

Bromuro de Metilo **FAX**

MANUAL TECNICO

Suelos

Medios de Cultivo

Material Vegetativo

Madrigueras y Hormigueros

JULIO 1995

CONTENIDO

	Página		Página
GENERAL		PROCEDIMIENTOS DE FUMIGACION	
Introducción	3	Introducción	31
Propiedades Físicas y Químicas	4	Fumigación de Terrenos	31
Envases: Latas y Cilindros	5	Lotes Pequeños	31
Situación Legal	7	Sistema FAX de Bromuro Gasificado	33
COLOROPICRINA	8	Inyección con Tractor	35
Propiedades Físicas y Químicas	9	Inyección a través del Riego de Goteo	38
EQUIPOS Y CALIBRACION		Fumigación de Medios de Cultivo	40
Aplicadores Manuales	10	Fumigación de Material Vegetativo	43
Dosificador por Volumen	11	Cámaras de Fumigación	46
Báscula de Piso	12	Cámaras de Fumigación al Vacío	46
Presurización con Nitrógeno	12	Fumigación de Madrigueras de Tuzas	47
Vaporizador de Agua Caliente	13	Fumigación de Hormigueros	49
Vaporizador de Motor de Combustión	14	SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS	51
Medidor de Flujo	15	Seguridad en el Manejo y Uso	51
FUMIGACION DE SUELOS		Analizador de Conductividad Técnica	51
Principios Generales	16	Detector Sónico Electrónico	53
Concentración x Tiempo	17	Detector de Haluros	53
Vaporización	18	Respiración Artificial	54
Temperatura	18	Síntomas y Atención Médica	55
Humedad	19	Manejo del Bromuro de Metilo	55
Absorción y Adsorción	19	Respirador Auto-contenido	56
ACTIVIDAD BIOLOGICA			
General	20		
Acción Insecticida y Acaricida	20		
Acción Nematicida	20		
Acción Fungicida	21		
Acción Bactericida	21		
Acción sobre Virus	22		
Acción sobre Tuzas	22		
PROGRAMAS DE TRATAMIENTOS			
Introducción	23		
Fumigación de Terrenos	24		
Fumigación de Medios de Cultivo	25		
Fumigación de Material Vegetativo			
Plantas	26		
Raíces, Tubérculos y Rizomas	28		
Semillas	29		

Introducción

El bromuro de metilo (CH_3Br) es un fumigante incoloro, sin olor e ininflamable. Por esta razón se le agrega un 2% de cloropicrina o tricloro-nitrometano (CCl_3NO_2) que por su intenso olor y propiedades lacrimógenas sirve como agente delator.

Para mejorar su actividad contra hongos del suelo, en ciertas situaciones se agrega un mayor porcentaje de cloropicrina, entre el 20 y el 35%.

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

En general no reacciona con los metales, excepto con los ligeros: aluminio y magnesio, con los que forma compuestos como el trimetil-aluminio que es espontáneamente inflamable.

El bromuro de metilo líquido puede disolver muchos materiales plásticos. Tanto el hule natural como el PVC (policloruro de vinilo) son fuertemente atacados por el bromuro. El polietileno, el polipropileno y el politetrafluoroetileno (Teflon) son ligeramente atacados por el bromuro de metilo líquido. En forma gasificada y a las concentraciones que normalmente se utilizan, el bromuro de metilo tiene poco efecto sobre estos plásticos.

En presencia de agua se hidroliza lentamente, con desprendimiento de ácido bromhídrico, que es corrosivo a la mayoría de los metales y plásticos.

Por lo anterior, cuando quiera que se usa el bromuro de metilo es muy recomendable utilizar mangueras, tubos y accesorios de acero inoxidable, de latón, de teflón y de polietileno.

La acción biocida del bromuro de metilo es muy amplia. Actúa sobre hongos, nemátodos y contra plantas y animales superiores. Parecería por tanto que altera los procesos biológicos más elementales, comunes a todos los organismos.

El bromuro de metilo bloquea las deshidrogenasas que intervienen en del ATP y otras reservas energéticas de los seres vivos.

Por otra parte, se inhibe la la citocrom-oxidasa rompiéndose la secuencia respiratoria. A concentraciones bajas, no afecta

seriamente los mecanismos de ventilación pulmonar pero sí, por el proceso indicado la respiración celular y por ello es muy peligroso.

Es un fumigante efectivo en el tratamiento de gran variedad de plagas. 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.

El bromuro de metilo es efectivo en una amplia gama de temperaturas arriba de 5°C , aunque es recomendable que las fumigaciones se hagan a temperaturas arriba de 15°C . En general, el material vegetativo vivo tolera dosis, 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.

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: CH₃Br

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_D

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: Latas y Cilindros

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 m³ o fumigaciones de suelo de hasta 300 m², 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 transporte 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/cm² (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.

Propiedades Físicas y Químicas

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. Cuando eso ocurre, puede bastar 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.

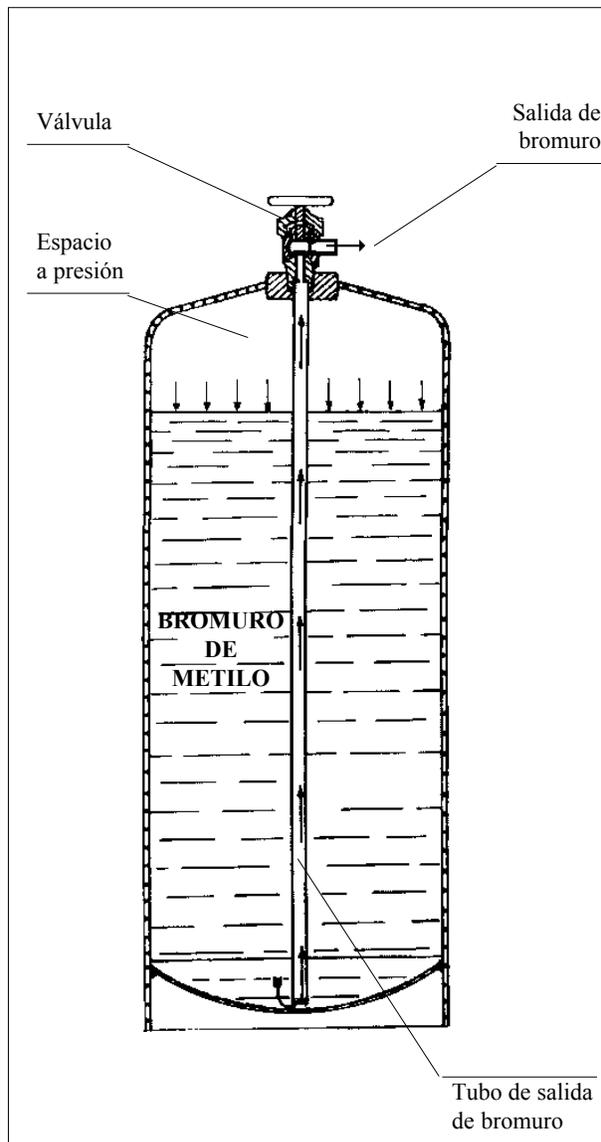


Fig 2.—Cilindro de bromuro de metilo

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 1° 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.

Cloropicrina

La cloropicrina muestra mayor actividad contra hongos y malezas que el bromuro de metilo y por esta razón en ciertas situaciones se utilizan mezclas de bromuro de metilo y cloropicrina. La proporción habitual es de 65% — 80% de bromuro de metilo por 20% — 35% de cloropicrina.

Por otra parte, el costo de la cloropicrina es superior al del bromuro por lo que las proporciones usadas en la práctica dependen de la evolución de los precios del bromuro de metilo y de la cloropicrina. Cuando aumenta el precio relativo de la cloropicrina, se usa bromuro solo (sólo 2% como agente delator). Cuando baja se aumenta la proporción de cloropicrina hasta aproximadamente un 35%.

No existe una relación clara de efectividad entre bromuro y cloropicrina, pues depende entre otras cosas, de la plaga objetivo y del tipo de suelo. Como guía general puede decirse que la efectividad de 1.5 unidades de bromuro de metilo equivale a la de 1 unidad de cloropicrina. Por ejemplo, una dosis de 45 g/m² (1,000 lb/ha) de bromuro de metilo/cloropicrina 98/2 equivale a 39.5 g/m² (878 lb/ha) de bromuro de metilo/cloropicrina 70/30. Una dosis de 72.6 g/m² de bromuro/cloropicrina 65/35 de 72.6 g/m² (1,600 lb/ha) equivale a 89 g/m² (1,952 lb/ha) de bromuro/cloropicrina 98/2.

La cloropicrina, aunque líquido a temperatura ordinaria, gasifica con rapidez y, a muy bajas concentraciones en el aire es extremadamente irritante y lacrimógeno. El efecto es inmediato, causando irritación a las mucosas nasales, a los ojos y a la garganta.

Muy poco soluble en agua. Soluble a temperatura ordinaria en acetona, benceno, tetracloruro de carbono, metanol y bisulfuro de carbono. Disuelve las resinas y ataca al hule. Como en el caso del bromuro de metilo deben usarse mangueras de polietileno de alta densidad para trabajos de campo, o bien de cobre o acero inoxidable. Las conexiones deben ser de latón o de acero inoxidable.

La diferencia del punto de ebullición entre la cloropicrina y el bromuro de metilo no permiten la aplicación en forma gasificada de mezclas de bromuro de metilo/cloropicrina. La gasificación de estas mezclas conduce a la segregación de sus componentes y como consecuencia, a resultados erráticos.

Propiedades Físicas Químicas

Cloropicrina

Especificaciones:

Apariencia: líquido denso, incoloro, libre de sólidos suspendidos

Agua, máximo 20 ppm
Acidez, como HCl, máximo 10 ppm
Impurezas, máximo 0.5 %

Cloropicrina
por peso, mínimo 99%

Nombre común: **Cloropicrina.**

Fórmula: CCl_3NO_2

Nombres químicos: Nitrocloroformo, Nitroclorometano.

Familia química: Alquil cloronitrato?

Peso molecular 164.39

Apariencia, y olor, 760 mm Hg, 20 °C: Líquido denso, incoloro, irritante y lacrimógeno .

Densidad, líquido, 20 °C/ 4 °C (agua = 1) 1.651

Densidad, vapor 760 mm Hg 0 °C (aire = 1) ~ 5.676

Presión de vapor, 0 °C 5.7 mm Hg
10 °C 10.37
20 °C 18.3
25 °C 23.8

Viscosidad, 0 °C cP

Punto de fusión - 68.9°C

Punto de ebullición, 760 mm Hg 112.2 °C

Solubilidad en agua, 0 °C 2.27 g/1000 g
25 C 1.61

Solubilidad en alcohol Ilimitada
acetona Ilimitada
benceno Ilimitada

Índice de refracción, 20 °C 1.4622 n_D

Calor latente de fusión, p.f. cal/g

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

Límites de inflamabilidad; Cloropicrina en aire

Punto de inflamabilidad, TCC No tiene

Temperatura de autoignición No tiene

Límite inferior de explosividad, vol. % No tiene

Límite superior de explosividad, vol % No tiene

Capacidad de saturación, 25 °C, 760 mm Hg 210 g/m³

TLV (Concentración máxima aceptable) 0.1 ppm

LD50 Oral (mg/kg) 250

LD50 Vapor (10 min)05 /m³

(1 min) 2 g/m³

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 cm³.

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 cm³ (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.

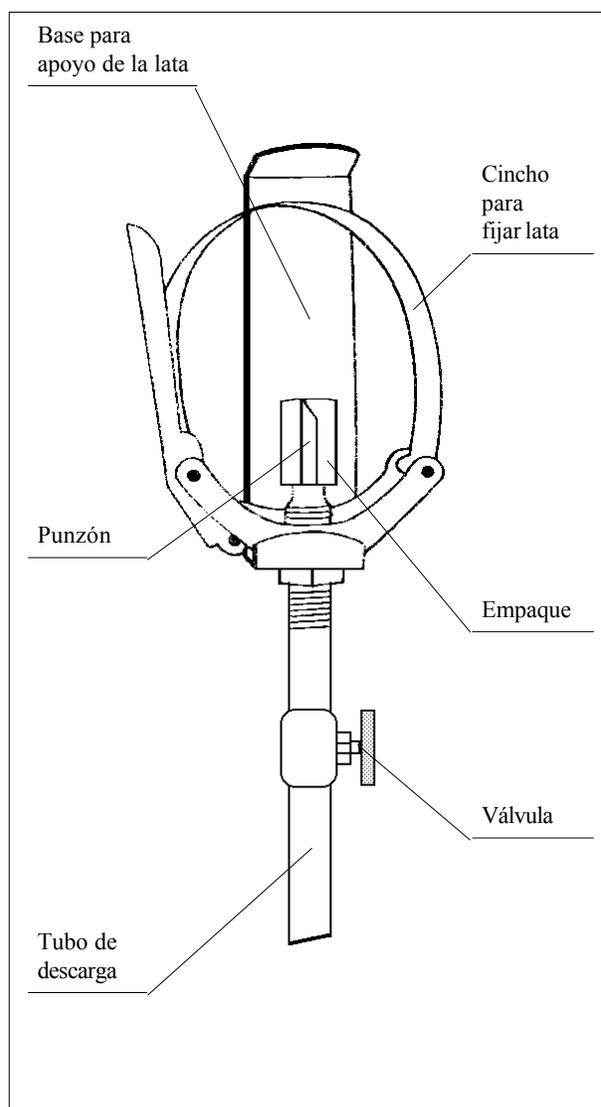


Fig. 3—Aplicador de Válvula

Dosificador por Volumen

Para realizar fumigaciones frecuentes de suelos, 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 cm³ (0.5 a 3.0 kg).

Dependiendo del trabajo a realizar, el bromuro puede descargarse a la manguera y de ahí directamente al terreno 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 terreno 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. Normalmente tiene marcas a 0.5 lb. 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, burbujeando, 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.

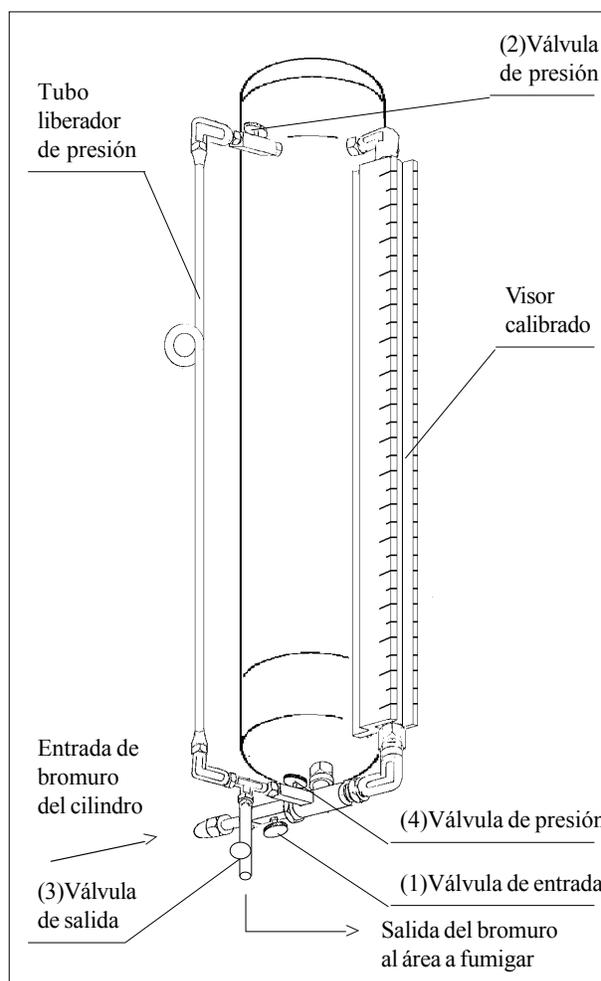


Fig. 4—Dosificador por Volumen

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. Para fumigación de suelos no resulta práctica.

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 habitualmente para la fumigación de suelos con bromuro de metilo por inyección, con equipo de 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 o con mezclas de bromuro/cloropicrina (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 a un vaporizador y de ahí a un múltiple con orificios calibrados. Recuérdese que no deben vaporizarse mezclas con más de 5% de cloropicrina, por lo que estas últimas deberán ir directamente al múltiple. Los fabricantes de boquillas y orificios publican tablas para obtener el flujo de bromuro de metilo a distintas presiones y con diferentes orificios. Ver ejemplos en la Sección de Procedimientos de Fumigación, pág. 36.

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/cm² (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/cm² (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/cm² (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.

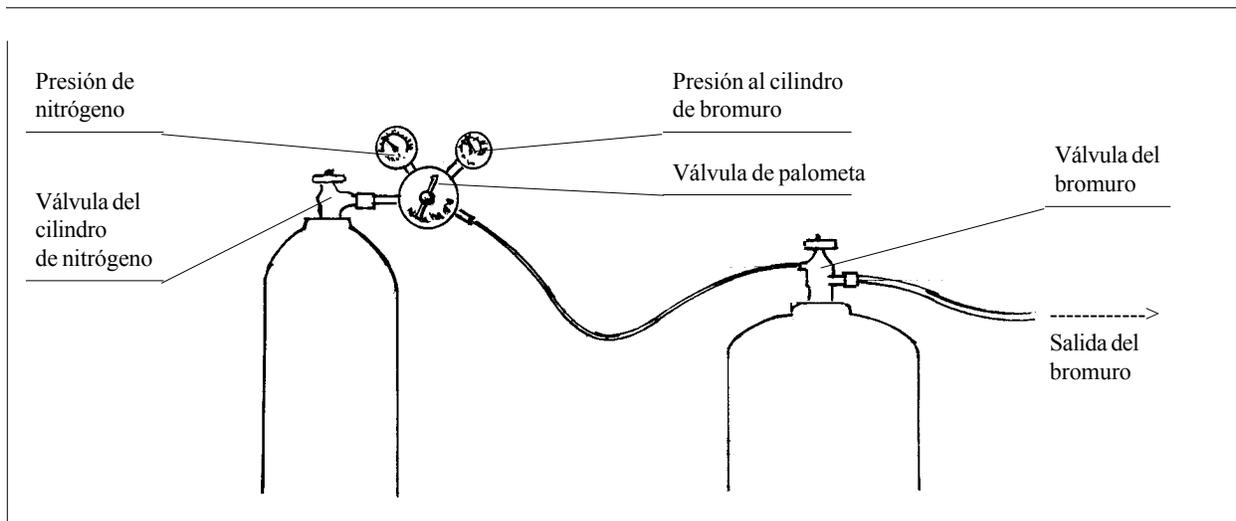


Fig. 5—Sistema de Presurización con Nitrógeno

Vaporizador de Agua Caliente

Se usa un vaporizador para mejorar la efectividad del bromuro, en especial cuando se fumiga a temperaturas por debajo de 15.5 °C. 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 las fumigaciones de suelo como en tratamientos a instalaciones y bodegas.

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 — 15 m de largo, sumergido en un recipiente de agua caliente. El fumigante se descarga a razón de 1.5 — 2.0 kg de gas por minuto. El tubo de introducción del gas debe sentirse tibio al tacto: es ésta la mejor indicación de una vaporización satisfactoria.

Para vaporizar el bromuro de metilo en mayor volumen o con mayor intensidad, se usará un tubo de cobre de 12.7—19.1 mm (1/2" — 3/4") de diámetro exterior por 20 — 25 m de longitud, enrollado en un recipiente con un mínimo de 60 litros de agua. La temperatura del agua no debe bajar de 65.5 °C.

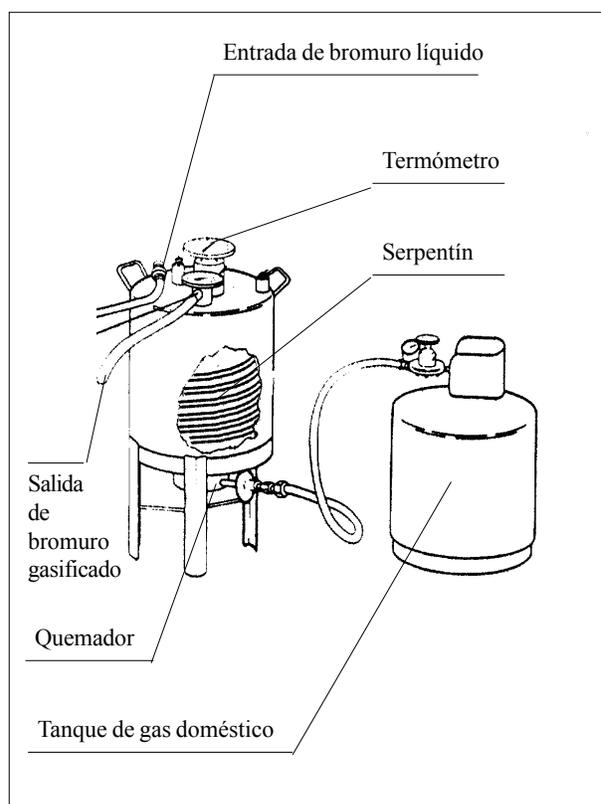


Fig. 6—Vaporizador de Agua Caliente

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 m³/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 con tractor.

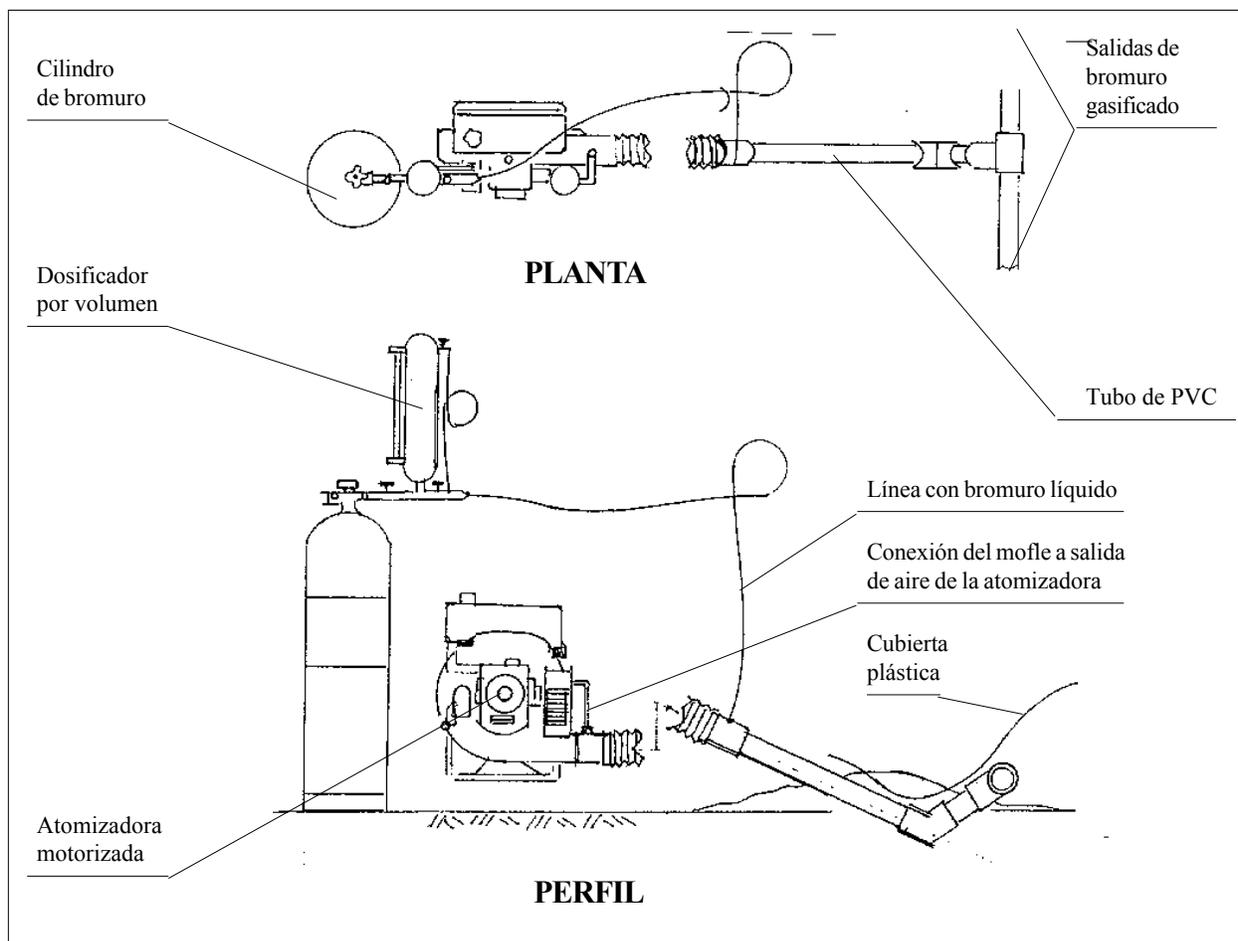


Fig. 7—Vaporizador de Motor de Combustión

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.

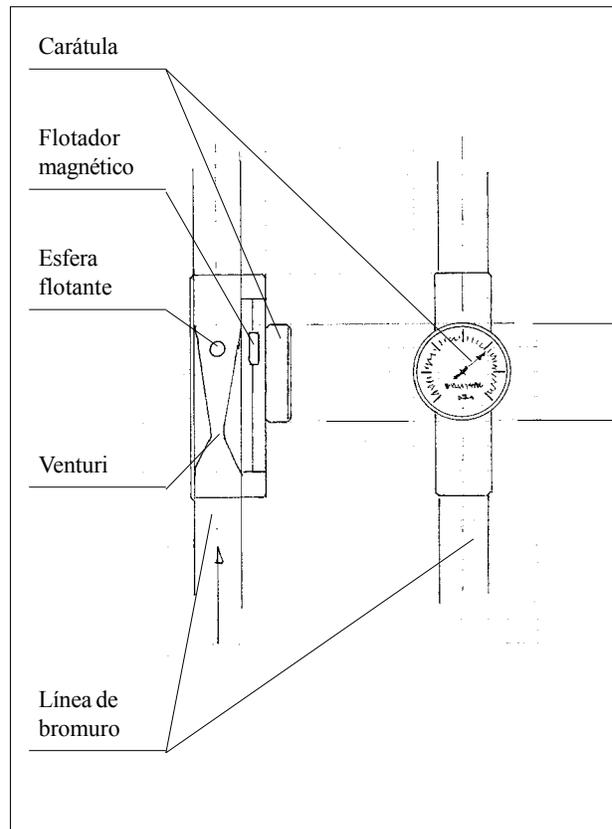


Fig. 8—Medidor de Flujo

FUMIGACION DE SUELOS

Principios Generales

El solo hecho de cultivar la tierra afecta el balance de la flora y fauna del suelo. La desinfección de suelos mediante vapor de agua o con fumigantes tiene un efecto mucho más drástico en el suelo tratado.

La fumigación con bromuro de metilo destruye un gran número de formas de vida: insectos, bacterias y hongos fitoparásitos, pero también otros organismos que no solo son inofensivos, sino que tienen un efecto benéfico al entrar en competencia con las especies perjudiciales. Por otra parte, una vez terminada la fumigación, el suelo empieza de inmediato a ser reinfestado por los organismos que nuevamente llegan, sea de las áreas inferiores o aledañas a las tratadas, o a través de la atmósfera, del riego o de los implementos de cultivo.

En razón de lo anterior, resulta muy importante tomar todas las medidas que aseguren un buen tratamiento, con el fin de obtener los resultados esperados de la fumigación y evitar por el mayor tiempo posible la reinfestación con organismos patógenos resultantes de un tratamiento deficiente o de las fuentes externas antes señaladas.

El bromuro de metilo (CH_3Br) es un fumigante incoloro, sin olor e ininflamable. Por esta razón se le agrega un 2% de cloropicrina que por su intenso olor y propiedades lacrimógenas sirve como agente delator.

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

El bromuro de metilo es efectivo en una amplia gama de temperaturas arriba de 5°C , aunque es recomendable que las fumigaciones se hagan a temperaturas arriba de 15°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 su movimiento hacia arriba es limitado. Igualmente, la difusión del bromuro de metilo es más rápida en suelos arenosos y es más lenta en suelos arcillosos o de alto contenido de materia orgánica.

En suelos arcillosos y altamente orgánicos se requieren dosificaciones más altas. En suelos con más de 20% de materia orgánica es impráctico fumigar con bromuro de metilo, en primer término por la baja efectividad y en segundo por la acumulación de residuos de bromo orgánico que pueden ser fitotóxicos para algunas especies vegetales.

La materia orgánica seca absorbe más bromuro que la húmeda. Por otra parte a mayor temperatura menor absorción. Así, una dosis de 45 g/m^2 a un terreno con 70% de humedad puede corresponder a una de 75 g/m^2 a 45% de humedad. Este efecto es más notable en suelos con alto contenido de materia orgánica.

El grado de absorción y adsorción del bromuro de metilo en el suelo depende también de la forma como se aplica. El bromuro líquido se fija con gran rapidez en los puntos de descarga al suelo, tanto más cuanto más arcilloso u orgánico es el suelo. Por esta razón es siempre recomendable aplicarlo en forma gasificada.

Se emplea un vaporizador o evaporador para calentar el bromuro de metilo líquido, y así acelerar su conversión a gas. Aplicando el bromuro de metilo en forma gasificada, es factible mejorar notablemente su actividad o alternativamente, reducir las dosis utilizadas.

Un aspecto muy importante en las fumigaciones de suelo con bromuro de metilo es la preparación y humedad del terreno.

El terreno debe prepararse acuciosamente, barbechando, rastreando y terminando con un rastra rotativa, para asegurar que el suelo esté mullido y sin terrones. El bromuro tiende a difundir en los espacios libres, por lo que su penetración a los terrones es siempre menor.

Al tiempo de la fumigación, el terreno debe estar a humedad de campo, o sea, con solo la humedad retenida por capilaridad; parte de su acción se ejerce a través de disolución en el agua del suelo.

Deben evitarse suelos saturados de agua pues se interrumpe la difusión. Igualmente, deben evitarse suelos demasiado secos (menos del 50% de humedad de campo) porque aumentan las fugas del bromuro de metilo, particularmente en tratamientos en banda.

habitualmente soslayado, aún por fumigadores profesionales.

El terreno debe haber estado suficientemente húmedo las 2 semanas previas a la fumigación.

Esta es la única forma para que las semillas de malezas, esporas de hongos, huevecillos de nemátodos, insectos y todas las plagas que se desea controlar, estén en una etapa de desarrollo biológico activo y obtener así un buen control.

Esto quiere decir que el terreno debe prepararse tal y como si se fuera a efectuar la siembra o plantación y, justo cuando el suelo estuviese en su punto, realizar la fumigación.

Otro aspecto importante. La esterilización del suelo con bromuro de metilo o por cualquier otro medio reduce notablemente la población de las bacterias que degradan el Nitrógeno, de formas amónicas a nitritos y nitratos, interrumpiendo este proceso.

Por esta razón, después de una fumigación debe evitarse usar fertilizantes amónicos, que pueden causar daños durante la primera fase de algunos cultivos susceptibles al amonio, como es el caso del tabaco. Aún en plantas resistentes al amonio puede causarse deficiencias de Nitrógeno, por no estar disponible en forma de nitratos, que es como lo toman las plantas.

Concentración x Tiempo.

La acción biocida del bromuro de metilo está en relación directa con la concentración del fumigante y el tiempo de exposición.

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.

Debe tenerse en cuenta que en las fumigaciones de suelo no existe el control absoluto. Siempre queda, sin importar la dosis, un cierto porcentaje de huevos, semillas o esporas que no son controladas por la fumigación.

En las fumigaciones cuarentenarias, donde el objetivo es evitar la dispersión de plagas no endémicas, el valor económico del riesgo es tan alto que las concentraciones prescritas por las autoridades fitosanitarias son los necesarios para asegurar la eliminación de las plagas de importancia cuarentenaria.

Las concentraciones para 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

En fumigaciones multi-propósito, la concentración varía de 40 a 120 g/m² para tiempos de exposición de 24 a 48 horas (temperaturas del suelo de 15 a 25 °C).

Se aumenta la concentración en situaciones dónde:

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

Para fumigaciones en madrigueras de tuzas, normalmente se utilizan 20—30 ml por entrada de madriguera.

En el caso de hormigueros, en referencia especial a la hormiga arriera (*Atta spp.*) se usan 20 ml por orificio de entrada; en hormigueros grandes se calcula la dosis a razón de 5 ml por m² de hormiguero.

En madrigueras y hormigueros, normalmente es más práctico el uso de latas con aplicador de válvula.

Para fumigaciones de espacios (instalaciones, bodegas, silos, furgones, etc.), el bromuro de metilo se usa a concentraciones que varían de 16 a 80 g/m³ para tiempos de exposición de 36 a 6 horas, a temperaturas arriba de 15 °C.

Una recomendación típica es 50 g/m³ 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

Vaporización

El bromuro de metilo ejerce su acción a partir de que se obtiene una cierta concentración en los intersticios del suelo, congruente con el tiempo de exposición previsto. Es por tanto de gran trascendencia, que se obtenga lo más rápidamente posible la concentración deseada; es a partir de este momento que empieza a contar el tiempo de exposición!

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 se enfría y regresa al estado líquido.

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.

Por otra parte, 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, el suelo. Esto, además del problema citado, tiene como consecuencia un nivel más alto de residuos.

El tipo de vaporizador a usar depende de cada situación específica. Los distintos tipos de vaporizadores se discuten en la Sección de EQUIPOS Y CALIBRACION, página 10.

El vaporizador de serpentín y agua caliente, (fig. 6) se presta para fumigaciones de instalaciones y bodegas, donde el punto de fumigación es fijo o hay pocos desplazamientos a distancias relativamente cortas.

El vaporizador de motor de combustión, (fig. 7) es muy práctico y efectivo para fumigación de suelos donde la movilización del equipo es continua.

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.

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 el suelo a fumigar está muy compacto.

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 fig. 6 y 7.

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.

Humedad.

La humedad afecta las fumigaciones en diversas formas.

La fumigación de suelos debe hacerse con el terreno a una humedad alrededor de un 60—80% de la 'humedad de campo', o sea el agua retenida por capilaridad. En los terrenos demasiado húmedos, se obstruye la difusión del fumigante.

Por otra parte, en los terrenos secos, la absorción del bromuro es alta, particularmente si el suelo es alto en materia orgánica.

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 de las partículas del suelo fumigado, y la absorción, en la que el fumigante queda atrapado en el interior de las mismas; 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 suelos arcillosos u orgánicos que adsorben o absorben fuertemente el bromuro requieren de un mayor tiempo de aireación. Como se indicó arriba, los suelos orgánicos secos absorben el bromuro en mucho mayor medida que cuando la humedad está alrededor de la humedad de campo.

ACTIVIDAD BIOLÓGICA

General.

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 para el combate de insectos, ácaros, caracoles y babosas, incluyendo todos los estadios. También puede emplearse para desinfectar material vegetativo. Combate nemátodos incluyendo quistes. Se usa extensamente para combatir hongos, bacterias y malezas en semilleros, viveros y para fumigación general de suelo en cultivos de alto valor, así como en el control de plagas en granos almacenados, contra tuzas, culebras y hormigas.

Mecanismo de Selectividad.

La acción del bromuro de metilo se deriva de su gran poder de metilación, destruyendo el protoplasma de las células, tanto de las plantas, artrópodos, hongos, bacterias y mamíferos.

El bromuro de metilo como tal tienen poca persistencia en el suelo; no más de unos cuantos días, aún en suelos arcillosos y en climas fríos. En parte se disipa hacia la atmósfera y en parte reacciona en el suelo para formar bromuros de Na, K, NH₄, etc., y compuestos metilados con la materia orgánica del suelo. Los primeros son normalmente lixiviados por la lluvia y los riegos; los segundos tienen mayor persistencia.

Acción Insecticida y Acaricida

El bromuro de metilo es efectivo para eliminar una gran variedad de insectos y ácaros del suelo en todos los estadios de vida, incluyendo grillos, hormigas, gallina ciega, termitas y ácaros de los bulbos. Ejerce su efecto por vía respiratoria y por difusión a través de los tegumentos. El grado de control depende de la dosis, del tiempo de exposición, de la temperatura y del estadio. La penetración por vía cutánea es más lenta en los adultos y por ello requieren de dosis mayores o de periodos de exposición más largos.

Acción Nematicida

El espectro de actividad nematicida del bromuro de metilo es muy amplia, abarcando desde las formas móviles, los quistes y los huevos. Entre los géneros controlados por el bromuro de metilo se encuentran:

TIPO	GENERO	CULTIVOS AFECTADOS
Nemátodos anillados	<i>Criconema</i> spp.	Clavel, Durazno, Vid
Nemátodos de agalla	<i>Criconemoides</i> spp. <i>Paratylenchus</i> spp.	Apio, Clavel, Hortalizas
Nemátodos de espiral	<i>Longidorus</i> spp.	Cítricos, Menta
Nemátodos de estilete	<i>Rotylenchus</i> spp.	Hortalizas
Nemátodos de los bulbos	<i>Xiphinema</i> spp.	Vid
Nemátodos de quiste	<i>Ditylenchus</i> spp.	Ajo, Cebolla, Gladiola
Nemátodos lesionadores	<i>Globodera</i> spp.	Papa
Nemátodos nodulares	<i>Heterodera</i> spp.	Cereales, Papa, Cactáceas
	<i>Pratylenchus</i> spp.	Alfalfa, Cítricos, Coles, Fresa, Chicharos
	<i>Meloidogyne</i> spp.	Clavel, Cucurbitáceas, Durazno, Tomate

—Las dosis, de 35 a 60 g/m² dependen más de las características y condiciones del suelo que de las especies a combatir.

Acción Fungicida.

La mayor parte de los hongos patógenos pueden ser controlados con dosis de 70 — 90 g/m² (1,500 — 2,000 lb/ha) cuidando de hacer la aplicación en las mejores condiciones posibles. De usarse mezclas de bromuro/cloropicrina 67/33 se podrían usar dosis de 40 — 54 g/m² (900 a 1,200 lb/ha).

ENFERMEDAD	GENERO	CULTIVOS AFECTADOS
'Damping off'	<i>Phytophthora</i> spp. <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Pythium</i> spp. <i>Sclerotium bataticola</i> <i>Thielaviopsis basicola</i>	Chiles, Fresa, Tomate Petunia Apio, Azafrán, Tomate Girasol Pensamiento, Tabaco
Marchitamiento	<i>Fusarium oxisporum</i> <i>Verticilium</i> spp. <i>Phytophthora</i> spp.	Clavel, Crisantemo, Pepino Clavel, Crisantemo, Gerbera, Melón, Pepino, Rosa Fresa, Primula
Pudrición del Cuello de la Raíz	<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Sclerotinia</i> spp. <i>Sclerotium rolfsii</i> <i>Phytophthora cactorum</i>	Clavel, Croton, Geranio, Tomate Ajo, Cebolla, Endivia, Lechuga Clavel Manzano
Pudrición de la Raíz	<i>Armillariella mellea</i> <i>Curvularia</i> spp. <i>Dermatophora necatrix</i> <i>Fusarium</i> spp. <i>Pyrenochaeta lycopersici</i> <i>Phytophthora</i> spp. <i>Pythium</i> spp. <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Sclerotium bataticola</i> <i>Stromatinia</i> spp. <i>Thielaviopsis basicola</i>	Almendro, Durazno Gladiola Ciruelo, Durazno Clavel Tomate Lechuga Lechuga, Nochebuena Petunia, Tomate Esparrago Gladiola, Lechuga Begonia, Pensamiento, Tabaco

Acción Bactericida

Se sabe poco de la acción bactericida del bromuro de metilo en el suelo pero se infiere su actividad por el efecto que tiene en las bacterias fijadoras y degradadoras del nitrógeno: *Nitrobacter* spp., *Nitrosomonas* spp., *Nitrosococcus* spp. La fumigación con bromuro de metilo inhibe la conversión de la forma amónica a nitrito y nitrato del nitrógeno.

Por lo anterior se recomienda fertilizar de acuerdo con un análisis realizado unos días después de la fumigación y no utilizar fertilizantes amoniacales. Algunas plántulas como el tabaco y el clavel son muy susceptibles a los niveles altos de amonio.

Toma varias semanas para que se restablezca la población de bacterias nitrificantes.

Acción sobre Virus

No hay mucha información disponible sobre la acción directa del bromuro de metilo en los virus que se encuentran en el suelo. Sin embargo, a las dosis normales usadas se eliminan prácticamente todos los posibles vectores, lo que conduce a una importante reducción del riesgo de virosis.

Por otra parte la fumigación con bromuro de metilo no tiene efecto alguno sobre la dispersión de virosis transmitidas por pulgones y otros insectos aéreos ni por mecanismos sistémicos de la propia planta.

Acción sobre Malezas

El bromuro de metilo es muy efectivo contra semillas y plantas de malas hierbas. Su acción es además evidente en las malezas emergidas y esto permite tener una indicación visual de la uniformidad y calidad del tratamiento. Permite también inferir el resultado sobre nemátodos, hongos y otras plagas del suelo.

MALEZAS SUSCEPTIBLES		MALEZAS RESISTENTES	
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Bledo	<i>Erodium</i> spp.	Alfilerillo
<i>Chenopodium album</i>	Chelite	<i>Malva</i> spp.	Malva
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Bolsa del pastor	<i>Senecio vulgaris</i>	Lechugilla
<i>Cynodon dactylon</i>	Gramma Bermuda	<i>Sonchus oleraceus</i>	Achicoria
<i>Convolvulus arvensis</i>	Correhuela	<i>Trifolium</i> spp.	Trébol
<i>Cyperus rotundus</i>	Coquillo	<i>Medicago lupulina</i>	Alfalfa
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Zacate de agua		
<i>Lolium</i> spp.	Pasto Inglés		
<i>Oxalis</i> spp.			
<i>Poa</i> spp.	Zacate Azul		
<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga		
<i>Setaria</i> spp.			
<i>Sisimbrium officinale</i>	Mostaza		
<i>Sorghum halepense</i>	Zacate Johnson		
<i>Urtica</i> spp.	Ortiga		
<i>Stellaria media</i>			

Acción sobre Tuzas

La rapidez de acción y difusión del bromuro de metilo le hacen muy apropiado para el combate de tuzas, pues si la aplicación se hace adecuadamente, a través de las galerías principales, es difícil que tengan tiempo de taparlas.

Como en el caso de otros mamíferos, el bromuro de metilo bloquea las deshidrogenasas que intervienen en del ATP y otras reservas energéticas; se inhibe la la citocrom-oxidasa rompiéndose la secuencia respiratoria. A concentraciones bajas, no afecta seriamente los mecanismos de ventilación pulmonar pero sí la respiración celular y por ello es muy efectivo.

PROGRAMAS DE TRATAMIENTOS

Introducción

En éste Capítulo se presentan los Programas de Tratamiento para bromuro de metilo para una gran diversidad de situaciones.

Las tablas siguientes incluyen dosis, temperaturas, tiempos de exposición y aireación, tipos de suelos y cuando es pertinente, observaciones sobre los factores que influyen en el resultado de la fumigación. Los Programas de Tratamiento están agrupados en las siguientes secciones:

- **Terrenos.**
- **Medios de Cultivo.**
- **Material Vegetativo — Plantas.**
- **Material Vegetativo — Raíces, Tubérculos y Rizomas.**
- **Material Vegetativo — Semillas.**

Más adelante, en el Capítulo de Procedimientos de Fumigación se discute en todo detalle la secuencia del proceso de fumigación para los casos arriba indicados y agregando los relativos a control de tuzas y hormigas.

Las dosis especificadas se expresan en g/m^2 o g/m^3 .

1 g/m^2 equivale a 10 kg/ha o 22.05 lb/ha; 50 g/m^2 equivalen a 500 kg/ha o 1100 lb/ha.

100 g/m^3 equivalen a 0.2 lb/ m^3 o a 1 lb/4.5 m^3 .

Las dosis y tiempos de exposición pueden interpolarse dentro del rango de temperaturas indicado en las Tablas.

Las Tablas contienen las siguientes abreviaturas:

Vacío = Vacío expresado de mm de agua requeridos para realizar el tratamiento.

La forma más sencilla de medirlo es mediante un manómetro de brazo abierto conectado a la cámara donde se hace la fumigación.

PAN = Presión Atmosférica Normal. Las dosis y tiempos de exposición corresponden a fumigaciones en condiciones normales; no requieren vacío. Pueden hacerse en cámaras de fumigación o bajo cubierta de plástico.

C o C = Cámara de fumigación o cubierta de plástico. La fumigación puede realizarse indistintamente en una cámara a PAN (presión atmosférica normal) o bajo una cubierta de plástico.

CAM = Cámara de vacío. La fumigación debe realizarse dentro de una cámara de fumigación al vacío.

Fumigación de Terrenos

Tratamiento Plaga Objetivo	Temperatura	Dosis	Exposición días	Aireación días	Observaciones
Nemátodos, Insectos y Malezas					
Suelos Arenosos	10 - 15 °C	50 g/m ²	2	2	
	>15	40	1	1	
Suelos Francos	10 - 15 °C	60 g/m ²	3	3	
	>15	50	2	2	
Suelos Arcillosos	10 - 15 °C	70 g/m ²	4	4	
	>15	60	3	3	
Hongos					
Suelos Arenosos	10 - 15 °C	80 g/m ²	3	3	
	>15	65	2	2	
Suelos Francos	10 - 15 °C	90 g/m ²	4	4	
	>15	75	3	3	
Suelos Arcillosos	10 - 15 °C	90 g/m ²	5	6	
	>15	75	4	5	
Casos Especiales					
Suelos Arenosos	10 - 15 °C	110 g/m ²	4	4	
	>15	90	3	3	
Suelos Francos	10 - 15 °C	120 g/m ²	5	5	
	>15	100	4	4	
Suelos Arcillosos	10 - 15 °C	130 g/m ²	6	7	
	>15	110	5	6	

Notas: 1 g/m² equivale a 10 kg/ha o 22.05 lb/ha; 50 g/m² equivalen a 500 kg/ha o 1100 lb/ha.

No deben fumigarse suelos con temperatura menor de 10 °C.

Las dosis de la tabla anterior y los tiempos de exposición y aireación deben incrementarse en un 50% en suelos orgánicos (con más de 5% de materia orgánica). No deben fumigarse con bromuro de metilo terrenos con más de 20% de materia orgánica.

Tratándose de cultivos sensibles, es recomendable hacer un riego pesado (200 l/m² = lámina 20 cm) después del periodo de aireación. Pueden también hacerse pruebas sembrando especies indicadoras como cebolla y "rave". Para evitar daños a parcelas vecinas debe dejarse una franja de 2—4 m sin fumigar. En tratamientos a viveros y terrenos bajo invernadero, tener en cuenta el riesgo de contaminación a parcelas aledañas a través de los sistemas de riego o drenes.

Las dosis de esta tabla están basadas en una profundidad de fumigación de 25 cm. Cuando se desee fumigar una mayor profundidad deberán incrementarse las dosis proporcionalmente. Si el bromuro de metilo se aplica en forma gasificada, las dosis anteriores pueden reducirse las dosis en 33%.

Cuando se aplican mezclas de bromuro/cloropicrina 67/33, las dosis de la tabla anterior pueden reducirse en 25%. Téngase en cuenta que las mezclas de bromuro/cloropicrina con más de 20% de cloropicrina no pueden aplicarse en forma gasificada.

Fumigación de Medios de Cultivo

Tratamiento Plaga Objetivo	Temperatura	Dosis	Exposición días	Aireación días	Observaciones
Nemátodos, Insectos y Malezas					
Suelos Arenosos	10 - 15 °C	320 g/m ³	2	6	
	>15	270	1	4	
Suelos Francos	10 - 15 °C	360 g/m ³	3	8	
	>15	300	2	6	
Suelos Arcillosos	10 - 15 °C	400 g/m ³	4	10	
	>15	450	3	7	
Hongos					
Suelos Arenosos	10 - 15 °C	350 g/m ³	3	6	
	>15	330	2	4	
Suelos Francos	10 - 15 °C	500 g/m ³	4	10	
	>15	450	3	8	
Suelos Arcillosos	10 - 15 °C	600 g/m ³	5	12	
	>15	550	4	10	

Notas:

100 g/m³ equivalen a 0.2 lb/m³ o a 1 lb/4.5 m³.

No deben fumigarse suelos con temperatura menor de 10 °C

En esta Tabla se presentan recomendaciones para fumigar cualquier tipo de material a granel, para usarse como medio de cultivo.

Las dosis de la tabla anterior y los tiempos de exposición y aireación deben incrementarse en un 50% en suelos orgánicos (con más de 5% de materia orgánica). No deben fumigarse con bromuro de metilo suelos con más de 40% de materia orgánica. Para estos suelos es más conveniente y económico usar la esterilización con vapor a 80 °C por 30—40 minutos.

Tratándose de cultivos sensibles, pueden hacerse pruebas sembrando especies indicadoras como cebolla y "rave".

Las dosis de esta tabla están basadas en una profundidad de pila de fumigación de 40 cm. Cuando se desee fumigar una mayor profundidad deberán hacerse perforaciones a 30 cm de distancia para permitir la entrada del bromuro a las capas inferiores.

Si el bromuro de metilo se aplica en forma gasificada, las dosis anteriores pueden reducirse las dosis en 33%.

Cuando se aplican mezclas de bromuro/cloropicrina 67/33, las dosis de la tabla anterior pueden reducirse en 25%. Téngase en cuenta que las mezclas de bromuro/cloropicrina con más de 20% de cloropicrina no pueden aplicarse en forma gasificada.

Las fumigaciones de medio de cultivo deben hacerse sobre pisos de concreto o cubiertos de plástico para evitar fugas.

Fumigación de Material Vegetativo — Plantas

Tratamiento Plaga Objetivo	Vacío mm	Cámara	Temp	Dosis g/m ³	Tiempo horas
<p>Plantas leñosas en reposo vegetativo esquejes de raíz, injertos, como <i>Acer</i>, <i>Araucaria</i>, <i>Azalea</i>, <i>Berberis</i>, <i>Camellia</i>, <i>Cedrus</i>, <i>Cupressis</i>, <i>Fraxinus</i>, <i>Ilex</i>, <i>Juniperus</i>, <i>Philadelphus</i>, <i>Photinia</i>, <i>Podocarpus</i>, <i>Rosa</i>, <i>Spiraea</i>, <i>Syringa</i>, <i>Thuja</i> y <i>Taxus</i>. Contra ectoparásitos y barrenadores</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 48	2.5 3.5
<p>Esquejes, plantas herbáceas y esquejes verdes de plantas leñosas. Flor cortada y follajes.</p> <p>Ectoparásitos, minadores de las hojas, trips</p> <p>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>Orquídeas, plantas y esquejes 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>Bromelias</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
<p>Piña (<i>Ananas</i> spp.), vástagos</p>	PAN 660	C o C CAM	32-35 °C 16-20 °C 32-35 °C 16-20 °C	24 48 24 48	2.0 2.0 1.5 1.5
<p>Cactus y otras suculentas Ectoparásitos, excepto escamas blandas</p> <p>Barrenadores y escamas blandas</p> <p><i>Brachyrhinus</i> (larvas) Puede haber algún daño a las plantas</p>	PAN 380 380	C o C CAM CAM	32-35 °C 4 - 9 °C 32-35 °C 4 - 9 °C 32-35 °C 4 - 9 °C	16 56 32 48 32 48	2.0 2.0 2.0 3.5 2.5 4.0

Fumigación de Material Vegetativo — Plantas

Mercancía a Fumigar Plaga Objetivo	Vacío mm	Cámara	Temp	Dosis g/m ³	Tiempo horas
Crisantemos (<i>Chrysanthemum spp.</i>) , esquejes enraizados o sin raíz. Puede haber daño a las plantas. 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
<i>Dieffenbachia, Dracaena, Philodendron</i> , plantas y esquejes 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
Pinos (<i>Pinus spp.</i>) 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
Huéspedes de la mosca blanca Con hojas <i>Brachyrhinus</i> Otras Sin hojas <i>Brachyrhinus</i>	PAN	C o C	29-35 °C	24	4.0
			21-26 °C	32	3.5
	PAN	C o C	29-35 °C	16	4.0
			21-26 °C	32	3.5
	PAN	C o C	32-35 °C	32	2.5
			4 - 9 °C	48	4.0
	PAN	C o C	32-32 °C	32	2.0
			4 - 9 °C	48	3.5
	PAN	C o C	>29 °C	16	2.0
			18-20 °C	28	2.0

Realizar a la sombra, de ser posible, las fumigaciones bajo cubierta de plástico, para evitar el sobre-calentamiento dentro de la cubierta. 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.

Notas:

Dosis y tiempos de exposición pueden interpolarse dentro del rango de temperatura indicado en la Tabla.

PAN = Presión Atmosférica Normal. Vacío en mm de agua. C o C = Cámara de presión o cubierta de plástico.

CAM = Cámara de vacío

Fumigación de Raíces, Tubérculos y Rizomas

Mercancía a Fumigar Plaga Objetivo	Vacío mm	Cámara	Temp	Dosis g/m ³	Tiempo horas
Ectoparásitos	PAN	C o C	32-35 °C 10-15 °C	32 48	2.5 3.5
Endoparásitos	660	CAM	32-35 °C 10-15 °C	32 48	2.5 3.5
Raíces de <i>Astilbe</i> 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 16-20 °C 10-15 °C	64 64 64	2.0 2.5 3.0
Camote (<i>Ipomoea batatas</i>)	PAN	C o C	32-35 °C 16-20 °C	40 64	4.0 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.					
Gladiola con trips (<i>Taeniothrips simplex</i>)	PAN	C o C	32-35 °C 10-15 °C	32 48	3.0 4.0
	660	CAM	32-35 °C 10-15 °C	32 48	2.0 3.0
Bulbos de lirios, azucena (<i>Lilium spp.</i>) , empacados en sustrato.	PAN	C o C	32-35 °C 10-15 °C	32 48	3.0 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.					
<i>Lycoris spp.</i> con <i>Taeniothrips eucharii</i> (Trips)	660	CAM	32-35 °C 10-15 °C	32 48	2.0 3.0
Narciso (<i>Narcissus spp.</i>) con <i>Steneotarsonemus laticeps</i>	PAN	C o C	32-35 °C 10-15 °C	48 64	2.0 3.0
Ajo (<i>Allium sativum</i>) La carga no debe exceder el 80% del volumen de la cámara	380	CAM	32-35 °C 10-15 °C	32 48	1.5 3.0

Notas:

Dosis y tiempos de exposición pueden interpolarse dentro del rango de temperatura indicado en la Tabla.

PAN = Presión Atmosférica Normal. Vacío en mm de agua. C o C = Cámara de presión o cubierta de plástico.

CAM = Cámara de vacío

Fumigación de Material Vegetativo — Semillas

Mercancía a Fumigar Plaga Objetivo	Vacío mm	Cámara	Temp	Dosis g/m ³	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 avispas 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.					
Castañas y bellotas	660	CAM	27-35 °C 10-15 °C	48 64	2.0 4.0
Semilla de algodón —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.					
Semilla de kenaf (<i>Hibiscus cannabinus</i>) y okra o quimbombó (<i>Abelmoschus esculentus</i>).	PAN	C o C	16-35 °C 4 -34 °C	96 48	12 12
La carga no debe exceder el 50% del volumen de la cámara.					
Semillas de coníferas					
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.					
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 avispas calcídida. Los embarques de semillas mojadas o húmedas pueden sufrir daños con el tratamiento.					
Nueces de Macadamia (<i>Macadamia</i> spp.), para semilla, contra <i>Cryptophlebia illepidia</i>	PAN	C o C	>21 °C 10-15 °C	32 48	2.0 2.0

Fumigación de Material Vegetativo — Semillas

Mercancía a Fumigar Plaga Objetivo	Vacío mm	Cámara	Temp	Dosis g/m ³	Tiempo horas
Semillas infestadas con gorgojo Khapra (<i>Trogoderma granarium</i>)	PAN	C o C	>32 °C 10-15 °C	40 120	12.0 12.0
Aguacate , semillas solamente, sin pulpa	660	CAM	32-36 °C 10-15 °C	32 64	2.0 4.0
Insectos varios infestando semillas <i>Bootonomyia</i> spp. (en <i>Casuarina</i>)	660	CAM	>21 °C	56	6.0
<i>Systole</i> spp. en umbelíferas .	660	CAM	27-30 °C 10-15 °C	40 48	3.5 4.5
<i>Bruchophagus</i> spp., <i>Eurytoma</i> spp. (en leguminosas)	660	CAM	>21 °C	128	4.0
<i>Caryedon</i> spp. (en o junto con leguminosas)	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 <i>Lonicera</i> spp. u otras semillas.	PAN	C o C	>21 °C	96	16

Notas:

Dosis y tiempos de exposición pueden interpolarse dentro del rango de temperatura indicado en la Tabla.

PAN = Presión Atmosférica Normal. Vacío en mm de agua. C o C = Cámara de presión o cubierta de plástico.

CAM = Cámara de vacío

PROCEDIMIENTOS DE FUMIGACION

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. Para lograr ésto se requiere asegurar la concentración y constatar la temperatura del terreno o del espacio a fumigar, y de ser posible, descargarlo en forma gasificada.

Se describen aquí en detalle procedimientos de fumigación para los siguientes tipos de tratamiento:

- Fumigación de Terrenos.
- Fumigación de Suelo Suelto, Compostas y Medios de Cultivo.
- Fumigación de Material Vegetativo.
- Fumigación de Hormigueros y Madrigueras.

Cualquiera que sea el tratamiento a realizar hay ciertos principios y consideraciones de tipo general que aplican a todos ellos y que se presentan en primer término:

Principios Generales.

El resultado de una fumigación con bromuro de metilo depende de la relación concentración x tiempo; es por tanto de primordial importancia, donde quiera que sea factible o práctico, aplicar el bromuro en forma gasificada.

Además de mejorar notablemente la efectividad de la fumigación al elevar la concentración del fumigante en el menor tiempo posible, la difusión es más rápida y mejor, la distribución es más uniforme y menores los riesgos de acumulación de residuos y de riesgo para los operadores.

La cubierta plástica debe ser de polietileno, de un tamaño tal que cubra el lote a fumigar más unos 50 cm en todas las orillas para sellamiento. Debe tener un calibre de 51—102 micras (2—4 mil) para usarla una sola vez, si los tratamientos son muy infrecuentes. Si se hacen tratamientos repetitivos, es preferible usar calibres de 200 micras (8 mil) para reducir roturas y desgarres por el manejo. Hay disponibles en el mercado películas de polietileno de alta resistencia (Fitotrón) en calibre 125 micras (5 mil) con resistencia al desgarre equivalente a las de 200 micras de polietileno natural. No deben usarse cubiertas de policloruro de vinilo (PVC) que son rápidamente degradadas por el bromuro de metilo, particularmente si entra en contacto con la película en forma líquida.

Las mangueras para líneas de conducción de gas deben ser de polietileno lineal o reticulado (Polyflo) de 6.3 a 12.7 mm (1/

4" a 1/2") de diámetro interior con paredes de 1 a 2 mm respectivamente que tienen la resistencia a la presión interior y exterior adecuada para permitir el libre flujo de bromuro.

Fumigación de Terrenos.

En este capítulo se trata la fumigación de viveros, semilleros y terrenos en general.

Fumigación de Lotes Pequeños.

Materiales Necesarios.

- Latas de bromuro de metilo
- Aplicadores sin válvula
- Cinta de medir
- Cubierta plástica
- Línea de abastecimiento de bromuro de metilo
- Conexiones y líneas de distribución de bromuro de metilo
- Termómetro bimetálico, de mercurio o digital de tallo largo
- Vasijas de descarga
- Señalizaciones de Advertencia

Para la fumigación esporádica de pequeñas parcelas, resulta práctico el uso de latas de bromuro de metilo y aplicadores sin válvula para que en cada caso se vacíe totalmente la lata de 1.5 lb, que permite aplicar 5—10m². Ver Capítulo sobre Equipos y Calibración.

Programa de Tratamiento.

En la sección "Programas de Tratamientos" se presentan guías sobre dosis y tiempos de exposición para diversos tipos de suelo y temperaturas.

Una vez preparado en debida forma el terreno y en las condiciones adecuadas de humedad, de acuerdo a lo indicado en el Capítulo sobre Principios Generales (págs. 17—19), se procede a cavar una zanja de unos 20 cm de profundidad alrededor de la parcela; en ella se meterán las orillas de la cubierta plástica para sellar alrededor de la parcela.

El paso siguiente consiste en tender una red con tubería de polietileno y conexiones de latón.

La red debe disponerse de forma que haya boquillas de salida a no más de 3 m de distancia entre sí. La descarga debe hacerse hacia algún tipo de vasija o envase que sirva de plato de evaporación, evitando la salida del bromuro directamente hacia el suelo para evitar el goteo del bromuro de metilo líquido directamente sobre el terreno; el goteo puede disminuir la efectividad y uniformidad en la distribución del bromuro.

Se requiere medir la temperatura a 10—15 cm de profundidad del terreno a tratar, utilizando un termómetro, para decidir el programa de tratamiento a usar.

Ejemplo:

Se está por fumigar para combate de insectos y malezas un terreno arenoso cuya temperatura es de 13 °C. Para determinar la dosis a utilizar, en la Sección "Programas de Tratamiento" se observa que una dosis adecuada es de 50 g/m². Si la parcela a fumigar tuviese 70 m² se requeriría un total de 12,500 g o sea 7.7 lb. Redondeando, se usarían 5 latas de 1/5 lb de bromuro de metilo.

No deben hacerse fumigaciones a temperaturas abajo de 10 ° C. Esperar a que suba la temperatura.

Preparativos Finales.

Una vez instalada la red de distribución del bromuro, se procede a colocar bultos o sacos de paja o material equivalente en varios sitios de la parcela para sostener la película de plástico a unos 30 cm de altura formando un colchón de aire que ayudará a mejorar la distribución del bromuro.

Se procede ahora a colocar la película plástica enterrando las orillas en la zanja previamente preparada para este propósito y cubriéndola con tierra para hacer el sellado del área a fumigar.

Colocar los señalamientos de **PRECAUCION** y verificar todas las medidas de seguridad. Sólo el personal dedicado a la fumigación deberá permanecer en el área.

Introducción del bromuro de metilo.

Se procede ahora a conectar las latas de bromuro al aplicador para ir descargando el bromuro hasta completar la cantidad prevista.

El tiempo de exposición empieza a contar 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 las líneas de introducción del gas. Cuando se detecte una fuga, se deberá sellar ese punto.

Aireación.

Los procedimientos de aireación deben garantizar que no se presenten riesgos para los operadores o personas o animales cercanas al lugar de la fumigación.

Durante los primeros 30 minutos de aireación, no deberá haber nadie a menos de 30 m de distancia del área en proceso de aireación. Se debe considerar la dirección del viento para evitar riesgos a la salida del bromuro.

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

Una vez terminado el periodo de aireación puede procederse a hacer la preparación final del terreno para hacer la siembra o la plantación, cuidando no contaminar el área tratada con suelo no fumigado.

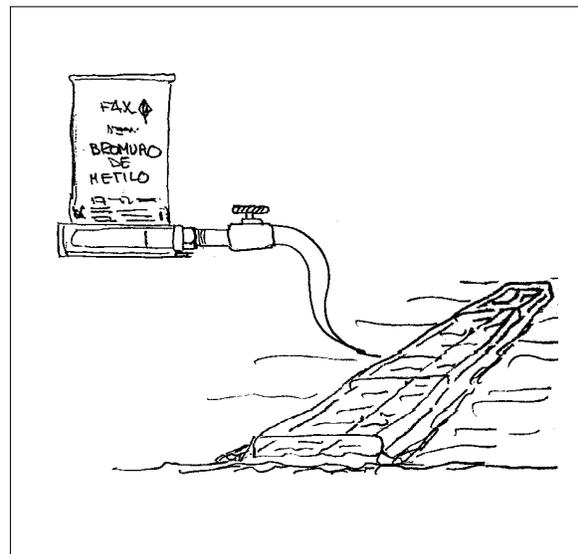


Fig. 9—Fumigación de Areas Pequeñas

Fumigación por el Sistema FAX de Bromuro Gasificado.

Cuando se trata de fumigaciones repetitivas o de grandes extensiones resulta muy eficiente la fumigación usando cilindros de bromuro de metilo y la gasificación mediante una atomizadora motorizada de espalda como se describe en la Sección de Equipos.

Este sistema desarrollado por FAX a principios de los años 70's se ha establecido como el más efectivo y económico para el tratamiento de áreas grandes. La aplicación gasificada del bromuro permite reducir las dosis en aproximadamente 30%. La distribución del gas es muy uniforme y la acción biológica mayor; como consecuencia, los residuos de bromuro en el suelo y los riesgos a cultivos susceptibles son menores y mejor la penetración a terrones.

Quizá la mayor ventaja es la conveniencia logística. La colocación de la cubierta plástica puede ser colocada por personal no especializado sin tener que ser precedida por la colocación de redes de distribución. La cubierta se coloca temprano en la mañana, con menores probabilidades de lluvia y cuando la temperatura es menor a la ideal. El personal especializado de fumigación empieza su trabajo más tarde, cuando la temperatura es más apropiada y puede cubrir con rapidez toda el área cubierta la misma mañana.

En términos generales el sistema consiste en la introducción del gas a través de la corriente de aire producido por una atomizadora de espalda de motor. El gas se distribuye muy uniformemente bajo la cubierta plástica, que se va inflando con la mezcla de aire/bromuro.

Materiales Necesarios.

- Cilindros de bromuro de metilo
- Dosificador para bromuro o báscula de piso
- Cinta de medir
- Cubierta plástica
- Aspersora motorizada de espalda debidamente adaptada
- Manguera de salida de bromuro
- Conexiones y tubos de PVC para introducción de gas
- Termómetro bimetálico, de mercurio o digital de tallo largo
- Señalizaciones de Advertencia

Las cubiertas plásticas más usadas para este tratamiento son

de una mezcla de polietileno lineal y natural en una proporción que imparte a la película máxima resistencia al desgarro y ruptura (Fitotrón), con muy buena impermeabilidad al bromuro. Estas cubiertas son de calibre de 125 micras (500 mil) y comúnmente son de 10 x 40 m, o sea que sirven para fumigar un terreno de unos 350 m², ya descontando las orillas de 50 cm para sellamiento.

La atomizadora puede ser de cualquier tipo con más de 12 m³/seg de descarga. La adaptación se describe en detalle en el Capítulo de Equipos y Calibración.

Los tubos y conexiones de PVC para introducir la mezcla de bromuro/aire bajo la cubierta plástica son de los estándar para uso hidráulico, de 50.8 mm (2"). Como ya se indicó antes, el bromuro afecta al PVC. Sin embargo, en forma gasificada, el deterioro es menor, y un sistema de tubos alcanza a durar muy bien una o dos temporadas, en tanto se tenga cuidado de que no quede el bromuro líquido con el PVC, pues lo disuelve en unas cuantas horas.

Programa de Tratamiento.

En la sección "Programas de Tratamientos" se presentan guías sobre dosis y tiempos de exposición para diversos tipos de suelo y temperaturas. Las dosis indicadas en las tablas pueden reducirse en un 30% cuando el bromuro se aplica en forma gasificada.

Por otra parte, no es factible vaporizar mezclas de bromuro con más de 20% de cloropirrina.

Una vez preparado en debida forma el terreno y en las condiciones adecuadas de humedad, de acuerdo a lo indicado en la Sección sobre Principios Generales (págs. 17—19), se procede a cavar una zanja de unos 20 cm de profundidad alrededor de la parcela; en ella se meterán las orillas de la cubierta plástica para sellar alrededor de la parcela, dejando un punto sin sellar para introducir por ahí el bromuro gasificado a través de los tubos de PVC.

Se requiere medir la temperatura a 10—15 cm de profundidad del terreno a tratar, utilizando un termómetro, para decidir el programa de tratamiento a usar.

Ejemplo:

Se está por fumigar para combate de insectos, malezas y hongos un terreno franco cuya temperatura es de 18 °C. Para determinar la dosis a utilizar, en la Sección "Programas de Tratamiento" se observa que una dosis adecuada es de 75 g/m². Como el bromuro se aplica en forma gasificada, la dosis puede reducirse en un 33%, quedando en 50 g/m². Tomando como base la superficie cubierta por lámina de plástico de 350 m² se requeriría un total de 17,500 g o sea 38.5 lb. por cubierta plástica.

No deben hacerse fumigaciones a temperaturas abajo de 10 ° C. Esperar a que suba la temperatura.

Preparativos Finales.

Una vez instalada la cubierta plástica, se procede a insertar el tubo de PVC de introducción de la mezcla bromuro/aire formando el colchón de aire que permitirá la distribución uniforme del bromuro.

Colocar los señalamientos de **PRECAUCION** y verificar todas las medidas de seguridad. Sólo el personal dedicado a la fumigación deberá permanecer en el área.

Introducción del bromuro de metilo.

Se procede ahora a conectar el cilindro de bromuro de metilo al dosificador para ir descargando el bromuro hasta completar la cantidad prevista. Con cada carga del dosificador se descargan 2.700 kg (6 lb) o fracción de bromuro. Cada ciclo dura unos 5 minutos; para descargar 36 libras como en el ejemplo se requieren 30 minutos. A este ritmo de introducción de bromuro se logra que salga siempre gasificado. La manguera de salida del bromuro del dosificador hacia la salida de aire de la atomizadora y los tubos de PVC de descarga de la atomizadora a la cubierta plástica deben mantenerse tibios al tacto. Si empieza a observarse agua de condensación en su superficie es indicación de el ritmo de aplicación debe hacerse más lentamente para asegurar que todo el bromuro salga gasificado.

El tiempo de exposición empieza a contar hasta que todo el gas haya sido introducido.

En lugar de este sistema de gasificación puede usarse un vaporizador de serpentín, en cuyo caso se requiere una red de mangueras y boquillas semejante al descrito para la fumigación de parcelas pequeñas; resulta poco práctico para superficies extensas.

Con el sistema FAX de fumigación gasificada es común colocar frentes de 10 cubiertas, avanzando cada vez a razón de 3,500 m² cada 1 a 3 días, según la temperatura del lugar. Una vez que se termina el periodo de exposición las cubiertas plásticas se desprenden de 3 lados y se voltean para cubrir otra franja de 3,500 m² y así sucesivamente avanzando tras cada ciclo de exposición.

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 localiza la entrada del tubo de PVC de introducción del gas. Cuando se detecte una fuga, se deberá sellar ese punto.

Aireación.

Los procedimientos de aireación deben garantizar que no se presenten riesgos para los operadores o personas o animales cercanas al lugar de la fumigación.

Durante los primeros 30 minutos de aireación, no deberá haber nadie a menos de 30 m de distancia del área en proceso de aireación. Se debe considerar la dirección del viento para evitar riesgos a la salida del bromuro.

El área de seguridad para la aireación del gas deberá señalizarse en forma apropiada.

Una vez terminado el periodo de aireación puede procederse a hacer la preparación final del terreno para hacer la siembra o la plantación, cuidando no contaminar el área tratada con suelo no fumigado.

Fumigación por el Sistema de Inyección con Tractor.

Para fumigaciones de grandes extensiones se usa también la inyección del bromuro de metilo o mezclas de bromuro de metilo/cloropicrina a través de navajas montadas en un equipo operado por tractor.

Este sistema permite avanzar con bastante rapidez en las fumigaciones de grandes áreas y se usa principalmente en áreas de cultivos de alto valor como fresas y tomates en el suroeste de los Estados Unidos, con frecuencia en mezclas de bromuro con cloropicrina. El bromuro o la mezcla de bromuro/cloropicrina se inyecta en forma líquida por lo que las dosis son mayores que cuando se aplica el bromuro de metilo gasificado. Por otra parte la película plástica utilizada se usa una sola vez, aumentando el costo del tratamiento.

Los cilindros de bromuro de metilo se montan sobre silletas en el equipo de inyección. Para este propósito, normalmente se utilizan cilindros sin presión agregada de Nitrógeno.

Como propelente se usa gas Nitrógeno en cilindros de 50—60 kg. La conexión entre los cilindros se realiza por medio de mangueras de acero inoxidable o de polietileno lineal o

reticulado. Mediante un sistema de válvula reguladora doble (ver fig. 5) se transmite presión al cilindro de bromuro de metilo, normalmente 2.8—4.2 kg/cm² (40—60 lb/in²).

El bromuro de metilo pasa del cilindro a un múltiple o distribuidor con 6 a 10 boquillas con orificios calibrados para regular la descarga del bromuro a través de mangueras de polietileno (Polyflo) que lo conducen a las navajas inyectoras (ver fig. 10)

Las navajas se montan en la barra de herramientas del tractor a 20—30 cm de distancia entre sí y conviene que vayan alternadas, esto es, una adelante y la contigua atrás, para evitar acumulación de basura y rastrojo al hacer la aplicación.

El equipo de inyección lleva acoplado un implemento para ir tendiendo tras la fumigación la película plástica para sellado.

La aplicación puede hacerse en tratamiento general o en bandas, en cuyo caso se reducen las dosis proporcionalmente.

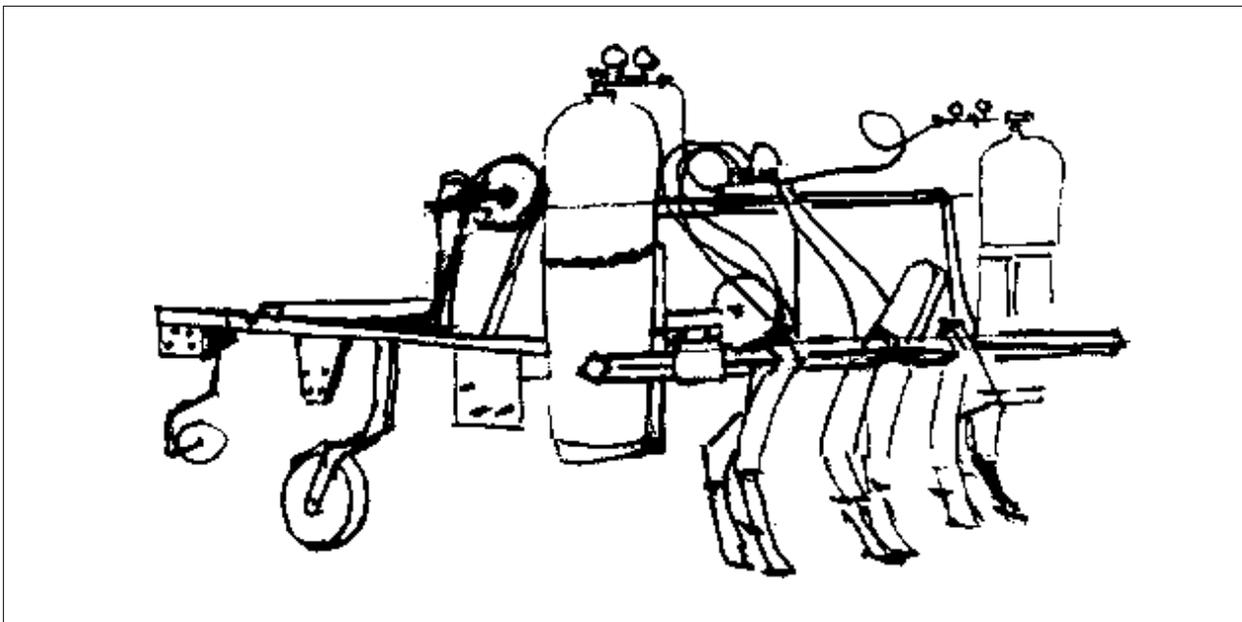


Fig. 10—Equipo de Tractor para Inyección de Bromuro de Metilo y Tendido de Plástico.

Materiales Necesarios.

- Cilindros de bromuro de metilo
- Cilindros de Nitrógeno
- Cinta de medir
- Cubierta plástica en rollos
- Equipo de inyección de bromuro
- Equipo para tendido y sellado de película plástica.
- Termómetro bimetalico, de mercurio o digital de tallo largo
- Señalizaciones de Advertencia

Las cubiertas plásticas más usadas para este tratamiento son de polietileno y son fabricadas *ex profeso* para éste propósito; éstas películas son de calibre de 25—50 micras (1—2 mil) y se usan rollos de 1.22—3.05 m (4—10') de ancho y 600—1000 m de largo.

Programa de Tratamiento.

En la sección "Programas de Tratamientos" se presentan guías sobre dosis y tiempos de exposición para diversos tipos de suelo y temperaturas.

Una vez preparado en debida forma el terreno y en las condiciones adecuadas de humedad, de acuerdo a lo indicado en la Sección sobre Principios Generales (pág. 17—19), se procede a iniciar el tratamiento.

Se requiere medir la temperatura a 10—15 cm de profundidad del terreno a tratar, utilizando un termómetro de vástago largo, para decidir el programa de tratamiento a usar.

Ejemplo:

Se está por fumigar para combate de insectos, malezas y hongos un terreno arcilloso cuya temperatura es de 12 °C. Para determinar la dosis a utilizar, en la Sección "Programas de Tratamiento" se observa que la dosis adecuada es de 90 g/m². que equivale a 1,980 lb/ha.

No deben hacerse fumigaciones a temperaturas abajo de 10 ° C. Esperar a que suba la temperatura.

Calibración de Equipo.

Para aplicar el bromuro por el sistema de inyección es necesario primeramente calibrar el equipo. La tabla siguiente puede servir de guía para elegir los orificios y presiones para obtener la dosis por hectárea deseada. La tabla está calculada para navajas inyectoras a 30 cm de distancia.

ORIFICIOS Y PRESIONES DE SALIDA PARA APLICACION DE BROMURO DE METILO A DISTINTAS VELOCIDADES DE TRACTOR				
Dosis g/m ²	Velocidad kph	Diámetro pulg	Presión	
			psi	kg/cm ²
20	5	.030	26	1.8
30	5	.039	23	1.6
40	5	.039	39	2.7
50	5	.052	22	1.5
60	5	.052	31	2.2
70	5	.052	42	3.0
80	5	.070	19	1.3
90	5	.070	23	1.6
100	5	.070	29	2.0
110	5	.070	35	2.5
120	5	.070	41	2.9
20	4	.029	19	1.3
30	4	.029	42	3.0
40	4	.039	25	1.8
50	4	.039	40	2.8
60	4	.052	20	1.4
70	4	.052	27	1.9
80	4	.052	35	2.5
90	4	.052	45	3.2
100	4	.070	18	1.3
110	4	.070	22	1.5
120	4	.070	27	1.9
20	3	.024	21	1.5
30	3	.030	21	1.5
40	3	.030	38	2.7
50	3	.039	23	1.6
60	3	.039	42	2.3
70	3	.039	44	3.1
80	3	.052	20	1.4
90	3	.052	25	1.8
100	3	.052	31	2.2
110	3	.052	38	2.7
120	3	.052	45	3.2

Preparativos Finales.

Colocar los señalamientos de **PRECAUCION** y verificar todas las medidas de seguridad. Sólo el personal dedicado a la fumigación deberá permanecer en el área.

Inyección del bromuro de metilo.

Se procede ahora a retirar la válvula de palometa que regula el flujo entre el cilindro de nitrógeno el de bromuro (Ver recomendaciones de seguridad en la Sección de Equipo y Calibración).

Abrir la válvula del cilindro de Nitrógeno; el manómetro de Nitrógeno de la válvula reguladora indicará alrededor de 155 kg/cm² (2,200 psi). Colocar nuevamente la válvula de palometa y empezar a apretarla en el sentido de las manecillas del reloj hasta que el manómetro de Bromuro de la válvula reguladora indique la presión de aplicación deseada.

Proceder a abrir la válvula de salida del cilindro de bromuro y verificar la presión en el manómetro adelante de la válvula de salida del bromuro. Hacer los ajustes necesarios de la válvula de entrada y de salida del cilindro de bromuro hasta que la de salida indique la presión deseada de aplicación.

Prueba de Fugas.

Para verificar fugas de gas puede usarse un detector de haluros sónico. Se requiere verificar todas las conexiones entre el cilindro de bromuro y el múltiple, del múltiple a las boquillas y de las boquillas a las navajas de inyección.

Cuando se detecte una fuga, se deberá sellarse ajustando las conexiones o agregando en ellas cinta de Teflón.

Aireación.

Los procedimientos de aireación deben garantizar que no se presenten riesgos para los operadores o personas o animales cercanas al lugar de la fumigación.

Durante los primeros 60 minutos de aireación, no deberá haber nadie a menos de 100 m de distancia del área en proceso de aireación. Se debe considerar la dirección del viento para evitar riesgos a la salida del bromuro.

El área de seguridad para la aireación del gas deberá señalizarse en forma apropiada.

Una vez terminado el periodo de aireación puede procederse a hacer la preparación final del terreno para hacer la siembra o la plantación, cuidando no contaminar el área tratada con suelo no fumigado.

Fumigación por Inyección a través del Riego de Goteo.

En muchos cultivos de alto valor se ha ido extendiendo el uso de sistemas de riego por goteo junto con acolchados plásticos que cubren los surcos; la plantación se hace a través de orificios perforados en la cubierta de plástico. Estos sistemas tienen por objetivo lograr riegos más eficientes y uniformes, aumentar la temperatura en la superficie del suelo y proteger al cultivo de malezas, todo ello conducente a mejorar los rendimientos y la calidad de la producción.

Contando con esta infraestructura, resulta lógico pensar en utilizarla como sistema de conducción y sellamiento para fumigaciones con bromuro de metilo. En diversos países se han iniciado pruebas y tratamientos comerciales con este método.

El procedimiento consiste en inyectar el bromuro de metilo del cilindro a una línea secundaria de riego, debidamente sellada en sus extremos, para que de ahí pase el bromuro a las cintas de riego.

Nota Importante: No debe inyectarse el bromuro de metilo líquido a líneas secundarias de PVC, porque las disuelve rápidamente. Aún aplicado en forma gasificada puede causarse daños serios a la tubería.

En razón de lo anterior, si la tubería de alimentación es de PVC, el bromuro debe inyectarse directamente a las cintas de riego de goteo, o bien, usar una línea auxiliar de polietileno independiente, específicamente dedicada a la fumigación. Esta línea auxiliar puede irse desplazando a medida que avanza la fumigación.

Para mejorar la efectividad, inyectando el bromuro en forma gasificada, puede insertarse un vaporizador de agua caliente (ver fig. 6) entre el cilindro de bromuro y el punto de inyección de la tubería de riego.

El procedimiento no presenta problemas especiales pero es necesario hacer pruebas para asegurarse que la cinta de riego no es dañada por el contacto con el bromuro de metilo. La mayoría de las cintas de polietileno resisten el tratamiento; No deben usarse para este propósito cintas de policloruro de vinilo (PVC) que son rápidamente afectadas por el fumigante.

Si el fumigante se usará vaporizado, no pueden usarse mezclas de bromuro con más de 5% de cloropirina. Normalmente es factible utilizar los cilindros de bromuro con la presión agregada (con Nitrógeno) de 10.5 kg/cm² (150 psi).

En casos especiales pudiera ser necesario utilizar presión externa mediante un sistema de válvula reguladora doble (ver fig. 5) como el descrito anteriormente para las fumigaciones con tractor.

En ningún caso la presión de salida del gas del vaporizador debe ser mayor de 0.7 kg/cm² (10 psi) porque podría reventar las cintas de riego, diseñadas para trabajar a baja presión.

Materiales Necesarios.

- Cilindros de bromuro de metilo
- Báscula de piso
- Vaporizador de agua caliente
- En su caso, cilindros de Nitrógeno y sistema de válvula doble para presurización
- Cinta de medir
- Mangueras y conexiones para inyectar el bromuro a la tubería de riego
- Termómetro bimetálico, de mercurio o digital de tallo largo
- Señalizaciones de Advertencia

La figura 11 muestra un diagrama del sistema.

Programa de Tratamiento.

En la sección "Programas de Tratamientos" se presentan guías sobre dosis y tiempos de exposición para diversos tipos de suelo y temperaturas.

Téngase en cuenta que cuando se usa este sistema, normalmente se fumiga el terreno solamente bajo las bandas cubiertas con plástico y por tanto, la cantidad total de bromuro que se use será menor que si se hiciera el tratamiento general.

Sin embargo la dosis por metro cuadrado en las bandas tratadas deberá ser la indicada en la tabla correspondiente.

Una vez preparado en debida forma el terreno y en las condiciones adecuadas de humedad, de acuerdo a lo indicado en la Sección sobre Principios Generales (pág. 17—19), se procede a iniciar el tratamiento.

Se requiere medir la temperatura a 10—15 cm de profundidad del terreno a tratar, utilizando un termómetro de tallo largo, para decidir el programa de tratamiento a usar.

Ejemplo:

Se está por fumigar para combate de insectos y malezas un terreno arcilloso cuya temperatura es de 12 °C. Para determinar la dosis a utilizar, en la Sección "Programas de Tratamiento" se observa que la dosis adecuada es de 70 g/m² que equivale a 1,543 lb/ha. Si la banda cubierta (fumigada) fuera de 40 cm con surcos a 1.10 m se requerirían un total de solo (1,543 x 40 / 110) 561 lb de bromuro para aplicar la dosis prescrita de 70 g/m²

No deben hacerse fumigaciones a temperaturas abajo de 10 °C. Esperar a que suba la temperatura.

bromuro a las cintas de riego. Si la tubería secundaria del sistema de riego de goteo es de polietileno, puede inyectarse en ella el fumigante.

En cualquier caso que se hagan aplicaciones por primera vez con tubería y cintas no probadas, deberán hacerse ensayos para asegurar que no sean dañadas por el bromuro de metilo.

Si la aplicación se hará en forma gasificada, el vaporizador estará entre el cilindro de bromuro y el punto de inyección.

Para medir la cantidad descargada de fumigante, puede usarse una báscula de piso por diferencial de peso. Ver Capítulo sobre Equipos y Calibración.

Preparativos Finales.

Colocar los señalamientos de **PRECAUCION** y verificar todas las medidas de seguridad. Sólo el personal dedicado a la fumigación deberá permanecer en el área.

Inyección del bromuro de metilo.

Se procede ahora a insertar la manguera de inyección del

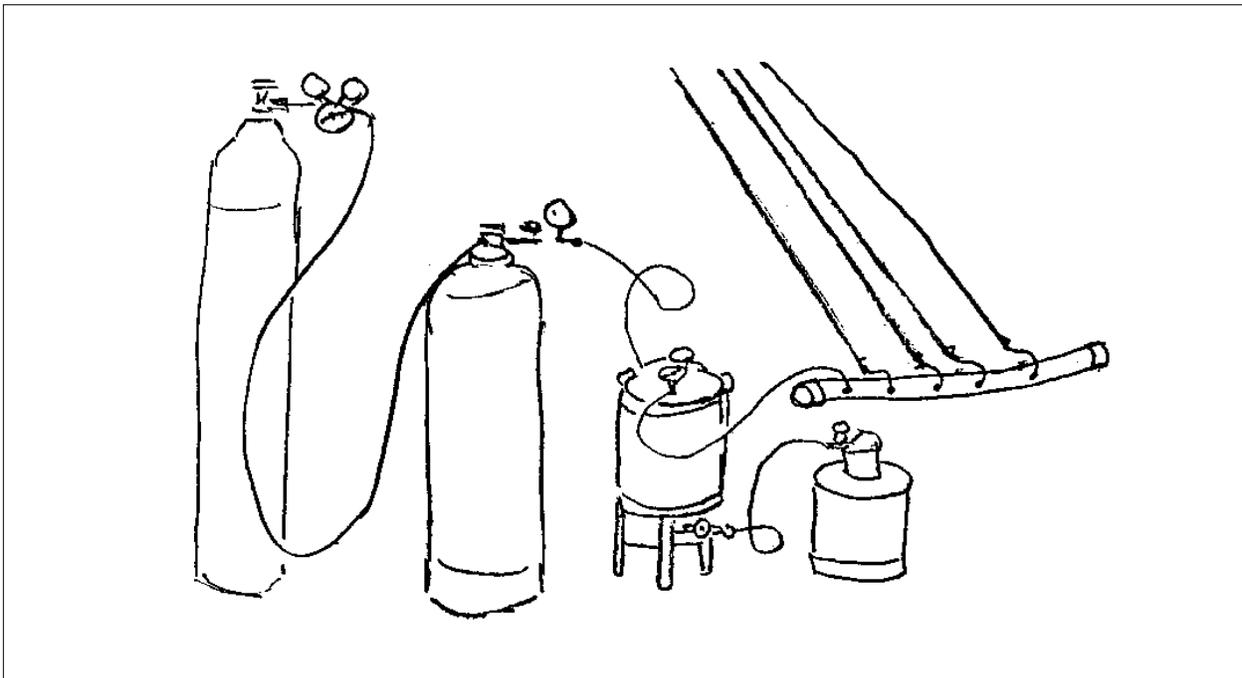


Fig. 11—Diagrama de Instalación para Fumigación a través del Riego de Goteo.

Fumigación de Medios de Cultivo.

En la preparación de medios de cultivo es frecuente la esterilización de sus componentes para evitar la transmisión de plagas y enfermedades. Aquí se comprende fumigación de suelo suelto, compostas y mezclas de materiales destinados a usarse como medio de cultivo para plántulas, para viveros e invernaderos.

El uso del bromuro de metilo, por su alta difusión y efectividad, es uno de los materiales preferidos para este propósito.

La fumigación se hace a la mezcla o algunos de sus componentes, normalmente a granel, en un sitio adecuado al propósito. Como estas fumigaciones no se hacen normalmente a aire libre deben extremarse las medidas de seguridad.

Materiales Necesarios.

- Cilindros de bromuro de metilo
- Báscula de piso o Dosificador
- Cinta de medir
- Cubierta plástica
- Línea de abastecimiento de bromuro de metilo
- Termómetro bimetálico, de mercurio o digital de tallo largo
- Vasijas de Evaporación
- Vaporizador de serpentín o Sistema de vaporización con atomizadora motorizada.
- Señalizaciones de Advertencia

Programa de Tratamiento.

En la sección "Programas de Tratamientos" se presentan guías sobre dosis y tiempos de exposición para diversos tipos de suelo y temperaturas.

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. 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.

Si la fumigación se hace en una bodega 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.

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 o película de plástico. Hay que revisar el área en busca de grietas y agujeros por donde pudiera escapar el bromuro de metilo y sellarlas

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

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.

Se requiere medir la temperatura a 10—15 cm de profundidad del material a tratar, utilizando un termómetro, para decidir el programa de tratamiento a usar.

Ejemplo:

Se está por fumigar para combate de insectos, malezas y hongos un material que es una mezcla de tierra de hoja (20%) con tezontle molido. La temperatura de la mezcla es de 13 °C. El bromuro se va a aplicar en forma gasificada usando el sistema FAX con una atomizadora motorizada. Para determinar la dosis a utilizar, en la Sección "Programas de Tratamiento" se observa que la dosis adecuada es de 500 g/m³ que reducidos en 30% por aplicar el bromuro gasificado nos daría 350 g/m³. Si el material a fumigar tuviese un volumen de 12 m³ se requeriría un total de 4,200 g o sea 9.3 lb.

No deben hacerse fumigaciones a temperaturas abajo de 10 ° C. Esperar a que suba la temperatura.

Preparativos Finales.

Se procede a colocar bultos o sacos de paja o material equivalente en varios sitios de la parcela para sostener la película de plástico a unos 30 cm de altura formando un colchón de aire que ayudará a mejorar la distribución del bromuro.

En seguida se coloca la película plástica cubriendo las orillas con almohadillas de agua o arena, para sellar el espacio a fumigar.

Colocar los señalamientos de **PRECAUCION** y verificar todas las medidas de seguridad. Sólo el personal dedicado a la fumigación deberá permanecer en el área.

De ser posible, el suelo o material a fumigar debe acomodarse en forma cuadrada o rectangular, para que sea fácil cubrirla y calcular el volumen.

La línea de introducción del gas se introduce para descargar en recipientes o vasijas, para que de ahí evapore, evitando que entre en contacto en forma líquida con el material a fumigar. Recuérdese que siempre se obtendrán mejores resultados si el bromuro se inyecta en forma gasificada.

Después de cubrir el material a fumigar, 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 100 micras (4 mil). Una película calibre 600 (6 mil) o mayor puede ser reutilizada. Deben cubrirse todas las esquinas y ángulos con estopa o material equivalente para evitar rasgaduras. Asegurarse de que haya un soporte estructural suficiente para mantener una separación entre la cubierta y el material de 60 cm.

La cubierta debe ser suficientemente grande para dejar un excedente sobre el suelo de por lo menos 50 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.

El sellado puede efectuarse con arena húmeda suelta, almohadillas de arena o de agua.

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 las fumigaciones se hacen repetidamente, es preferible preparar un cubículo con piso y paredes recubiertas de cemento para hacer ahí la fumigación.

Gasificación del Bromuro.

Para mejorar la difusión y penetración del bromuro es recomendable inyectarlo en forma gasificada. En esta forma es factible reducir las dosis. Para ello puede usarse el sistema de vaporizador de serpentín o el de atomizadora motorizada descrito anteriormente. Ver fig. 6 y 7.

Prueba de Fugas y Verificación Final.

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 las líneas de introducción del gas.

Para éste propósito pueden usarse los detectores de haluros o el analizador de conductividad térmica. Ver Sección sobre Seguridad, al final de este manual.

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.

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.
- Verificar que la cubierta tenga las señales de peligro en todos los lados del edificio o estructura.
- Prender el vaporizador y calentar el agua a 93 °C o más. En su caso arrancar la atomizadora motorizada.
- 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.

Ejecución de la Fumigación.

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 vaporizador 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.

Aireación.

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

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.

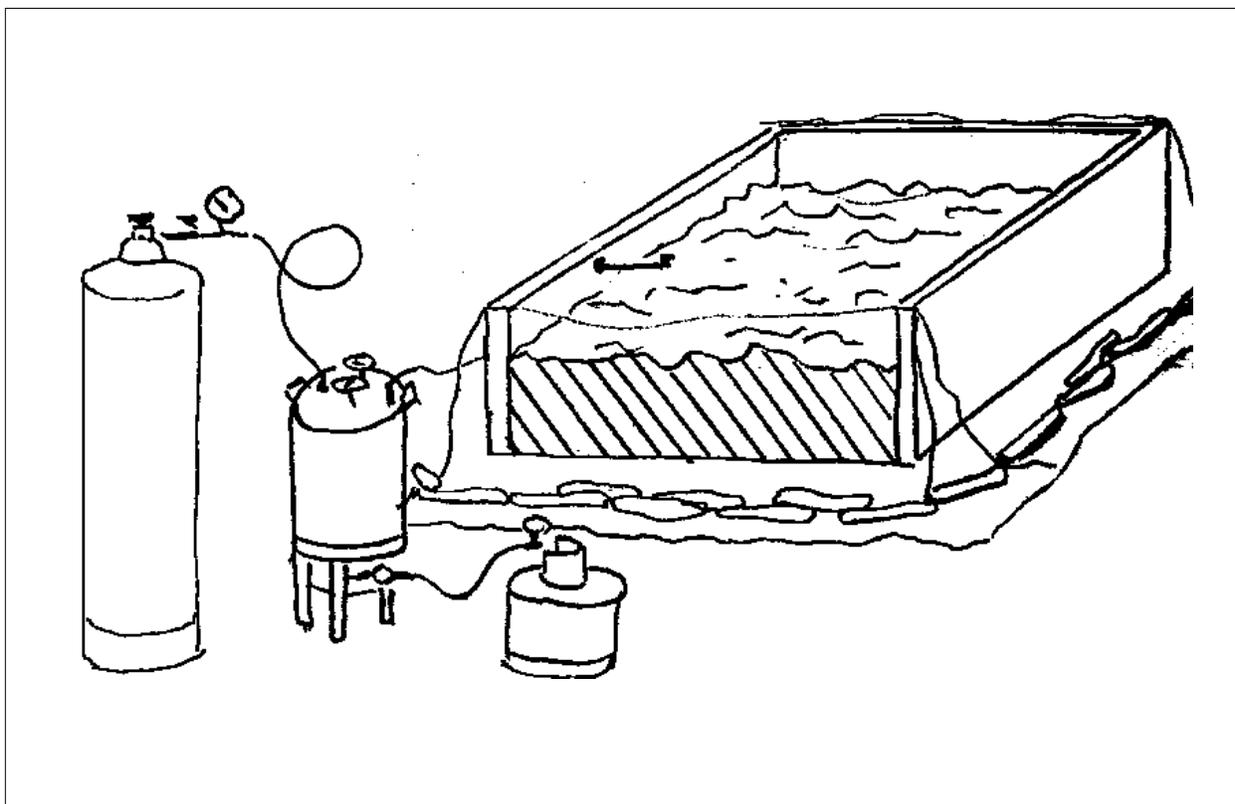


Fig. 12—Fumigación de Medios de Cultivo

Fumigación de Material Vegetativo.

La fumigación de material vegetativo, incluyendo plantas, esquejes, rizomas, tubérculos y semillas es común en tratamientos con fines cuarentenarios, sea al exportar o importar el material.

También se acostumbra realizar estos tratamientos en operaciones comerciales con propósitos de asegurar la sanidad del material vegetativo y evitar la diseminación de plagas no endémicas.

El objetivo de estos tratamientos es normalmente la eliminación de insectos dañinos. Las dosis requeridas para combate de hongos son más altas y con frecuencia afectan el material vegetativo tratado. Aún a las dosis bajas y periodos de exposición cortos usados para combatir insectos, es posible provocar algún daño en la viabilidad del material.

La fumigación se hace a la mezcla o algunos de sus componentes, normalmente a granel, en un sitio adecuado al propósito. Como estas fumigaciones no se hacen normalmente a aire libre deben extremarse las medidas de seguridad.

Materiales Necesarios.

- Cilindros de bromuro de metilo
- Báscula de piso o Dosificador
- Cinta de medir
- Cubierta plástica
- Línea de abastecimiento de bromuro de metilo
- Termómetro bimetálico, de mercurio o digital de tallo largo
- Vasijas de Evaporación
- Vaporizador de serpentín.
- Ventiladores
- Señalizaciones de Advertencia

Programa de Tratamiento.

En la sección "Programas de Tratamientos" se presentan guías sobre dosis y tiempos de exposición para diversos tipos de suelo y temperaturas.

Deben seleccionarse lugares bien ventilados y bajo 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. 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.

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 o película de plástico. Hay que revisar el área en busca de grietas y agujeros por donde pudiera escapar el bromuro de metilo y sellarlas.

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.

Las señalizaciones de **PRECAUCION** deben colocarse a la vista de quienes pudieran acercarse.

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

Temperatura.

Cuando se esperan temperaturas frías el lugar debe calentarse para mantener la temperatura del material a fumigar 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 los productos fumigados. Los calentadores de aire caliente o de radiador pueden utilizarse para calentar el ambiente bajo las cubiertas plásticas.

Si la temperatura ambiente es inferior a la del material a fumigar 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 están por fumigar bulbos de azucena cuya temperatura es de 14 °C y la temperatura del aire es de 33 °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 23.5 °C. Interpolando, resulta una dosis de 40 g/m³. El tiempo de exposición de 3.5 horas, también por interpolación. Si el volumen de la estiba a fumigar es de 14 x 8 x 5 m = 560 m³, la cantidad de bromuro a usar es de 22,400 g ó 10.2 lb.

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

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 material vegetativo, este error puede ser la diferencia entre una buena fumigación y la pérdida del material fumigado.

Colocación de la Cubierta Plástica.

De ser posible, el material a fumigar 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 del material y a 30 cm de los lados y los extremos. La carga no deberá exceder los dos tercios del volumen a fumigar. El material a fumigar deberá colocarse sobre tarimas para permitir el paso del aire entre el suelo y la carga. Las tarimas se colocan a más de 5 cm entre sí.

Si se arregla la estiba uniformemente y con espacio suficiente entre las tarimas 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.

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 mueva. 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.

Es importante tener cuidado con las esquinas y partes angulosas que pudieran desgarrar la cubierta de plástico (Fig. 13).

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 100 micras (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.

La cubierta debe ser suficientemente grande para dejar un excedente sobre el suelo de por lo menos 50 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, o una combinación de éstos.

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).

Preparativos Finales.

Colocar los señalamientos de **PRECAUCION** y verificar todas las medidas de seguridad. Sólo el personal dedicado a la fumigación deberá permanecer en el área.

Ejecución de la Fumigación.

Se procede ahora a iniciar la fumigación. 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 vaporizador 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.

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.

Aireación.

Al terminar la exposición y la extracción o liberación del gas

se procede a airear el espacio fumigado y la mercancía.

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.

En fumigaciones al exterior no se requiere ducto de extracción.

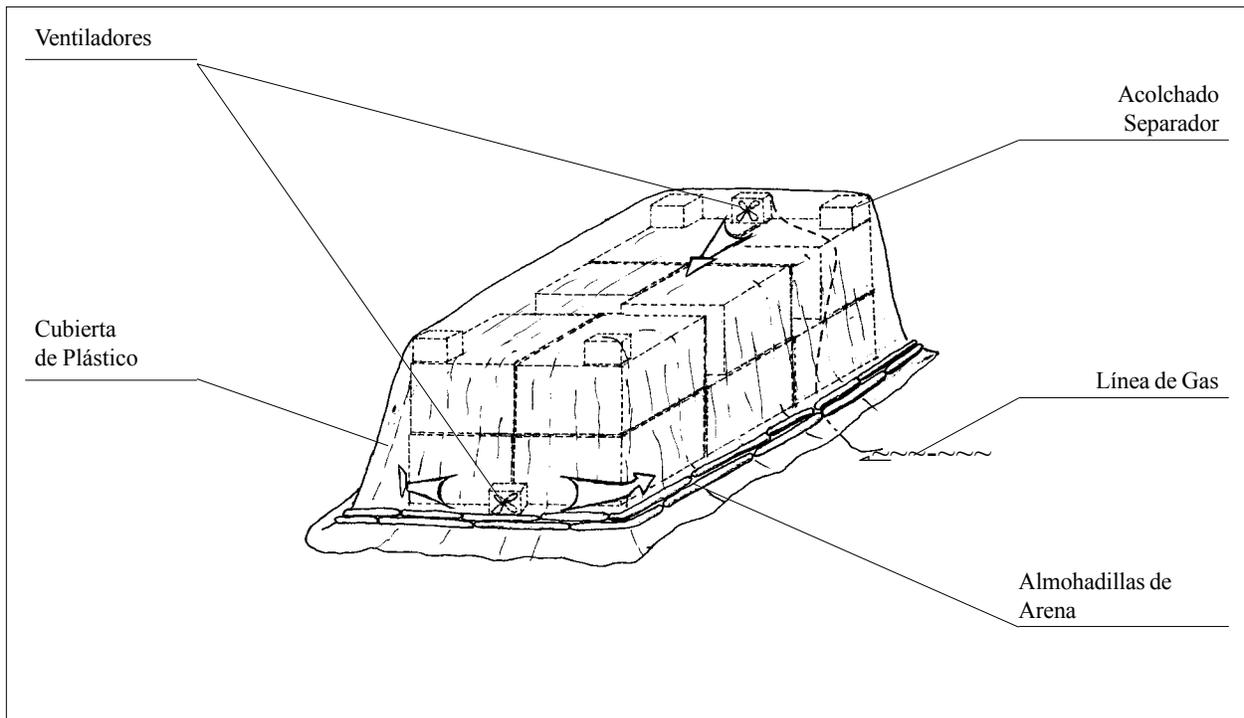


Fig. 13—Arreglo Típico de una Estiba.

Cámaras de Fumigación.

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. 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 con 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.

Cada cámara debe estar equipada con, por lo menos, un tubo metálico permanente para muestreo de gas, para permitir la toma de lecturas durante la aireación.

Cámaras de Fumigación al Vacío.

Las cámaras de fumigación al vacío se utilizan para mejorar la penetración durante la fumigación de materiales muy compactos o finamente molidos; tienen la misma construcción de las cámaras de fumigación a presión atmosférica normal, salvo por que se extremen los cuidados para tener una alta hermeticidad.

Al tiempo de hacer la fumigación, se induce un vacío en la cámara, por medio de una aspiradora. El sistema debe permitir la creación de un vacío mínimo de 800 mm de agua.

La aireación del material fumigado al vacío debe ser más rigurosa y es recomendable disponer de instrumentos de precisión como un fumiscopio o bomba muestreadora de tubos colorimétricos para asegurar que el bromuro de metilo se ha disipado antes de la liberación del material.

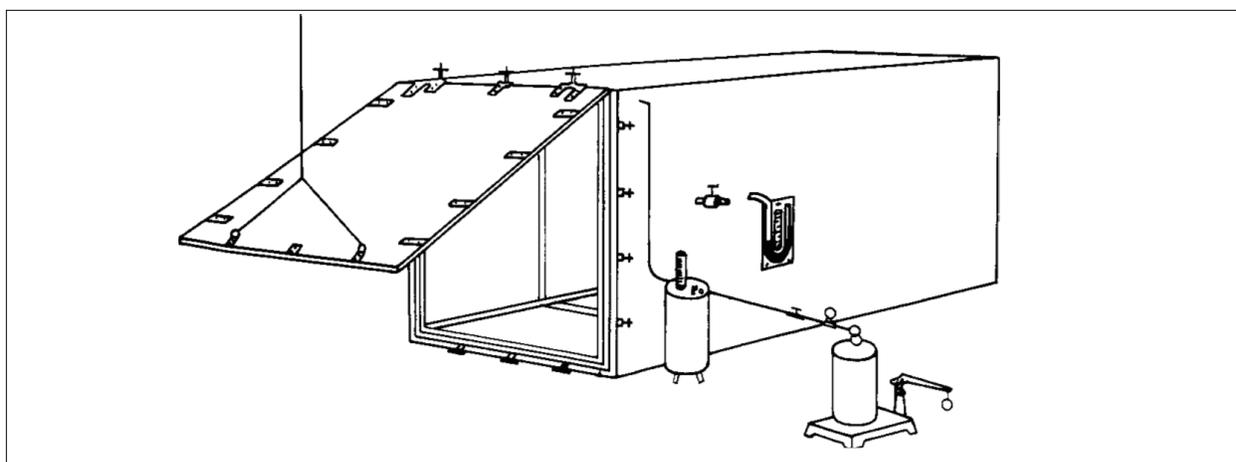


Fig. 14—Cámara de Fumigación

Fumigación de Madrigueras de Tuzas.

Las tuzas causan graves daños a la agricultura pues se alimentan de raíces y otras partes vegetales. Usan también material vegetal para construir sus galerías, de 4 a 15 cm de diámetro y hasta 50 m de largo. Las galerías y nidos se encuentran entre 10 y 45 cm de profundidad. Las paredes de las cámaras y galerías son de suelo duro, compactado, lo que ayuda a confinar el fumigante, permitiendo el control de la hormiga con el bromuro de metilo.

Existen un gran número de especies; las más prevalentes en México son *Geomys mexicanus* y *G. hispidus*.

Muy astutos estos roedores, tienen una aguda percepción del peligro. Con gran rapidez abren nuevas galerías o clausuran otras. Cualquier ruido u olor extraño hace que huyan a través de las galerías, taponándolas a su paso, para protegerse del riesgo percibido o intuido. Esta extraordinaria habilidad debe tenerse en cuenta al realizar programas de control.

Las tuzas evitan el frío y el viento fuerte. La mejor época de tratamiento es después de marzo, cuando ya no hace tanto frío. Normalmente salen de la madriguera entre las 9:00 de la mañana y las 2:00 de la tarde. Es recomendable hacer la aplicación después, en la tarde, cuando se pueden localizar los montículos frescos y es más probable que estén adentro las tuzas.

El combate de las tuzas requiere de un plan cuidadoso y persistencia. En un área infestada, debe partirse de la periferia y en varios puntos simultáneamente para ir avanzando hacia el centro, para reducir la posibilidad de huida.

En infestaciones de extensiones grandes, el programa de control puede llevar varias semanas. Es recomendable marcar con yeso o cal las madrigueras tratadas, para evitar omisiones o duplicaciones.

Localización de Galerías.

Seleccionar sólo montículos de tierra fresca que es más probable que correspondan a madrigueras habitadas. Deben tratar de localizarse los túneles principales. Téngase en cuenta que las tuzas construyen dos tipos de galerías:

- Galerías principales — de tránsito habitual, conectadas con celdas donde guardan alimentos y anidan.
- Galerías laterales o secundarias — comunicadas al exterior; usadas para retirar escombros y que normalmente se usan una sola vez.

Para iniciar la aplicación es necesario localizar los montículos de tierra fresca, que corresponden a las bocas de las galerías secundarias y, por medio de ellas, localizar las principales. Ya encontrada la boca de la galería secundaria, se busca la conexión con la principal, usando una pala o una varilla de acero y probando consecutivamente hasta que, por facilidad de penetración, se baja de golpe a la galería principal.

Localizada la galería principal se inicia el proceso de aplicación, que debe realizarse con toda rapidez. Si se hace correctamente deben poderse tenerse éxito en el 80% de las galerías.

Procedimiento de Aplicación.

La aplicación se hace con un aplicador de válvula para latas de bromuro de metilo, con una manguera de Polyflo de 6.3 mm (1/4") de diámetro interior y de unos 3 m de largo. Ver fig. 10.

De ser posible dejar las latas al sol un par de horas para que la lata se caliente y el bromuro salga más rápido y parcialmente gasificado.

Se procede a introducir la manguera 20 a 40 cm dentro de la galería principal. Luego, se jala un poco, para que la salida no quede obstruida con tierra. Apisonar ligeramente alrededor de la manguera para sellarla y para que no se salga al chicotear con la presión del bromuro.

El principal riesgo de una salpicadura de bromuro de metilo sobre la piel es el de quemaduras, que se producen por el contacto prolongado. Contra ésto, la mejor protección es permitir la rápida evaporación natural del bromuro. Por tanto, se recomienda no usar guantes, anillos, correas, pulseras o cualquiera otra prenda que impida la libre evaporación del fumigante.

Como el gas es muy tóxico, usar este método solo a la intemperie y considerando que algunas galerías tienen ramificaciones hacia construcciones o habitaciones cerradas.

Al momento de hacer la aplicación, el viento debe siempre dar hacia la espalda del operador, de forma que tienda a alejar los vapores del bromuro.

Colocar muy bien la lata firmemente en la base del aplicador y cerrar el cincho del aplicador, verificando que la válvula del aplicador esté muy bien cerrada.

Dosificación.

El aplicador descarga alrededor de 20 ml por segundo. Deben usarse 60—80 g de bromuro de metilo por madriguera.

Abrir la válvula del aplicador una vuelta completa y mantenerla abierta por 3 segundos; cerrarla inmediatamente después.

Retirar la manguera de la madriguera y apisonar ligeramente con el pie para sellar el punto de inyección.

Medidas de Seguridad.

No es recomendable guardar de un día para otro la lata una vez abierta, por lo que debe terminar de usarse en la misma sesión.

De ocurrir alguna fuga, alejarse de inmediato en la dirección de donde viene el viento.

El principal riesgo de una salpicadura de bromuro de metilo sobre la piel es el de quemaduras, que se producen por el contacto prolongado. Contra esto, la mejor protección es permitir la rápida evaporación natural del bromuro. Por tanto, se recomienda no usar guantes, anillos, correas, pulseras o cualquiera otra prenda que impida la libre evaporación del fumigante.

No dejar abandonadas las latas usadas. Inutilizar con un martillo y enterrarlas en un lugar adecuado.

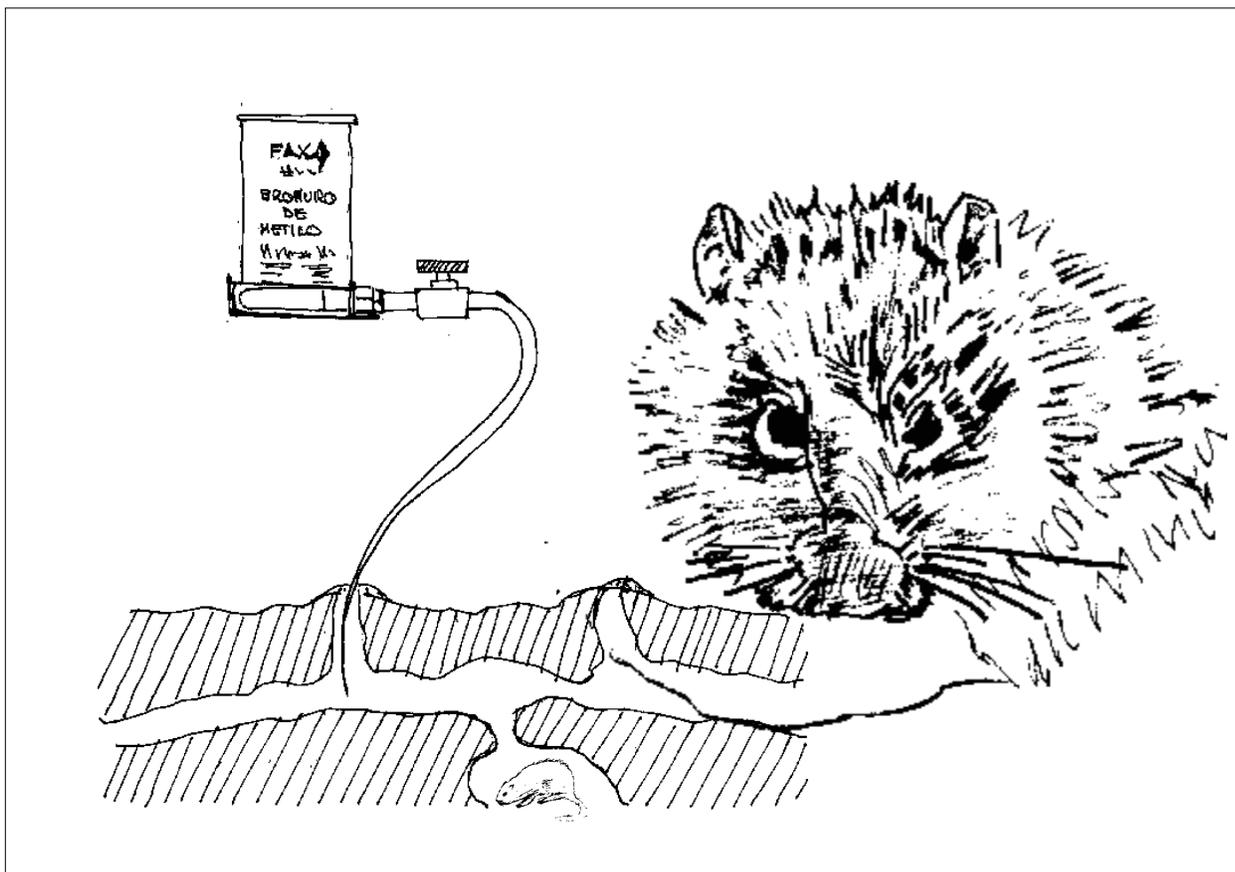


Fig. 15—Fumigación de Madrigueras de Tuzas.

Fumigación de Hormigueros.

Algunas especies de hormigas son altamente destructivas para los cultivos y huertos, particularmente en las áreas tropicales. Entre las más agresivas se encuentran las hormigas cortadoras de hojas, también conocidas como "hormiga arriera" (*Atta* spp.). En una noche pueden terminar con un huerto.

Estas hormigas cortan pedazos de hojas para llevarlos al hormiguero donde los usan para cultivar varias especies de hongos y usar los micelios como alimento.

Las colonias varían de tamaño, pero pueden llegar a cubrir varios miles de metros cuadrados. El interior de la colonia está constituido por una serie de cámaras interconectadas de varios tamaños, normalmente de 20—40 cm situadas a profundidades hasta de 4—5m.

Las paredes de las cámaras y galerías son de suelo duro y compacto, lo que ayuda a confinar el fumigante, permitiendo el control de la hormiga cortadora de hojas con el bromuro de metilo.

Localización de los hormigueros.

Las madrigueras de la hormiga cortadora de hojas tienen con frecuencia más de una salida. En general deben buscarse las salidas más grandes y donde, por la tierra fresca removida, indiquen que tienen movimiento reciente.

Usualmente los hormigueros se localizan en suelos arenosos ligeros, pero también pueden encontrarse en suelos pesados.

Los tratamientos a finales del invierno o principios de la primavera suelen ser más efectivos porque las hormigas no entran aún a su periodo de mayor actividad.

En ésta época la mayoría de las hormigas y las reinas se encuentran cerca del centro de la colonia. Más tarde, las hormigas se dispersan y el control es más difícil.

Procedimiento de Aplicación.

La aplicación se hace con un aplicador de válvula para latas de bromuro de metilo, con una manguera Polyflo de 6.3 mm (1/4") de unos 3 m de largo. Ver fig. 3.

De ser posible dejar las latas al sol un par de horas para que la lata se caliente y el bromuro salga más rápido y parcialmente gasificado.

Se procede a introducir la manguera 30 a 40 cm dentro de las

principales entradas al hormiguero. Luego, se jala un poco, para que la salida no quede obstruida con tierra. Apisonar ligeramente alrededor de la manguera para sellar y para que no se salga al chicotear con la presión del bromuro.

Como el gas es muy tóxico, usar este método solo a la intemperie y considerando que algunos hormigueros tienen ramificaciones hacia construcciones o habitaciones cerradas.

En terrenos inclinados, iniciar la aplicación en las áreas más bajas.

Al momento de hacer la aplicación, el viento debe siempre dar hacia la espalda del operador, de forma que tienda a alejar los vapores del bromuro.

Colocar muy bien la lata firmemente en la base del aplicador y cerrar el cincho del aplicador, verificando que la válvula del aplicador está muy bien cerrada.

Dosis.

Se mide el área de los hormigueros a fumigar incluyendo toda el área donde aparezcan los montículos de entrada y salida. La dosis recomendada es de 30 g/m² repartido entre las principales entradas, en particular en las localizadas al centro del hormiguero, con un mínimo de 30 g por salida.

Aplicación.

El aplicador descarga alrededor de 30 g por segundo.

En cada uno de los puntos de inyección, abrir la válvula del aplicador una vuelta completa y mantenerla abierta por 1 segundo; cerrarla inmediatamente después.

Retirar la manguera de cada punto de inyección y apisonar ligeramente con el pie para sellarlo.

Medidas de Seguridad.

No es recomendable guardar de un día para otro la lata una vez abierta, por lo que debe terminar de usarse en la misma sesión.

De ocurrir alguna fuga, alejarse de inmediato en la dirección de donde viene el viento. Tratándose de hormigueros muy grandes, empezar a trabajar en el área más alejada de donde viene el viento.

El principal riesgo de una salpicadura de bromuro de metilo sobre la piel es el de quemaduras, que se producen por el contacto prolongado. Contra ésto, la mejor protección es permitir la rápida evaporación natural del bromuro. Por tanto, se recomienda no usar guantes, anillos, correas, pulseras o cualquiera otra prenda que impida la libre evaporación del fumigante.

No dejar abandonadas las latas usadas. Inutilizar con un martillo y enterrarlas en un lugar adecuado.

Hormiga de Fuego.

La hormiga de fuego (*Solenopsis* spp.) es una seria plaga, también muy difundida en la áreas tropicales. Estas hormigas son pequeñas, de hasta 5—6 mm, de color negro o rojo; construyen hormigueros en el suelo, de 30—60 cm de alto.

El principal perjuicio se deriva de los hormigueros que dañan la maquinaria agrícola. Son particularmente numerosos en los potreros, pudiendo llegar a más de 100 hormigueros por hectárea.

Algunas especies se alimentan de brotes y raíces tiernas de hortalizas y otras plantas, de corteza de árboles o de insectos. Otras prácticamente comen de todo, incluyendo semillas, plantas, pájaros anidando, ropa, etc.

Las hormigas de fuego pueden atacar y matar animales domésticos o silvestres pequeños. También pican a la gente, usualmente en los pies y piernas, cuando se les molesta accidentalmente al pisar los hormigueros. Las mordeduras son dolorosas y provocan pústulas en la parte afectada y reacciones alérgicas. Dependiendo de la sensibilidad del individuo la picadura puede tener consecuencias serias. La hormiga muerde primero la piel, levantándola ligeramente, para después introducir su estilete, repitiendo con frecuencia el proceso 2—3 veces.

Se requiere su control en áreas agrícolas, en jardines y áreas de recreo. Ocasionalmente, causan daños directos a los brotes y raíces tiernas. Atacan también a animales silvestres.

Como en el caso de la hormiga cortadora de hojas, el control se realiza inyectando el bromuro en los hormigueros, que son normalmente más pequeños y requieren dosis menores.

En general se usan 50—100 g de bromuro de metilo por hormiguero. Esto se logra usando un aplicador manual y dosificando por tiempo: 3—6 seg por hormiguero.

Los mismos principios generales y recomendaciones de precaución indicados para la hormiga cortadora de hojas aplican al control de la hormiga roja.

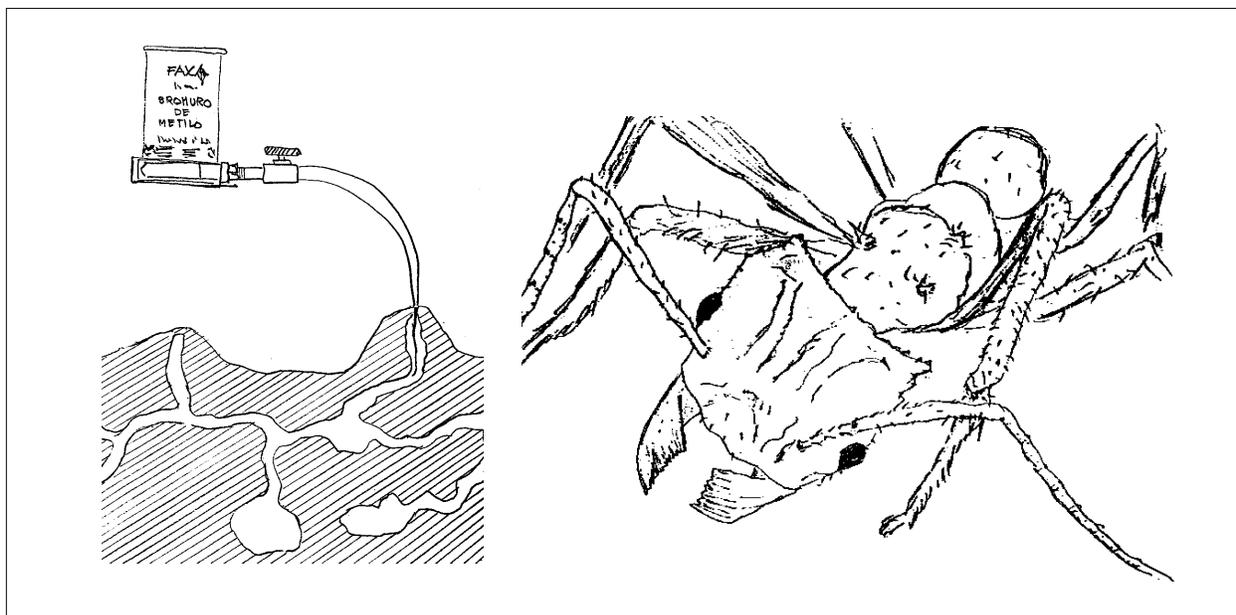


Fig. 16—Control de Hormiga Cortadora de Hojas

SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS

Seguridad en el Manejo y Uso.

Derrames o Fugas.

Evacuar inmediatamente el área en que ha ocurrido el derrame o fuga. Tratándose de áreas cerradas es indispensable 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.

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. Los cilindros deben almacenarse parados y protegidos 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 o tenazas para descargar los cilindros. Para transportarlos, úsese carretillas o diablos, amarrando firmemente los cilindros. Sólo retirar el tapón de la válvula y el capuchón de seguridad al momento de usar el cilindro. Colocarlos de nuevo, 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.

Analizador de Conductividad Térmica.

Los analizadores de gases por conductividad térmica, (fig. 9) permiten determinar la concentración de bromuro de metilo en un espacio fumigado. Sirven para constatar la concentración de bromuro en el espacio fumigado, y como de medida de precaución para detectar pequeñas concentraciones de gas y fugas. 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.

La muestra de bromuro entra al aparato por un tubo conector. 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 rango de concentraciones que muestra la carátula es de 0—100 ó 0—400 g/m³. Los modelos digitales abarcan un rango de 0—999 g/m³.

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^{MR}, que contiene sulfato de calcio anhidro, o Ascarite^{MR} (soda asbesto) para eliminar el bióxido de carbono. El tubo se inserta en la línea de muestreo del gas, a la entrada del gas al aparato. La Drierite^{MR}, de color azul cuando seca, se vuelve rosa al absorber humedad. Cuando el desecante se ha vuelto rosa, debe reemplazarse.

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^{MR} 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^{MR} y la entrada de gas a la manguera muestreadora. No deberá mezclarse el Drierite^{MR} y

Ascarite^{MR} en el mismo tubo. El Ascarite^{MR} debe reemplazarse cuando los gránulos comienzan a agregarse o se humedecen.

Es siempre aconsejable utilizar Drierite^{MR} 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:

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.

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 puedan salir fácilmente en caso de emergencia.

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.

El bióxido de carbono puede interferir con la determinación cuando se fumigan suelos orgánicos o materiales vegetales empacados en turba o material orgánico. En estos casos, para obtener lecturas correctas debe usarse el Ascarite^{MR} en la línea de muestreo que absorba el bióxido de carbono.

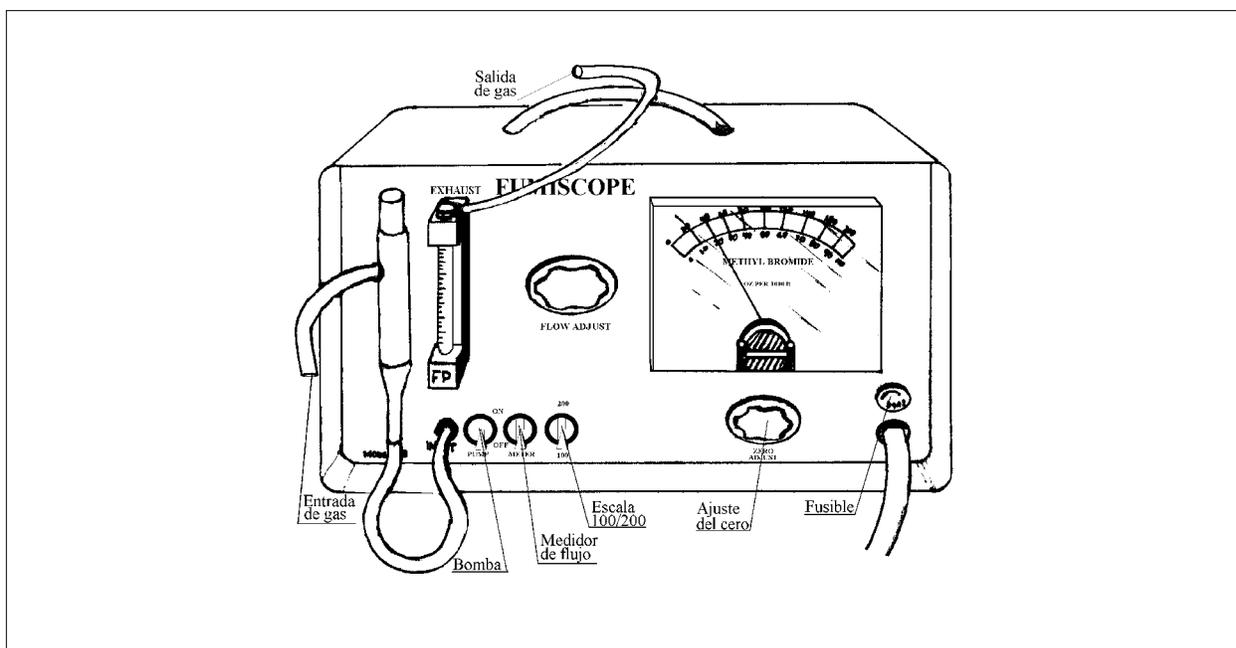


Fig. 17—Analizador de Conductividad Técnica.

Detector Sónico Electrónico.

Este detector 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.

Trabaja con el mismo principio del analizador por conductividad térmica. Es un instrumento portátil, muy fácil de usar, más económico y práctico que el analizador. Sin embargo sirve solo como indicador de la presencia de bromuro, esto es, no puede usarse para mediciones cuantitativas.

Por otra parte, reacciona en la misma forma con otros haluros, con el bióxido de carbono y con otros gases que modifican la conductividad eléctrica del aire.

En el detector sónico electrónico, el gas modifica la resistencia eléctrica de un filamento y este cambio se transforma en una señal sonora. El detector encendido emite un sonido intermitente, que aumenta de frecuencia al aumentar la concentración de bromuro de metilo.

Detector de Haluros.

El detector de haluros se utiliza también para detectar la presencia de bromuro de metilo y para obtener una indicación de la concentración aproximada en el aire de este gas y de 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 de la flama cambia de inolora, a verde y a azul intenso al aumentar la concentración del gas haluro, de 25 a 1000 ppm.

Se enciende el quemador y se abre lentamente la válvula. La flama debe reducirse al mínimo necesario. 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.

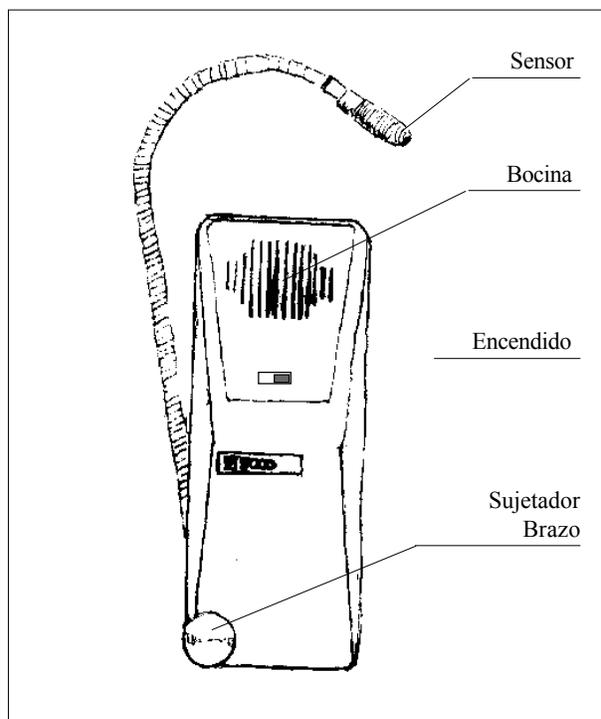


Fig. 18—Detector Sónico Electrónico

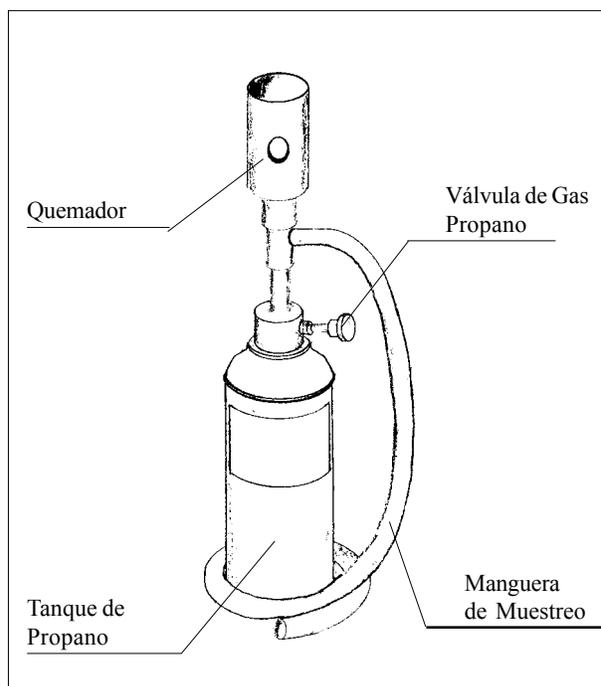


Fig. 19—Detector de Haluros

Respiración Artificial

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. 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. Lavarse también bajo las uñas de las manos y de los pies. La piel contaminada debe también enjuagarse mediante fricciones de alcohol. Para evitar quemaduras no usar guantes, ni anillos, ni correas. Permitir que el bromuro se evapore libremente de la piel.

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!

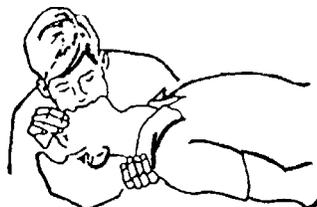


Fig. 20—Respiración Artificial

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 prognosis. 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 emergencia.



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 <http://faxsa.com.mx>