

Manual de Sistemas
Cuarentenarios para
Plagas Agrícolas
2016

D1

Fumigaciones con bromuro de metilo

**Lic. Silvana N. Toledo e
Ing. Agr. Beatriz Carrizo**

El contenido de este capítulo ha sido provisto por el o los autores arriba mencionado/s. La EEAOC no es responsable de las opiniones aquí vertidas.



ESTACIÓN EXPERIMENTAL
AGROINDUSTRIAL
OBISPO COLOBRES
Tucumán | Argentina

Universidad Nacional de Tucumán
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA
SECRETARÍA DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



Los tratamientos químicos pueden ser representados actualmente por la fumigación con Bromuro de metilo, Fosfina y Dióxido de carbono. La fumigación es el tratamiento cuarentenario más usado en el mundo para el control de plagas.

La fumigación es un método de desinfección en el cual el fumigante es dosificado directamente dentro de espacios herméticos o cerrados como: cámaras, silos, containers o carpas con productos agrícolas o forestales.

El primer producto empleado para estos tratamientos fue el Di bromuro de etileno, prohibido en 1984, debido ya que se descubrió que era cancerígeno para el hombre. Mientras que desde 1939 se comenzó a investigar el efecto insecticida del Bromuro de metilo. Finalmente el Bromuro de metilo reemplazó al Di bromuro de etileno y es el más usado en todo el mundo desde entonces. Esto se debe a sus propiedades como fumigante. Es altamente efectivo contra un gran grupo de insectos que atacan un amplio grupo de plantas, es relativamente poco fitotóxico y no combustible. Requiere relativamente corto tiempo de exposición para ser efectivo y es fácilmente aplicable para un gran grupo de productos. Además puede ser usado a bajas temperaturas.

Luego de casi 50 años de uso intenso se ha probado desafortunadamente que el bromuro es una de las sustancias químicas que degradan la capa de ozono. Por tal razón a partir del 2000 se determinó disminuir las emisiones de sustancias nocivas sobre el globo, como el Bromuro de metilo y el nivel de uso deberá limitarse gradualmente siguiendo restricciones adicionales en su empleo, como, recuperar el gas liberado, o el uso de equipos de detoxificación, hasta tanto surja una alternativa.

Una de las alternativas al bromuro de metilo es el fosforo de aluminio medianamente usado para la fumigación de insectos de granos almacenados. Este se formula en una tableta como polvo. El ingrediente activo es el fosforo de hidrógeno (PH_3 - Fosfina) que es lentamente generado por reacción con la mezcla de gas atmosférico que lo rodea.

Otro fumigante empleado para la desinfección es el dióxido de carbono, gas efectivamente letal sobre un grupo específico de insectos como cochinillas, trips y áfidos, usado principalmente sobre productos perecederos como frutas, vegetales y flores de corte, etc. No genera residuos en los productos tratados. También es efectivo contra un grupo de insectos plagas de granos con un tiempo de exposición

relativamente corto. Una desventaja de este fumigante es que requiere una gran cantidad de dosis y no es completamente efectivo contra el estadio de pupa de los gorgojos.

Todos estos fumigantes pueden tratar una gran cantidad de productos por vez. Una desventaja común es que la mayoría de ellos generan residuos tóxicos en los productos tratados.

Las fumigaciones cuarentenarias son siempre conducidas de acuerdo con procedimientos estándares, que han sido fijados previamente a través del desarrollo de pruebas. Estas pruebas se realizan para insectos específicos y plantas o productos en varias combinaciones de tiempo y temperatura.

Para proponer el uso de un fumigante, se tienen en cuenta las propiedades básicas del mismo, como: peso molecular, densidad, punto de ebullición, límite de explosión, etc. Y otras características tales como: rango de plantas o productos sobre los que se puede aplicar, susceptibilidad de los insectos, grado de difusión, penetración y sorción, etc.

Además de conocer la efectividad de los procedimientos desarrollados sobre la plaga y las especies de plantas a ser tratadas es necesario conocer acerca de la estructura de las instalaciones de fumigación, aparatos necesarios para operar la dosificación, medición de la concentración de gas, medidas de seguridad y prevención, viabilidad económica de la instalación, etc.

Entre otros métodos de tratamientos cuarentenarios, están las pulverizaciones químicas, revestimientos químicos y la inmersión. En estos casos los biocidas o plaguicidas son usados frecuentemente para la desinfección de patógenos. La validación de estos químicos para tratamientos cuarentenarios es bastante acotada porque sus efectos son generalmente específicos solamente para un limitado grupo de especies de microorganismos patógenos.

Criterio del efecto de las fumigaciones cuarentenarios

Las fumigaciones cuarentenarias como un medio para evitar la dispersión de las plagas dentro de nuevos territorios deben ser completamente efectivas (100%) contra insectos o patógenos. La susceptibilidad de los insectos a la acción letal del tratamiento difiere de una especie a otra. Frecuentemente es difícil obtener un esquema de fumigación con un efecto del 100% de mortalidad

sobre todos los estadios de desarrollo del insecto. Por lo tanto la significancia cuarentenaria de una especie plaga deberá ser valorada antes por un análisis de riesgo de plagas para determinar el o los estadios que afectan el producto.

Modo de acción de un fumigante

El modo de acción, se refiere a la forma en que el producto (fumigante) ejerce su aptitud mortal sobre un organismo.

En el caso de los fumigantes, el gas penetra en los insectos, cualquier estadio de desarrollo, principalmente por el aparato respiratorio. En este caso está representado por los espiráculos (orificios respiratorios). Estos se sitúan en los laterales del cuerpo (en larvas pupas y adultos), en el caso de los huevos de insectos, los gases difunden a través de la membrana o corion.

En el caso del bromuro de metilo interfiere en la reacción de las enzimas respiratorias, bloqueando la misma y produciendo la muerte por asfixia.

Es conveniente aclarar que luego de un tiempo determinado si el insecto sigue con vida puede ingerir el producto, en otras formas, como residuos orgánicos al haberse dado reacciones químicas dentro del fruto, esta situación genera mortalidad por ingesta.

Esta última posibilidad representa una ventaja, durante un corto tiempo, de los fumigantes sobre los otros tipos de tratamientos, ya que el efecto del tratamiento no está limitado al momento de su aplicación.

Toxicidad

La mortalidad del insecto plaga varía de acuerdo al estadio de desarrollo del mismo, y a su nivel metabólico.

Existe una relación directa entre el metabolismo respiratorio de los insectos y su susceptibilidad a los fumigantes.

A partir de experiencias realizadas ya en el año 1932 por R. T. Cotton se sabe que la susceptibilidad de un insecto a un fumigante es influenciada por todo factor que afecte el grado metabólico del insecto.

Cualquier factor que incremente el grado metabólico, incrementa la susceptibilidad del insecto a la acción de un fumigante y viceversa.

Se conocen los factores que incrementan la susceptibilidad de los insectos a un fumigante, los tres más importantes son: un incremento en la temperatura, un incremento en el contenido de dióxido de carbono de la cámara de fumigación y una mezcla de ambos.

Cada estadio de desarrollo de un insecto tiene su grado metabólico específico. Esto se debe considerar para el desarrollo de un tratamiento. El estadio con menor grado metabólico es el menos susceptible a un fumigante.

Se han realizado muchos estudios acerca de la susceptibilidad en diferentes especies al Bromuro de metilo. En la Tabla 1 se muestran algunos ejemplos.

También con Fosfina se han realizado pruebas de

Tabla 1. Resultados de pruebas de susceptibilidad al Bromuro de Metilo.

Tratamiento	Fruto	Especie plaga	Estadio menos tolerante	Estadio mas tolerante
40 g/m ³ - 2 hs- 21 °C	Duraznos Ciruelas Pelones	<i>Rhagoletis completa</i> (Diptera)	Larvas del 1er y 2do estadio	Larvas del 3er estadio
40 g/m ³ - 2 hs- 15 °C	Cítricos	<i>Anastrepha fraterculus</i> (Diptera)	Larvas del 1er estadio	Huevos de 48 hs de edad
40 g/m ³ - 2 hs- 15 °C	Cítricos	<i>Ceratitidis capitata</i> (Diptera)	Larvas del 1er estadio	Huevos de 24 hs de edad
48 g/m ³ - 2 hs- 21 a 26 °C	frutales	<i>Maconellicoccus hirsutus</i> (Homoptera)	Protoninfa	Huevos
32 g/m ³ - 2 hs- 15 °C	Pimientos	<i>Anastrepha fraterculus</i> (Diptera)	Larvas del 1er estadio	Huevos de 48 hs de edad
48 g/m ³ - 2 hs- + de 21 °C	Duraznos Ciruelas	<i>Cydia pomonella</i> (Lepidoptera)	Larvas inmaduras	Huevos
32 g/m ³ - 2 hs- 23 °C	Manzana ceraza	<i>Laspeiresia pomonella</i> (Lepidoptera)	Larvas	Huevos

susceptibilidad. En la Tabla 2 se muestran algunas experiencias.

Balok en 1951, estudió la sensibilidad de los estadios de huevo y larva del tercer estadio de la "mosca oriental de los frutos" *Bactrocera dorsalis*. Se sometieron a prueba 53 fumigantes. El estadio de huevo de la mosca resultó ser el más tolerante a 26 tipos diferentes de fumigantes. Para 13 fumigantes la susceptibilidad de huevos y larvas resultó igual. Mientras que el tercer estadio larval se comportó como el más tolerante para el resto de los fumigantes.

Además evaluó la susceptibilidad de huevos de diferentes edades. En este caso los huevos de menor edad resultaron ser más tolerantes al Bromuro de metilo y al di-cloruro de etileno, mientras que para otros 5 fumigantes el huevo de más edad resultó ser el más tolerante.

Si bien existe una cierta generalidad en todas estas experiencias, es necesario realizar las pruebas de susceptibilidad para el desarrollo de un tratamiento cuarentenario con fumigantes.

Las pruebas de susceptibilidad plantean las exigencias básicas que tiene el estadio más tolerante de un insecto, referidas a: dosis de fumigante, tiempo de exposición y temperatura a la que se realiza el tratamiento.

Además de tener en cuenta la temperatura de fumigación, que se explicó tiene incidencia en la actividad metabólica del insecto, se consideran otros factores tales como:

Tamaño del fruto, este factor afecta la velocidad de penetración del fumigante en el interior del mismo, es decir incide en el tiempo de inicio de contacto con el organismo. En este sentido se realizan pruebas con

el estadio más tolerante para determinar si existen diferencias entre la mortalidad obtenida en frutos de diferentes tamaños. En el año 2001 M. Mizobuchi et. al. Realizaron evaluaciones en manzanas de diferente tamaño infestadas con la polilla *Carposina sasakii*, determinaron que la mortalidad de los huevos de la polilla resultaba inversamente proporcional al tamaño del fruto. Esta respuesta se observó a partir de un determinado tamaño de fruto.

Factores que afectan el proceso de fumigación

En el proceso de fumigación intervienen factores que afectan el efecto insecticida del fumigante, los cuales pueden actuar de modo independiente o interactuar. Dichos factores son:

- **Concentración del gas:** es directamente proporcional al efecto insecticida. En este punto cabe hacer una aclaración, cada estadio posee una CL (Concentración letal) es decir la medida justa que produce mortalidad, exagerar esta medida solo genera daños en el fruto.
- **Tiempo de exposición:** el tiempo de exposición hace referencia al tiempo de contacto del fumigante con la superficie del producto. El efecto insecticida de un fumigante aumenta con el incremento del tiempo de exposición. Exceder el tiempo de exposición aumenta el tiempo de contacto del fumigante con el producto y esto trae como consecuencia daños en la calidad. La mayoría de los tratamientos se inician con un tiempo mínimo de 2 horas.

Referido a esta variable existe un producto utilizado como medida del efecto mortal en el desarrollo de un tratamiento y es $C \times t$ (concentración por tiempo) estas dos variables combinadas se utilizan para establecer la intensidad mortal de un tratamiento. Los valores más usados de este producto están entre 80 y 120 g.h. /m³.

Tabla 2. Resultados de pruebas de susceptibilidad a la Fosfina.

Tratamiento	Fruto	Especie plaga	Estadio menos tolerante	Estadio mas tolerante
0,125- 0,25 g/m ³ - de 2 a 4 días	Pomelo	<i>Anastrepha ludens</i> (Diptera)	Larvas	Huevos y pupas
60 g/ 28,3 m ³ - 7 días- 17°C	Alfalfa, Sorgo, Cebollín	<i>Mayetiola destructor</i>	-	Pupas
0,5 g/m ³ - 14 días	Granos	<i>Sitophilus granarius</i>	-	Pupas
2 g/m ³ - 16 a 24 hs- 15°C	Fruta fresca	Lepidópteros	-	Huevos
2.800 ppm- 24 hs- 20°C	Naranjas Pomelos	<i>Ceratitis capitata</i>	Larvas inmaduras	Huevos

Su expresión matemática es $C \cdot t = K$

Donde:

C = Concentración

T = Tiempo de exposición

K = Constante (para cada esp

Donde:

C = Concentración (g/m³)

T = Tiempo de exposición

t = temperatura (°C)

K, n = Constante (para cada especie de insecto y fumigante)

• **Temperatura:** el efecto insecticida como ya dijimos aumenta con el incremento de la temperatura. Este efecto se cumple cuando el insecto está metabólicamente activo a esa temperatura. La inercia de la temperatura dura aproximadamente 24 horas, por lo que si el tratamiento se lleva a cabo a 21° C y en las horas previas al tratamiento su temperatura era de 12° C, por inercia el insecto responderá con un metabolismo correspondiente a los 12° C. Por esta razón en el diseño de un tratamiento se tendrá en cuenta la época de comercialización del producto.

• **Susceptibilidad del insecto plaga al fumigante:**

la susceptibilidad de las plagas al fumigante varía considerablemente entre las especies de insectos difiere entre los distintos estadios de desarrollo de una especie plaga.

Existe una escala de tolerancia a los fumigantes

como el Bromuro de metilo cuyos niveles son:

Susceptible: curculionidos (coleópteros), polillas del harina (lepidópteros)

Media: escarabajos de granos, gorgojos

Tolerante: escarabajo de la harina roja

En la Tabla 3 se muestra un ejemplo de la variación de la tolerancia en diferentes estadios de una especie de insecto.

Tabla 3. Valores de tolerancia al Bromuro de Metilo de diferentes estadios de insectos.

Especie de insecto	Adulto	Pupa	Larva	Huevo
Gorgojo de los granos	1	2.1	1.0	1.0
Escarabajo del harina	1	2.0	1.4	0.6
Gorgojo de la soja	1	-	-	0.9

Comparado con el estadio adulto como estándar el estadio de huevo es igual o menos susceptible que

este. Mientras que el estadio de pupa es hasta 2 veces más tolerante que el adulto.

• **Difusión:** Los gases existen en concentraciones diferentes en el espacio, se mueven desde lugares de mayor concentración a menor concentración. El gas depositado en un espacio cerrado se mueve en forma de masas de gas, este movimiento se produce en todas direcciones buscando igualar las concentraciones. La capacidad de difusión de un gas depende de: tipo de gas, diferencias de concentraciones, espacio disponible, presencia de otros gases, temperatura, grado de convección, etc. En los primeros momentos de una fumigación la difusión tiene valores altos mientras que a medida que la diferencia entre los gases existentes en el interior de la cámara es menor, la difusión se torna leve.

La difusión es rápida en condiciones similares al vacío, a altas temperaturas y en el espacio sin obstáculos, lo que permite el movimiento activo de las moléculas del gas.

La densidad del fumigante afecta la difusión. Algunos gases son menos densos que el aire y por lo tanto tienden a ocupar los espacios más altos de la cámara.

Con el fin de lograr la mayor homogeneidad del gas fumigante en la cámara es necesario el empleo de equipos (ventiladores) que movilicen las masas de gas.

• **Penetración:** es la capacidad del gas de introducirse en un espacio. En este caso sería el pasaje o introducción del gas en el producto tratado. La velocidad de penetración es afectada por el espacio existente entre las partículas del producto fumigado.

El bromuro de metilo tiene un gran poder de penetración por lo que el tiempo de exposición requerido es corto comparado con otros fumigantes.

• **Sorción y Desorción:** Adsorción: es la retención de líquidos o gases en la superficie de cuerpos sólidos, debido a una atracción entre las moléculas de la superficie del adsorbente y el fluido. Mientras que la Absorción: es la fijación de gases o humedad mediante líquidos o materias sólidas a través de reacciones químicas.

La suma de estos dos fenómenos adsorción y absorción se incluyen en el término sorción. La adsorción se lleva a cabo en tiempos relativamente

cortos, mientras que la absorción implica más tiempo.

Los productos adsorbentes son aquellos con superficies de polvos. Y los productos absorbentes son aquellos que tienen ingredientes que reaccionan con el fumigante, como productos ricos en proteínas, aceites, grasas y lípidos.

Existen otros factores que afectan el nivel de sorción, en la Tabla 4 se muestran algunos y sus efectos.

Tabla 4. Factores que afectan el nivel de sorción.

Factor	Principio
Tipo de fumigante	La sorción aumenta con el punto de ebullición.
Producto a fumigar	La sorción aumenta cuando el producto es rico en proteínas y grasas.
Humedad contenida en el producto	La sorción aumenta en igual proporción con el aumento en la cantidad de agua del producto.
Temperatura	La adsorción aumenta a bajas temperaturas y la absorción aumenta a altas temperaturas.
Concentración del gas	La sorción aumenta con altas concentraciones del gas fumigante.
Tiempo de exposición	La sorción aumenta con largos tiempos de exposición.
Presencia de otros gases	La sorción disminuye con la presencia de otros gases.

La desorción es el fenómeno inverso a la sorción. Se refiere a la salida del gas del interior del producto cuando se rompe el equilibrio de las concentraciones dentro y fuera del mismo.

• **Fugas:** las pérdidas del gas fumigante afectan la concentración del mismo en el interior de la cámara y disminuyen el efecto de la fumigación sobre la plaga.

Otros requisitos que se deben cumplir para llevar a cabo un proceso de fumigación con seguridad.

1- Hermeticidad: El recinto debe ser construido con un material impermeable e inalterable por el fumigante. Además debe ser capaz de resistir altas presiones interiores generadas por el gas fumigante durante su inyección. El cierre debe ser hermético y no permitir la fuga del gas.

2- Sistema de circulación interna: como ya se mencionó es necesario para asegurar la homogeneidad de gases en el interior un equipo de ventiladores que generen circulación y mezcla.

3- Sistema de inyección: para introducir el gas dentro de la cámara debe existir un dispositivo, seguro y preciso para la dosificación e inyección del gas.

4- Sistema de medición de la concentración del fumigante en el interior del recinto: es necesario tener un sistema de toma de muestras de la concentración del gas en diferentes áreas de la cámara, para verificar la homogeneidad de la misma.

5- Sistema de expulsión del fumigante: debe existir un equipamiento suficiente y capaz de expulsar fuera de la cámara el gas en la medida permitida de mezcla aire – fumigante.

6- Cumplir con los requisitos de seguridad: entre otras cosas la instalación debe tener: generador de energía eléctrica, sistema de iluminación interna, luz de advertencia, máscaras con circuito de aire abierto y cerrado, carteles y cintas de prevención, aislamiento del recinto, manómetro en U para medir la presión interna de la cámara.

7- Condiciones de fácil operatividad.

Daño por fumigación

El daño que aparece en un producto luego de la aplicación de una fumigación debe ser estudiado como se mencionó antes durante el diseño del tratamiento.

El tratamiento, más allá de cumplir efectivamente con la eliminación de un organismo nocivo, no debe alterar la calidad del producto y si así fuera, las alteraciones no deberán afectar la comercialización del producto.

Los factores que intervienen en la generación de daño en una fumigación son:

Dosis: cuando la dosis aplicada es superior a la

necesaria para generar el 100% de mortalidad, genera un exceso indeseado del fumigante en contacto con el producto.

Temperatura: Cuando la temperatura de fumigación difiere ampliamente de la temperatura a la que se transporta el producto, los cambios bruscos de la misma generan daño (frecuentemente por calentamiento). Otra posible causa de daño aparece en casos en los que la temperatura del tratamiento no se ha definido en un intervalo concreto y se tienen condiciones como "+ de 21° C".

Tiempo de exposición: Cuando el tiempo de exposición es sobrestimado, o no se cumple con lo pactado, genera una exposición exagerada y no evaluada del producto al fumigante.

Ventilación del producto: Una vez extraído el producto de la cámara debe permanecer como mínimo durante una hora ventilándose para dar lugar al proceso de desorción. Si esto no ocurre el gas queda atrapado en el embalaje o carpa y el contacto del fumigante con el producto continúa.

Grado de sorción: Cuando el grado de sorción es muy alto ocurren reacciones químicas que dan lugar a la formación de compuestos estables que permanecen dentro del producto como residuos y a su vez generan cambios en sabor y textura, también considerados daño.

Varietades susceptibles: existen variedades y especies de frutos que son susceptibles a los fumigantes. Esto depende de la composición química del producto, de su estructura, etc.

Bromuro de Metilo

El B.M. es un fungicida, herbicida, insecticida altamente tóxico y el más usado en el mundo. Se emplea como fumigante de suelos en la producción de cultivos de "alto valor" tales como tomate, pimiento, frutillas, tabaco, flores, destinados al consumo interno y a la exportación. Se utiliza también para proteger granos almacenados y en cuarentenas agrícolas. Este fumigante combate eficazmente una amplia gama de plagas incluidos los insectos,

malezas y microorganismos patógenos. Sin embargo el bromuro de metilo tiene repercusiones serias sobre el ambiente.

Si bien el Bromuro de metilo es una sustancia que dura menos que los clorofluorocarbonados (CFC s), destruye las moléculas de ozono a un ritmo 50 veces superior que los CFC s.

Por esta razón se incluyó al B.M. dentro de una lista de sustancias controladas por el Protocolo de Montreal recién en 1992, en la llamada Enmienda de Copenhague. En 1995 los países industrializados dejaron fijada su disposición de interrumpir la producción y el consumo de B. M. para el año 2005. Las naciones en desarrollo no se comprometieron con este calendario de eliminación debido a la importancia de esta sustancia química para sus economías agrícolas. Sin embargo, en 1997 se acordó la eliminación total de B. M. para el año 2015.

En este marco la Argentina ha decidido no permitir su uso para desinfección de suelos más allá del 2007.

Tabla 5. Propiedades del bromuro de metilo

Propiedades	
Nombre químico	Bromuro de metilo, Bromometano, Bromometilo
Formula química	CH ₃ Br
Peso molecular	94,95 g.
Densidad relativa del gas	3,3 (0°C) (Presión at= 1)
Punto de ebullición	3,6 °C
Punto de fusión	- 93 °C
Temperatura de ignición	535 °C
Solubilidad en agua	13.4 g/l. Fácilmente soluble en alcohol, éter, cloroformo, etc.
Aspecto general	gas incoloro, con leve olor a cloroformo

Características del Bromuro de Metilo como fumigante

- Relativamente alta acción insecticida a bajas temperaturas.
- Bajo punto de ebullición, esto lo hace utilizable a bajas temperaturas.
- Alto poder de penetración.
- Poco inflamable y no explosivo.
- Gas no corrosivo de metales. En forma líquida

reacciona con el aluminio.

- Relativamente poco fitotóxico.
- Alta toxicidad para los mamíferos.

Efectos de una fumigación con bromuro de metilo

Las fumigaciones en granos y madera están prácticamente libres de daños químicos. Sin embargo en productos frescos como frutas, vegetales y plantas ornamentales se pueden encontrar daños por reacciones químicas.

La aparición de daños por fumigación difiere con las distintas especies de plantas, con las partes de ellas, pero generalmente se observan los siguientes tipos de síntomas:

En frutas frescas: decoloración del tegumento, aparición de arrugas o pliegues, manchado y puntuaciones, oscurecimiento de la pulpa, pudrición, pobre maduración, ablandamiento, disminución de la acidez, olor y sabor anormal.

En el caso de la decoloración, en general a medida que avanza la maduración de un fruto, se pueden reconocer escalas de colores. Cuando existe un daño por B.M. la escala de cambios de coloración es interrumpida con la aparición de colores amarronados, o decoloraciones opalinas. En cuanto al sabor se sabe que en el caso de los cítricos existe una pérdida de la acidez, muy notoria cuando las concentraciones de B.M. son elevadas.

En vegetales: decoloración, manchado, marchitamiento, ablandamiento, pudrición, mal sabor y olor anormal.

Las frutas y vegetales usualmente exhiben los síntomas entre uno y tres días después de la fumigación. En casos muy severos aparece el daño inmediatamente después de la fumigación.

Según la tolerancia de algunos productos al bromuro de metilo se han establecido las siguientes categorías:

1- Susceptibles: chirimoya, lima, banana, mango, papaya, lechuga, palta, pimienta y espinaca.

2- Variables: pomelo, kiwi, nectarinos, limón, naranja, manzana, melón, tomate, soja.

3- Tolerantes: cereza, frambuesa, nuez.

Ventajas y desventajas del Bromuro de metilo

Ventajas:

- Amplio rango de control de plagas.
- Amplio rango de productos tolerantes.
- Cortos tiempos de exposición.
- Fácil manejo.
- Bajo costo de implementación.

Desventajas:

- Degrada la capa de ozono
- Tóxico para humanos y animales
- Genera residuos tóxicos

Tratamientos desarrollados con Bromuro de metilo

Existen numerosas experiencias de tratamientos desarrollados en todo el mundo sobre fumigaciones con bromuro de metilo.

A continuación se muestran en la Tabla VI algunos ejemplos de tratamientos desarrollados y aprobados por países para, exportación o comercialización interna.

La EEAOC ha trabajado intensamente en el desarrollo de tratamientos con bromuro de metilo a diferentes temperaturas para productos frutihortícolas de interés regional. A continuación se citan los tratamientos desarrollados por la EEAOC y aprobados por SENASA, vigentes a la fecha.

Tabla 6. Tratamiento con bromuro de metilo, desarrollado por la EEAOC y aprobado por SENASA.

Especies	Temperatura	Dosis	Tiempo de exposición
Pomelo			
Mandarina	15°C o más	48 gr /m ³	4 horas
Naranja dulce			
Pomelo			
Mandarina	15° C o más	56 gr /m ³	3 horas
Naranja dulce			
Naranja agria	16°C o más	48 gr /m ³	4 horas
Naranja agria	16°C o más	56 gr /m ³	3 horas
Membrillo	16°C o más	48 gr /m ³	4 horas
Membrillo	16°C o más	56 gr /m ³	3 horas
Pimienta	16°C o más	32 gr /m ³	2 horas
Arándanos	15,6°C o más	32 gr /m ³	3,5 horas

En el último decenio, la producción de arándanos del país y de Tucumán en especial se incrementó de manera notoria. El principal destino de esa producción es la exportación a Estados Unidos de América (EUA) como fruta fresca. Debido a la presencia de moscas de los frutos (*Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus*) en nuestras regiones, dicho país exige tratamientos cuarentenarios con frío o fumigaciones con bromuro de metilo. Este último tratamiento debía realizarse a temperaturas iguales o superiores a los 21°C., lo que impactaba negativamente en la calidad comercial de la fruta. Ante esta situación, la sección Zoología Agrícola de la EEAOC inició los estudios tendientes a modificar la temperatura del tratamiento.

Luego de dos años de investigaciones y previa auditoria de técnicos de APHIS, se logró desarrollar un nuevo tratamiento que disminuyó un 25% la temperatura inicial del tratamiento, manteniendo constantes los parámetros de dosis y tiempo de exposición.

En un primer momento, dicho tratamiento fue aprobado por APHIS para arándanos provenientes de Argentina y Uruguay. En la actualidad es válido para arándanos de cualquier de país.

Parámetros	Temperatura	Dosis	Exposición
Tratamiento antiguo	21°C o más	32 gr/m ³	3,5 hs
Tratamiento vigente	15,6°C o más	32 gr/m ³	3,5 hs

Treatment Schedules T100 - Schedules for Fruit, Nuts, and Vegetables
T101—Methyl Bromide Fumigation

T101-i-1-2

Blueberry



Lobesia botrana (European grapevine moth) has been added to this treatment schedule as the result of an emergency action required by PPQ in order to mitigate the pest risk. The emergency action is an interim measure and is pending final regulatory approval. (Federal Order DA-2013-56)

Pest: *Ceratitis capitata* (Mediterranean fruit fly), *Anastrepha fraterculus* (South American fruit fly), and *Lobesia botrana* (European grapevine moth)

Treatment: T101-i-1-2 MB at NAP—chamber

Temperature	Dosage Rate (lb/1000 ft ³)	Exposure Period
60 °F or above	2.0 lbs	3.5

Bibliografía recomendada

Anónimo. 1996. Textbook of Plant Quarantine Treatments. Plant Protection Division. Agricultural Production Bureau. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. 178pp.

Anónimo. 1998. Theory & Practice of Plant Quarantine Treatments. Japan Plant Quarantine Association.190pp.

Anónimo. 2001. Manual para la Habilitación de Directores Técnicos y Operadores de Cámaras de

Fumigación con Bromuro de metilo. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria- (SENASA), Fundación Barrera Zofitosanitaria Patagónica- (FUNBAPA), Instituto de Sanidad y Calidad Agropecuaria de Mendoza- (ISCAMEN), Dirección de Sanidad Vegetal- Provincia de San Juan. 122pp.

Anthon, E. W. ;H. R. Moffitt ; H. M. Couey & L. O. Smith. 1975. Control of Codling Moth in Harvested Sweet Cherries with Methyl Bromide and

Effects upon Quality and Taste of Trated Fruit. J. Econ. Entomol. 68(4): 524- 526.

Armstrong, J. W. & H. M. Couey. 1984. Methyl Bromide Fumigation at 30°C for California Stone fruits Infested with The Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 77(5): 1220- 1232.

Armstrong, J. W. & D. L. Garcia. 1985. Methyl Bromide Quarantine Fumigations for Hawaii- grown

Cucumbers Infested with Melon Fly and Oriental Fruit Fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 78(6): 1308- 1310.

Balock, J. W. 1951. Toxicity of Various Compound as Fumigants to Eggs and Larvae of the Oriental Fruit Fly. *J. Econ. Entomol.* 44(5): 657- 659.

Benschoter, C. A. 1979. Fumigation of Grapefruit with Methyl Bromide for Control of *Anastrepha suspensa*. *J. Econ. Entomol.* 72(3): 401- 402.

Bond, E. J. 1975. Control of Insects with Fumigants at Low Temperatures: Response to Methyl Bromide Over the Range 25°C to -6.7°C. *Econ. Entomol.* 68(4): 539- 542.

Cotton, R. T. 1932. The relation of Respiratory Metabolism of Insects to Their Susceptibility to Fumigants. *J. Econ. Entomol.* 25: 1088- 1103.

Cowley, J. M.; R. T. Baker; K. G. Englberger & T. G. Langi. 1991. Methyl Bromide Fumigation of Tongan Watermelons Against *Bactrocera xanthodes* (Diptera: Tephritidae) and Analysis of Quarantine Security. *J. Econ. Entomol.* 84(6): 1763- 1767.

Gaunce, A. P.; H. F. Madsen & R. D. McMullen. 1981. Fumigation with Methyl bromide to Kill Larvae and Eggs of Codling Moth in Lamber Cherries. *J. Econ. Entomol.* 74(2): 154- 157.

Katayama, M.; K. Mizutani; H. Kishino; S. Yabuta; H. Matsuura & I. Tomita. 2001. Mortality Tests for Kanzawa Spider Mite, Six Spotted Mite, Tropical Citrus Aphid and Citrus Psylla on *Satsuma Mandarins* by Methyl Bromide Fumigation. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* N° 37: 27- 33.

Leesch, J. G.; J.S. Tebbets; D. M. Obenland; P. V. Vail & J. C. Tebbets. 1999. Dose- Mortality and Large-scale Studies for Controlling Codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae) Eggs on d' Agen Plums by using Methyl Bromide. *J. Econ. Entomol.* 92(4): 988- 993.

Maindonald, J. H. B. C. Waddell & D. B. Birtles. 1992. Response to Methyl Bromide Fumigation of Codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae) Eggs on Cherries. *J. Econ. Entomol.* 85(4): 1222- 1230.

Mizobuchi, M.; Y. Tsuchiya, T. Dohino, T. Misumi, H. Naito, T. Takano, M. Tanno, Y. Soma, N. Matsumoto, M. Sayito, M. Hisakata, T. Imamura & F. Kawakami. 2001. Reliability of CT Products in Varieties of Perishable Commodities Fumigated with Methyl bromide. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* N° 37: 1- 7.

Moffitt, H. R.; J. B. Fountain; P. L. Hartsell & D. J. Albano. 1983. Western Cherry Fruit fly (Diptera: Tephritidae): Fumigation with

Methyl Bromide at Selectes fruit Temperatures. *J. Econ. Entomol.* 76(1): 135- 138.

Servicio Nacional de Sanidad Agroalimnetaria (SENASA). 2014. Resolución de Presidencia de SENASA N° 472/14

Soma, Y.; T. Akagawa; T. Misumi & F. Kawakami. 2001. Control of Western Flower Thrips in Strawberry Nurseries with Methyl Bromide. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* N° 37: 35- 38.

Tebbets, J. S., P. L. Hartsell & D. Nelson & J. C. Tebbets. 1983. Methyl bromide Fumigation of Mediterranean Fruit Fly: Concentrations, Sorption, and Residues. *J. Agric. Food. Chem.* 31(2): 247- 249.

Yokoyama, V. Y. G. T. Miller; P. L. Hartsell & J. G. Leesch. 2000. Large- Scale, On- Site Confirmatory, and Varietal Testing of Methyl Bromide Quarantine Treatment to Control Codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae) in nectarines Exported to Japan. *J. Econ. Entomol.* 93(3): 1025- 1030.

Zettler, J. L. ; P. A. Follett & R. F. Gill. 2002. Susceptibility of *Maconellicoccus hirsutus* (Homoptera: Pseudococcidae) to Methyl Bromide. *J. Econ. Entomol.* 95(6): 1169- 1173.