para comestibles ni para alimento de animales.					
<b>Arroz (<i>Oryza sativa</i>), Paja y Cascarilla</b> Para proceso industrial	PAN 660	C o C CAM	>26 °C 4 - 9 °C >16 °C 4 - 9 °C	40 64 40 80	24.0 24.0 2.5 2.5
<b>Zacate Alfa, (<i>Stipa tenacissima, Ampelodesma mauriticus</i>):</b> Para <i>Harmorlita</i> spp.	PAN 660	CAM CAM	>16 °C 10-15 °C >16 °C 10-15 °C	40 56 40 56	32.0 32.0 2.5 2.5
<b>Flores cortadas y Follajes</b>	PAN	C o C	27-31 °C 10-15 °C	24 48	2.0 2.0
Para barrenadores y escamas blandas	380	CAM	27-31 °C 10-15 °C	40 48	2.0 3.0
<b>Sacos, Costales y Lonas</b> Usados para raíces o contaminados con nemátodo dorado ( <i>Globodera</i> spp.)	660	CAM o bien	>4 °C	128 256	16.0 8.0
Contaminados con gorgojo khapra ( <i>Trogoderma granarium</i> )	PAN	C o C	>32 °C 10-15 °C	64 192	24.0 24.0
Tratamiento Opcional	660	CAM	>16 °C 4 -15 °C	128 144	3.0 3.0
<b>Sacos usados para café (<i>Coffea</i> spp.), sin tostar</b>	PAN	C o C	>32 °C 10-15 °C	64 192	24.0 28.0
La carga no debe exceder el 75% del volumen de la cámara.	660	CAM	>16 °C 4 -15 °C	128 144	3.0 3.0

<b>Programas de Tratamientos con Bromuro de Metilo</b>					
<b>Productos Vegetales Diversos</b>					
<b>Mercancía a Fumigar Plaga Objetivo</b>	<b>Vacío mm</b>	<b>Cámara</b>	<b>Temp</b>	<b>Dosis g/m<sup>3</sup></b>	<b>Tiempo horas</b>
<b>Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>), para Exportación:</b>					
Tabaco de hornos y burley en bocoys y cajas; turco en 4.0 pacas; de relleno para purería en cajas o pacas; y tabaco de capa en pacas.	660	CAM	>21 °C	64	4.0
	PAN	C o C	4 - 20 °C	80	4.0
* Usar el tratamiento de 80 g/m <sup>3</sup> sólo para tabaco en pacas.					
<b>Sorgo Escobero (<i>Sorghum spp.</i>) y sus manufacturas</b>					
Contra mosca sierra ( <i>Tenthredinidae</i> )	660	CAM	>16 °C	40	5.0
			10-15 °C	56	5.0
Contra otros insectos			>16 °C	40	2.5
			10-15°C	56	2.5
	PAN	CAM	>16 °C	40	16.0
			10-15 °C	56	16.0
Trailers, Furgones y Contenedores	PAN	CCC	>16 °C	48	24.0
			10-15 °C	80	24.0
<b>Mercancía Infestada con Ácaros:</b>					
	PAN	C o C	>32 °C	64	3.0
			10-15 °C	128	7.0
	660	CAM	>27 °C	48	2.5
			10-15°C	88	5.0
Si la mercancía estuvo, o se supone que estuvo, durante las 48 horas previas a la fumigación, a una temperatura menor a la de la fumigación, úsese la dosis indicada en el renglón inmediato siguiente.					
<b>Encino o Roble (<i>Quercus spp.</i>), Madera Aserrada o en Rollo:</b>					
Contra marchitez del encino	PAN	C o C	>4 °C	240	72.0
Troncos					
Madera aserrada	PAN	C o C	>4 °C	240	48.0

---

# PROCESO DE FUMIGACION

---

## General.

### Introducción.

En esta sección se describen los métodos y procedimientos que deben seguirse para realizar una fumigación profesional, que asegure el control de la plaga objetivo a la combinación dosis x tiempo más efectiva, desde el punto de vista económico y ecológico. Para lograr ésto se requiere poder constatar periódicamente la concentración y la temperatura del fumigante, y de introducirlo en forma gasificada.

Los sistemas de tratamiento aquí descritos corresponden a los requeridos en fumigaciones formales, particularmente de tipo cuarentenario, pero son válidos para cualquier tipo de fumigación comercial.

Por otra parte, en muchas situaciones se presentan limitaciones operativas que hacen difícil o impráctico conducir la fumigación en condiciones ideales y corresponde al profesional a cargo, o en su caso a las autoridades cuarentenarias tomar las decisiones pertinentes. En todo caso, es importante seguir todas aquellas recomendaciones que tienen trascendencia ecológica y sobre todo aquéllas que pueden afectar la salud y seguridad de las personas.

### Materiales Necesarios.

- Almohadillas de Arena o Agua o Sellador Adhesivo
- Arena Suelta
- Básculas o dosificadores
- Bomba auxiliar para toma de muestras de gas
- Cable eléctrico (instalación permanente a tierra y extensiones polarizadas)
- Cinta de medir
- Cojines para Protección de Esquinas
- Cubiertas de Plástico y Soportes • Filtro de bióxido de carbono (Ascarite<sup>MR</sup>)
- Fuente de calor
- Línea de abastecimiento de bromuro de metilo
- Mangueras de muestreo de bromuro de metilo
- Respirador auto-contenido
- Sellador adhesivo
- Señalizaciones de Advertencia
- Tubos colorimétricos ( Draeger<sup>MR</sup>/Kitagawa<sup>MR</sup>)
- Unidad de conductividad térmica
- Vaporizador
- Ventiladores (de circulación, extracción e introducción)

## Preparación para Fumigar.

### Selección del Programa de Tratamiento.

Se debe seleccionar un programa de tratamiento que elimine eficazmente las plagas sin dañar el producto que se fumiga ni dejar residuos mayores a los permitidos. En la sección "Programas de Tratamientos" se presentan guías sobre dosis y tiempos de exposición para una gran diversidad de situaciones

### Penetración y Distribución.

Algunos materiales de empaque son impermeables al bromuro de metilo: el celofán, el plástico, los materiales cubiertos de cera, laminados y papel impermeabilizado. Es necesario quitar, perforar o abrir toda cubierta impermeable. Tratándose de cajas, recipientes o paquetes con cubiertas o envolturas impermeables, se requiere abrir la tapa de arriba o del costado y colocar el paquete con la parte abierta hacia un lado.

### Línea de Introducción del Gas.

La línea de introducción del gas debe colocarse directamente arriba de un ventilador en la parte frontal superior del espacio a fumigar, amarrando la manguera a la parte superior del ventilador para evitar que se cambie de posición. El ventilador debe estar firmemente sujeto o tener una base que evite que se caiga.

Se debe colocar un trozo de la cubierta de plástico arriba de la mercancía, debajo y al frente de cada manguera de introducción del gas para evitar el goteo del bromuro de metilo líquido directamente sobre la mercancía; el goteo puede causar daños a la mercancía y disminuir la efectividad del bromuro por absorción o adsorción.

### Toma de Temperaturas.

Se requiere medir la temperatura del aire del espacio a tratar y de la mercancía, utilizando un termómetro bimetálico, de mercurio o digital de tallo largo, previamente calibrado, para decidir el programa de tratamiento a usar.

Para tratamiento a frutas o verduras, se debe introducir el termómetro en la pulpa. Para mercancías que han sido refrigeradas, se deberá medir la temperatura de la pulpa en varios puntos, para asegurarse que la mínima sea de 4.5 °C o más, antes de la fumigación.

Tratándose de troncos y tablas de madera el termómetro se coloca en una hendidura o en orificios de 5 cm de profundidad perforados en varios puntos representativos de la estiba. Esperar por lo menos 10 minutos, determinar la temperatura en cada orificio y promediar las lecturas. Todas las lecturas deben estar arriba de los 4.5 °C.

Si la temperatura del aire es inferior a la de la mercancía por 5 °C o menos, usar la temperatura de la mercancía para decidir el programa de tratamiento. Si la diferencia es de 6 °C o más usar la media entre las temperaturas.

#### Ejemplo:

Se está por fumigar una mercancía cuya temperatura es de 28 °C y la temperatura del aire es de 21 °C. Para determinar la dosis a utilizar se promediarán las temperaturas del aire y de la mercancía porque la temperatura del aire es 7 °C inferior a la de la mercancía. La media de las dos temperaturas es 24.5 °C. Utilizar la temperatura de 24 °C para determinar la dosis a utilizar.

No deben hacerse fumigaciones a temperaturas abajo de 4.5 °C. De ser posible calentar el ambiente o esperar a que suba la temperatura.

### Medición del Volumen.

Utilizando una cinta métrica de 30 m se miden cuidadosamente la longitud, el ancho y la altura del espacio a fumigar. Nunca se deben estimar las medidas. Un error de medición de apenas 30 cm puede llevar a un error de cálculo de la dosis de hasta un 15%. En la fumigación de comestibles, un error puede dar como resultado una concentración inaceptable de residuos en la mercancía. En el caso de estibas, si los costados están inclinados, se medirá el ancho en la parte superior y en la inferior para calcular el valor promedio.

Fórmula para la determinación del volumen:

$$\text{Longitud (m)} \times \text{ancho (m)} \times \text{altura (m)} = \text{volumen (m}^3\text{)}$$

#### Ejemplo

Una estiba con medidas de: altura 3.20 m, longitud 12.90 m y ancho 3.25 m, tendrá un volumen de:  $3.20 \times 12.90 \times 3.25 = 134.16 \text{ m}^3$ , a redondear en  $134.15 \text{ m}^3$

### Cálculo de la Dosis.

Para calcular la dosis se debe decidir en primer término el programa de tratamiento a utilizar. Para obtener la cantidad en gramos de fumigante a usar se multiplica el volumen por la dosis en g/m<sup>3</sup>, cantidad que dividida entre 1,000 da los kilos de fumigante a usar.

#### Ejemplo

Se necesita determinar la dosificación para una fumigación de 85 m<sup>3</sup>. Para una temperatura de 22 °C (temperatura del aire y de la mercancía), el programa de tratamiento indica una dosis de 32 g de bromuro de metilo por m<sup>3</sup>. La cantidad de bromuro a utilizar se determina del siguiente modo:

1. Dosis = 32 g/m<sup>3</sup> de bromuro de metilo
2.  $32 \text{ g/m}^3 \times 85 \text{ m}^3 = 2720 \text{ g}$
3.  $2720 / 1000 = 2.720 \text{ kg}$  de bromuro de metilo  
(Redondear a 2.75)

### Verificación Final.

Inmediatamente antes de introducir el gas debe procederse a:

- Probar los ventiladores y la unidad de conductividad térmica.
- Calentar la unidad de conductividad térmica durante por lo menos 10 minutos antes de hacer el ajuste del cero.
- Si se observa contaminación con CO<sub>2</sub>, conectar al equipo de conductividad térmica tubos de Ascarite<sup>MR</sup> para segregar el CO<sub>2</sub> y probar hasta obtener una lectura de cero.
- Prender el vaporizador y calentar el agua a 93 °C o más. Durante todo proceso de introducción del gas se requiere una temperatura mínima del volatilizador de 65.5 °C.
- Poner el cilindro de fumigante, con todo y la línea de introducción de gas, sobre una báscula y anotar el peso inicial. Asegurar que la línea de introducción del gas esté conectada al cilindro. Tras tener el peso correcto, sustraer el peso del gas necesario para la fumigación y mover el fiel de la báscula a este valor. Al descargar la cantidad requerida de gas, la báscula debe estar balanceada. Si se usa un dosificador proceder a ir descargando el gas, 2 a 3 kg cada vez, hasta completar la dosis requerida.
- Colocar los señalamientos de **PRECAUCION** y verificar

---

todas las medidas de seguridad. Sólo el personal dedicado a la fumigación deberá permanecer en el área.

- Verificar que todas las mangueras de muestreo del gas estén etiquetadas y no estén rotas ni aplastadas.
- Verificar que el cilindro contenga suficiente gas y en su caso, que haya más cilindros disponibles.
- Revisar las conexiones de la línea de introducción del gas para asegurarse de que estén herméticas y no tengan fugas.
- Revisar que todos los equipos de seguridad, especialmente los aparatos respiradores, estén disponibles y en perfectas condiciones de uso.
- Instalar el tubo de Drierite<sup>MR</sup> en la línea de muestreo conectada con la unidad de conductividad térmica y verificar que los gránulos sean azules; si son rosa, sustituir la Drierite<sup>MR</sup>. Si la humedad es alta, pueden ser necesarios tubos adicionales de Drierite<sup>MR</sup> o el cambio frecuente de los instalados.

## Ejecución de la Fumigación.

### Introducción del bromuro de metilo.

Cualquier persona que esté en una franja de 10 m del espacio a fumigar, deberá utilizar siempre aparato respirador auto-contenido.

Se procede a encender todos los ventiladores antes de introducir el gas. Se abre ligeramente la válvula del cilindro. Con un detector de haluros, se verifican todas las conexiones de la línea de introducción del gas para detectar posibles fugas. Si se encuentran, se deberán apretar las conexiones y repetir la prueba. Si ya no se encuentran fugas se procede a abrir la válvula para descargar el bromuro de metilo a razón de 1.5-2.0 kg por minuto.

Cuando se vacían cilindros grandes, la descarga de la última cantidad de gas puede requerir largo tiempo. Debe ajustarse la válvula para descargar el resto del gas a media velocidad, operando intermitentemente los ventiladores. Normalmente, todo el gas será introducido en un lapso de 30 minutos.

No se debe contar el tiempo de exposición hasta que todo el gas haya sido introducido.

## Prueba de Fugas.

Para verificar fugas de gas puede usarse un detector de haluros. Se requiere verificar alrededor del espacio fumigado, en el suelo, en las esquinas y especialmente donde se localizan los cables eléctricos, las mangueras de muestreo o las líneas de introducción del gas. Cuando se detecte una fuga, se deberá sellar ese punto.

## Aireación.

Los procedimientos de aireación deben garantizar que la mercancía no presente riesgos al ser manejada, almacenada y transportada.

## Seguridad del Área.

Asumiendo que ya se haya restringido el acceso al área de fumigación, debe ahora procederse a restringir el acceso al área donde el bromuro sale del espacio fumigado. Durante el proceso de aireación.

Durante los primeros 10 minutos de aireación, no deberá haber nadie a menos de 60 m de distancia de la salida del gas. Se debe considerar la dirección del viento para evitar riesgos a la salida del bromuro, que deberá quedar frente a un área abierta y alejada de la gente. La salida del gas debe dirigirse hacia arriba para ayudar a dispersar el gas que se extrae.

El área de seguridad junto a la salida del gas deberá señalizarse en forma apropiada.

## Aireación de la Mercancía.

Cuando se trata de fumigaciones en interiores, es indispensable instalar un ducto de extracción, con un ventilador de por lo menos 100 m<sup>3</sup>/min.

El ducto de extracción debe salir a un área exterior donde haya ventilación adecuada y, por lo menos, a 10 m del edificio, o a través de una chimenea vertical de extracción atravesando el techo.

Airar el espacio fumigado durante 2 horas o hasta que la concentración del bromuro sea de 5 ppm o menor.

# Fumigación bajo Cubierta Plástica

---

## Selección del Lugar.

Las siguientes características son recomendables al seleccionar el lugar para la fumigación:

### Ventilación y Cubierta.

Deben seleccionarse lugares que estén bien ventilados y dentro de un área cubierta. Se requiere un lugar bien aireado para ventilar el bromuro al terminar la fumigación y después cuando se retira la cubierta plástica de la estiba. La mayoría de los muelles y bodegas tiene techos altos y buen número de ventanas y puertas que pueden usarse para ventilación. Algo de gas escapará de las cubiertas aún bajo las mejores condiciones. Se deben evitar áreas donde haya probabilidad de que existan corrientes de aire fuertes.

En las bodegas debe proveerse un sistema de extracción para el bromuro hacia afuera del edificio y asegurando que el gas extraído no vuelva a entrar al edificio ni provoque riesgos para las personas que trabajan afuera.

Si las fumigaciones se hacen afuera, conviene seleccionar un lugar semi-cubierto como el costado a sotavento de una bodega, muelle o edificio que ofrezca alguna protección contra vientos fuertes.

### Calentamiento.

Cuando se esperan temperaturas frías el lugar debe calentarse para mantener la temperatura de la mercancía arriba de 4.5 °C. La temperatura ambiente se debe tomar a 30 cm del suelo.

No se utilicen calentadores de flama ni elementos eléctricos expuestos bajo la cubierta plástica durante el tratamiento, pues el bromuro puede causar la formación de ácido bromhídrico, que es altamente corrosivo y puede dañar el calentador y otros equipos y productos, incluyendo la mercancía. Los calentadores de aire caliente o de radiador pueden utilizarse para calentar el ambiente bajo las cubiertas plásticas. Cuando se usen calentadores de ambiente para calentar las bodegas, debe haber una ventilación adecuada.

### Piso.

Debe escogerse una superficie de asfalto, concreto o madera ajustada; no de tierra, grava u otro material poroso. Si se tiene que fumigar sobre una superficie porosa, es necesario cubrirla con papel asfáltico (alquitranado) o película de plástico. Hay que revisar el área en busca de grietas, agujeros y tapas de registros en los desembarcaderos, malecones y muelles, por donde pudiera escapar el bromuro de metilo y sellarlas

## Aislamiento.

El área debe ser aislada para evitar el acceso al tráfico y a personas ajenas, y que además esté lejos de oficinas, talleres o viviendas. Se requiere un área donde no haya otra gente trabajando.

Puede considerarse como área de fumigación, ya sea toda el área de la estructura o un área que se extienda 10 metros alrededor de la cubierta plástica, y que se separe por barreras físicas como cuerdas, barricadas o paredes. Las señalizaciones de **PRECAUCION** deben colocarse a la vista de quienes pudieran acercarse.

## Iluminación.

El área debe tener luz natural o iluminación apropiada para mayor seguridad y para facilitar la lectura de las unidades conductividad térmica, los termómetros y para detectar si la cubierta plástica tiene agujeros o rasgaduras.

## Corriente Eléctrica.

Se requiere una fuente adecuada de electricidad para operar los ventiladores y la unidad conductividad térmica. Las tomas eléctricas deben hacer tierra y estar ubicadas convenientemente en relación al área de fumigación. No se usen generadores de combustión interna como fuente eléctrica, salvo en situaciones de emergencia.

## Agua.

Se necesita un abastecimiento de agua para lavar el bromuro de metilo si se derramase en forma líquida sobre alguna persona. También se usa agua para llenar el vaporizador.

## Preparación para la Fumigación.

### Colocación de la Cubierta Plástica.

**Paquetes y Sacos.**—De ser posible, la carga debe acomodarse en forma cuadrada o rectangular, para que sea fácil cubrirla y calcular el volumen de la estiba. La cubierta plástica debe quedar 60 cm encima de la mercancía y a 30 cm de los lados y los extremos. La carga no deberá exceder los dos tercios del volumen a fumigar. La mercancía deberá colocarse sobre plataformas para permitir el paso del aire entre el suelo y la carga. Las plataformas se colocan a más de 5 cm entre sí.

Si se arregla la estiba uniformemente y con espacio

suficiente entre las plataformas o cajas, el fumigante se distribuirá eficazmente y el cálculo de la dosificación resultará más fácil y más exacto.

Cuando la fumigación abarque varias estibas, hay que dejar 3 m de espacio entre ellas. Después de cubrir las estibas debería haber aproximadamente 1.50 m entre una estiba cubierta y la siguiente.

**Contenedores**—No se deben fumigar más de ocho

contenedores bajo una sola cubierta plástica. Si se fumigan varios contenedores en una sola fila, colóquense de forma que las puertas abran hacia el mismo lado. Si los contenedores se colocan en dos filas, entonces todas las puertas deben abrir hacia el pasillo central, una frente a otra (Fig. 15). El pasillo debe ser por lo menos, de 1.00 m de ancho. Todas las puertas deben estar abiertas de par en par. No deben llenarse los contenedores a más del 80 por ciento de su capacidad. Por debajo de la carga, debe proveerse un espacio adecuado (5 cm).

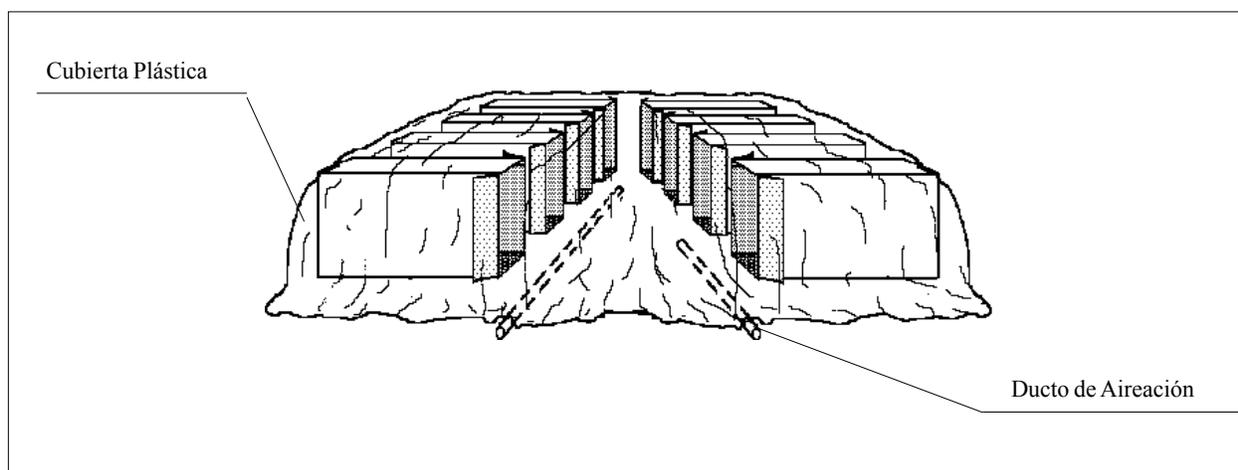


Fig. 15—Disposición de los Contenedores

### Penetración y Distribución.

El bromuro de metilo penetrará fácilmente en la mayoría de las mercancías. Cuando se fumiguen productos finamente molidos (como harina de trigo, harina de algodón y productos en pacas), debe dejar un espacio de 1.5 m en cualquier dirección.

### Ventiladores.

**Paquetes y sacos**— Se requiere utilizar ventiladores con capacidad para cambiar el volumen total de la cámara o cubierta en un minuto. Para un recinto a fumigar de 140 m<sup>3</sup>, usar 2 ventiladores axiales (de aspas) por cada 70 m<sup>3</sup>. Se coloca un ventilador en el piso, atrás de la estiba, dirigiendo el aire hacia el frente (por donde se introduce el gas), y el otro en el frente de la estiba, dirigiendo el aire hacia atrás. Para fumigaciones de 140 a 210 m<sup>3</sup>, se agrega un tercer ventilador

en la parte superior media de la estiba, dirigido hacia atrás. Para fumigaciones de 210 a 280 m<sup>3</sup>, se agrega

un cuarto ventilador, en el piso, cerca del centro de la estiba y dirigido hacia el frente. Volúmenes de 280 a 700 m<sup>3</sup>, pueden requerir hasta 7 ventiladores para obtener una buena circulación.

Los ventiladores deben mantenerse encendidos durante la introducción del gas y hasta 30 minutos después de que el gas ha sido introducido. Si después de las lecturas de concentración del gas, éste no se ha distribuido uniformemente, continuar operando los ventiladores hasta que se haya alcanzado la una diferencia máxima de 4 g/m<sup>3</sup> entre las varias lecturas. Una vez logrado lo anterior, deben apagarse los ventiladores.

**Contenedores**— Se requieren los ventiladores necesarios para mover un volumen de aire por minuto equivalente al volumen total del espacio a fumigar. Además, se coloca un ventilador adicional de por lo menos 70 m<sup>3</sup>/min encima de la carga (cerca de la puerta) de cada contenedor, dirigido hacia el fondo del contenedor.

Los ductos de introducción del aire para la ventilación, se instalan a los extremos de cada contenedor, en el piso, frente a las puertas de los contenedores. La salida de los ductos de aireación deberá colocarse cerca del borde de la cubierta plástica, de manera que puedan ser jalados por debajo de la cubierta cuando se inicie la aireación.

### Línea de Introducción del Gas.

**Paquetes y Sacos**—La línea de introducción del gas se introduce directamente arriba del ventilador frontal superior, amarrando la manguera a la parte superior del ventilador para evitar que se cambie de posición. Una línea de introducción de gas que no esté bien asegurada puede rasgar la lona, chicotear o dirigir el fumigante fuera del flujo de aire.

**Contenedores**—El número y la posición de las líneas de introducción de gas dependerán del número y de la colocación de los contenedores que se deben fumigar.

Para contenedores individuales, la línea de introducción de gas se coloca directamente arriba del ventilador que se encuentra cerca de la puerta trasera del contenedor. Si se fumigan varios contenedores, la línea de introducción del gas se coloca cerca de la puerta terminal de los contenedores, pero apuntando en dirección transversal, en lugar de directamente hacia adentro del contenedor.

Si se deben fumigar cuatro o más contenedores debajo de una lona, se utilizarán dos líneas de introducción del gas.

### Colocación de las Mangueras de

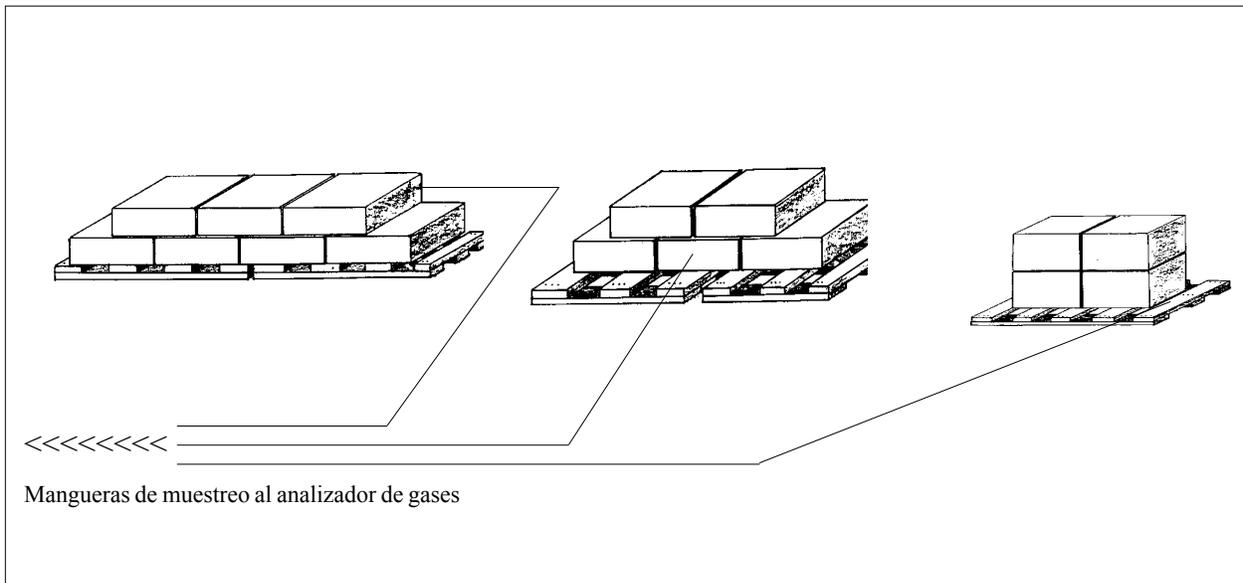


Fig. 16—Posición de las Mangueras de Muestreo.

## Muestreo

**Paquetes y Sacos**—Se deben usar un mínimo de tres mangueras de muestreo del gas (fig. 16) para fumigaciones de espacios de hasta 280 m<sup>3</sup>, en las siguientes posiciones:

1. 7.5 cm arriba del piso, hacia el frente de la carga.
  2. A media altura en el centro de la carga.
  3. Parte superior, al fondo de la estiba.
- Para fumigaciones de espacios entre 280-700 m<sup>3</sup>) se deben

usar seis tubos de muestreo del gas, en las siguientes posiciones:

1. Abajo al frente—frente de la carga, 7.5 cm arriba del piso
2. Arriba al frente—cuarto superior de la carga
3. Centro medio—al centro de la estiba y a media altura
4. Arriba y atrás—en el cuarto superior trasero
5. Abajo y atrás—cuarto inferior trasero
6. Extremo superior del fondo de la estiba

En el Tratamiento para control del gorgojo de Khapra

(*Trogoderma granarium*) en estibas que contengan mercancías finamente molidas o sólidamente empacadas, se deben colocar dos mangueras adicionales de muestreo del gas en el centro de las bolsas, sacos o pacas.

**Contenedores**—En el caso de fumigación simultánea de varios contenedores usar dos mangueras por contenedor; para contenedores individuales, usar tres; para infestaciones de gorgojo de Khapra (*Trogoderma granarium*), agregar dos más, en las siguientes posiciones:

1. Parte baja del frente de la carga, cerca del piso de la puerta del contenedor.
2. Extremo superior del fondo de la estiba, en la esquina opuesta al ventilador.
3. A media altura en el centro de la carga (usar solamente en la fumigación de contenedores sencillos).

En el tratamiento de mercancías para el control del gorgojo khapra, las líneas adicionales de muestreo se colocarán una arriba y otra abajo, en la mercancía.

**Paquetes y Sacos en Contenedores**—Las mangueras de muestreo del gas deben ser lo bastante largas para extenderlas desde la posición de muestreo dentro del espacio fumigado hasta una distancia de por lo menos 10 metros afuera de la

cubierta de plástico. Conviene reunir todas las terminales de las mangueras de muestreo del gas en una sola área para mayor facilidad y seguridad en las lecturas de concentración.

Antes de iniciar la fumigación, es necesario verificar la hermeticidad de las mangueras, conectando cada una de ellas a la unidad de conductividad térmica y tapando con un dedo la punta de la manguera de muestreo. La bolita del medidor de flujo bajará a cero si las conexiones de la manguera de muestreo son herméticas.

Las mangueras de muestreo del gas deben fijarse en su posición debajo de la lona y etiquetarse cada una de ellas en la parte terminal, en donde se hará la lectura de concentración.

#### **Acolchado de Esquinas:**

Es importante tener cuidado con las esquinas y partes angulosas que pueden desgarrar la cubierta de plástico. No se utilice la mercancía como soporte de la cubierta. Si no se pueden eliminar las esquinas o los ángulos muy cerrados, deberán cubrirse con costales, llantas usadas, ropa vieja, etc.(Fig. 17).

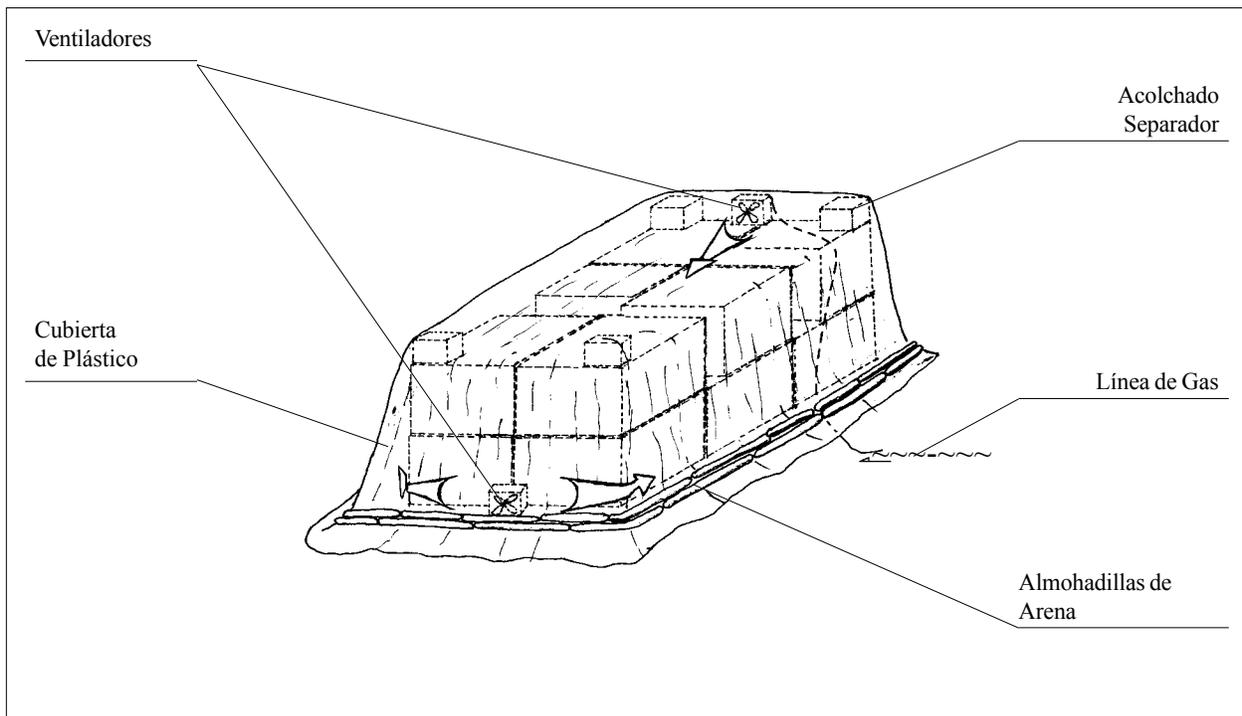


Fig. 17—Arreglo típico de una estiba.

---

## Cubrimiento de las Estibas.

Después de cubrir la estiba, se deberá verificar que la cubierta de plástico no tenga rasgaduras, cuarteaduras o agujeros y en su caso, sellarlos con cinta adhesiva. La cubierta debe tener un espesor mínimo de 0.1 mm (400 galgas ó 4 mil). Una película calibre 600 (6 mil) o mayor puede ser reutilizada. La película calibre 400 sólo puede ser usada una sola vez. Deben cubrirse todas las esquinas y ángulos con estopa o material equivalente para evitar rasgaduras. Debe tenerse mucho cuidado al colocar la cubierta, para no engancharla o rasgarla. Asegurarse de que haya un soporte estructural suficiente para mantener una separación entre la cubierta y la mercancía de 60 cm arriba y de 30 cm en los costados.

La cubierta debe ser suficientemente grande para dejar un excedente sobre el suelo de por lo menos 45 cm alrededor de la estiba y extender suavemente la cubierta para evitar pliegues o dobleces excesivos a la altura del suelo, especialmente en las esquinas.

## Sellado de la Cubierta.

El sellado puede efectuarse con arena húmeda suelta, almohadillas de arena o de agua, adhesivos o una combinación de éstos. Si existe riesgo de romper o aplastar las mangueras de muestreo o introducción del gas, se usará arena húmeda suelta.

Las almohadillas son típicamente de 10 cm de diámetro por 1.00 a 1.50 m de largo. Las de arena son normalmente de lona y las de agua de polietileno de calibre de 0.25 mm (10 mil).

Si se utilizan almohadillas de arena o de agua, deberán colocarse dos hileras a los lados y tres en las esquinas. Las almohadillas deben traslaparse aproximadamente 30 cm. La cubierta de plástico debe descansar plana sobre el suelo, para evitar fugas de gas.

Las esquinas deben sellarse colocando dos almohadillas de arena a su alrededor y acomodando la cubierta hasta que quede plana. Se coloca una tercera almohadilla sobre las primeras dos, para proporcionar mayor peso y apretar la cubierta contra el piso. En los puntos debajo de la cubierta donde entran las líneas de introducción del gas, los cables de electricidad y las mangueras de muestreo se debe utilizar arena suelta húmeda.

## Ejecución de la Fumigación.

Deberán seguirse las indicaciones generales de la sección sobre Métodos y Procedimientos (pág. 45), en particular las relativas a la introducción del bromuro de metilo, pruebas para detectar posibles fugas y las recomendaciones sobre seguridad.

Los ventiladores deben usarse para asegurar la distribución uniforme del fumigante, pero deben apagarse una vez que se logra este propósito; mantener por más tiempo los ventiladores funcionando podría causar fugas de gas.

## Prueba de Fugas.

Al verificar fugas deberá tenerse cuidado especial en revisar alrededor del perímetro de la cubierta de plástico en el suelo, en las esquinas y especialmente donde se localizan los cables eléctricos, las mangueras de muestreo o las líneas de introducción del gas. Cuando se detecte una fuga, se deberá sellar ese punto, utilizando una mayor cantidad de arena o de almohadillas, si la fuga es a nivel del suelo, y cinta adhesiva para sellar pequeños agujeros en la cubierta.

Si se observan fugas excesivas (lecturas de la concentración del 50% o menos de la concentración mínima), que no puedan corregirse en forma práctica, no se intente solucionar el problema mediante la introducción de más gas. Se debe evacuar rápidamente el gas restante, corregir el problema y utilizar nueva cubierta para confinar el espacio a fumigar; Ventilar y proceder a reiniciar la fumigación. No debe fumigarse de nuevo mercancía destinada al consumo humano o alimento para animales.

## Lecturas de Concentración.

Deben hacerse lecturas periódicas con una unidad de conductividad térmica para determinar la concentración del gas y su distribución en el interior del espacio tratado. Antes de cada lectura es necesario verificar los tubos de secado y cambiar la Drierite<sup>MR</sup> si su color se torna rosa. Dependiendo de la longitud del período de exposición, se recomienda hacer lecturas de la concentración a los 30 minutos de terminar la introducción del fumigante y a las 2, 6, 12, 24, 36, 48 y 72 horas.

La lectura a los 30 minutos muestra la concentración inicial y la distribución del gas. Esta lectura puede indicar fugas, absorción, errores en el cálculo de la dosis o en la introducción del fumigante, factores que requieren toda una atención inmediata. Las lecturas de la concentración no deben diferir entre sí por más de 10 g/m<sup>3</sup>.

La lectura a las 2 horas indicará si existen fugas a través de la cubierta o si la mercancía está absorbiendo el gas. Lecturas con valores inferiores por más del 15% de los de la lectura de

los 30 minutos requerirán un monitoreo más frecuente y una posible acción correctiva.

Las lecturas de las 4, 6 o 12 horas no se requieren, a menos que estén indicadas en el programa, si las lecturas previas son satisfactorias y la experiencia con fumigaciones similares indican que se debe esperar un buen resultado. Si una de estas lecturas es la final, deberá hacerse obligadamente.

La lectura final es importante para todas las fumigaciones bajo cubierta de plástico, para determinar si la fumigación se ha realizado correctamente. Se debe iniciar la lectura final antes que finalice el tiempo de exposición, de manera que la ventilación pueda empezar al finalizar este tiempo. El inicio de la lectura final antes que finalice el tiempo de exposición es particularmente crítico cuando se fumigan productos perecederos.

Los vientos fuertes (50 km/hora o más) indican la necesidad de hacer lecturas adicionales, cuando la fumigación se hace al exterior. Cualquier aumento o disminución anormal de las lecturas en relación a las anteriores es un indicio de que se deben tomar acciones correctivas y hacer lecturas suplementarias. Los productos muy absorbentes pueden también requerir lecturas adicionales de concentración.

## Situaciones Especiales.

En ciertas situaciones puede ser necesario agregar gas adicional o extender el periodo de exposición, pero debe tenerse cuidado cuando se trata de comestibles pues podría excederse el límite de residuos establecido.

### Adición de Gas.

Tomando como base las recomendaciones de la sección sobre Programas de Tratamientos, puede usarse la siguiente fórmula para determinar la cantidad de bromuro adicional a agregar:

$$\text{(Dosis mínima - lectura en g/m}^3\text{)} \times 1.6/1000 \\ \times \text{volumen fumigado} = \text{kilos de bromuro a agregar.}$$

Durante la adición de gas, los ventiladores deben estar prendidos hasta que se alcance una distribución uniforme del gas en toda la estiba. Apagar los ventiladores y hacer una lectura de concentración 30 minutos después de terminar la introducción del gas. Si todas las lecturas están arriba de la concentración mínima requerida, puede procederse según lo programado con las siguientes lecturas de concentración. Una fuga excesiva (lecturas de la concentración por debajo del 50% del mínimo) en estibas cubiertas con plástico, que no pueda eliminarse en una forma práctica, no debe corregirse

con la adición de bromuro de metilo. En este caso debe evacuar rápidamente el gas restante, corregir el problema y recubrir la estiba con una nueva cubierta. Iniciar entonces el tratamiento de nuevo.

## Extensión del Período de Exposición.

Usar la tabla siguiente para determinar el tiempo de extensión del período de exposición.

Tiempo de Exposición	Lectura está Abajo del Mínimo por: *	Extender Período de Exposición:
Menos de 12 hrs	10 g/m <sup>3</sup> o menos	10% del tiempo transcurrido desde la lectura anterior
	11 g/m <sup>3</sup> o más	30 minutos
12 hrs o más	10 g/m <sup>3</sup> o menos	10% del tiempo transcurrido desde la lectura anterior
	11 g/m <sup>3</sup> o más	2 hrs o 10% del tiempo transcurrido desde la lectura anterior (lo que sea mayor)
* Si la lectura es 50% menor al mínimo, suspender el tratamiento.		

**CUIDADO:** La fruta fresca y las hortalizas son sensibles al bromuro de metilo y por lo tanto se deberán verificar dos veces los cálculos del volumen y dosis para evitar una sobredosis accidental. Si algunas lecturas de los 30 minutos están arriba de la concentración mínima por 50% o más, debe haber un error de cálculo en la dosis.

---

## **Aireación.**

Al terminar la exposición y la extracción o liberación del gas se procede a airear el espacio fumigado y la mercancía.

Tratándose de contenedores, se debe instalar un extractor de aire (capacidad mínima: 150 m<sup>3</sup>/min.) con ducto de 41 cm (16 pulg.) o mayor, ubicado en el suelo, cerca de las puertas traseras del contenedor.

Instalar también un sistema de ductos para la introducción de aire que conste de un ventilador de 100 m<sup>3</sup>/min., como mínimo, conectado a un ducto de 30 cm (12 pulg.), o más, que llegue hasta las dos terceras partes del largo del contenedor en la parte de arriba de la carga.

Para fumigación en interiores, el ducto de extracción debe extenderse por lo menos 10 m fuera del edificio o mediante una chimenea vertical a través del techo.

Para fumigaciones en el exterior, el ducto de extracción debe extenderse por lo menos 10 m fuera del contenedor.

En fumigaciones bajo cubierta plástica para mercancías que no están en contenedores se debe instalar un ducto de extracción extendido por lo menos a 10 m del edificio con un ventilador de por lo menos 100 m<sup>3</sup>/min.

En fumigaciones al exterior no se requiere ducto de extracción.

## **Mercancía.**

Proceder a conectar el ducto de extracción al ventilador, y a encender los ventiladores mientras se levanta la orilla opuesta de la cubierta, aireando el espacio fumigado durante 3 horas o cuando la concentración en el ducto de extracción sea de 5 ppm o menor.

# Cámaras de Fumigación

---

## General.

Los métodos y procedimientos para realizar fumigaciones en una cámara de fumigación son análogos y siguen la secuencia de los descritos en la descripción general y en las fumigaciones bajo cubiertas plásticas.

La principal diferencia y ventaja de las fumigaciones en cámaras de fumigación es que están construidas ex-profeso y por tanto, todos los procesos de verificación y control de la fumigación se simplifican.

La sección sobre Programas de Tratamientos, muestra recomendaciones para dosis y tiempos de exposición en cámaras de fumigación.

Las cámaras de fumigación varían según el fabricante y el modelo; por tanto se debe consultar el manual de operación respectivo para determinar cómo usar la cámara. Pueden también construirse con relativa facilidad, de concreto, de tabique o metálicas, excepto aluminio y magnesio; pueden hacerse cámaras portátiles de madera contrachapada (triplay) de 12.7 mm (1/2"). El interior debe pintarse con pintura epóxica o de base asfáltica, 2 a 3 manos, o recubrirse con algún material impermeable al bromuro de metilo. Lo esencial es que sean herméticas.

Las cámaras fijas tienen puertas tipo refrigerador con sellos de neopreno y cuentan con un dosificador y un vaporizador, así como conductos y válvulas para introducción del gas y toma de muestras así como un sistema de aireación y un manómetro de brazo abierto para verificar hermeticidad.

Las cámaras de vacío tienen además el sistema de vacío y manómetros para registrar la intensidad del vacío.

Las dimensiones de la cámara dependen del tipo de carga que se espere fumigar. El largo debe ser aproximadamente 1.5 el ancho para obtener mejor circulación de aire y aprovechar mejor el espacio. Deben siempre contar con tarimas para dejar en el piso un espacio de unos 5 cm. Las tarimas deben estar separadas unos 10 cm de las paredes y entre sí.

## Cálculo de la Dosis.

Para calcular la dosis, se debe contar con el volumen de la cámara de fumigación ( $m^3$ ), las temperaturas del producto y del ambiente, y decidir el programa de tratamiento a usar. minar cómo usar la cámara.

## Aireación de la Cámara.

Cada cámara debe estar equipada con, por lo menos, un tubo metálico permanente para muestreo de gas, para permitir la toma de lecturas con tubos colorimétricos durante la aireación. Cualquier extensión del tubo de muestreo de gas o de las conexiones flexibles debe hacerse de manguera de Teflón o de metal. El tubo de muestreo de gas debe colocarse cerca del ducto de extracción, dentro de la cámara. El tubo de muestreo de gas debe extenderse hacia afuera de la cámara para permitir las lecturas de los tubos colorimétricos.

Se procede a hacer funcionar el sistema de extracción tanto tiempo como sea necesario para obtener, por lo menos, cuatro cambios completos de aire (alrededor de 4 a 15 minutos).

Las muestras de aire deben tomarse a 30 cm del suelo de la cámara, cerca del ducto de extracción. Esto puede realizarse instalando un tubo de metal en la cámara para obtener la muestra de cerca del piso a un orificio conveniente en las paredes de la cámara. Concluir la fumigación cuando la concentración sea de 5 ppm o menor.

## Cámara de Fumigación al Vacío.

Ajustar a cero cualquier vacío que quede al finalizar la fumigación, abriendo temporalmente la válvula de toma de aire, y luego cerrándola. Producir un vacío de 380 mm y ajustarlo a cero. Repetir este proceso de producir un vacío de 380 mm y liberarlo cuatro veces o tantas como la experiencia indique sea necesario.

Algunas cámaras de vacío no tienen tubos de muestreo. Después de cuatro lavados de aire, mientras se lleva puesto el respirador auto-contenido, abrir la puerta de la cámara y tomar una lectura colorimétrica.

Los productos absorbentes generalmente requieren una aireación de 12 horas o más. La velocidad de liberación de gas de los productos absorbentes es variable, la aireación puede terminarse en menos de 12 horas. Se requiere un mínimo de 4 horas para la aireación de todos los productos absorbentes.

---

## Furgones, Trailers y Remolques.

El tratamiento a las cajas de furgones, trailers, remolques y en ciertas situaciones, contenedores, puede asimilarse al tratamiento de cámaras de fumigación a presión atmosférica.

La diferencia fundamental estriba en el grado de hermeticidad que puede ser menor y por tanto la necesidad de tener cuidado especial en sellar muy bien todas las hendiduras y grietas.

También es necesario sellar muy bien las orillas de las puertas. El sellado puede hacerse con cinta adhesiva ('masking tape') o con tiras de papel periódico y engrudo.

Otra diferencia se deriva de las limitaciones operativas que en muchas situaciones no permiten al operador controlar directamente los tiempos de exposición y aireación, que de hecho tienen lugar en tránsito. Estos tratamientos con exposición y aireación en tránsito deben ser autorizados por las autoridades fitosanitarias.

Los furgones y tolvas tienen capacidades que van de 105 a 140 m<sup>3</sup>. Las cajas de trailer de 30 toneladas tienen cubicaje de 70 a 90 m<sup>3</sup> igual que los contenedores de '40 piés'. Los contenedores chicos son de 35 a 45 m<sup>3</sup>.

Las dosis varían dependiendo del producto a tratar y de la plaga objetivo pero en término medio se usan de 40 a 60 g/m<sup>3</sup>, o sea que un tratamiento requiere sólo de 2.5 a 8.0 kilos de bromuro. En operaciones intensivas deben usarse cilindros; en tratamientos ocasionales pueden usarse latas.

En operaciones intensas y donde es necesario estar cambiando de lugar los cilindros, es preferible usar dosificadores volumétricos en lugar de básculas. En estos casos resulta complicado el uso de vaporizadores de agua caliente; puede considerarse el uso de vaporizadores de combustión interna.

Si se usan latas y la temperatura es baja, las latas pueden calentarse en agua caliente a 25 a 35 °C o bien, si las condiciones lo permiten, dejarse calentar al sol.

El tratamiento se hace introduciendo la línea de descarga del bromuro de metilo (copolímero de polietileno de 6.4 mm (1/4") de diámetro interior, con dos o tres boquillas de salida apuntando a 45 ° una de otra. Las boquillas pueden tener puntas de latón o de acero inoxidable; estas últimas tienen mayor duración y la descarga es más precisa y uniforme.

Cuando se trata de fumigaciones de grano a granel se prefiere usar, al final de la manguera, un inyector de tubo de cobre cerrado en la punta y con perforaciones laterales de 3.4 mm (1/8") equidistantes y a 25-30 cm de distancia entre sí. Los inyectores tienen 2.5 a 3.0 m de largo.

La descarga se hace en la parte superior de la caja, en el espacio libre de grano.

Tras de colocar la línea de descarga de gas se procede a terminar de sellar la caja a fumigar y terminada la introducción del gas se retira la línea de descarga y se sella muy bien la abertura.

Una vez terminada la fumigación se procede a colocar las señalizaciones de peligro, las que deben colocarse en todas las puertas de la caja. Cuando se realizan tratamientos en los que la exposición y aireación son en tránsito, es indispensable indicar, además de los requisitos generales la indicación de la fecha y hora en que es ya seguro y puede abrirse la caja fumigada, indicando adicionalmente que se debe tener todos los cuidados del procedimiento normal de aireación.

# Fumigación de Estructuras.

---

## General.

Los procedimientos descritos en esta sección proporcionan una guía sobre los métodos a seguir y las precauciones a tomar en la fumigación de estructuras. Estos procedimientos se refieren principalmente a la fumigación de estructuras para el control del gorgojo khapra (*Trogoderma granarium*) pero aplican para el tratamiento contra otras plagas.

En general, la fumigación de las estructuras presenta problemas que no se encuentran en otros tipos de fumigación. La gran cantidad de gas requerida y el hecho de que la configuración de las estructuras es muy variable, hacen indispensable que sean fumigadores expertos con una amplia experiencia en fumigación los que efectúen fumigaciones de estructuras.

## Materiales Requeridos.

Además de los materiales requeridos en la sección general sobre Fumigaciones—Métodos y Procedimientos, se requieren:

- Aparato para introducir nitrógeno en los tanques de bromuro de metilo.
- Soplador y ductos para la extracción del gas.
- Generador portátil de apoyo para la unidad de conductividad térmica, bomba auxiliar, luces
- Cubierta de plástico y soportes

## Seguridad.

La consideración más importante en la fumigación de las estructuras es la protección de la vida humana. Deben seguirse los siguientes lineamientos:

- Observar todas las precauciones de seguridad.
- Prohibir el acceso a personas no autorizadas al área fumigada.
- Efectuar la fumigación en forma correcta para que el tratamiento sea efectivo.
- Extraer el gas de la estructura y airear al terminar la fumigación.
- Verificar con un detector de gases la ausencia de bromuro de metilo antes de permitir el acceso al área fumigada.

## Determinación del Tratamiento.

En la selección del tratamiento para una estructura se deben considerar los siguientes factores:

- Tipo de productos presentes (ejemplo: granos, especias, harina).
- Plaga objetivo y grado de infestación (ligera, moderada, fuerte).
- Tipo de estructura o estructuras infestadas.
- Condiciones ambientales.

La sección sobre Programas de Tratamiento proporciona una guía respecto al tratamiento a elegir.

Puede hacerse el tratamiento de todas las estructuras bajo una o más cubiertas de plástico a prueba de gas. El tratamiento puede complementarse con la aspersión de área circundante a las estructuras, por lo menos dos veces con una formulación de algún insecticida residual como malatión. Deben retirarse todos los escombros, rastrillando o barriendo los que están cerca de la estructura, incluyendo los que se encuentran bajo la cubierta plástica.

Si la estructura lo permite puede utilizarse para confinar el espacio a fumar, sellando muy bien todas las puertas, ventanas y otras áreas por donde pudiera escapar el gas.

## Preparación para la Fumigación.

Hay varios puntos que deben definirse antes de realizar la fumigación.

1. El volumen de espacio a fumar.
2. El programa de fumigación a ser utilizado.
3. Material de cubierta adecuado: película de polietileno o material equivalente con espesor de 150 micras (6 mil) o mayor.
4. Fuente de energía eléctrica adecuada para el funcionamiento de los ventiladores de circulación y la unidad de conductividad térmica.
5. Tubos de muestreo de gas - tipo y número.
6. Bomba auxiliar - para aspirar las muestras a distancias largas.

7. Ventiladores de pedestal para la distribución del fumigante y la aireación.

8. Cantidad de fumigante suficiente para la aplicación de la dosis inicial más una cantidad extra para eventuales adiciones.

9. Productos presentes e identificación de los materiales que podrían ser dañados por el fumigante. Los artículos o materiales que podrían ser dañados, de ser posible serán sometidos a un tratamiento alternativo.

Muebles de oficina y equipos con partes de hule-espuma pueden ser dañados y deben ser retirados. Los equipos de cómputo deben ser completamente sellados con polietileno y se debe mantener una presión positiva en el interior del espacio sellado durante el período de exposición.

10. Proveer un área protegida en donde tomar las lecturas de la concentración del gas. Esta área debe encontrarse a una distancia de seguridad (10 m o más) del lugar de la fumigación. Todos los tubos de muestreo del gas y la fuente de energía eléctrica deben ser colocados dentro de esta área protegida.

11. Aireación de la estructura y de la mercancía.

## Ventiladores.

Para la introducción del gas se usarán ventiladores de 70 m<sup>3</sup>/min. ó más, que estarán funcionando hasta que transcurran 30 minutos después que la introducción haya finalizado. Ampliar el tiempo de funcionamiento de los ventiladores sólo si la distribución del gas es inadecuada (las lecturas de las concentraciones varían entre sí por más de 4 g/m<sup>3</sup>).

La colocación de los ventiladores depende esencialmente de la configuración de la estructura, de la presencia o ausencia de mercancía y de su naturaleza y cantidad.

Los ventiladores de pedestal son más adecuados para las estructuras grandes. Dirigir los ventiladores hacia arriba para complementar otros ventiladores y asegurar la uniformidad de la distribución del gas en todas las partes del espacio confinado.

No existen reglas precisas para determinar el número conveniente de ventiladores, pero deberá asegurarse la circulación adecuada de aire durante las fases de introducción y de recirculación. Edificios extremadamente altos pueden

requerir ventiladores en diferentes pisos para asegurar la distribución del gas en la cima de la estructura. La fuente de electricidad y los cables de extensión del sistema de ventiladores deben colocarse de manera que cada ventilador pueda prenderse y apagarse individualmente desde el exterior de la estructura.

## Mangueras de Muestreo.

Colocar las mangueras de muestreo en las áreas y productos de modo que den muestras representativas de la concentración del gas en el interior del área fumigada. Todos los tubos de muestreo del gas deben ser de polietileno, con diámetro interior de 6.4 mm (1/4").

Para volúmenes a fumigar menores de 14,000 m<sup>3</sup> deben usarse 6 mangueras por los primeros 2,800 m<sup>3</sup> y una manguera más por cada 1400 m<sup>3</sup> adicionales. Para volúmenes mayores de 14,000 m<sup>3</sup> se requieren 14 mangueras por los primeros 14,000 m<sup>3</sup> y una más por cada 5,700 m<sup>3</sup> adicionales.

En adición a los puntos de muestreo indicados arriba, se deberán colocar otros dentro del producto almacenado en la estructura, lo más cerca posible del centro de los empaques (por ejemplo, cajas, bolsas o barriles). Antes de colocar un tubo de muestreo en el producto, debe envolverse un pedazo de tela a la extremidad del tubo, sujetándolo con cinta adhesiva.

Debe usarse un mínimo de tres mangueras por los primeros 280 m<sup>3</sup> de mercancía utilizando mangueras adicionales para asegurar el muestreo de todos los tipos de productos muy compactos y que no son fácilmente penetrados por el gas. Es necesario tener cuidado en colocar las mangueras evitando obstrucciones o aplastamientos.

Los tubos de muestreo deben etiquetarse con la indicación del lugar en que están colocados. Las mangueras de muestreo del gas deben extenderse por un mínimo de 10 m fuera del área tratada y tener longitud suficiente para extenderlas más de los 10 m, si fuera necesario.

## Sellado de la Estructura.

Se deberán localizar y sellar todas las aberturas que representan puntos potenciales de fuga de gas. Si toda la estructura debe ser cubierta, no se requiere sellar puertas, ventanas y tomas de aire sino buscar y sellar todas las aberturas que salen de la estructura, como tapas de registros, tubos de drenaje y ductos de ventilación.

Todas las aberturas deben sellarse con polietileno, cinta

---

adhesiva, sellador de plástico o una combinación de éstos.  
NO excluir de la fumigación al sellar, áreas escondidas, ductos u otras que puedan cobijar las plagas.

La estructura o la parte de ésta que debe ser fumigada debe transformarse en un espacio hermético a la salida del fumigante. Esto se obtiene cubriendo la estructura completa con una película de polietileno de 150 micras (6 mil) o más de espesor. Las cubiertas deben unirse por medio de cinta adhesiva y sellador o bien, enrollando y engrapando unas con otras.

Para evitar fugas y riesgos se necesita poner material acolchante, como estopa o almohadillas, en todas las esquinas de la estructura y en todas las áreas en que la lona puede rozar contra bordes rugosos o afilados de la estructura.

Uno de los pasos más importantes de la preparación para la fumigación del interior de una estructura es el sellado de todas las aberturas y áreas que representan puntos potenciales de fugas de gas.

Se debe considerar el área completa a fumigar como una cámara a presión atmosférica natural y es necesario hacerla lo más hermética posible. La tarea más importante es localizar todas las aberturas y sellarlas. Es mejor sellar desde el exterior del área a ser fumigada. Proceder a calafatear los espacios pequeños o utilizar cinta para su sellado. Para sellar áreas grandes, utilizar polietileno o materiales parecidos, sujetos con cinta o sellador. El sellado de puertas y otras aberturas puede hacerse utilizando polietileno o un aerosol de plástico vinílico. Si fuera práctico, deben sellarse los ductos de ventilación desde el exterior del espacio a fumigar, de manera que la cinta pueda ser desprendida al momento que se quiera evacuar el gas y ventilar. Las aberturas grandes deben cubrirse con polietileno firmemente sostenido con cinta adhesiva.

### **Medición del Volumen.**

Para construcciones de forma rectangular o cuadrada, multiplicar la longitud por el ancho y la altura. Si la construcción tiene forma irregular, es mejor calcular el volumen de cada unidad separadamente y después sumar los varios volúmenes parciales obtenidos.

### **Líneas de Introducción del Gas.**

El bromuro de metilo debe introducirse desde el exterior del edificio; la línea de introducción debe pasar bajo la cubierta y desembocar directamente en la corriente de aire de frente a un ventilador. Siempre es recomendable utilizar el método de introducción de “gas caliente”, haciendo pasar el fumigante a través del volatilizador después de salir del cilindro.

Dependiendo del tamaño de la estructura que se vaya a fumigar, se pueden necesitar varias líneas de introducción del gas que lleguen a la estructura, con la finalidad de abreviar el tiempo requerido para la introducción. Se deben amarrar las líneas de introducción a la parte superior de los ventiladores para evitar que las manguera se muevan de lugar.

La otra opción de introducción es liberar el bromuro de metilo adentro del edificio. Si se escoge esta opción, los cilindros deben ser colocados por un equipo de dos personas y se debe hacer un plano de la colocación de cada cilindro en el edificio. Los cilindros deben colocarse de manera que los fumigadores puedan alejarse del gas liberado en cuanto vayan abriendo sucesivamente los cilindros al tiempo que se acercan a la salida del edificio.

Ya que el bromuro de metilo es más pesado que el aire, es aconsejable aumentar un poco la dosis del gas suministrado al piso superior.

Para una mejor distribución del gas en todas las áreas, los cilindros deben colocarse en el interior de un local, en posición erecta, después de haberles quitado las tapas de protección. Por la misma razón, es aconsejable conectar tubos verticales a las válvulas de los cilindros, para reducir la estratificación en los niveles inferiores de la estructura.

### **Bodegas Horizontales con Grano a Granel.**

Dependiendo del tamaño de la bodega y de la profundidad de la masa de grano puede ser necesario cambiar el número y disposición de las líneas de gas. Como regla general puede considerarse que el bromuro de metilo difunde dentro de la masa de grano 1.5 m en sentido lateral y 3.5 m en sentido vertical, principalmente hacia abajo.

En bodegas grandes conviene introducir mayor número de líneas de gas; de ser necesario, puede usarse más de un cilindro o bien, conectar un múltiple a la salida del cilindro para de ahí sacar las líneas de introducción de bromuro de metilo.

Tratándose de bodegas en que el grano tiene una profundidad menor de 3.0 m las líneas, de copolímero de polietileno (Polyflo—diámetro exterior 6.4 mm (1/4")) pueden descargarse arriba y adelante de los ventiladores, en la parte superior de la bodega. Puede también descargarse a través de boquillas, 5 a 8 por línea, espaciadas de forma que se cubra uniformemente el espacio superior de la bodega.

Debe usarse una boquilla por cada 300 a 500 m<sup>3</sup> de volumen total de bodega. Las boquillas, preferentemente de abanico plano, pueden tener puntas de latón; sin embargo las de puntas de acero inoxidable tienen mayor duración y son más uniformes en descarga a través del tiempo. Las boquillas 8001 u 8002 de Spraying Systems o equivalentes son apropiadas para este propósito.

Si la profundidad de la masa de grano es mayor de 3.0 m se presentan problemas de estratificación del bromuro y se debe

agregar una red de inyectores para descargar el bromuro de metilo, dentro de la masa de grano, a puntos equidistantes a 3.0 m de distancia entre sí. La red puede construirse con líneas de manguera de copolímero de polietileno, de 12.7 mm (1/2") de diámetro exterior, para alimentar los inyectores.

Los inyectores, verticales, son tubos de acero galvanizado, como los usados para conducción de agua, de 12.7 mm (1/2") de diámetro interior; estos inyectores llevan 5 a 6 orificios de 3.2 mm (1/8") dispuestos en espiral, a una distancia de 5 cm entre sí, cerca de la punta. (Fig. 18). Para facilidad de manejo y traslado los inyectores pueden armarse en tramos de 1.5 m. de tubo roscado en los extremos unidos por coples. Los inyectores pueden introducirse con manerales hechos de tubo del mismo material.

Las dosis típicas para fumigaciones de grano a granel son de 40 a 60 g/m<sup>3</sup>, con tiempo de exposición de 24 horas, para temperaturas arriba de 18 ° C.

Una buena opción para el tratamiento de bodegas

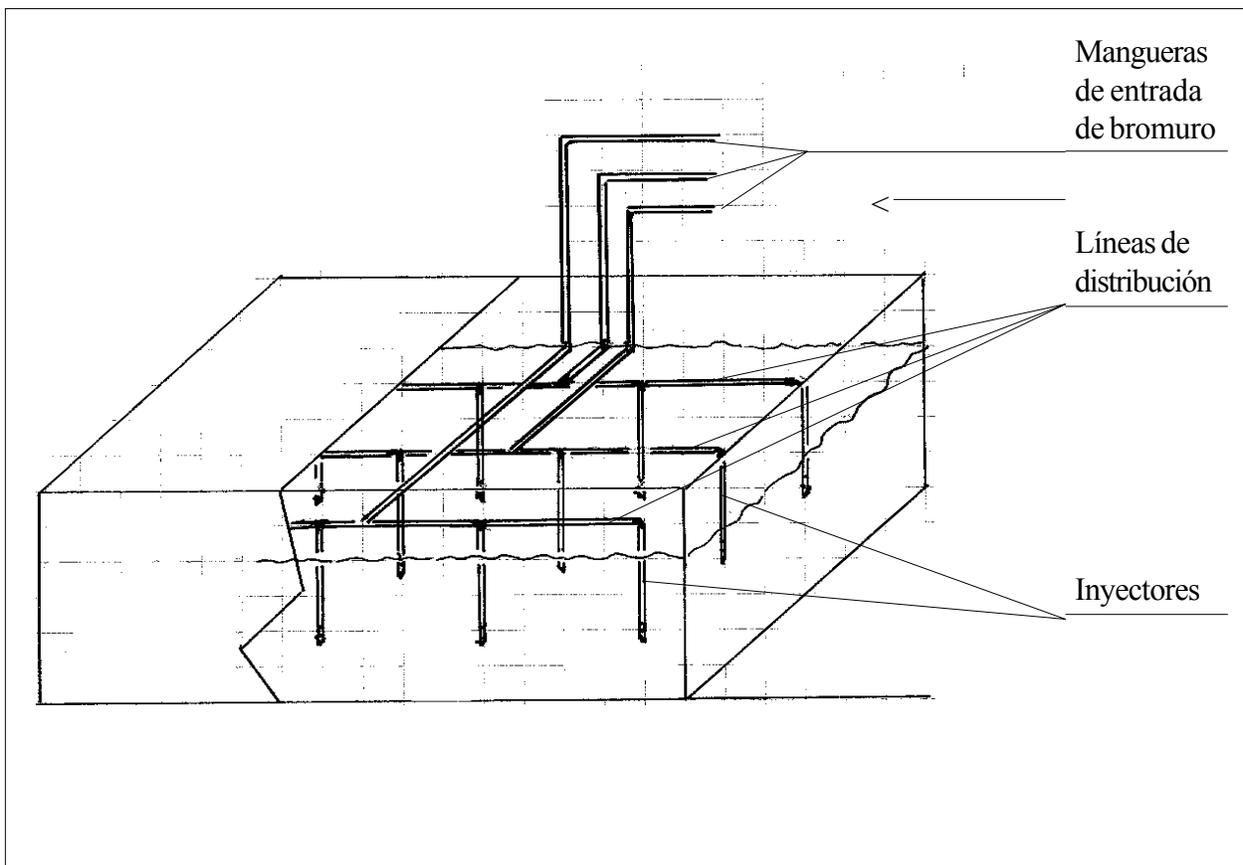


Fig. 18—Bodegas Horizontales con Grano a Granel.

horizontales con grano a granel es un sistema de circulación forzada de aire.

En la parte exterior se coloca un soplador o extractor para forzar el aire a través de una red de ductos perforados colocados equidistantes bajo la masa de grano y empujar el aire de la bodega hacia arriba o extraerlo hacia abajo para recircularlo al espacio de aire sobre la masa de grano.

El sistema debe calcularse para obtener una vuelta del volumen total de la bodega cada 15 a 20 minutos o sea  $m^3/min.$  por cada 10 a 12 toneladas de grano. No debe aumentarse mucho más la recirculación pues tienden a formarse canales por las rutas de menor resistencia, quedando partes sin fumigar.

La suma de la superficie de los orificios en los ductos perforados debe ser igual a la sección transversal del ducto para evitar problemas de presión de regreso al soplador.

El bromuro se descarga a través de una conexión cerca del soplador o extractor, siempre del lado de salida de aire para evitar que el bromuro concentrado o líquido pase por el ventilador.

### Silos Verticales.

Para el tratamiento de granos a granel en silos verticales se presenta un problema de distribución, principalmente si los silos son de gran altura. Este problema se deriva de las corrientes de aire convectivas que son tanto más fuertes cuanto mayor es la infestación; las áreas infestadas se calientan y el aire circundante tiende a subir, obstaculizando la difusión hacia abajo del bromuro de metilo.

Para evitar el problema citado y tener una buena difusión, el fumigante debe inyectarse en varios puntos y a varios niveles, considerando que en este tipo de estructuras de poco diámetro la difusión del bromuro dentro de la masa de grano, en sentido vertical, es de unos 4 a 5 m.

La figura 19 muestra una red de inyectores para un silo de 8.0 m de diámetro por 30.0 m de altura. La introducción del bromuro se hace a través de varias series de inyectores, cada serie con descargas a incrementos de 5.0 m de profundidad, además de un nivel de descarga con boquillas en el espacio libre sobre la masa de grano; cada punto de inyección para aproximadamente  $40 m^3$  de grano.

diámetro interior, deben instalarse cuando los silos están vacíos pues resulta muy complicado hacerlo cuando ya tienen grano.

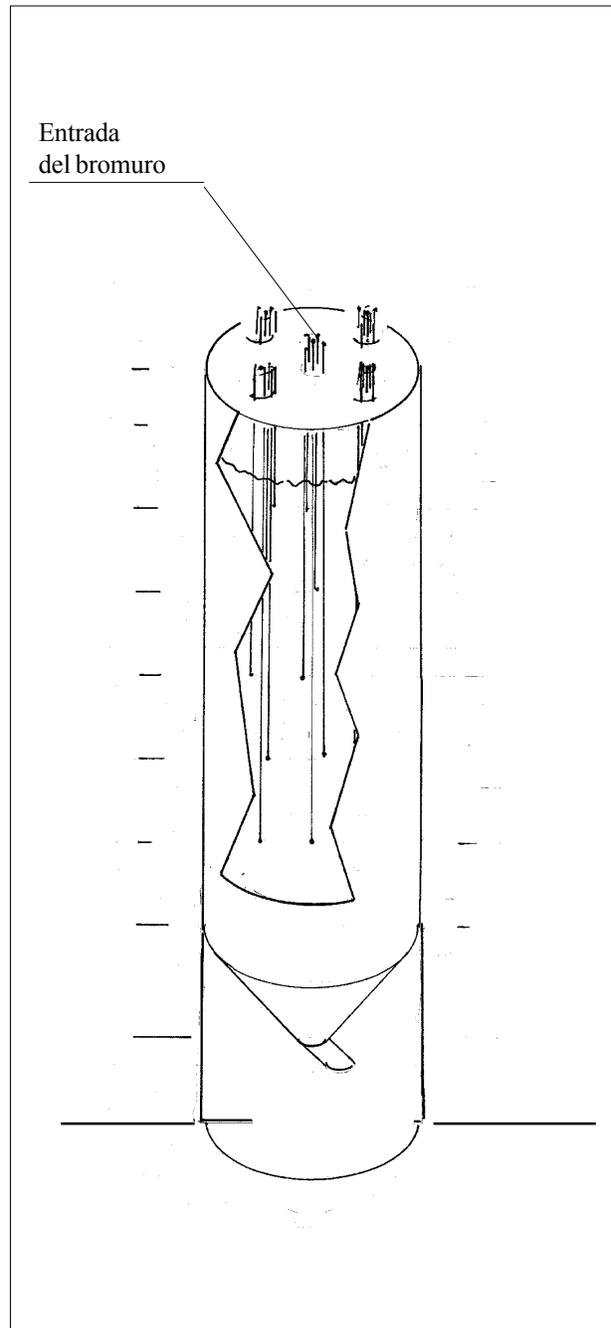


Fig. 19—Red de Inyectores para Silos Verticales

Las redes, de tubo galvanizado de 12.7 mm (1/2") de

La mejor solución al problema de distribución del bromuro de metilo es instalar un sistema de recirculación (Fig. 20) muy semejante, salvo por la ausencia de red de ductos de aire perforados, al descrito para las bodegas con grano a granel.

El sistema debe calcularse para obtener 3 a 4 cambios del volumen total del silo por hora.

El diámetro del ducto de recirculación es usualmente de 10 a 15 cm (4" a 6"). El ventilador debe estar lo más cerca posible del espacio vacío en la parte superior del silo por lo que de ser factible debe instalarse sobre el silo mismo.

El bromuro de metilo se inyecta, después del ventilador. El aire junto con el bromuro se descarga por el ducto para ser descargado en la parte superior del silo.

El proceso de recirculación debe durar solo lo suficiente para tener una buena distribución del fumigante. Para un sistema calculado en la forma antes descrita, el tiempo de recirculación toma unos 15 a 20 minutos, tras haber introducido todo el fumigante. Si se recircula por mucho mas tiempo tiende a aumentar la absorción del fumigante y también las fugas.

La dosis de bromuro de metilo para cereales en silos verticales es de 40 a 50 g/m<sup>3</sup> de volumen total del silo con tiempo de exposición de 48 a 72 horas.

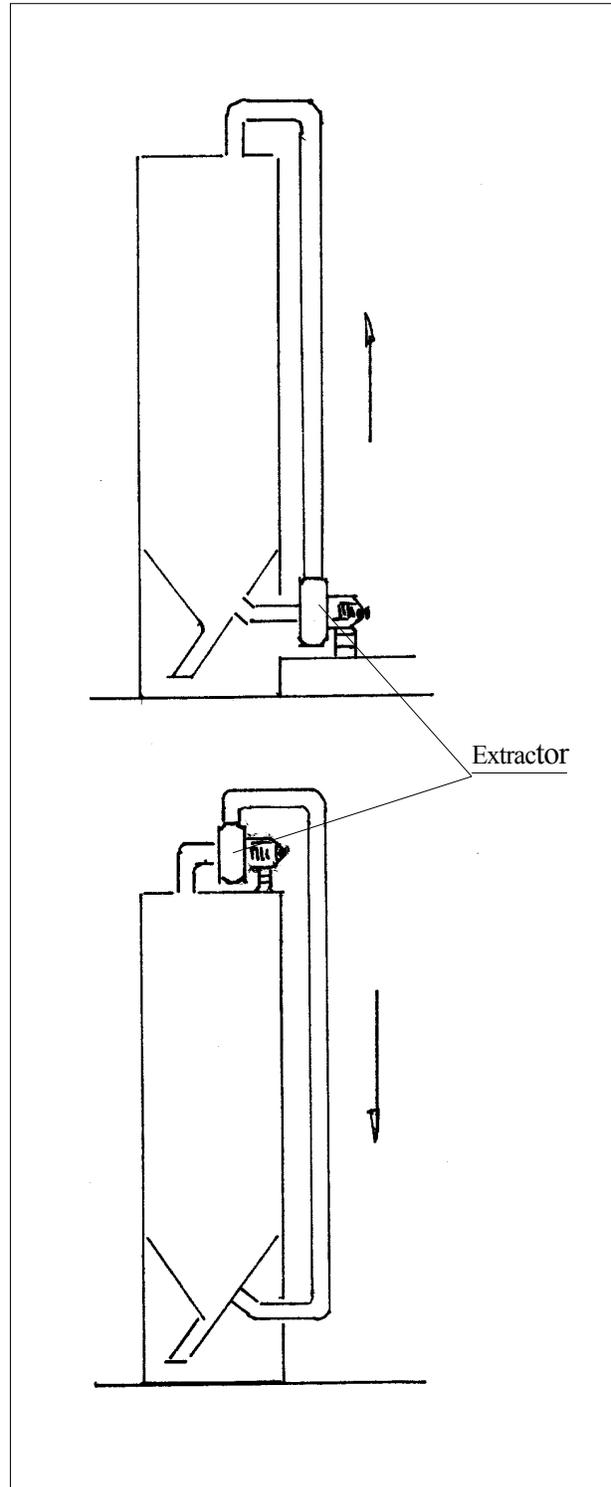


Fig. 20—Sistemas de recirculación en Silos Verticales

---

## Verificación Final.

Inmediatamente antes de introducir el gas, se procede a la verificación final:

- Asegurar que en el edificio no haya personas ni animales.
- Cuidar que todas las áreas que lo requieran estén selladas.
- Revisar la colocación y la identificación de las líneas de introducción del gas y de las mangueras de muestreo del gas.
- Prender todos los ventiladores y la unidad de conductividad térmica para constatar que estén funcionando.
- Verificar que la cubierta tenga las señales de peligro en todos los lados del edificio o estructura.
- Tomar las lecturas en la unidad de conductividad térmica para asegurarse de que no estén presentes gases contaminantes, los cuales pueden afectar las lecturas de concentración.
- Constatar que todas las mangueras de muestreo del gas, conectadas a la unidad de conductividad térmica, estén etiquetadas y no estén aplastadas o rotas y vigilar el medidor del flujo para asegurarse que el aire muestreado esté pasando al analizador.
- Verificar que haya suficiente bromuro para la dosis establecida y la posible adición de fumigante.
- Prender el vaporizador y calentar el agua a 93 °C o más.
- Colocar los cilindros de fumigante con la línea de introducción del gas sobre una báscula y anotar el peso inicial. Asegurar que la línea de introducción del gas esté conectada al cilindro.
- Verificar las conexiones de las líneas de introducción del gas para asegurarse que estén herméticas.
- Instalar los tubos de Drierite<sup>MR</sup> en las líneas de muestreo del gas de la unidad de conductividad térmica, asegurándose de que los granulos de Drierite<sup>MR</sup> sean de color azul y no se hayan vuelto rosa.
- Asegurarse que todo el equipo de seguridad esté disponible y en buenas condiciones de funcionamiento.

## Ejecución de la Fumigación.

### Introducción del Gas.

Se procede a encender todos los ventiladores antes de introducir el gas. Cuando se usan cilindros grandes de bromuro de metilo, el fumigador debe abrir ligeramente la válvula del cilindro y volver a cerrarla.

Usando un detector de halógenos, verificar todas las conexiones de la línea de introducción del gas para descubrir posibles fugas. Si se observa alguna, deben apretarse las conexiones y repetir la prueba. Verificar también todas las áreas selladas. Si se encuentra una fuga que no pueda corregirse fácilmente, evacuar esta introducción parcial y volver a sellar el área. Si no se observan fugas, abrir la válvula para introducir el bromuro a razón de 1.4 a 1.8 kg por minuto. Las líneas de introducción del gas deben estar siempre calientes y el volatilizador debe tener una temperatura mínima de 65.5 °C.

El tiempo de exposición empieza en el momento en que todo el gas ha sido introducido. Dejar funcionar los ventiladores durante 30 minutos después que todo el gas ha sido introducido. Se hará la lectura inicial de concentración 30 minutos después que todo el gas se haya introducido.

Cuando se utilizan cilindros grandes, la salida de la última porción de gas del cilindro puede tardar mucho tiempo; el uso de un cilindro presurizado reducirá este tiempo. Programar una lectura en la unidad de conductividad térmica 30 minutos después del inicio de la introducción del gas. Si la distribución del gas es uniforme (todas las lecturas con una diferencia máxima de 4 g/m<sup>3</sup> entre sí) y se registra una concentración alta, se apagarán los ventiladores. Mantener más tiempo los ventiladores en funcionamiento sólo contribuirá a tener fugas de gas.

### Verificación de Fugas.

Usar un detector de halógenos para verificar las fugas antes de la lectura de los 30 minutos. Verificar alrededor del perímetro de la cubierta, en el suelo, esquinas y en particular en los puntos donde se encuentran los cables eléctricos, las mangueras de muestreo del gas y las líneas de introducción del gas.

Si se observan fugas, asegurarse de sellarlas utilizando una cantidad adicional de almohadillas de arena o de agua, para evitar fugas al nivel del suelo o cinta adhesiva para pequeños agujeros en la cubierta de plástico.

---

## Lecturas de Concentración.

Tomar las lecturas de la concentración con una unidad de conducción térmica para determinar la concentración del gas y su distribución en el interior del espacio fumigado. Verificar los tubos de Drierite<sup>MR</sup> antes de cada lectura y sustituirlos si su color se torna rosa. Dependiendo de la longitud del período de exposición, hacer las lecturas de concentración a los siguientes tiempos después de la introducción del fumigante: 30 minutos y 2, 4, 6, 8, 12, 24, 36, 48 y 72 horas. Todos estos tiempos se cuentan a partir de la terminación de la introducción del gas.

Usar una bomba auxiliar cuando se utilicen muchas mangueras de muestreo o las mangueras sean muy largas. La bomba de aire auxiliar reducirá el tiempo necesario para conducir el gas a la unidad de conductividad térmica.

Se puede iniciar la lectura final entre 30 minutos y una hora antes de la terminación del período de exposición. Si la concentración final del gas alcanza niveles mínimos, iniciar la aireación inmediatamente al terminar el período de exposición.

## Lecturas Adicionales.

Las condiciones atmosféricas adversas pueden indicar la necesidad de hacer lecturas adicionales. La fumigación de productos muy absorbentes o la continua disminución de las lecturas de concentración sugieren también la necesidad de tomar lecturas adicionales.

## Introducción de Gas Adicional.

Cuando la lectura de concentración indica que está debajo de los niveles mínimos, se debe agregar gas a la siguiente dosis:

$$1.6 \times \text{g/m}^3 \text{ abajo del mínimo} \times \text{volumen (g/m}^3\text{)} / 1,000 = \text{Kilos de gas a agregar.}$$

Hacer funcionar los ventiladores hasta alcanzar una distribución uniforme del gas en todo el espacio.

## Aireación.

### Extracción del Gas.

Extraer el gas al terminar el período de exposición. La extracción del fumigante se facilita abriendo parcialmente la cubierta y usando extractores y ductos que van del espacio tratado al exterior. El fumigante debe ser extraído desde el lado de la estructura que se encuentra a favor del viento.

### Aireación de la Estructura.

Utilizando el respirador auto-contenido, deben abrirse un poco el lado opuesto de la cubierta para permitir la entrada de aire fresco. Pueden también abrirse las puertas, ventanas, cubiertas plásticas y áreas cerradas para facilitar la aireación. Encender el sistema de extracción (a cada ducto de extracción se conectará un ventilador con capacidad mínima de 70 m<sup>3</sup>/min.) y ventilar la estructura.

Parar los ventiladores de aireación. Tomar una lectura de la concentración con un tubo colorimétrico en un ducto de extracción, a una distancia no mayor de 60 cm del espacio tratado.

Si la concentración es mayor de 5 ppm pero inferior a 100 ppm puede removerse la cubierta. La aireación se concluye cuando la concentración es de 5 ppm o menor, después de hacer una lectura a 1.22 m del piso y 30 cm adentro del perímetro de la fumigación, en varios puntos representativos (se requiere un mínimo de dos).

# Fumigación de Barcos

---

Los procedimientos expuestos en esta sección establecen los métodos y precauciones que deben seguirse para la fumigación de barcos. Estos procedimientos son utilizados principalmente para la fumigación del gorgojo khapra (*Trogoderma granarium*).

En general, la fumigación de barcos presenta problemas que no se encuentran en otros tipos de fumigación. La gran cantidad de gas requerida y las variantes en la forma y tamaño de las bodegas y compartimentos en los barcos, hacen indispensable que este trabajo sea efectuado por operadores experimentados en el control de plagas con amplia experiencia en fumigación.

## Materiales Necesarios.

Además de los materiales indicados en la sección general de Métodos y Procedimientos, se requiere un generador portátil de electricidad de apoyo para la unidad de conductividad térmica, bomba auxiliar y luces, en caso de no disponer de corriente eléctrica del puerto, ya que los barcos tienen normalmente corriente de 220 voltios.

## Seguridad.

La consideración más importante en la fumigación de barcos es la protección de la vida humana. Deberán seguirse los siguientes lineamientos:

- Prohibir el acceso de personas no autorizadas al área fumigada.
- Efectuar la fumigación en forma correcta para que el tratamiento sea efectivo.
- Extraer el gas y airear los espacios fumigados al terminar la fumigación.
- Verificar con un detector de haluros la ausencia de bromuro en todas las áreas a bordo antes de permitir el acceso a la tripulación.
- Conocer perfectamente el uso del fumigante, precauciones, y medidas de primeros auxilios.
- Disponer del equipo adecuado de primeros auxilios, respiradores auto-contenidos y otros equipos de seguridad.
- Verificar con un detector de gases todas las áreas del barco antes de permitir el acceso a la tripulación.

Prestar particular atención a todas las áreas fumigadas, habitaciones de la tripulación y salas de máquinas.

- Hablar con el oficial a cargo del barco para obtener información y acceso a las áreas donde se realizará la fumigación.

## Preparativos para la Fumigación.

### Oficial a Cargo del Barco.

Cuando se planea la fumigación de un barco, es necesaria una reunión entre el capitán del barco u Oficial a cargo, el agente y el responsable de la fumigación para discutir el tratamiento. Si existe carga en un área cercana a la que se va a fumigar, determinar si algún material pudiera ser dañado por el fumigante (ver la sección que contiene propiedades del bromuro de metilo. Discutir los planes para retirar la tripulación.

### Áreas a fumigar.

**Almacenes**—Abrir todos los recipientes, cajones y alacenas. Estibar todos los productos ensacados de manera que el gas pueda penetrar por todos lados. La estiba de los productos ensacados sobre tarimas facilita la distribución y la penetración del gas.

**Bodegas**—Deberá fumigarse la bodega completa, sin considerar la localización de la plaga. Si se quiere fumigar una sola cubierta (bodega inferior, puente inferior, puente superior, etc.), deben ser revisadas todas las secciones de la cubierta y asegurarse de que no exista la posibilidad de que el gas se filtre fuera de la bodega.

En la mayoría de los casos, no es necesario abrir o reacomodar las cajas y paquetes. Ocasionalmente podrá requerirse algún reacomodo para asegurar la uniformidad en la distribución del gas. Mantener abiertas las puertas de las escotillas entre cubiertas para permitir una adecuada distribución y circulación del gas.

---

## Ventiladores.

**Almacenes**—Los almacenes normalmente requieren un mínimo de dos ventiladores de 50 m<sup>3</sup>/min. Colocar un ventilador al nivel inferior y el otro al nivel superior.

Los ventiladores con capacidad superior a los 50 m<sup>3</sup>/min.) crean una corriente de aire violenta que puede provocar la fuga de gas en los puntos de sellado.

Si se está fumigando un área que comprende la galera y los locales anexos, colocar los ventiladores de modo que la distribución del gas sea uniforme. Cuidar que los ventiladores puedan ser prendidos y apagados desde el exterior del lugar en que se hace la fumigación.

**Bodegas**—Usar el volumen total de la bodega para determinar el número de ventiladores necesarios. La capacidad total de los ventiladores en m<sup>3</sup>/min deberá ser aproximadamente igual al volumen de la bodega. Utilizar ventiladores de 70 m<sup>3</sup>/min. o más durante la introducción del gas y hasta 30 minutos después de haberla concluido. La colocación de los ventiladores en el interior de la bodega depende de la presencia o ausencia de carga. Normalmente se deben colocar dos ventiladores en la bodega inferior en los extremos opuestos, uno de frente al otro. El número de ventiladores puede reducirse si su capacidad es mayor de 70 m<sup>3</sup>/min.

Los ventiladores deberán etiquetarse anotando su posición y deben poderse prender y apagar en forma individual en caso de encontrar lecturas bajas de concentración en algunos puntos de la bodega.

Constatar que todos los ventiladores estén en buenas condiciones de operación. Mantener los ventiladores en funcionamiento durante la introducción del gas, y hasta 30 minutos después de que haya concluido.

## Mangueras de Muestreo del Gas.

Colocar las mangueras de muestreo de gas en las áreas y entre la mercancía para obtener muestras representativas del interior del área fumigada. Colectar la salida de todas las mangueras en un punto central, a una distancia mínima de 10 m del área a fumigar.

Etiquetar todos los tubos de muestreo para que puedan ser fácilmente identificables al hacer las lecturas de la concentración. Las etiquetas deben indicar el nivel de muestreo en la bodega y si la muestra es del espacio o de la mercancía.

**Almacenes**—Colocar un mínimo de 2 mangueras de muestreo en el espacio abierto y por lo menos uno en el interior de la mercancía que presente mayor dificultad para la penetración del gas.

**Bodegas**—En el interior de las bodegas, la localización de los puntos de muestreo dependerá principalmente de la ubicación de la carga. Colocar un mínimo de dos líneas en cada nivel de espacio vacío de la bodega. El volumen medio de tres niveles de bodegas es de aproximadamente 3,500 m<sup>3</sup>. Usar una línea adicional por cada 1,400 m<sup>3</sup> arriba de 3,500 m<sup>3</sup>.

Cuando hay carga en la bodega, colocar dos tubos de muestreo del gas adicionales en la mercancía en cada nivel de la bodega. Si la carga está constituida por varios tipos de productos, colocar los tubos de muestreo en el interior del producto que se considera presente mayor dificultad para la penetración del gas.

## Líneas de Introducción del Gas.

**Almacenes, Galeras y Cuartos de Popa**—Serán necesarias muchas líneas de introducción del gas para obtener una distribución uniforme en toda el área fumigada. Colocar las mangueras de introducción del gas desde el exterior a través de alguna abertura (por ejemplo, una puerta o ventana), directamente sobre un ventilador. Amarrar firmemente la manguera de introducción del gas a la parte superior del ventilador, para evitar que se mueva. Una manguera no sujeta puede descargar el gas fuera del flujo de aire.

Poner un pedazo de plástico arriba de la mercancía, debajo y al frente de cada línea de introducción del gas. Con esto se evita el goteo de bromuro de metilo líquido sobre la mercancía, pues pudiera dañarla.

**Bodegas**—Pueden ser necesarias numerosas líneas de introducción del gas para obtener una distribución uniforme en toda el área fumigada. Colocar la línea de introducción del gas directamente en la corriente de aire, de frente a uno de los ventiladores del puente superior.

Amarrar firmemente la manguera de introducción del gas a la parte superior del ventilador. Pueden usarse líneas de introducción del gas adicionales para acelerar la introducción y distribución del fumigante. Poner un pedazo de plástico sobre la mercancía, debajo y al frente de cada línea de introducción del gas.

---

## Bodegas con Grano a Granel.

La fumigación de bodegas con grano a granel presenta problemas especiales en particular si la profundidad de la masa de grano es grande. Puede ser necesario agregar boquillas rociadoras a las líneas de gas o inyectores para descargar el bromuro de metilo dentro de la masa de grano.

La red puede construirse a base de mangueras de copolímero de polietileno de 9.5 a 12.1 mm (3/8" a 1/2") de diámetro exterior, unidas por conexiones de latón como las usadas para gas doméstico. Una disposición típica es una línea principal de 10 a 25 m que mediante una "T" se bifurca en 2 líneas de 15 metros y de cada una de estas dos líneas secundarias, por medio de una conexión en cruz, salen 3 líneas de 10 a 15 m al final de las cuales se conectan los inyectores de tubo galvanizado de 12.1 mm (1/2") de diámetro interior. Los inyectores, de 2 a 7 m de largo llevan perforaciones de 12.5 mm espaciadas a 30 cm.

Otras características de este sistema, se discuten en más detalle en la sección de Fumigación de Estructuras (pág. 55).

## Temperatura.

Tomar lecturas de la temperatura del aire y del producto utilizando un termómetro calibrado. Si la temperatura es igual o mayor a la mínima requerida proseguir con el tratamiento; en caso contrario calentar la bodega o esperar a que suba la temperatura. No deberán hacerse fumigaciones abajo de 4 °C.

## Sellado del Espacio a Fumigar.

Uno de los pasos más importantes en los preparativos para la fumigación de un barco es el sellado total de aberturas y áreas que representan riesgo de fugas de gas. Considerar el área total a fumigar como una cámara atmosférica natural y hacerla lo más hermética posible. La tarea más importante es localizar todas las aberturas (tubos de drenaje, salida de las sentinas, ductos de aireación) y sellarlas.

No excluir de la fumigación, al sellar o hacer impermeables al gas, áreas escondidas, ductos u otras áreas que puedan proteger las plagas. En algunos casos es mejor sellar los puntos de fuga desde el exterior del área a fumigar.

Calafatear las grietas pequeñas o cubrir con cinta adhesiva.

Para sellar áreas grandes, utilizar película de polietileno adherida con cinta adhesiva o sellador.

El sellado de puertas y otras aberturas puede hacerse utilizando polietileno o aerosol sellador de vinilo. Si es práctico, sellar los ductos de ventilación desde el exterior del espacio a fumigar, de manera que la cinta pueda ser desprendida cuando se quiera evacuar el gas y ventilar. Las aberturas grandes, como puertas de escotillas, deben cubrirse con polietileno firmemente fijado con cinta adhesiva.

De ser necesario, enlazar cuerdas cruzadas sobre la cubierta plástica, para evitar el papaloteo en caso de vientos fuertes. Durante los preparativos para la fumigación de un barco, separar áreas que no se van a tratar, sellando las divisiones y aberturas siguientes:

- Láminas de las paredes, aberturas de aireación y drenajes.
- Tubos y otros ductos a través de cubiertas y mamparas.
- Sistemas de calentamiento, aire acondicionado y ventilación de bodegas y sala de máquinas, habitaciones de la tripulación, almacenes u otros espacios que comunican con el sistema de ventilación de las bodegas.
- Sala de máquinas — sistemas de recirculación del aire controlados y compartidos con la sala de máquinas — especialmente en los barcos más nuevos; verificar la presencia de orificios de taladro u otras aberturas en mamparas delanteras y traseras, sistemas de ventilación de la sala de máquinas y cubiertas que se comuniquen con el área a fumigar.
- Conducciones eléctricas de pasillos, sala de máquinas y otras áreas destinadas a la tripulación u otros ductos que comuniquen con las bodegas.
- Tubos acústicos y sistemas de detección de fuego y humo de las áreas fumigadas.
- Escotillas de salida de emergencia que llegan a la chimenea o a las bodegas.
- Tubos de bióxido de carbono a todas las bodegas; sistemas de degasificación (barcos más viejos) que generalmente pasan de una bodega a otra.
- Ventiladores en ductos de flechas y transmisión, escotillas de escape, etc.

- Sistemas de ventilación de sentinas y pozos de drenaje y ductos de drenajes que lleguen a las bodegas, a veces comunes a varias bodegas y sentinas de la sala de máquinas.
- Trampas de vapor entre bodegas.
- Cubiertas de los tanques de fondo, que deben estar cerradas antes de la fumigación.
- Sistemas de entrada y salida de aire de las galeras, que pueden ser comunes con los de algunas bodegas.

### **Medición del Volumen.**

Obtener del Piloto, del Capitán o de los planos del barco (normalmente se fijan afuera de la cabina del Capitán) el volumen de las bodegas. Si se consiguen las medidas reales de las bodegas, se podrá calcular el volumen multiplicando la longitud, por el ancho y la altura.

Si no está disponible esta información, usar los planos de cubicación de grano. Cuando se calcule el volumen del área a fumigar, considerar el volumen total de la bodega, incluyendo tanques de fondo, alacenas de seguridad y espacios refrigerados.

Para almacenes, galeras y habitaciones de la tripulación se deben tomar las medidas reales para calcular el volumen.

### **Verificación Final.**

Justo antes de introducir el gas, deberán revisarse los últimos detalles:

- Con el detector de haluros, revisar todos los almacenes y otras áreas con sistemas de refrigeración. El detector de haluros indicará posibles fugas de freón. La presencia del freón, que es un gas halogenado como el bromuro de metilo, se traduciría en una lectura de concentración superior al valor real. Además, después de terminar la aireación, las fugas de freón pueden indicar incorrectamente que en el área fumigada todavía hay presencia de bromuro de metilo.
- Hacer lecturas en la unidad conductividad térmica para determinar la presencia de algún gas contaminante.
- Encender todos los ventiladores y la unidad conductividad térmica para verificar que estén funcionando adecuadamente.
- Prender el volatilizador y calentar el agua a 93 °C o más.
- Colocar los cilindros de fumigante con la manguera de introducción del gas sobre una báscula y anotar el peso inicial. Cuidar que la manguera del gas esté conectada al cilindro.
- Asegurar que la pasarela del barco y las áreas a fumigar tengan los letreros de peligro y el área esté protegida. En la pasarela deberá estar un guardia para restringir el acceso al barco. Revisar las habitaciones y otras áreas para asegurarse que nadie haya quedado a bordo.
- Revisar todas las áreas selladas para asegurarse que estén adecuadamente protegidas con cinta y no tengan agujeros.
- Verificar que las conexiones de las líneas de introducción del gas estén herméticas.
- Constatar que todo el equipo de seguridad esté disponible y en buenas condiciones de funcionamiento

## **Ejecución de la Fumigación.**

### **Introducción del Gas.**

Prender todos los ventiladores al momento de introducir el gas. Cuando se usan cilindros grandes de bromuro de metilo, el fumigador debe abrir ligeramente la válvula del cilindro y volver a cerrarla. Usando el detector de haluros, verificar todas las conexiones de la línea de introducción del gas para descubrir posibles fugas.

Si se observa alguna, se deberán apretar las conexiones y repetir la prueba. Si no se observan fugas, abrir la válvula para descargar entre 1.4 y 1.8 kg de bromuro de metilo/min.

Las líneas de introducción del gas deben estar siempre calientes y el vaporizador debe tener una temperatura mínima de 65.5 °C.

El tiempo de la exposición empieza cuando todo el gas ha sido introducido. Dejar funcionando los ventiladores durante 30 minutos después que todo el gas haya sido introducido. Se hará la lectura inicial de concentración 30 minutos después que todo el gas haya sido introducido. Cuando se utilizan cilindros, la salida de la última porción de

gas puede tardar mucho tiempo. Programar una lectura con la unidad conductividad térmica, 30 minutos después del inicio de la introducción del gas.

Si la distribución del gas es uniforme (todas las lecturas con una diferencia máxima de 4 g/m<sup>3</sup> entre sí) y se registra una concentración alta, se apagarán los ventiladores.

Mantener más tiempo los ventiladores en funcionamiento contribuiría a la fuga del gas. Permitir que el gas restante se descargue a flujo reducido con funcionamiento intermitente de los ventiladores para su dispersión.

### Lecturas de Concentración.

Hacer las lecturas de concentración en la unidad de conductividad térmica para determinar la concentración del gas y su distribución en el interior del área fumigada (galeras, almacenes y bodegas).

Antes de cada lectura, revisar los tubos de Drierite<sup>MR</sup> y sustituirlos si su color es rosa.

Dependiendo de la duración del período de exposición, hacer las lecturas de concentración a los siguientes tiempos después de la introducción del fumigante:

30 minutos	12 horas
2 horas	24 horas
4 horas	48 horas
6 horas	72 horas (para <i>Cochlicella</i> , <i>Helicella</i> y <i>Monacha</i> spp.)

Consultar el programa de tratamiento para comparar las lecturas de concentración. Deberá hacerse la lectura de concentración final 30 minutos antes de la terminación del tiempo de exposición.

### Control de Fugas.

Utilizar un detector de haluros para verificar las fugas después de descargar todo el gas. Verificar alrededor del perímetro del área fumigada, en particular en los puntos donde se encuentran puertas, ventanas, tubos, cables eléctricos, tubos de muestreo y mangueras de introducción de gas.

Si se observan fugas, asegurarse que estos puntos estén sellados utilizando una cantidad adicional de cinta, o sellador

o colocando más polietileno y adhesivo en los puntos donde se detecten fugas.

### Introducción Adicional de Gas.

Cuando la lectura de la concentración está debajo de los niveles mínimos, se debe agregar gas, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$1.6 \times \text{g/m}^3 \text{ debajo del mínimo} \times \text{volumen (m}^3\text{)} / 1,000 = \text{Kilos de fumigante a agregar}$$

### Ejemplo

Se está fumigando un almacén de un barco contra gorgojo khapra y la concentración mínima para la lectura de las 2 horas está indicada en 50 g/m<sup>3</sup>, pero la media de las lecturas es de 45 g/m<sup>3</sup>. El volumen del almacén es de 42.5 m<sup>3</sup>. Utilizando la fórmula arriba indicada, se obtiene lo siguiente:

$$1.6 \times 5 \text{ g/m}^3 \text{ (debajo del mínimo)} \times 42.5 / 1,000 = 0.340 \text{ kg a agregar de bromuro de metilo}$$

### Extensión del Tiempo de Exposición

Usar la tabla siguiente para determinar la ampliación del tiempo de exposición:

Tiempo de Exposición	Lectura está abajo del Mínimo por:	Extender Tiempo de Exposición:
Menos de 12 horas	10 g/m <sup>3</sup> o menos	10% del tiempo transcurrido desde la última lectura
	11 g/m <sup>3</sup> o más	30 minutos
12 horas o más	10 g/m <sup>3</sup> o menos	10% del tiempo transcurrido desde la última lectura
	11 g/m <sup>3</sup> o más	2 horas o 10% del tiempo desde la lectura, lo que sea mayor

---

## Extracción del Gas.

Extraer el gas al término del tiempo de exposición. La remoción del fumigante de las bodegas se facilita usando un soplador externo para forzar aire fresco a través de ductos portátiles de lona, plástico o similares. También pueden usarse mangueras de aire comprimido para forzar aire hacia el fondo de la bodega. Utilizar ventiladores o sopladores en el interior del espacio fumigado para ayudar a la aireación de la bodega. Utilizar extractores con ductos portátiles para evacuar el gas de los almacenes hacia el exterior, siempre en la dirección del viento y lejos de las áreas ocupadas por la tripulación, preferiblemente, en la parte del barco que da al mar. No apuntar los conductos hacia arriba, ya que podría disiparse el fumigante sobre cubierta. De ser posible, utilizar el equipo de aireación/ventilación del barco. Asegurar que el uso del equipo del barco no distribuya el gas en otras áreas del interior del barco.

1. Extraer una muestra durante un lapso mínimo de 1 minuto a través de una manguera de muestreo con una bomba auxiliar. El tubo o manguera de muestreo debe ser de teflón o de metal para obtener lecturas precisas. Si se utiliza una manguera de muestreo de polietileno, debe ser sustituida a intervalos cortos a causa de la absorción del gas en el polietileno.
2. Tomar lectura de la concentración con un tubo colorimétrico en el tubo de muestreo. Mínimo de dos lecturas para cada nivel de la bodega.

## Aireación del Espacio Fumigado.

Utilizando el respirador auto-contenido, el fumigador debe hacer una abertura (de ser posible) en el extremo más lejano del ducto de extracción para permitir la entrada de aire fresco. Se pueden abrir puertas, escotillas, cubiertas de plástico y áreas cerradas para facilitar la aireación. Encender el sistema de extracción (a cada ducto de extracción se conectará un ventilador de capacidad mínima 100 m<sup>3</sup>/min.) y ventilar la bodega o almacén.

## Lecturas de la Concentración.

Parar los ventiladores de aireación. Hacer una lectura de concentración con un tubo colorimétrico en un ducto de extracción, a una distancia no mayor de 60 cm del almacén. Si la concentración es mayor de 5 ppm pero inferior a 100 ppm (para el bromuro de metilo), el fumigador puede abrir escotillas y puertas y retirar los sellos y cubiertas.

**Almacenes**—Concluir el proceso de aireación cuando la concentración es de 5 ppm o menos después de hacer las lecturas a 1.20 m del piso y 30 cm adentro del perímetro de la fumigación en varios puntos representativos (se requiere un mínimo de dos).

**Bodegas**—Concluir el proceso de aireación cuando la concentración es de 5 ppm o menos después de hacer las lecturas, por el siguiente procedimiento:

# SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS

## Exposición al Bromuro de Metilo.

Si alguna persona ha sido expuesta al fumigante, debe ser alejada inmediatamente del área contaminada y avisar a todo el personal. Téngase en cuenta que la aparición de los síntomas puede ser retrasada.

Si el fumigante líquido se derrama sobre la piel o la ropa, debe cambiarse inmediatamente la ropa contaminada y lavarse suavemente la piel con abundante agua y jabón. No usar paños abrasivos o cepillos; lavarse también bajo las uñas de las manos y de los pies. La piel contaminada debe también enjuagarse mediante fricciones de alcohol.

La ropa contaminada no debe volverse a usar hasta que haya sido cuidadosamente aireada, lavada y secada. El bromuro de metilo líquido que evapora entre la ropa y la piel produce vapores peligrosos y quemaduras.

Si se sospecha que haya intoxicación debida a la exposición al fumigante retirar inmediatamente a la víctima del área del accidente y trasladarla al aire fresco.

### No entrar al área contaminada sin un respirador

Si existe la insuficiencia respiratoria, dar respiración artificial. Esto debe tener prioridad sobre los demás primeros auxilios. Llamar al médico inmediatamente.

Mantener al paciente caliente, cómodo y lo más quieto posible. Si se presentan convulsiones, sujétese suavemente al paciente para prevenir lesiones.

## Respiración Artificial.

1. Para saber si una persona está respirando, acostarla boca arriba; poner el oído cerca de su boca. Si respira, se podrá sentir su respiración y ver su pecho expandirse y contraerse.

2. Si la persona ha dejado de respirar, levantar su cuello con una mano y con la otra empujar hacia abajo la frente. Esto abrirá las vías respiratorias y la persona podría comenzar a respirar.

3. Si la víctima no responde poner una mano debajo de su cuello, de manera que su cabeza quede reclinada hacia atrás, con la barbilla levantada. Oprimir las ventanas de su nariz con los dedos de la otra mano.

Inspirar profundamente y con la boca tapar completamente la boca de la persona intoxicada. Soplar el aire en su boca. Cuando su pecho se levanta, despegar su boca y dejar que el pecho del intoxicado baje por sí solo.

Repetir este proceso cada 5 segundos y no parar hasta que la persona comience a respirar o llegue ayuda médica.

### 1. Está la persona respirando?



### 2. Abrir las vías respiratorias!



### 3. Respiración artificial!

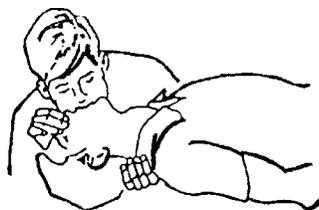


Fig. 21—Primeros Auxilios

---

## Síntomas y Atención Médica.

Depresión del sistema nervioso central, náusea, calentura, vértigo, confusión mental, delirio, tambaleos, distorsión de la vista, dolores abdominales, ansiedad, temblores, edema pulmonar, convulsiones, coma. La aparición de los síntomas puede demorar de 4 a 12 horas. Pueden aparecer irritación severa de la piel, ampollas y dermatitis.

Administrar respiración artificial. Oxigenoterapia si está disponible.

No aplicar reanimación mecánica. Si ha habido contaminación de la piel, lavar durante 15 minutos con abundante agua. Si el producto ha salpicado la ropa, puede haber emisión de vapores en cantidades tóxicas.

Sobre-exposiciones crónicas producen daños al sistema nervioso periférico. Contacto prolongado con piel y ojos puede causar quemaduras.

Pueden agravarse dermatitis y problemas respiratorios pre-existentes.

Si el producto ha salpicado los OJOS, mantener los párpados abiertos y lavar los ojos con una corriente continua de agua durante un lapso mínimo de 15 minutos.

**Tratamiento médico** - Sintomático-respiración artificial, oxígeno sin reanimación mecánica. El análisis del aire exhalado y de la sangre puede ayudar en el diagnóstico y pronóstico. Si se presenta náusea, acompañada por vómito, suministrar inyecciones endovenosas de soluciones glucosadas.

El bromuro de metilo es un veneno y puede causar disfunciones respiratorias, arresto cardíaco y efectos adversos sobre el sistema nervioso central. Una sobre-exposición puede provocar efectos neurotóxicos cuya recuperación puede ser lenta.

## Manejo del Bromuro de Metilo.

Deberán seguirse las siguientes normas generales de seguridad.

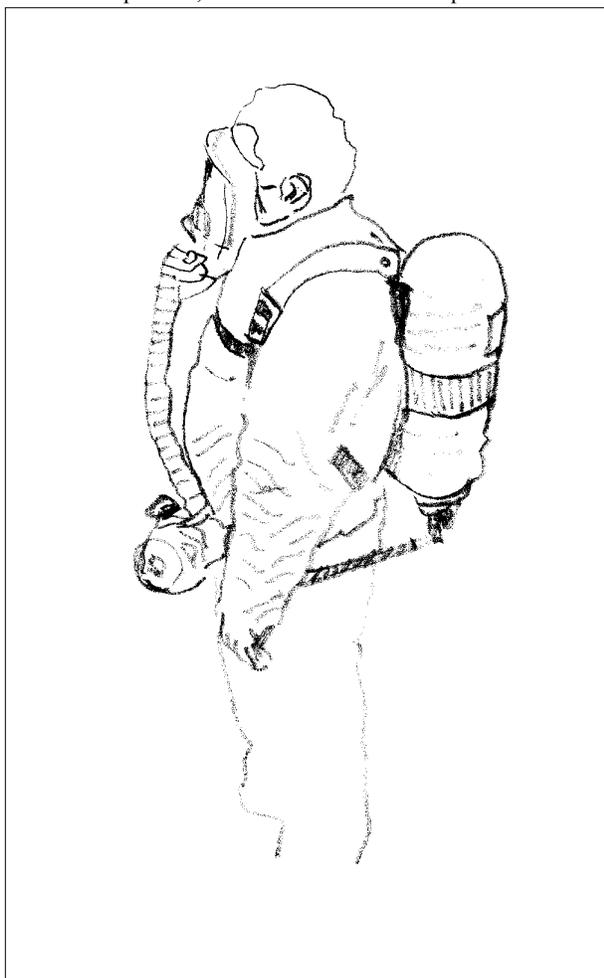
1. El peligro varía con la concentración, el volumen del local y las condiciones físicas de los trabajadores (alergias, problemas respiratorios o cardíacos, etc.)
2. Es importante: conocer las características del bromuro de

metilo; utilizar el equipo adecuado para efectuar la fumigación y conocer los primeros auxilios a administrar en caso de que ocurra un accidente

3. Utilizar ropa protectora adecuada. **No usar guantes!** Usar un delantal de hule debe ser suficientemente largo para proteger las piernas de la exposición.
4. Los dosificadores del fumigante deberán tener un resguardo protector irrompible.
5. El área alrededor del local que se está fumigando deberá estar bien ventilada. Los operadores deberán colocarse en favor del viento.
6. Si fuera necesario permanecer en el área, el aire deberá ser monitoreado para determinar si están presentes concentraciones peligrosas del fumigante.
7. En ningún caso el operador deberá exponerse a concentraciones que rebasen el estándar mínimo de seguridad. Se deberá tener siempre a la mano un aparato respirador auto-contenido, para situaciones de emergencia.
8. El uso de respiradores es obligatorio para acercarse a menos de 10 m. del lugar de la fumigación, o cuando se excede el umbral de seguridad (5 ppm ). Por breves períodos pueden usarse máscaras anti-gas. Para bromuro de metilo se usan las de cara completa con filtro negro, a base de carbón activado, contra vapores orgánicos.
9. No se debe comer, beber ni fumar o llevar tabaco en las áreas en que se usa el bromuro de metilo.
10. Las personas que trabajan regularmente con el bromuro de metilo deben ser sometidas periódicamente a análisis de sangre y a exámenes físicos, que conviene arreglar anticipadamente con un centro médico local.
11. Deberán exponerse letreros claramente visibles con los números telefónicos de hospitales locales, médicos y centros médicos de emergencias.
12. Los trabajadores deben aprender a reconocer los signos y síntomas de intoxicación por bromuro de metilo. Se deberá dar un adecuado entrenamiento a todos ellos.
13. Los supervisores deben vigilar la aparición de señales de fatiga. Los riesgos de accidentes aumentan en

trabajadores cansados.

14. Deberá existir un respirador de aire autocontenido para cada operador, además de uno destinado para rescate de



**Fig. 22—Respirador Auto-contenido**

emergencia.

El respirador auto-contenido (fig. 22) proporciona una fuente de aire no contaminado suministrado por un tanque de aire comprimido. El tanque y el regulador de aire son semejantes a los usados por los buceadores.

La mascarilla usa un regulador de presión a demanda que admite aire del tanque cuando el usuario empieza a aspirar y se reduce cuando exhala. La mascarilla debe ajustar muy bien a la cara por lo que debe cuidarse que las patillas largas,

la barba o los lentes no interfieran con el ajuste.

El principal riesgo al manejar el bromuro de metilo es en primer lugar la inhalación y en segundo, la salpicadura sobre los ojos. La mayor posibilidad de exposición ocurre al hacer las conexiones del cilindro y de los aplicadores, por fugas de la cubierta plástica y durante la aireación.

Debe tenerse en cuenta que el bromuro de metilo es inodoro, razón por la cual se le agrega un 2% de cloropicrina, que por su olor penetrante y acción lacrimógena sirve como agente delator. Aún así, es importante evitar la exposición al fumigante y usar el respirador auto-contenido cuando quiera que se considere pudiera haber una exposición accidental.

### **Riesgos de Incendio y Explosión.**

El producto es inflamable en forma concentrada:

Límite inferior de explosividad	~ 10%
Límite superior de explosividad	~ 15%

El fuego puede ser extinguido por cualquier medio convencional disponible.

La combustión en presencia de otros combustibles puede ocasionar liberación de ácido bromhídrico o bromo u otros gases tóxicos. La ignición del bromuro de metilo puede ser provocada por una chispa de alta energía, entre los límites de inflamabilidad indicados anteriormente.

### **Incompatibilidad.**

Debe evitarse el contacto del bromuro de metilo, particularmente en forma líquida y sobre todo si hay condiciones de alta humedad con el aluminio, el magnesio, el zinc, los metales alcalinos y las bases fuertes. La reacción química puede resultar en corrosión de estos metales.

### **Toxicología.**

DL50 oral (rata) = 214 mg/kg. CL<sub>10</sub> por inhalación (rata) = 3,120 ppm por 15 minutos de exposición. CL<sub>50</sub> por inhalación del bromuro de metilo = 302 ppm por 8 horas de exposición. CL<sub>10</sub> por inhalación (hombre) = 60,000 ppm por 2 horas de exposición.

## **Seguridad en el Manejo y Uso.**

### **Derrames o Fugas.**

---

Evacuar inmediatamente el área en que ha ocurrido el derrame o fuga. Usar un respirador auto-contenido o el de manguera de aire para entrar en el área afectada a fin de remediar el problema. Retirar al exterior, a un lugar aislado, los cilindros o los envases con daños o fugas. Dejar que el derrame evapore. No permitir que persona alguna, sin protección apropiada de las vías respiratorias, entre en el lugar del derrame hasta comprobar que la concentración del bromuro de metilo es menor de 5 ppm.

### **Disposición de Sobrantes.**

Los desperdicios de plaguicidas son tóxicos. La eliminación impropia de los sobrantes de plaguicidas constituye una violación a las normas contra la contaminación ambiental. Cerrar la válvula de los cilindros dando vuelta en el sentido de las manecillas del reloj hasta sentirla bien apretada. Desconectar las mangueras. Recolocar el tapón de seguridad y el capuchón del cilindro. Devolver los cilindros vacíos a su proveedor. Si están parcialmente vacíos, no los embarque sin antes recibir instrucciones de su proveedor.

Solamente las empresas registradas están autorizadas a rellenar los cilindros. No utilizar los cilindros de bromuro de metilo para ningún otro propósito.

### **Manejo y Almacenaje.**

Almacenar bajo llave en un área seca, fresca, y bien ventilada. Destinar esta área como bodega para plaguicidas. Los cilindros deben almacenarse parados, fijados a un bastidor o a una pared para evitar que se golpeen. Al moverlos de un lugar a otro, no se rueden, ni se arrastren, ni se dejen caer. No se usen ganchos, tenazas o herramientas similares, para descargar los cilindros. Para transportarlos, úsese carretillas, diablos o monta-cargas, amarrando firmemente los cilindros. Sólo retire el capuchón de protección de la válvula y el tapón roscado de seguridad al momento de usar el cilindro. Colocar nuevamente el tapón roscado y el capuchón, al terminar el tratamiento, o cuando quiera que no se esté usando el cilindro.

### **Otras Precauciones:**

El bromuro de metilo es también tóxico para peces y animales silvestres. No contaminar lagos, arroyos ni depósitos de agua. No enjuagar ahí el equipo contaminado ni verter sobrantes del producto.



**FAX MEXICO, S.A. de C.V.**

Homero 526-300

11570 México, D.F.

+52 (55) 5531-9292 tel +52 (55) 5250-6143 facs [faxsa@faxsa.com.mx](mailto:faxsa@faxsa.com.mx) <http://faxsa.com.mx>