

## **Informe sobre la marcha de las actividades del Comité de Opciones Técnicas sobre el metilbromuro**

Un resumen del Informe sobre la marcha de las actividades (mayo de 2005) del Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica

Traducido al Español de acuerdo con la Decisión XVI/8 de la 16ª Reunión de las Partes en el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono (Praga, 22 a 26 de noviembre de 2004)

# **1 Informe del Comité de Opciones Técnicas sobre el metilbromuro (COTMB) acerca de la marcha de los trabajos**

Esta sección, relativa al metilbromuro, contiene información actualizada sobre las tendencias de la producción y el consumo de metilbromuro, y en ella se informa sobre los progresos en el desarrollo y la adopción de alternativas. Se aporta también información preliminar sobre la situación de inscripción de varias alternativas en cumplimiento parcial de lo dispuesto en los apartados i) y j) del párrafo 9 de la decisión Ex.I/4.

## **1.1 Información actualizada sobre producción y consumo de metilbromuro**

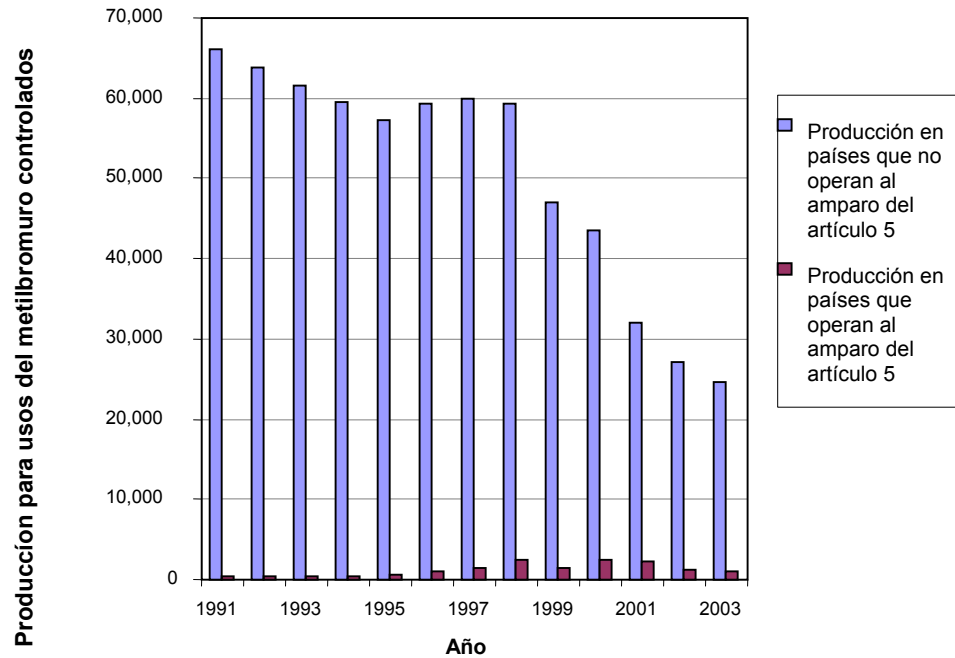
En esta sección se aporta información actualizada sobre la producción y el consumo de metilbromuro, recopilada en la base de datos de la Secretaría del Ozono sobre consumo y producción de metilbromuro hasta abril de 2005 (Secretaría del Ozono, 2005). La mayoría de Partes han presentado datos correspondientes a 2003 y se cuenta con muchos más datos sobre el metilbromuro que antes. En los pocos casos en que existen lagunas en los datos se ha supuesto que se aplican los datos correspondientes al año anterior.

### *1.1.1 Tendencias de la producción*

Las tendencias de la producción mundial declarada de metilbromuro para todos los usos controlados (excepto para aplicaciones de cuarentena y previas al envío y como materia prima) se indican en la figura 7-1. La producción de metilbromuro para usos controlados en 2003 fue de unas 25.540 toneladas métricas, equivalentes al 38% del nivel de producción de 1991 (66.430 toneladas). Datos extraoficiales indican que la producción se ha reducido aún más desde 2003. Puede que la utilización efectiva para usos controlados haya estado por encima o debajo de la producción declarada de resultados de cambios en las existencias de metilbromuro.

*Figura 7-1: Tendencias históricas de la producción mundial declarada de metilbromuro para todos los usos controlados, excluidas las aplicaciones de cuarentena y previas al envío y como materia prima, 1991a 2003 (toneladas métricas)*

Los datos correspondientes a 1991 y al período 1995-2003 se tomaron de la base de datos de la Secretaría del ozono en abril de 2005. Los datos correspondientes al período 1992-1994, aproximados por el COTMB, proceden de otras fuentes.



Los países que no operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 redujeron su producción controlada de unas 66.000 toneladas en 1991 (nivel básico) a menos de 24.580 toneladas en 2003. La producción de estos países ascendió a un 37% del nivel básico en 2003; esto incluyó la producción para uso en países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5. Los países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 redujeron su producción controlada de un máximo de más de 2,380 toneladas en 1998 a 960 toneladas aproximadamente en 2003. La producción al amparo del párrafo 1 del artículo 5 ascendió a un 70% del nivel básico en 2003 (nivel básico 1.375 toneladas, promedio correspondiente a 1995-98).

En la evaluación del COTMB de 2002 (COTMB 2003, cuadro 3.2) se publicó una lista de las instalaciones de producción de metilbromuro conocidas. En 2003 se produjo metilbromuro para usos controlados en dos países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 (China y Rumania) y cuatro países que no operan al amparo de dicho párrafo (Francia, Israel, Japón y los EUA). Según se informó, varios otros países producían metilbrouro únicamente para aplicaciones de cuarentena y previas al envío.

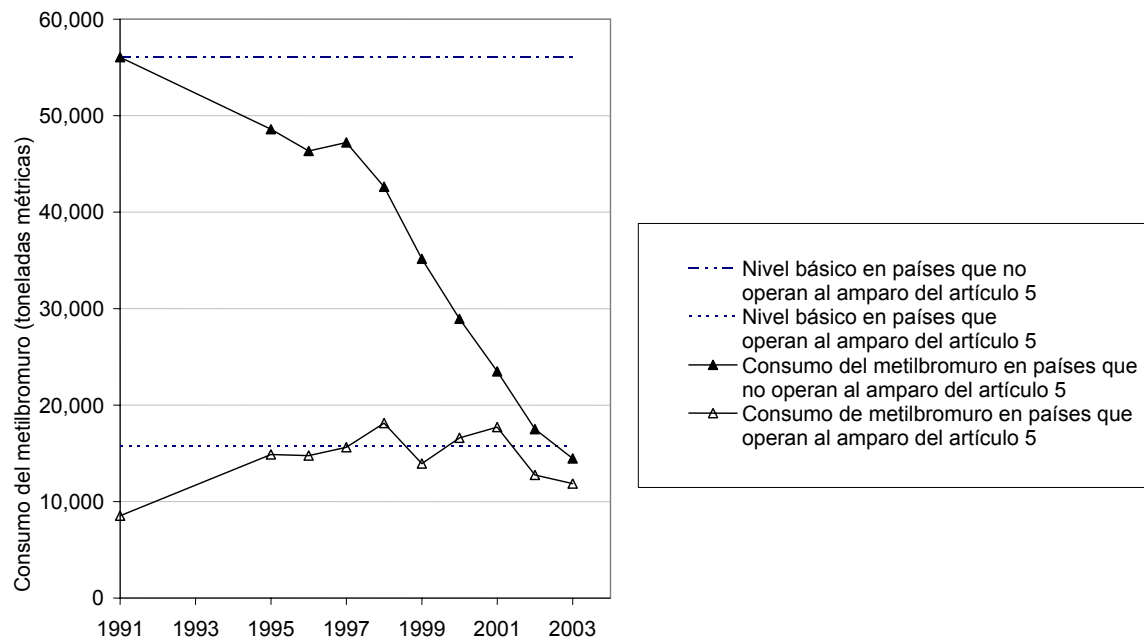
### 1.1.2 *Consumo mundial*

Según el Protocolo, por consumo a nivel nacional se entiende la producción más las importaciones menos las exportaciones de metilbromuro, menos el metilbromuro para aplicaciones de cuarentena y previas al envío y como materia prima, es decir, el suministro nacional de metilbromuro para los usos controlados por el Protocolo (esto es, como fumigante no para aplicaciones de cuarentena y previas al envío). Cabe tener presente que los usos de metilbromuro de existencias producidas antes de la eliminación gradual no se comunican a la Secretaría del Ozono. Algunos países han revisado o corregido sus datos de consumo histórico, de resultas de lo cual los niveles básicos y las cifras oficiales han cambiado de vez en cuando. Con todo, las correcciones son, en general, relativamente pequeñas. El consumo mundial estimativo de metilbromuro para usos controlados fue de 64.565 toneladas en 1991 y se mantuvo por encima de 60.000 a 63.000 toneladas hasta 1998. Sobre la base de los datos que obraban en poder de la Secretaría del Ozono en abril de 2005 se estimó que el consumo mundial fue de 45.527 toneladas en 2000 y que bajó a 26.336 toneladas en 2003.

En la figura 2 se indican los niveles básicos y las tendencias del consumo de metilbromuro en las regiones que no operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 y de las que sí operan al amparo de él correspondientes al período comprendido entre 1991 y 2003. Para 2003 el consumo no al amparo del párrafo 1 del artículo 5 equivalía al 26% del nivel básico (el nivel básico era de 56.043 toneladas en 1991). Para 2003, el consumo al amparo del párrafo 1 del artículo 5 ascendía al 75% del nivel básico (el nivel básico era de 15.765 toneladas, el promedio correspondiente a 1995-1998).

*Figura 7-2: Niveles básicos y tendencias del consumo de metilbromuro declarado en las regiones que no operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 y en las regiones que sí operan al amparo de él, 1991 – 2003 (toneladas métricas)*

Fuente: Estimaciones del COTMB calculadas a partir de datos de la Secretaría del Ozono de abril de 2005

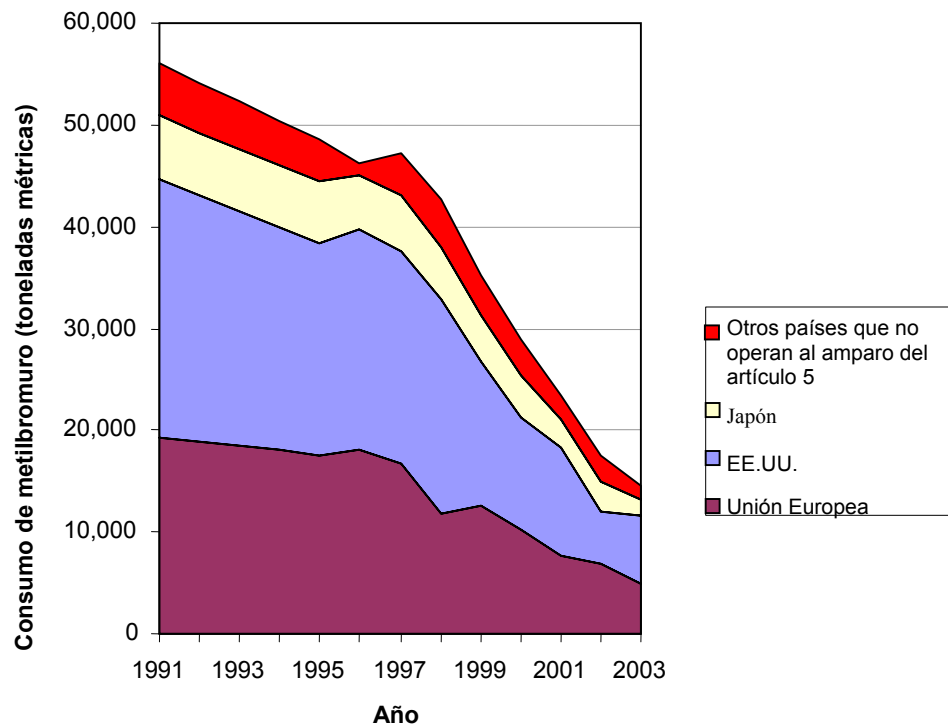


1.1.3 *Tendencias del consumo en las regiones que no operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5*

En las regiones que no operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5, el consumo de metilbromuro controlado se redujo de 56.043 toneladas en 1991 a 14.478 toneladas en 2003 (figura 7-3). Para 2003, las tres Partes que consumían la mayor cantidad de metilbromuro (EUA, Japón y la Unión Europea) habían reducido su consumo nacional al 26%, 25% y 23% de sus respectivos niveles básicos nacionales. El calendario del Protocolo de Montreal permitía hasta un 30% del nivel básico en 2003, o sea que estos países estaban bastante por debajo del límite de cumplimiento.

*Figura 7-3: Tendencias del consumo de metilbromuro en las tres mayores Partes que no operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5, y otros países/regiones que no operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5, 1991-2003 (toneladas métricas)*

Fuente: Datos de la Secretaría del Ozono de abril de 2005



1.1.4 *Tendencias del consumo en las regiones que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5*

El consumo de metilbromuro en las regiones que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5, calculado a partir de datos de la Secretaría del Ozono, alcanzó un máximo de 18.140 toneladas en 1998 y disminuyó a 11.858 toneladas en 2003 (figura 7-2).

Muchos países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 lograron reducciones apreciables del metilbromuro para 2003:

- El consumo total al amparo del párrafo 1 del artículo 5 en 2003 estuvo un 25% por debajo del nivel básico.
- 106 Partes que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 comunicaron un consumo de metilbromuro de cero a diez toneladas PAO en el año más reciente (2003 en la mayoría de casos). De éstas, 82 comunicaron un consumo nulo.
- Muchos países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 están ejecutando proyectos del Fondo Multilateral para reducir o eliminar el metilbromuro totalmente. Entre ellos figuran 14 de los 15 mayores países consumidores de metilbromuro que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 (esto es, los países que consumieron más de 300 toneladas

métricas en 2000). La excepción es Sudáfrica, que está preparando un proyecto FMAM para la eliminación gradual del metilbromuro.

Los datos de la Secretaría del Ozono indican que la abrumadora mayoría de países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 que han ratificado la enmienda de Copenhague alcanzaron el estado de cumplimiento de la congelación en 2002. Según los datos de consumo de metilbromuro comunicados respecto de 2003, la mayoría de países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 se hallan camino de cumplir la etapa de reducción del 20% en 2005. El análisis de los datos de la Secretaría del ozono (cuadro 7-1 *infra*) indica que, para 2003, el consumo de metilbromuro en 117 países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 era inferior al 80% del nivel básico nacional. El cuadro indica que los países han logrado reducciones importantes con antelación a la etapa de reducción del 20% requerida en 2005. Sólo 25 países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 consumieron más del 80% del nivel básico nacional en 2003.

*Cuadro 7-1: Análisis del consumo nacional de metilbromuro (en 2003) comparado con los niveles básicos nacionales*

Análisis de la Secretaría del Ozono de los datos de abril de 2005 correspondientes a 142 países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5.

<b>Situación nacional en 2003</b>	<b>Número de países que operan al amparo del párr. 1 del artículo 5</b>
Consumo de metilbromuro del 0% del nivel básico nacional	87
Consumo de metilbromuro del 1 al 50% del nivel básico nacional	19
Consumo de metilbromuro del 50 al 80% del nivel básico nacional	11
Consumo de metilbromuro del más del 80% del nivel básico nacional	25

#### *1.1.5 Información sobre el comercio perjudicial de metilbromuro*

El COTMB no pudo acabar la evaluación del comercio perjudicial de metilbromuro solicitada en el apartado a) del párrafo 9 de la decisión Ex.I/4, porque sus actuales miembros carecen de los conocimientos especializados sobre cuestiones de comercio, delitos ecológicos, códigos y procedimientos aduaneros y otros temas técnicos necesarios para realizarla. El COTMB pide pues respetuosamente que el GETE, constituido en comité o grupo de tareas, responda exhaustivamente a esta solicitud de las Partes en su informe de 2006. El GETE puede hacer participar a expertos pertinentes de gobiernos nacionales y regionales, la DTIE del PNUMA, organizaciones encargadas del

comercio y la delincuencia internacionales, ONG que se ocupan de delitos ecológicos y organizaciones agrícolas que se interesan por la calidad de los alimentos y el comercio leal. Los expertos que se ocupan de las cuestiones de comercio perjudicial o ilícito de otras SAO podrían desempeñar una función útil compartiendo experiencias y ayudando a orientar la labor del GETE.

## **1.2 Información actualizada sobre las alternativas en el sector de los suelos**

Muchos sectores han logrado las reducciones necesarias del metilbromuro adoptando fumigantes alternativos, como mezclas de fumigantes (por ejemplo 1,3-D/Pic) o fumigantes de aplicación sucesiva (por ejemplo 1,3-D y pic; pic o 1.3-D/Pic y luego metam sodio) (Trout y Damodaran, 2004; Spotti, 2003, 2004). En algunos casos han adoptado combinaciones de tratamientos químicos y no químicos, como plantas injertadas y fumigantes (por ejemplo injertos de berenjena y 1,3-D o Pic) (Spotti, 2003, 2004). Las alternativas no químicas como los sustratos han sido adoptadas en menor grado que las alternativas químicas. Hay un interés renovado en combinar fumigantes alternativos con películas de barrera de baja impermeabilidad (películas prácticamente impermeables o equivalentes), porque esto puede incrementar la eficacia y/o hacer posible reducir las dosis de las alternativas que se prevé emplear (Ajwa y otros, 2004), lo que acorta el intervalo entre la aplicación y la replantación y reduce las exposiciones en los alrededores y el impacto ambiental.

Las estrategias de transición pueden reducir la cantidad de metilbromuro empleada por unidad de superficie de suelo, por ejemplo mediante utilización de mezclas de metilbromuro y cloropicrina y/o dosis reducidas de metilbromuro adoptando películas de barrera de baja impermeabilidad (por ejemplo, películas prácticamente impermeables o equivalentes) (Gilreath y otros, 2005; Gullino y otros, 2003; Reuven y otros, 2000; Navas-Becerra y otros, 2000; Hamill y otros, 2004). Estas estrategias de transición han sido ampliamente adoptadas y han ayudado a las Partes a reducir las cantidades de metilbromuro empleadas para cumplir los requisitos en materia de ‘usos críticos’. Con todo, el estado de California en los EUA prohíbe el empleo de películas prácticamente impermeables debido a preocupaciones en torno a la posible exposición de los trabajadores al metilbromuro durante la plantación de las plántulas o la remoción de la película (California Code of Regulations, Título 3, Section 6450(e)). El empleo de películas de barrera de baja permeabilidad (por ejemplo, películas prácticamente impermeables o equivalentes) es obligatorio en los 25 países miembros de la Unión Europea (Reglamento CE 2037/2000).

Un número cada vez mayor de estudios de investigación (indicados más adelante) están poniendo de relieve que formulaciones nuevas o modificadas de fumigantes y nuevos métodos de aplicación de fumigantes producen rendimientos parecidos al metilbromuro en diversas situaciones. En muchos

casos, esto ha entrañado un cambio en las prácticas de cultivo, como intervalos más largos entre la aplicación y la replantación y una mayor conciencia de las condiciones del suelo, que mejoran la eficiencia de las alternativas, y la modificación de la maquinaria de aplicación. Estas modificaciones pueden traer consecuencias económicas. En general, la adopción de fumigantes alternativos ha sido facilitada por importantes estudios de ampliación a escala comercial y demostraciones sobre el terreno para que los cultivadores se familiaricen con prácticas de alteración de suelos y gestión de cultivos. En varios casos, las industrias fuertemente dependientes del metilbromuro han dejado de usarlo casi por completo para recurrir a fumigantes químicos alternativos (por ejemplo en la producción de tomates y pimientos en Australia). Las principales alternativas adoptadas se reseñan a en las secciones siguientes.

### *1.2.1 Alternativas químicas adoptadas en la práctica comercial*

#### ***Cloropicrina***

Debido a su notable actividad fungicida, la cloropicrina (Pic) continúa siendo desarrollada y adoptada como uno de los principales componentes de las estrategias de fumigación con sustancias para sustituir el metilbromuro. Tradicionalmente ha sido inyectada en los suelos mezclada con metilbromuro, pero nuevos métodos de aplicación han mejorado su uso como alternativa al metilbromuro aplicada sola o con otros productos (por ejemplo 1,3-D/Pic, o Pic y luego metam sodio).

El examen de estudios sobre el sector de la fresa puso de relieve que el rendimiento relativo medio de la cloropicrina aplicada con inyectores de tubo era de 98%, 104% y 101% comparado con el del metilbromuro de 100%, en los EUA, España y Australia respectivamente. La cloropicrina aplicada por goteo produjo un rendimiento relativo medio del 104% en comparación con un promedio de 100% del metilbromuro en cinco estudios en los EUA (Porter y otros, 2004a). La cloropicrina aplicada bajo películas prácticamente impermeables en dosis de 100 kg/ha produjo rendimientos parecidos al del metilbromuro, en tanto que en dosis de 150 kg/ha produjo rendimientos estadísticamente más altos que el metilbromuro (López-Aranda y otros, 2004; De Cal y otros, 2004).

Hace poco se ha puesto a punto una formulación de cloropicrina encapsulada en China. Una parte importante del metilbromuro consumido en China actualmente es aplicada por pequeños agricultores con sistemas de aplicación sencillos y botes de metilbromuro desechables, generalmente de unos 500g. La formulación encapsulada es fácil de aplicar sin herramientas especiales.

La formulación de cloropicrina ha estado inscrita en China desde 2002 y es objeto de empleo comercial como alternativa al metilbromuro.

En los EUA, Italia y el Japón se inscribieron formulaciones de cloropicrina emulsionables hace varios años (Triagriberia 2002). Estas formulaciones están demostrando ser una alternativa adecuada al metilbromuro en los sistemas de producción de cultivos que se pueden regar por goteo a fin de facilitar la producción y en tipos de suelos en los que el fumigante puede circular sin dificultad. Por ejemplo, la cloropicrina emulsionable ha sido adoptada como alternativa al metilbromuro por algunos productores de fresas de Italia (VDPI, 2004). Esta formulación se puede aplicar por riego/fertigación de las líneas de goteo, lo que hace innecesario el equipo de inyección y además permite emplear cloropicrina como alternativa al metilbromuro en algunas situaciones en que no es posible emplear equipo de inyección.

### ***Cloropicrina y fostiazato***

En el Japón, el tratamiento de suelos mediante aplicaciones sucesivas de cloropicrina y una formulación granulada de fostiazato se ha popularizado entre los cultivadores de hortalizas que antes empleaban metilbromuro. El fostiazato (Nematorin-Ace®) está inscrito para luchar contra los nematodos como tratamiento previo a la plantación. La cloropicrina es más efectiva contra los hongos que los nematodos. El fostiazato complementa la actividad y permite luchar contra un espectro más amplio de plagas. En uno de los sistemas empleados los gránulos de fostiazato se aplican a la superficie del suelo y luego se incorporan en él. Acto seguido, éste se ara y prepara para la plantación de las plántulas. A continuación se aplica la cloropicrina bajo película de plástico y esta cobertura se mantiene durante diez días como mínimo. Las plántulas se trasplantan tras su remoción. Esto se puede hacer con sistemas de cultivo a campo abierto o protegido. Se emplea a menudo en el cultivo de boniatos con protección. Este método ahorra trabajo y aumenta la eficiencia del tratamiento porque hay muchas menos posibilidades de contaminación con suelo no tratado al no ararse la tierra antes de la trasplantación. Un método de aplicación alternativo consiste en aplicar primero la cloropicrina bajo plástico. Una vez quitado el plástico, la tierra se ara para que se pueda desgasificar el fumigante residual. En este momento los gránulos de fostiazato se incorporan en el suelo. Este método se aplica generalmente en sistemas de cultivo a campo abierto. Se aplica a plantas sensibles a la cloropicrina, como el tomate y la fresa, porque la cloropicrina se desgasifica suficientemente (Tataya y Mizobuchi, 2005).

### ***Cloropicrina y cadusafos***

El cadusafos es alternativa efectiva para luchar contra los nematodos e insectos del suelo. En el Japón la cloropicrina y el cadusafos se aplican sucesivamente, al igual que la cloropicrina y el fostiazato. Este tratamiento

combinado se está popularizando entre los agricultores que cultivan hortalizas (Tateya y Mizobuchi, 2005)

### ***1,3-dicloropropeno y cloropicrina***

Existen formulaciones de 1,3-D mezclado con cloropicrina inscritas en varios países, como los EUA, España, Australia, Portugal, el Líbano, Chile, Cuba, Marruecos, Colombia y Costa Rica (Norton, 2004; Dow AgroSciences, 1998, 2001; Shanks y otros, 2004; Carrera y otros, 2004; UNIDO, 2005b; PNUD, 2005). La aceptación del 1,3-D y la cloropicrina como alternativas a metilbromuro/Pic ha continuado aumentando, en particular para algunos cultivos como fresas, melones y claveles. Por ejemplo, para agosto de 2004 en Italia una importante empresa de fumigación con metilbromuro había sustituido este producto por 1,3-D/cloropicrina en unas 2.000 explotaciones con una superficie equivalente al 45% de las zonas agrícolas en que la empresa había aplicado metilbromuro en años anteriores (Spotti, 2004).

Un examen de estudios realizados en el sector de la fresa en los EUA puso de relieve que el rendimiento relativo medio de fruta era de 101% con 1,3-D/Pic aplicados con inyectores de tubo y de 108% por término medio cuando 1,3-D/Pic se aplicaban mediante riego por goteo, en comparación con un promedio de 100% del metilbromuro; el rendimiento medio era apreciablemente más bajo en los controles sin tratamiento. Un examen parecido de estudios sobre la fresa en Australia y España demostró también que 1,3-D/Pic proporcionaban rendimientos medios más altos que el metilbromuro (Porter y otros, 2004a). En España los resultados de estudios realizados en explotaciones agrícolas durante varios años indicaron que la respuesta agronómica a 1,3-D/Pic (61:35) era similar al conseguido con metilbromuro/Pic (50:50) en el cultivo de fresas (López-Aranda y otros, 2004). El aumento de los gastos de lucha contra las plagas, en particular durante la transición, en la que tal vez los agricultores y aplicadores necesiten aprender técnicas nuevas, puede ser compensado por pequeños aumentos del rendimiento de las cosechas.

Se ha demostrado también que con dosis más bajas de estos productos químicos se consigue luchar satisfactoriamente contra los patógenos transmitidos por el suelo y las malas hierbas, incluida la cebolleta, cuando se emplean con películas prácticamente impermeables (Fennimore y otros, 2003, 2004; Gilreath y otros, 2003; Gilreath y otros, 2005). Ensayos de campo de replantación de huertos realizados en Tasmania demostraron que 1,3-D/Pic (inyectados) dan resultados casi idénticos a los del metilbromuro. Una de sus ventajas es que los usuarios pueden emplear el mismo equipo que empleaban para aplicar metilbromuro (VDPI, 2005). Una de las limitaciones de esta técnica es que los patógenos y plagas sólo se combaten donde el suelo se humidifica. Hace falta pues distribuir el producto uniformemente. La experiencia práctica de varios años demuestra que el empleo de estos

fumigantes hace necesario prestar más atención a las condiciones del suelo y de humedad durante la preparación del suelo y la aplicación (VDPI, 2005).

1,3-D/Pic (inyectados) han tenido resultados aceptables en la producción de melones en Australia y han sido objeto de adopción comercial. En la campaña de 2003-2004 en particular los cultivadores de melón reticulado emplearon más 1,3-D/Pic (VDPI, 2005). En el sector de las hortalizas de Bundaberg, en otras épocas el mayor consumidor de metilbromuro de Australia, cerca del 70% de los cultivadores de pimientos y otras hortalizas han adoptado 1,3-D/Pic, y tan sólo el 5% de ellos seguían empleando metilbromuro en 2004. 1,3-D/Pic son también la principal alternativa empleada por los productores de hortalizas en la región de Carnarvon de Australia, donde el metilbromuro no ha estado disponible desde 2002 (VDPI, 2005).

Existen productos de formulaciones emulsionables de 1,3-dicloropropeno y cloropicrina que están inscritos en los EUA y otros países y su adopción va en aumento. La aplicación de InLine (1,3-dicloropropeno más cloropicrina emulsionables) y Telone EC (1,3-dicloropropeno emulsionable) en líneas de goteo soterradas permitió luchar en forma notable contra varios patógenos y plagas del suelo (nematodos y malas hierbas) en el cultivo de melones, cítricos, uvas y fresas (Ajwa y otros, 2002; Martin, 2003; Martínez y otros, 2000). La coaplicación o aplicación sucesiva de 1,3-D y cloropicrina en líneas de goteo también trae consigo resultados parecidos a los del metilbromuro con hortalizas y fresas en Grecia e Italia (Loumakis, 2004; Spotti, 2003, 2004). En Italia, donde estas prácticas han sido objeto de una adopción comercial considerable, la experiencia indica que el metilbromuro empleado tradicionalmente puede ser sustituido en forma viable en la mayoría de casos en la región, y que el costo del 1,3-D y la cloropicrina compite con ventaja con el del metilbromuro (Spotti, 2004). En Grecia el costo de fumigación con 1,3-D más cloropicrina (coaplicados en líneas de goteo) es también parecido al del metilbromuro – ambos tratamientos cuestan unos 6.000 euros/ha (Loumakis, 2004).

En 2002 cerca del 10% de los campos de fresas de California se fumigaron por goteo (con 1,3-D y/o cloropicrina); se estima que la fumigación por goteo aumentó al 20% en 2003 y se preveía que aumentara aún más en 2004 (Trout y Damodaran, 2004). La superficie dedicada a la producción de fresas de California tratada con 1,3-D o 1,3-D/Pic aumentó de 42 hectáreas (104 acres) en 2000 a un total estimativo de 2.176 hectáreas (5.378 acres) en 2003 (Trout y Damodaran, 2004), lo que representa un aumento en 50 veces en dos años.

Las restricciones reglamentarias (topes municipales) tenderán a limitar una mayor adopción del 1,3-D en algunas regiones de California, y la topografía cárstica restringe su uso en partes de la Florida; su uso no está permitido en algunos lugares, como la isla de Prince Edward en el Canadá. En estos dos últimos casos la restricción se debe al posible riesgo de contaminación de acuíferos en ciertos tipos de topografía. En las situaciones de uso escaso de

1,3-D, otros fumigantes (sobre todo metam sodio) son objeto de cada vez más estudio para determinar su capacidad de sustituir el 1,3-D o reducir las dosis de las formulaciones de 1,3-D. En California, por ejemplo, ensayos de demostración han confirmado los resultados de investigaciones anteriores que demuestran que el metam se puede aplicar después de 1,3-D/Pic para reducir las tasas de aplicación de 1,3-D/Pic sin merma del rendimiento (Ajwa y otros, 2004). Otras investigaciones han demostrado que la Pic más el metam (aplicados sucesivamente) pueden producir rendimientos parecidos a los de metilbromuro/Pic y 1,3-D/Pic – véase los pormenores en la sección relativa al metam sodio y la cloropicrina.

### ***Fumigantes alternativos combinados con películas prácticamente impermeables***

El empleo de películas prácticamente impermeables es objeto de cada vez más estudio como medio de incrementar la eficacia de fumigantes alternativos y/o reducir las dosis. Se ha combatido a *Pratylenchus penetrans* y *Meloidogyne hapla* en un grado comparable al de metilbromuro/Pic con dosis más bajas de 1,3-D/Pic bajo películas prácticamente impermeables (López-Aranda y otros, 2004). Estudios realizados en los EUA han demostrado que la aplicación de fumigantes bajo películas prácticamente impermeables o películas de barrera equivalentes puede aumentar la eficacia de la lucha contra las malas hierbas y los patógenos (Ajwa y otros, 2004; Gilreath y otros, 2005; Gilreath y otros, 2003; Hamill y otros, 2004; Noling y Gilreath, 2004). Estudios sobre la fresa han demostrado que el empleo de películas prácticamente impermeables con fumigantes alternativos (cloropicrina sola y 1,3-D/Pic) aumentó la eficacia de la mayoría de tratamientos, con los consiguientes aumentos del rendimiento, en comparación con las películas de polietileno corrientes empleadas en California (Ajwa y otros, 2004).

### ***Metam sodio y cloropicrina***

Investigaciones anteriores han demostrado que la aplicación de metam sodio después de dosis reducidas de 1,3-D/Pic (por goteo), o cloropicrina, combate las plagas del suelo cultivado con fresas y produce rendimientos equivalentes a la fumigación tradicional con metilbromuro/Pic (Ajwa y otros, 2004). Se ha comprobado que el empleo de cloropicrina seguida de la aplicación por goteo de metam sodio o metam potasio es una alternativa efectiva al metilbromuro en estudios IR-4 (Norton, 2004). El metam sodio empleado en combinación con cloropicrina demostró ser eficaz para combatir al coquito amarillo (*Cyperus esculentus*) (Hutchinson y otros, 2004). La combinación de cloropicrina y metam sodio, que suelen aplicarse sucesivamente, está despertando un interés cada vez mayor, particularmente en zonas donde el uso de 1,3-D está restringido por topes municipales o reglamentaciones afines. En California, el metam sodio se recomienda como tratamiento posterior a las alternativas aplicadas por goteo, sobre todo cloropicrina, para luchar más eficazmente contra las malas hierbas (Trout y Damodaran, 2004). En

Australia, la cloropicrina y el metam, aplicados sucesivamente, se recomiendan también como alternativa muy eficaz contra hongos, nematodos y malas hierbas (Shanks y otros, 2004).

El dazomet (que, como el metam, genera isotiocianato de metilo) ha sido empleado para tratar la superficie de la cama con 1,3-D/Pic o cloropicrina (aplicados en la cama) en muchos ensayos con fresas y tomates con resultados consistentemente satisfactorios en comparación con los de metilbromuro /Pic (Norton, 2004).

### ***Metam sodio, dazomet (generadores de isotiocianato de metilo)***

Hasta ahora el uso de fumigantes que generan isotiocianato de metilo - metam sodio y dazomet – como alternativas al metilbromuro ha sido escaso debido a resultados inconsistentes y a intervalos más largos entre la aplicación y la replantación en comparación con las mezclas de metilbromuro/Pic. El costo y la falta de inscripción del dazomet en algunos países (por ejemplo, los EUA) han limitado su adopción y la del metam sodio ha sido limitada debido a una degradación acrecentada en algunas circunstancias (por ejemplo suelos arenosos de pH alto (Matthiessen y otros, 2003)). Sin embargo, estos productos siguen siendo considerados alternativas a las mezclas de metilbromuro/Pic porque son capaces de combatir tanto patógenos como malas hierbas y porque sirven también de alternativa que contrarresta la necesidad de emplear cloropicrina o 1,3-D. El mejor conocimiento de la movilidad de los fumigantes, el perfeccionamiento de métodos de aplicación más uniforme de estos productos en el suelo y su empleo en combinación con otros tratamientos están incrementando su consistencia (Norton, 2003). Por ejemplo, se están usando gránulos de dazomet en vez de metilbromuro/Pic en varias industrias de alto valor en Australia, por ejemplo para tratar el césped de campos de golf, con ayuda de mejor equipo de aplicación (Mitchell 2004, comunicación personal; Park y Landschoot, 2003). Investigaciones recientes indican que el dazomet puede ser una alternativa viable al metilbromuro para luchar contra malas hierbas (*Poa annua*) en el césped (Branham y otros, 2004). Algunos grandes productores de flores cortadas de la región de Queensland de Australia están empleando una combinación de dazomet y vapor (VDPI, 2005).

El metam sodio (aplicado por goteo) está siendo empleado como alternativa al metilbromuro por algunos cultivadores de pimientos de Australia (VDPI, 2004). En 2004, cerca del 25% de los cultivadores de pimientos morrones y otras hortalizas de la región de Bundaberg de Australia emplearon metam sodio como alternativa al metilbromuro (VDPI, 2005). En Costa Rica algunos cultivadores adoptaron el metam sodio hace ya algún tiempo debido a la fuerte oposición asociada al empleo de metilbromuro (VDPI, 2004). La consistencia del metam sodio ha aumentado gracias a nuevas tecnologías de aplicación mediante riego por goteo o técnicas de inyección con cavadoras de azadas (Barel, 2004). Se han publicado directrices para el empleo de metam sodio y

metam potasio mediante aplicación por goteo en los EUA (Duerksen y Ajwa, 2004). En la región de Carnarvon de Australia nuevos equipos pueden aplicar el metam sodio con más efectividad y colocar una cobertura de plástico al mismo tiempo, en tanto que en la región de Sydney algunos cultivadores han construido su propio equipo para aplicar metam con más precisión (VDPI, 2005). La consistencia del metam se incrementa también combinándolo con otros fumigantes (como 1,3-D o Pic). Por ejemplo, el empleo de 1,3-D/Pic emulsionables y la aplicación de metam una semana más tarde es una alternativa al metilbromuro a la que se está recurriendo a nivel comercial en el cultivo de fresas en los EUA en una superficie limitada, en tanto que el empleo de Pic seguido de metam también ha aumentado (Norton 2003, Trout y Damodaran 2004).

El metam sodio ha sido adoptado como alternativa al metilbromuro para diversos cultivos en varias regiones, como Chile (tomates y pimientos de invernadero, replantación de vid, replantación de árboles de frutos drupáceos), Sudáfrica (bulbos cultivados a campo abierto, lechuga), Francia, los Países Bajos y Bélgica (fresas cultivadas a campo abierto) (Carrasco y otros, 2002; Barel 2003b; Koppenol 2004; Mutitu y Barel 2003). En España se emplea metam sodio, aplicado por riego de goteo o inyección, en unas 1.500 hectáreas de fresas, 1.400 hectáreas de tomates cultivados a campo abierto, 120 hectáreas de tomates protegidos y 600 hectáreas de pimientos. En Italia, se emplea metam sodio, aplicado sobre todo por riego de goteo, aunque también por inyección, en unas 900 hectáreas de hortalizas de invernadero, 350 hectáreas de tomates y unas 180 hectáreas de flores para cortar (Rabasse, 2004, comunicación personal; Barel, 2004). El metam sodio ha sido adoptado en muchos proyectos de eliminación gradual del Fondo Multilateral, a menudo mediante riego por goteo, como importante alternativa al metilbromuro.

El metam potasio es útil en los suelos con niveles elevados de magnesio o sales (Rabasse, comunicación personal). Por ejemplo, se emplea en Sudáfrica para tratar cultivos como lechugas, lirios y bulbos en campos donde las sales son un problema (Koppenol, comunicación personal). El metam potasio está despertando un interés renovado en ensayos de alternativas al metilbromuro en varios países.

En el último decenio la puesta a punto de técnicas de inyección con motocultores en el norte de Europa ha incrementado la eficiencia de este producto apreciablemente, en particular a profundidades de hasta 45cm en varios tipos de suelos (Mulder 2001; Barel, 2004). El equipo de inyección con azadas rotativas puede evitar la contaminación de los acuíferos y cumple las estrictas normas de protección del agua de los Países Bajos (Mulder 2001). Las máquinas de inyección con azadas rotativas han sido adoptadas en varios países y para varios cultivos, inclusive fresas y lechugas (campos abiertos), papas y zanahorias en Bélgica; 1.000 hectáreas cultivadas (fresas, zanahorias, árboles frutales, papas) en los Países Bajos; unas 800 hectáreas de fresas, zanahorias, lechugas y otros cultivos en Francia; 300 hectáreas de bulbos

cultivados a campo abierto y unas 400 hectáreas de lechugas en Sudáfrica; y la producción de varios cultivos protegidos, como tomates y pimientos en Chile (Carrasco 2003; Koppenol 2004; Peters 2004; Barel 2004). En algunas zonas el metam sodio tiene fama de ser fumigante de efectividad variable. Esto se debe probablemente a una distribución inadecuada del fumigante, excepto en zonas poco comunes de degradación acrecentada establecida. En general, las técnicas mejoradas de aplicación, que suelen entrañar una distribución mecánica del metam sodio en el suelo, han mejorado el rendimiento y la fiabilidad de este fumigante.

### 1.2.2 *Alternativas químicas en vías de desarrollo*

#### ***Disulfuro de dimetilo***

En los últimos años el disulfuro de dimetilo (DMDS) se ha desarrollado y ensayado en Francia e Italia. El DMDS aplicado bajo películas prácticamente impermeables a fresas produjo rendimientos más altos que cuando se aplicó bajo láminas de polietileno de baja densidad, pero en ambos casos fueron inferiores a los conseguidos mediante el tratamiento corriente con metilbromuro/Pic (López-Aranda y otros, 2004). Con todo, el DMDS (125 kg/ha) combinado con cloropicrina (125 kg/ha) bajo películas prácticamente impermeables produjo los mismos rendimientos que el metilbromuro en ensayos con fresas (López-Aranda *et al.* 2004). Para confirmar su potencial para sustituir el metilbromuro debe desarrollarse en mayor grado.

#### ***Dinitrilo de etano***

El dinitrilo de etano (EDN, conocido también como cianógeno) está dando resultados alentadores como fumigante alternativo al metilbromuro para la desinfestación de suelos en ensayos en Australia con estolones de fresa, fresas, zanahorias y césped (Ren y otros, 2003; Mattner y otros 2003). Un estudio sobre los estolones de fresa realizado en Australia puso de relieve que el EDN había permitido obtener un rendimiento más alto (en términos del número de estolones) que el metilbromuro (Porter y otros, 2004b). Resultados preliminares señalan una eficacia de amplio espectro contra patógenos y malas hierbas, y en ensayos preliminares el EDN ha dado resultados equivalentes al metilbromuro como agente de lucha contra malas hierbas y enfermedades y en términos del rendimiento de los cultivos (VDPI, 2005). Sin embargo, el EDN no ha sido ensayado ampliamente contra los nematodos (Mattner y otros, 2003). El EDN permanece poco tiempo en el suelo y podría traducirse en intervalos cortos entre la aplicación y la replantación (VDPI, 2005). Requiere estanqueidad mediante empleo de láminas de polietileno de baja densidad para conseguir mejores resultados. Una empresa está promoviendo su inscripción en Australia (VDPI, 2005).

### ***Yoduro de metilo***

El yoduro de metilo (yodometano) sigue exhibiendo niveles de eficacia parecidos a los del metilbromuro en ensayos (Ajwa y otros, 2002, 2003; Hutchinson, 2004). El yoduro de metilo combinado con cloropicrina (50:50 y 33:67) ha exhibido consistentemente el mismo rendimiento biológico que metilbromuro/Pic cuando se emplea a tasas superiores a 340 kg/ha, y estudios IR-4 indican que combate eficazmente un amplio espectro de nematodos, patógenos micóticos y malas hierbas (Norton, 2004). El yoduro de metilo ha demostrado ser tan efectivo como el metilbromuro en ensayos preliminares en los EUA con plantas ornamentales, por ejemplo para luchar contra los nematodos de rosales de invernadero (Schneider y otros, 2003) y en plantaciones de *Liatris* para luchar contra los hongos del suelo (Gerick, 2004). Los ensayos realizados con este producto químico en cultivos de *Ranunculus* a nivel del cultivador dieron también resultados satisfactorios (Johnson, 2005). En Australia los resultados iniciales indican que el yoduro de metilo es tan eficaz como el metilbromuro en la producción de flores cortadas (VDPI, 2005). El yoduro de metilo produjo rendimientos superiores en un 22% a los del metilbromuro (en términos del número de estolones por metro de hilera) según un estudio sobre estolones de fresa en Australia (Porter y otros, 2004b). Ensayos de campo realizados en Australia han demostrado que el yoduro de metilo ha combatido malas hierbas, enfermedades y nematodos tan eficazmente como el metilbromuro y producido rendimientos equivalentes (VDPI, 2005).

Los estudios recientes van dirigidos sobre todo a reducir las dosis y a validar su rendimiento en comparación con la cloropicrina (Browne y otros, 2003; Dickson y otros., 2003; Elmore y otros, 2003; Ren y otros, 2003; Schneider y otros, 2003; Hutchinson, 2004). En las investigaciones se están analizando también medios de reducir las posibilidades de exposición *ex situ* al yoduro de metilo como resultado de la dispersión de gas después de la fumigación. Se ha solicitado su inscripción en los EUA, y es posible que se tome una decisión al respecto antes de finales de 2005. En Australia ensayos con vistas a la inscripción están evaluando dos formulaciones de yoduro de metilo/Pic (50:50 y 30:70), y el fabricante está promoviendo su inscripción (VDPI, 2005).

### ***Óxido de propileno***

Aunque el óxido de propileno está inscrito para proteger algunos productos almacenados, ensayos han demostrado que exhibe también actividad de amplio espectro como fumigante de suelos, y que su eficacia es satisfactoria contra malas hierbas, nematodos y patógenos micóticos cuando se emplea a tasas de 170 l/ha o superiores (Norton 2003, 2004). Las aplicaciones de aproximadamente 50 l/ha mediante inyección con espiga en el suelo han sido tan efectivas como otros fumigantes empleados en ensayos en los EUA, pero se requiere más desarrollo para aumentar la consistencia de los tratamientos. Ensayos con fresas realizados en España en 2003-2004 indicaron que el óxido

de propileno aplicado bajo películas prácticamente impermeables había producido rendimientos estadísticamente parecidos a los del metilbromuro (López-Aranda y otros, 2004). El óxido de propileno permitió obtener altos rendimientos en ensayos con pimientos morrones en Bundaberg (Australia) (VDPI, 2005).

### ***Azide de sodio***

En los EUA prosiguen los ensayos para evaluar métodos y tasas eficaces de aplicación a fin emplear azide de sodio para luchar consistentemente contra malas hierbas, nematodos y patógenos micóticos. Se han conseguido buenos resultados en ensayos con malas hierbas y nematodos en tomates y pimientos verdes, podredumbre de corona por *Fusarium* en tomates y pimientos morrones, y pasto Bermuda híbrido en Alabama (Rodríguez-Kabana y otros, 2003ab; Guertal y otros, 2003; Walker y otros, 2003).

En varios ensayos en invernaderos de vid/replantación de viñedos en California se aplicó azide de sodio en líneas de goteo a una tasa de 336 kg/ha. Al término de los períodos vegetativos primero y segundo las poblaciones de nematodos de los nudos de la raíz de las variedades productoras de uva susceptibles habían aumentado hasta alcanzar niveles comparables a los hallados en parcelas de control no tratadas y apreciablemente más altos que en las parcelas tratadas con metilbromuro (Schneider y otros, 2002a; Schneider y otros, 2003). En el momento de la cosecha, del 20% al 70% de las plantas de vid de los invernaderos tenían las raíces agalladas en comparación con el 75% en las parcelas no tratadas y 0% en las tratadas con metilbromuro (Schneider y otros, 2002b). En otro ensayo en invernaderos de vid/replantación de viñedos, los tratamientos con azide redujeron las poblaciones de nematodos de los cítricos en el momento de la plantación a niveles comparables a los observados en parcelas tratadas con metilbromuro (Schneider y otros, 2003). No se dispone aún de datos sobre los niveles de las poblaciones de nematodos y el grado de agallamiento de las raíces en el momento de la cosecha. Se han programado nuevos ensayos con la formulación de Alabama y un protocolo de aplicación en etapas múltiples.

En el programa IR-4 se han obtenido resultados efectivos con azide de sodio (SEP-100) en las dos últimas campañas, en tanto que en años anteriores éstos habían sido desiguales. Esta mejora se debe a una mejor comprensión de cómo aplicar el producto (Norton, 2004).

### ***Fluoruro de sulfurilo***

Los resultados de experimentos realizados con tomates, pepinos y tabaco demostraron que el fluoruro de sulfurilo (FS), aplicado a razón de 25 a 50 g/m<sup>2</sup>, exhibía una buena eficacia para el control tanto de los nematodos como de los patógenos micóticos transmitidos por el suelo (Cao, 2005). El rendimiento de los cultivos tras la aplicación de FS era similar al obtenido en

las parcelas tratadas con metilbromuro. La aplicación de FS puede convenir más que la de metilbromuro porque el fluoruro de sulfurilo es gaseoso a temperaturas ambiente normales. Se puede aplicar a bajas temperaturas sin necesidad de vaporizador con calefactor. El FS se descompone con rapidez en los suelos por lo que el intervalo entre la aplicación y la replantación es más corto que en el caso del metilbromuro. Los ensayos con FS prosiguen en China, donde se halla en vías de inscripción como fumigante de suelos.

### *1.2.3 Progresos de las alternativas no químicas*

Diversos tratamientos no químicos siguen siendo considerados alternativas al metilbromuro, a menudo como parte de estrategias de lucha integrada contra las plagas. Varios métodos no químicos de desinfestación de suelos pueden producir rendimientos iguales o mejores que la fumigación con metilbromuro (Shanks y otros, 2004). No obstante, la comprensión de los factores ambientales que influyen en su efectividad es con frecuencia más importante que para la fumigación (Shanks y otros, 2004). Los métodos no químicos pueden combinarse a menudo con métodos químicos para luchar en forma óptima contra patógenos, nematodos y otras plagas. Por ejemplo, la combinación de un fumigante alternativo con mejores prácticas de higiene y variedades resistentes puede dar mejores resultados en comparación con la sola fumigación (Shanks y otros, 2004).

En esta sección se enumeran algunos de los cambios más importantes en la situación de los métodos no químicos como alternativas al metilbromuro, pero en ella no figura la lista completa de las opciones que están siendo consideradas o adoptadas para reemplazar el metilbromuro en algunas circunstancias concretas.

#### ***Biofumigación***

Se está recurriendo actualmente a la biofumigación en combinación con otras estrategias alternativas en algunos sectores en Australia. Por ejemplo, la industria de estolones de fresa emplea brasicas para biofumigación en rotación con la producción de estolones de fresas (Shanks y otros, 2004).

#### ***Plantas injertadas***

La práctica de injertar plantas perennes y de cultivo anual (almendras, tomates, cucurbitáceas) está muy extendida en muchos países porque trae consigo una serie de ventajas comerciales. Cuando se combinan con otros tratamientos, las plantas injertadas pueden evitar la necesidad de fumigar con metilbromuro (De Miguel, 2004b). Por ejemplo, en Italia se emplean plantas injertadas con fumigantes alternativos (1,3-D o cloropicrina) como alternativas al metilbromuro (Spotti, 2003, 2004). Los resultados, expresados en rendimientos comerciados, índice de agallamiento o gravedad de enfermedad, son en general tan buenos como los conseguidos con

metilbromuro (Koren, 2002; Besri, 2003; Browne y otros, 2003; Hafez y otros, 2003; Minuto y otros, 2003). La disponibilidad de portainjertos tolerantes a las plagas y enfermedades locales puede limitar las posibilidades de emplear plantas injertadas.

En la región del Mediterráneo, el injerto es una de las alternativas al metilbromuro más comúnmente empleadas en el cultivo de cucurbitáceas (sandía, melón y pepino) (De Miguel 2004a, c). Se dispone de portainjertos para plagas y patógenos del melón, la sandía y el pepino como *Meloidogyne* sp. y *Fusarium oxysporum*, *Monosporascus cannonballus* en el caso del melón, y *Phomopsis sclerotiodes* en el del pepino (De Miguel, 2004a,c).

En Francia se injerta en 1.000 hectáreas de melón, donde se ha comprobado que esta técnica es tan efectiva como la fumigación con metilbromuro para *Phomopsis sclerotiodes*. El injerto es un medio importante para hacer frente a *Fusarium oxysporum* en el caso del pepino en Grecia, y en el del melón en Turquía. El injerto combinado con otras prácticas reemplazó al metilbromuro en el cultivo de sandías en España, donde se injertan unos 30 millones de plantas por año en una superficie de unas 12.000 hectáreas (sobre todo en Almería, Valencia y Murcia). El injerto se emplea para un total de 5 a 6 millones de plantas de melón y unos 20 millones de plantas de sandía en Italia. La práctica de injertar se está extendiendo en la producción de cucurbitáceas en Jordania e Israel (De Miguel, 2004a). La práctica de injertar es común en el Japón y la República de Corea para las cucurbitáceas y la berenjena (Lee, 2003). Se ha comprobado que el injerto combinado con cianamida de calcio es una alternativa eficiente al metilbromuro para combatir el marchitamiento por *Fusarium* del melón (Blestos y otros, 2005).

En España los tomates injertados han aumentado de menos de un millón hace cuatro o cinco años a unos 45 millones de plantas en 2003/2004. En Francia se emplean tomates injertados en unas 2.800 hectáreas, para prevenir problemas como la pudrición acorchada de la raíz causada por *Pyrenochaeta lycopersici* (De Miguel, 2004b; Beyries, 1974). En Grecia, el injerto combinado con solarización se considera buena alternativa al metilbromuro para el tomate, en tanto que en Marruecos las plantas de tomate injertadas se consideran alternativa viable al metilbromuro en conjunción con fumigantes alternativos (1,3-D, pic, metam), solarización, biofumigación u otras prácticas (De Miguel, 2004b; Besri, 2000, 2003).

En Italia la demanda de tomates injertados ha experimentado un aumento sostenido; cada año se injertan entre 10 y 12 millones de plantas de tomate (Spotti, 2004; De Miguel 2004b). En los tres últimos años Italia ha sido testigo también de una ‘verdadera explosión’ de la demanda de berenjenas injertadas. En Cerdeña la producción de plantas de tomate injertadas aumentó de casi cero en 1996 a 1, 7 millones en 2003 (Leoni y Ledda 2004). La superficie de tomates fumigada con metilbromuro en Cerdeña ha disminuido del 50% en 1992 a cerca del 4% en la actualidad, debido a cambios

agronómicos que incluyen la adopción de plantas injertadas y variedades resistentes (Leoni y Ledda, 2004; Leoni y otros, 2004).

### ***Tratamientos térmicos***

La vaporización se estableció hace mucho como método de desinfestación de suelos, incluso para reemplazar el metilbromuro. Hace poco se han perfeccionado también tratamientos con agua caliente con la misma finalidad. Existen asimismo máquinas móviles de aire caliente en estado avanzado de desarrollo, que se podrían emplear tanto en cultivos protegidos como en sistemas de producción extensivos en pequeña escala y su eficiencia energética es al parecer mayor que la de los sistemas de vaporización de igual consumo energético y costo.

#### *Tratamiento con aire caliente*

Las máquinas esterilizadoras teleaccionadas que funcionan con aire caliente se desarrollaron en Israel y están siendo perfeccionadas por una empresa neerlandesa (Peters, 2004). Se ha informado de que son tan eficaces como el metilbromuro y otros fumigantes para desinfestar suelos (Cultiv, 2004). Estas máquinas pueden tratar franjas de suelo de hasta 250m de largo en una hora aproximadamente. Se están perfeccionando versiones de estas máquinas tanto para sistemas de cultivo extensivos como protegidos. Será preciso refinar y emplear estas máquinas a escala comercial antes de que se pueda evaluar cabalmente y con precisión su potencial para sustituir el metilbromuro.

#### *Tratamiento con agua caliente*

El tratamiento con agua caliente consiste en aplicar agua calentada hasta una temperatura de 80 a 95°C en un campo a fin de elevar la temperatura del suelo lo bastante como para combatir patógenos. Esta medida de lucha contra ellos ha sido perfeccionada hace poco en el Japón y está siendo adoptada para tratar tomates, melones, pepinos, sandías, espinacas, flores cortadas y otros cultivos (Nishi, 2002). El tratamiento con agua caliente es eficaz para luchar contra enfermedades micóticas, nematodos y malas hierbas, pero no para combatir enfermedades víricas (Uematsu et. al., 2003). Esta técnica ha sido sometida a prueba durante más de 10 años y ha demostrado ser eficaz contra el marchitamiento del tomate por *Verticillium* (*Verticillium dahliae*) y el encorchamiento de su raíz (por *Pyrenochaeta lycopersici*). Se ha informado también de que desinfesta eficazmente los sustratos para el cultivo sin suelo de gerberas (Uematsu y otros, 2003b).

Nueve empresas del Japón suministran sistemas de equipos de tratamiento con agua caliente, de dos clases, a saber: de riego por tuberías y arrastre. Aquéllos rocían el agua empleando tuberías instaladas en el campo. Con el sistema de arrastre se aplica agua caliente a la superficie del suelo empleando equipo hecho de tuberías de metal diseñadas para rodar a velocidad uniforme sobre él

al ser arrastradas. El precio del tratamiento oscila entre 27.000 y 64.000 dólares EUA por hectárea dependiendo del sistema y es posible tratar superficies de hasta 300m<sup>2</sup> en un día (Uematsu y otros, 2003a).

### *Vaporización*

El recurso a la vaporización o pasteurización como alternativa al metilbromuro ha continuado aumentando, particularmente en los sistemas de cultivos intensivos protegidos de alto valor, como flores y hortalizas. Esto se debe en gran medida a la disponibilidad de equipo nuevo y más eficiente, por ejemplo de vaporización a presión negativa, vaporización bajo cubiertas (para semilleros) y mejor y más flexible equipo de vaporización bajo láminas (Carrasco, 2003; Pacett, 2003; Runia, 2000; Barel, 2003a). La vaporización a presión negativa permite tratar el suelo a profundidades mayores bajo láminas y emplea la mitad de combustible que los métodos de láminas (Runia, 2000). Distintos combustibles alternativos para hacer funcionar las calderas, por ejemplo gas en la Argentina y Bolivia, y leña en el Brasil, (UNIDO, 2005a; Barel, 2005) están ayudando a los cultivadores a reducir los costos, que limitan a menudo el recurso a esta alternativa.

Entre los ejemplos de vaporización de suelos en la práctica comercial y habitual figuran los siguientes: Australia (flores cortadas), EUA (producción de flores cortadas en California), Sudáfrica (tomates, esquejes de crisantemo), Kenya (esquejes de crisantemo), Uganda (esquejes de crisantemo), Tanzania (flores cortadas y esquejes de crisantemo), Colombia (flores cortadas y esquejes), Brasil (flores y esquejes), Italia (flores cortadas, plantas ornamentales y esquejes), Bélgica (fresas (protegidas), tomates, lechugas, puerros y plantones de cebolla), Países Bajos (cerca del 50% de la producción de flores cortadas, incluidas 900 hectáreas de crisantemos, esquejes y rábanos), Reino Unido (tomates y lechugas protegidos), Líbano (fresas), Guatemala (flores cortadas), así como los demás cultivos y países mencionados en el informe de evaluación del COTMB de 2002 (Shanks y otros, 2004; VDPI, 2004; Barel, 2004; Solís y Calderón, 2002; Haroutunian, 2003; Ellis, 1991; Gullino, 1992; Pizano, 2003). En el año 2000 se empleó vapor en unas 2.000 hectáreas en Francia (Fritsch 2002).

La vaporización es también comparable al metilbromuro para esterilizar bandejas de germinación. Esto se consigue sobre todo en una caja o cámara cerrada dentro de la cual se hace circular vapor a una temperatura controlada. Los materiales de uso habitual que se pueden esterilizar con este método incluyen bandejas y macetas para la producción de plantones de cultivos como el tabaco y la lechuga. Este sistema se emplea en muchos países, incluidos los EUA, los Países Bajos Bélgica, Chile, Sudáfrica, la Argentina y Uganda (Nesmith, 1997; Hensley, 2002; Pearce y Palmer, 2002; INTA, 2003; Melton y Broadwell, 2003).

El vapor ha sustituido al metilbromuro para la esterilización de sustratos en varios ámbitos. Por ejemplo, en Chile se han adoptado métodos de tratamiento con vapor (con sistemas a presión negativa) en arcones o contenedores en algunos viveros de árboles forestales, donde se mezcla *Trichoderma* en el sustrato después de dicho tratamiento, lo que brinda una protección continua contra la enfermedad a los esquejes (Carrasco y otros, 2002, 2003; Barel, 2003b). En Bolivia se han adoptado hace poco pequeñas calderas de vapor para esterilizar sustratos (nuevos y reutilizados) de papas para siembra, hortalizas y plantas ornamentales como parte de un proyecto de eliminación gradual del metilbromuro del PNUD (Barel, 2005). El vapor ha sido adoptado también como alternativa al metilbromuro para tratar sustratos en los Países Bajos y viveros en Sudáfrica (Jansen, 2004; Runia, 2000). Es muy difícil vaporizar turba empleando los métodos normales bajo láminas, pero resulta muy eficaz cuando se utilizan métodos a presión negativa. La vaporización a presión negativa es más eficaz en el uso de energía que otros métodos de vaporización (Barel, 2003a; Runia, 2000).

### ***Cultivares resistentes***

La gama de variedades resistentes a patógenos que antes era preciso fumigar con metilbromuro está aumentando, en particular de tomates y melones. El cultivo de cultivares resistentes ha sido ampliamente adoptado para luchar contra numerosos patógenos transmitidos por el suelo en muchos sistemas de producción agrícola (Laterrot, 2002). Se han desarrollado también variedades resistentes de varias flores para cortar objeto de cultivo comercial – en particular claveles de distintos niveles de resistencia al marchitamiento por *Fusarium* – en varios países como por ejemplo Italia, Israel y España (Llauradó, 2004). El empleo de cultivares resistentes e injertos como tratamiento único no aportaría, en general, al cultivador los medios de sustituir el metilbromuro. Con todo, su integración con otros tratamientos o estrategias de lucha integrada contra las plagas puede ser tan eficaz como la fumigación con metilbromuro (Gantz y otros, 2002; Sachs, 2002).

### ***Solarización***

La adopción comercial de la solarización sigue aumentando en algunos países donde los cultivos y las condiciones climáticas hacen que esta técnica sea una alternativa eficiente al metilbromuro (Roe y otros, 2004; Abdul-Baki y otros, 2004; Cantliffe y Vansickle, 2003b). En Costa Rica por ejemplo, se estima que en el 20% de la superficie cultivada con melones (unas 2.000 hectáreas) se está recurriendo a la solarización, que ha demostrado ser particularmente eficaz cuando se combina con metam sodio (Chaverri, 2004). Se ha informado lo mismo desde China respecto de la lucha contra las enfermedades transmitidas por el suelo que afectan a las fresas y los tomates (Cao, 2005, comunicación personal).

El UC Davis and Kearney Agricultural Center de la Universidad de California Riverside ha desarrollado un método denominado de “solarización de suelos a alta temperatura” o “solarización de doble cubierta” como medida para combatir las plagas que atacan a plántulas jóvenes y plantas contenerizadas (incluidas plantas de vivero), así como para jardineros domésticos (Stapleton y otros, 1999, 2000). El sistema ha sido aprobado por Departamento de Agricultura y Alimentación de California para el tratamiento de tierra contenerizada. Ésta ha de colocarse en bolsas de cultivo de polietileno o en pilas de no más de 30 cm de alto sobre una película de polietileno, un soporte de hormigón u otro material que no permita su reinfestación y cubierta por una lámina de película de polietileno transparente. Otra capa de polietileno transparente se suspende sobre la primera para crear una cámara de aire inmóvil encima de la tierra. El contenido de humedad de la tierra ha de aproximarse a la capacidad de campo. La temperatura de la tierra en el centro del fondo de la pila o bolsa se ha de controlar y registrar para velar por que se logre la temperatura requerida (70° C durante 30 minutos ininterrumpidos o 60° C durante 60 minutos ininterrumpidos) (Stapleton y otros, 1999, 2000).

Investigaciones realizadas en Israel indican que la eficacia de la solarización se puede incrementar con cubiertas de plástico especiales, por ejemplo una cubierta doble de polímero negro y una película anticondensado para combatir el marchitamiento repentino de los melones (Arbel *et al.* 2003). Según parece, la solarización combinada con enmiendas orgánicas es una alternativa de larga duración al metilbromuro en zonas de clima caluroso como la Florida (Ozores-Hampton y otros, 2004, 2005).

En el Brasil se ha puesto a punto un dispositivo de bajo costo para tratar pequeños volúmenes de sustrato. Se basa en el principio de la solarización y se lo denomina “colector solar”. Consiste en seis tubos de metal de color negro de 15 cm de diámetro, colocados en paralelo en una caja de madera 1,5 metros de largo, 1,0 metros de ancho y 0,3 metros de profundidad. Encima de la caja se coloca una película de plástico transparente y en el fondo se colocan hojas de aluminio para incrementar el calentamiento. Seguidamente, la tierra se pone dentro y se vuelve a cubrir al cabo de 24 horas y un día soleado. Alcanza temperaturas de 70 a 80° C, lo que garantiza la completa desinfestación. El sustrato queda listo para ser utilizado inmediatamente después del tratamiento o puede ser almacenado para uso ulterior. Pese a que sólo se pueden tratar 120 litros de sustrato a la vez, el bajo costo del colector hace posible que los cultivadores construyan varias unidades para satisfacer sus necesidades. Investigaciones han demostrado que un día entero de radiación solar basta para combatir varios patógenos micóticos de plantas, incluidas especies de *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Sclerotinia*, *Phytophthora*, así como nematodos como *Meloydogyne* (nematodo de la raíz). Se comprobó que el costo anual del tratamiento por metro cúbico es comparable al del metilbromuro. En los diez últimos años este sistema ha sido adoptado con muy buenos resultados por muchos cultivadores, viveros e instituciones de investigación (Ghini, 2004).

## *Sustratos*

La adopción de cultivos en sustratos sigue representando una tendencia fuerte en la agricultura protegida e intensiva (por ejemplo, para flores cortadas, plantas de vivero y hortalizas) tanto en los países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 como en los países que no operan al amparo de él (De Hoog, 2001; Kipp y otros, 2000; Pizano, 2003; Savvas y Passam, 2002; UNIDO, 2004; Savvas, 2003; Urrestrazu, 2004; Pizano, 2004a, 2005; Leoni y otros, 2004). Aun cuando las inversiones iniciales son por regla general elevadas, se ha demostrado que el aumento de la productividad y los rendimientos y/o el aumento de la calidad compensan los costos adicionales con rapidez (Valderrama y La Rota, 2003; Cavelier, 2003; Savas y Passam, 2002; Schnitzler y Gruda, 2002; Maloupa y otros, 1999). Por ejemplo, en un estudio realizado en Almería se observó que el cultivo convencional de suelos con pimientos producía un rendimiento de 105.000 kg/ha y ganancias netas de 8,000 euros/ha, en tanto que los sustratos producían rendimientos de 160.000 kg/ha y ganancias netas de 33,000 euros/ha (Caballero y De Miguel, 2002). En los Países Bajos se tiende a recurrir a sistemas de sustratos más intensivos, que producen rendimientos medios de 260.000 kg/ha y ganancias netas de 41.000 euros/ha (KWIN, 2003). En un estudio que comparó el cultivo de suelos con varias clases de sistemas de cultivo con sustratos en Grecia se concluyó que los sustratos pueden mejorar sustancialmente los ingresos de los agricultores (Graziadellis y otros, 2000). Se llegó a conclusiones parecidas respecto de los tomates, pepinos y claveles en Turquía (Akkaya y otros, 2004).

En Europa occidental se emplean sustratos en unas 12.000 hectáreas (Stanghellini y van Os, 2004). En Francia, por ejemplo, el cultivo con sustrato se adoptó para la fresa inicialmente en el norte y se ha extendido apreciablemente, sobre todo en las regiones meridionales, de 70 hectáreas en 1999 a unas 300 hectáreas en 2004 (Lieten, 2004; Comisión Europea, 2005a). La producción con sustratos ha aumentado a unas 87 hectáreas recientemente en Huelva, la región de mayor producción de fresas de España. La región española de Almería produce hortalizas de invernadero (tomates, pimientos, berenjenas, pepinos, melones) en una gran superficie. Los sustratos como la perlita se emplean en una superficie de 3.600 a 4.000 hectáreas, equivalente al 10% aproximadamente de la superficie de invernaderos (Cantliffe y Vansickle, 2003). El cultivo sin suelo de tomates está aumentando sustancialmente en reemplazo del metilbromuro en Francia; para 2002 se habían adoptado sustratos en unas 950 hectáreas de tomates (Fritsch, 2002; Comisión Europea, 2005a).

La adopción de sustratos continúa aumentando en la floricultura (protegida) en muchos países de todo el mundo. Por ejemplo, en la región de Victoria de Australia, algunos invernaderos producen flores como rosas, gerberas y lirios en sustratos. Los sustratos (por ejemplo, tierra para macetas o fibra de coco/turba) han sido adoptados también por algunos productores de flores de Nueva Gales del Sur y Queensland, y por productores de hortalizas en la

región de Sydney (VDPI, 2005). Las rosas, las gerberas y los claveles son las flores más comúnmente cultivadas en sustratos, pero se están produciendo asimismo otros tipos de flores con este sistema de cultivo (Nucifora, 2001; van Os y otros, 2004; Gullino y otros, 2003; Grillas y otros, 2001; Pizano, 2005). Se están registrando cambios parecidos en países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5. En Kenya, por ejemplo, varios productores de flores cortadas han sustituido el metilbromuro por sustratos (sobre todo piedra pómez y fibra de coco) para el cultivo de rosas y claveles; se van a adoptar sustratos en varias explotaciones con la asistencia de un proyecto de eliminación gradual del metilbromuro (Mutitu y Barel, 2003).

Los sustratos son también una opción con fines de propagación, incluso de plantas leñosas como rosales, para lo que el sistema de “miniplantas” hace posible enraizar e injertar el patrón y el injerto al mismo tiempo. Este sistema es también extremadamente eficiente con respecto al espacio de producción (es decir, el número de plantas por unidad de superficie) (Vargas y Samper, 2003; Banco Mundial, 2002, 2005).

Leoni y Ledda (2004) señalan que en Cerdeña (Italia) la limitación del empleo de metilbromuro ha alentado el desarrollo científico y técnico en los últimos años, y ha estimulado el crecimiento del cultivo con sustrato y el empleo de plantas injertadas en la región. La producción sin suelo se ha propagado rápidamente: la producción con sustratos, inexistente hace un decenio, representa actualmente el 8% por ciento del total en Cerdeña (Leoni y Ledda, 2004; Leoni y otros, 2004).

La utilización de fuentes de abastecimiento de materiales de sustrato nacionales puede ser necesaria, pues a veces los sustratos importados son demasiado caros como para que esta alternativa resulte rentable (Valderrama y La Rota, 2003; Cavelier, 2003; Savvas, 2003; Carrijo y otros, 2002). Cultivadores de muchos países han adquirido experiencia con muy variados sustratos, como cascarillas de arroz, cáscara de café, escoria volcánica, piedra pómez, turba o fibra de coco, orujo de uvas y muchos otros materiales (Calderón, 2001; López-Medina 2004; Urrestrazu, 2004; Savvas, 2003; Carrijo y otros, 2002). Por regla general los sustratos que van a ser reutilizados han de ser esterilizados. La vaporización y la solarización son alternativas viables al metilbromuro (Barel, 2004; Ghini, 2004).

### ***Sustratos para la producción de plantones (plantas para trasplantar)***

Las plantas para trasplantar (o plantones) ofrecen un medio de evitar enfermedades transmitidas por el suelo y la necesidad de fumigar con metilbromuro. El COTMB (2002) ha informado ya sobre la adopción generalizada de plantones de tabaco (producidos en bandejas flotantes); su adopción sigue aumentando en los países que producen un gran volumen de tabaco como el Brasil, Zimbabwe y la Argentina (Sibanda y Way, 2004; PROZONO, 2003). Los plantones de lechuga, a los se añade también

*Trichoderma*, han sido adoptados asimismo como alternativa al metilbromuro en Sudáfrica; (Koppenol, 2005).

Los plantones de fresa ofrecen también una alternativa comercial eficaz al metilbromuro en el norte de Europa y otras zonas donde la corta duración de la estación de producción se presta para su uso. Hace falta desarrollar los plantones en mayor grado para las fresas cultivadas durante estaciones de producción más largas, como la mayor parte de las fresas cultivadas en California. En la actualidad sólo una pequeña proporción del mercado (<1%) de plantones en las regiones del mundo de mayor producción de fresas se basa en plantones, y hace falta un desarrollo mayor para evitar la necesidad de fumigar los campos.

### ***Prácticas culturales diversas***

Las coberturas pueden contribuir a la supresión de una serie de malas hierbas, incluido el coquito amarillo. Se ha informado de que las coberturas opacas se emplean con buenos resultados como instrumento de manejo de un amplio espectro de malas hierbas en la producción de fresas en California, inclusive coquito amarillo, pasto azul, pamplina, ciennudos, malva de flor pequeña, *Gnaphalium spp.*, alfilerillo y zurrón de pastor (California Strawberry Commission, 2003). En la Florida se han realizado estudios que indican que las coberturas de polietileno convencionales evitan el crecimiento del coquito amarillo (pero no lo eliminan), y que las actividades agrícolas son la principal causa de su dispersión en los campos (Webster, 2005). Un estudio preliminar que requiere confirmación indicó que el crecimiento de la cebolleta puede ser promovido por las coberturas de polietileno negras de uso común en la horticultura en los estados del suroeste de los EUA (Webster, 2005).

Se informa de que en la lucha contra *Phytophthora* (podredumbre de la corona y podredumbre radicular), el riego controlado y los plantones de vivero sanos figuran entre los instrumentos de gran eficacia de gestión de enfermedades empleados en la producción de fresas en California (California Strawberry Commission 2003).

En algunas regiones se recurre a la rotación de cultivos como alternativa al metilbromuro, a menudo en combinación con otros métodos. Por ejemplo, en Sudáfrica ha sido adoptada en combinación con el metam sodio en el cultivo de lechugas, coles, zanahorias, lirios y otros bulbos (Koppenol, 2005). En las directrices sobre manejo de nematodos de los servicios de extensión de los Países Bajos se han identificado los cultivos huéspedes o supresores de distintas especies de nematodos, lo que ayuda a los cultivadores a organizar rotaciones apropiadas para cultivos a campo abierto como dalias, gladiolos, lirios y tulipanes (Molendijk, 2000; Beers y Molendijk, 2004).

#### 1.2.4 *Estrategias para cultivos determinados*

En la sección siguiente se reseñan las principales estrategias adoptadas para los principales cultivos.

##### ***Cultivos ornamentales***

La producción de flores cortadas se está desplazando cada vez más a los países en desarrollo. Los países desarrollados se están concentrando en el desarrollo de variedades nuevas y en la producción y exportación de materiales de propagación. Pese a esto, la floricultura sigue siendo una actividad económica importante en muchos países que no operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5. Los cinco mayores productores de flores y plantas florales del mundo industrializado son los EUA, los Países Bajos, Alemania, Francia e Italia. Con la excepción de Alemania, estos países figuran también entre los diez mayores importadores. La floricultura es una industria compleja en el contexto mundial. En ella intervienen países, tipos de flores y sistemas de cultivo distintos (Pizano, 2004a).

Dado que la floricultura requiere inversiones elevadas y los productos han de cumplir normas de calidad estrictas, muchos cultivadores de flores de los países industrializados recurrieron tradicionalmente al metilbromuro para la desinfección de los suelos. Con todo, actualmente existen muchos ejemplos de alternativas eficaces y se han realizado progresos hacia la eliminación gradual. Por ejemplo, en los Países Bajos, el mayor exportador de flores del mundo, no se ha empleado metilbromuro para fumigar suelos desde 1992. Alemania no permite el empleo de fumigantes de suelos como el metilbromuro. Muchos productores de flores de Europa y países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 han adoptado alternativas al metilbromuro para cumplir con los códigos de prácticas comerciales instituidos por cadenas de supermercados y otras organizaciones (como EUREP-GAP, MPS, FLORVERDE).

El cambio hacia alternativas suele hacer necesario que los cultivadores modifiquen sus prácticas de producción sustancialmente, a veces con un aumento de la inversión, aunque a menudo con un aumento de la calidad y los rendimientos, como se ha visto en particular con los sustratos. Las dificultades existentes en el sector de las flores cortadas son en general las mismas que se plantean con otros cultivos: cuestiones de reglamentación (por ejemplo topes municipales en los EUA) y el registro de nuevos productos (por ejemplo yodo metano; mezclas de fumigantes).

##### *Los sustratos en el sector de las ornamentales*

La adopción de sustratos continúa aumentando en la floricultura (protegida) en muchos países de todo el mundo. Las rosas, los claveles y las gerberas son las flores más comúnmente cultivadas en sustratos, pero otros tipos de flores

están siendo producidas también con este sistema de cultivo (Nucifora, 2001; van Os y otros, 2004; Gullino y otros, 2003; Grillas y otros, 2001; Pizano, 2005; Savvas, 2003). Se emplean sustratos en unas 600 hectáreas (aproximadamente 400 explotaciones) para la producción de rosas en los Países Bajos (Research Station for Floriculture, 2001; Pizano, 2004a). El 100% de las rosas cultivadas en Israel se producen sin suelo. Los sustratos preferidos son en general los que proceden de fuentes de abastecimiento nacionales como la toba y la piedra pómez, aunque la fibra de coco también se está popularizando; la experiencia con las rosas está abriendo camino para la adopción de sustratos en otros cultivos como gerberas, lirios, anémonas y claveles (Ausher, 2004). Los cultivadores de flores de Australia están adoptando sustratos, comprobando que aumentan los rendimientos (hasta un 30%) y la calidad (prácticamente duplican el largo del tallo de las rosas). En 2003, las flores producidas en sustratos incluyeron tulipanes (70%); lirios (10% sobre todo en cajas); gerberas (25 %); y rosas (25 %) (FAQ, 2003). En Colombia el 40% de las flores se cultivan en sustratos (Pizano, 2004b).

Aun cuando el costo inicial de establecimiento de un sistema de producción sin suelo es elevado, los cultivadores pueden compensar los costos adicionales con los aumentos apreciables de los rendimientos y la calidad que se derivan de la mayor densidad de plantación, la nutrición óptima de las plantas y la lucha más eficaz contra las plagas y enfermedades. Estudios y publicaciones recientes han confirmado esto en el sector de las flores (Grafiadellis y otros, 2000; Akkaya y otros, 2004; Pizano, 2004a).

#### *Solarización y biofumigación en el sector de las ornamentales*

La solarización da buenos resultados en las condiciones climáticas características de varias zonas de cultivación, como por ejemplo Israel (Reuven y otros, 2002). Los ensayos con solarización más biofumigación han dado buenos resultados en la lucha contra las malas hierbas en zonas de California de elevada radiación, reduciendo las malas hierbas anuales en un 99% (Elmore y otros, 2003). La adopción de una opción sencilla y de bajo costo perfeccionada en el Brasil para esterilizar sustratos y conocida como “colector solar” va en aumento (Ghini, 2004). El reactor es ideal para los pequeños agricultores y mucho más rápido que la solarización ordinaria.

#### *El vapor en el sector de las ornamentales*

Si bien es costosa, la vaporización combate los hongos con una eficacia comparable a la del metilbromuro cuando se practica como es debido (Reuven y otros, 2005; Barel, 2003b). En general, el vapor es apropiado para la producción de flores y la esterilización de sustratos reutilizados. Una opción menos onerosa está siendo adoptada cada vez más en el Brasil, donde se emplean calderas de leña; la leña procede de plantaciones comerciales de eucalipto y es pues recurso renovable (ONUDI, 2005a). Otros combustibles alternativos capaces de hacer que el empleo de vapor resulte económicamente

viable en el plano local empleados actualmente incluyen el gas (empleado en la Argentina) y el carbón (utilizado en Colombia).

#### *Alternativas químicas en el sector de las ornamentales*

Algunos productos químicos como el dazomet, el metam sodio y el 1,3 dicloropropeno han demostrado ser tan eficaces como el metilbromuro en Israel (Reuven y otros, 2002). Los métodos de inyección aumentan la eficacia y la consistencia del metam sodio (Barel, 2004).

El InLine Telone C-35 (1,3-D/Pic) ha demostrado ser una alternativa viable en viveros de rosas (Schneider y otros, 2003) y para el cultivo de otras flores a campo abierto en los Estados Unidos. El Agrocelhone (1,3-D/Pic) demostró ser tan efectivo como el metilbromuro para combatir plagas y enfermedades transmitidas por el suelo en el sur de España (Peguero, 2004). La combinación de productos químicos como el 1,3 D, la cloropicrina y el metam sodio o el dazomet han dado “buenos resultados repetibles” en la lucha contra las plagas y enfermedades que afectan a las flores cortadas cultivadas a campo abierto en los Estados Unidos (Elmore y otros, 2003).

#### **Fresas**

##### *Alternativas químicas en el sector de la fresa*

Hasta ahora, las alternativas químicas más efectivas para la producción de fresas han sido el 1,3-D más cloropicrina y las formulaciones aplicadas por goteo de pic solo o 1,3-D/Pic con o sin tratamiento ulterior de metam sodio (Porter y otros, 2004a). Por ejemplo, en California la superficie consagrada a la producción de fresas tratada con fumigantes alternativos (1,3-D, 1,3-D/Pic, cloropicrina sola, metam sodio) aumentó de 248 hectáreas en 2000 a 2.077 hectáreas en 2002. La superficie cultivada con fresas de California tratada con pic aumentó de 79 hectáreas en 2000 a 590 hectáreas en 2002. La superficie tratada con formulaciones de 1,3-D (inclusive 1,3-D/Pic) aumentaron de 42 hectáreas en 2000 a un total estimado de 2.176 hectáreas en 2003 (Trout y Damodaran, 2004). En 2001, se empleó metilbromuro en cerca del 88% de la superficie cultivada con fresas sometida a fumigación, en tanto que en cerca del 12% se utilizaron fumigantes alternativos (Trout y Damodaran, 2004). La adopción de alternativas ha continuado. En 2003, un estudio realizado por la California Strawberry Commission puso de manifiesto que en el 69% de la superficie cultivada con fresas se empleaba metilbromuro y que se utilizaban fumigantes alternativos en el 31% restante (Legard, 2004).

Un estudio del rendimiento comparativo medio de alternativas químicas y del metilbromuro en el sector de la fresa en Australia puso de relieve rendimientos de 123% con 1,3-D/Pic (TC35), 101% con pic, 97% con metam sodio, 101% con metam y pic, y 101% con dazomet, comparados con 100% con MB y un promedio de 84% en los controles sin tratamiento. En un

estudio parecido sobre las fresas realizado en España se dio cuenta de rendimientos relativos de 103% con 1,3-D/Pic (TC35), 104% con pic solo y rendimientos más bajos con metan sodio y dazomet solos, en comparación con 100% con metilbromuro y 78% en los controles sin tratamiento. Un examen de los estudios sobre la fresa en los EUA señaló rendimientos relativos medios de 101% con 1,3-D/Pic (TC35), 108% con 1,3-D/Pic aplicados por goteo (InLine), 104% con concentrado emulsionable de pic, 98% con pic inyectada, 98% con dazomet, comparados a 100% con metilbromuro y un promedio de 68% en los controles sin tratamiento. Aun cuando estos datos no han sido sometidos a un metaanálisis integral, ponen de manifiesto el amplio espectro de plagas transmitidas por el suelo que se pueden combatir con combinaciones de distintos fumigantes. Por ejemplo, la mezcla 1,3-D/Pic, inyectada o aplicada por goteo, ha sido consistentemente efectiva en las principales regiones de producción de los EUA, España y Australia y adoptada con éxito para una proporción sustancial de la producción de fresas en cada uno de estos países (Porter y otros, 2004a). En Victoria y Australia Occidental la mezcla de 1,3-D/Pic ha sido ampliamente adoptada en el cultivo de fresas (VDPI, 2005). Al principio se informó de algunos casos de fitotoxicidad. El problema parece estar asociado a los pequeños agujeros de plantación en el plástico, que no se plantea con agujeros más grandes (~ 10 cm) (VDPI, 2005). De resultados de su adopción con éxito en la producción de fresas en Australia, no se solicitó ninguna EUC en este sector en 2006.

La combinación de cloropicrina y metam, aplicados sucesivamente, ha despertado nuevo interés, particularmente en las regiones donde el uso de 1,3-D está sujeto a reglamentaciones restrictivas. Investigaciones anteriores han demostrado que la aplicación de metam sodio después de 1,3-D/Pic (InLine) o cloropicrina a tasas reducidas combate las plagas de la fresa y produce rendimientos de fruta equivalentes a los conseguidos cuando se fumiga con metilbromuro /Pic (Ajwa y otros, 2004). Ensayos de demostración han confirmado los resultados de investigaciones anteriores de que el metam se puede emplear para reducir las tasas de aplicación de InLine y pic sin merma del rendimiento en el cultivo de fresas en California, incluso con una presión patogénica fuerte (Ajwa y otros, 2004).

En China los cultivadores reconocen la eficacia de la cloropicrina para la producción de fresas y el empleo de cloropicrina y dazomet se está extendiendo como alternativa al metilbromuro en este sector, por lo que el consumo de cloropicrina está aumentando gradualmente en el sector de la fresa en China.

Entre los productos químicos no inscritos, el yoduro de metilo, el dinitrilo de etano (EDN), el óxido de propileno y el azide de sodio son promisorios (Mattner y otros, 2003; Norton 2003, 2004). Un análisis de 18 estudios realizados en los EUA indicó que el rendimiento medio del yoduro de metilo era parecido al del metilbromuro (de 101% en el caso del yoduro de metilo, comparado con 100% en el del metilbromuro) (Porter y otros, 2004a).

### *Alternativas no químicas en el sector de la fresa*

La producción de fresas en sustratos representa el 5% de la producción mundial, pero su idoneidad se limita sobre todo a la producción en viveros y climas frescos con ciclos de producción cortos, orientada a los mercados de primicias o a mercados especializados. Los Países Bajos, el Japón, Italia, Nueva Zelanda, el Reino Unido y China son algunos de los principales productores que están empleando sustratos para la producción de fresas.

En el norte de Europa los sistemas de sustratos suelen emplear turba y fibra de coco y producen un volumen anual de fresas que supera en 45% aproximadamente al de los suelos fumigados con metilbromuro (Nuyten, 2000). Estudios monográficos indican que los sistemas de sustratos cuestan aproximadamente 60% más que la producción en suelos con metilbromuro en el norte de Europa, pero que son más rentables a contar del tercer año (Nuyten, 2000). En Europa meridional los materiales de sustrato empleados solos o combinados en la producción de fresas, incluyen turba, fibra de coco, lana mineral, perlita, orujo de uva y corcho. Algunos materiales, como la fibra de coco, son más fáciles de usar que otros. La conclusión de estudios realizados en Huelva, la principal región productora de fresas de España, es que la fibra de coco adelanta la cosecha y que su rendimiento total es mayor que el de los cultivos convencionales de fresas en suelos. En esta región los sustratos hacen posible alargar el período vegetativo y cosechar cuando los precios de la fruta son mejores (López-Medina y otros, 2004). La inversión inicial para el sistema más económico de sustratos para el cultivo de fresas en Huelva oscila entre 5 y 7 euros/m<sup>2</sup>; sin embargo, las ganancias netas con sustratos varían entre 9 y 10 euros/m<sup>2</sup>, en comparación con las de la producción convencional en suelos, de 1 a 2 euros/m<sup>2</sup> (López-Medina y otros, 2004). Se prevé que los empeños para reducir los gastos iniciales de establecimiento de sistemas de sustratos incrementen su adopción como alternativa al metilbromuro en todo el mundo.

La solarización bajo condiciones de climas calurosos representa una alternativa efectiva para la desinfestación de suelos con vistas a la producción de fresas siempre que los períodos calurosos coincidan con la rotación de cultivos. Se recurre a la solarización, sola o combinada con la LIP (enmiendas orgánicas), como alternativa al metilbromuro en varias regiones áridas (por ejemplo, en Jordania), pero su efectividad es variable en otras regiones (Porter y otros, 2004a). La solarización cuesta hasta 80% menos que el metilbromuro y si se practica con una rotación de cultivos apropiada produce rendimientos aceptables (Batchelor, 2000).

### *Combinación de tratamientos químicos y no químicos en el sector de la fresa*

Entre el 20% y el 30% de las fresas del mundo se cultivan sin fumigación con metilbromuro empleando una serie de técnicas de LIP (Porter y otros, 2004a). Los principales componentes incluyen existencias de madres y estolones

sanos, buena rotación de cultivos, biofumigación, baños fungicidas, herbicidas y uso estratégico de enmiendas orgánicas (Batchelor, 2000). Aun cuando muchos de estos métodos no son sustitutos directos del metilbromuro, el saber cómo optimizar su uso en el cultivo de fresas puede mejorar en forma espectacular la lucha contra las plagas y enfermedades, así como los rendimientos (Bull y otros, 2002; Mattner y otros, 2004).

### ***Sector de viveros de fresas***

En las regiones productoras de fresas en viveros donde se ha recurrido tradicionalmente al metilbromuro suele hacer falta más trabajo para conseguir resultados equivalentes a los del metilbromuro. Ensayos preliminares con dinitrilo de etano y yoduro de metilo en Australia produjeron rendimientos apreciablemente más altos en viveros (es decir, más estolones por metro de lecho) en comparación con el metilbromuro (Porter y otros, 2004b). Varios ensayos con yoduro de metilo/Pic en Australia indican que estos productos pueden dar mejores resultados que las demás alternativas ensayadas hasta la fecha (Mattner y otros, 2004).

Se han conseguido algunos progresos en el ensayo y la adopción de alternativas al metilbromuro en el sector de los viveros de fresas. Por ejemplo, en 2003 las industrias de viveros de fresas de Victoria (Australia) aumentaron el empleo comercial de 1,3-D/Pic en cerca del 10% de la superficie cultivada y en el 30% de ellos se recurrió a biofumigación en la rotación de cultivos con estolones de fresa (VDPI, 2005).

### ***Sector del tabaco***

Se ha avanzado mucho en la eliminación gradual del metilbromuro en el sector del tabaco, donde los sistemas de bandejas flotantes, uno de los tipos de alternativas, son la tecnología sustitutiva más ampliamente aceptada por los agricultores grandes y pequeños, tanto en los países que no operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 como en los que sí operan al amparo de él. Su adopción sigue aumentando entre los mayores productores de tabaco del mundo, como el Brasil, Zimbabwe y la Argentina (Sibanda y Way, 2004; PROZONO, 2003). En China por ejemplo, estos sistemas han sido ampliamente aceptados en sustitución del metilbromuro. El consumo de metilbromuro en el sector del tabaco en China está disminuyendo con rapidez y se estima que se eliminará por completo en los dos o tres próximos años. En los países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 los sistemas de bandejas flotantes han predominado sobre otras alternativas a causa de varios factores:

- Pese a la inversión inicial requerida para establecerlos, los sistemas de bandejas flotantes han demostrado ser la tecnología más rentable, fiable y sostenible en ensayos de demostración y en la práctica comercial.

- Esta tecnología se creó a principios del decenio de 1990 y ello fue seguido de un proceso de expansión rápida en los principales países desarrollados que cultivan tabaco. En los países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 los proyectos sobre sistemas de bandejas flotantes ofrecieron primero la posibilidad de demostrar el sistema y luego, mediante proyectos de inversión, eliminar los principales obstáculos a su adopción amplia, esto es, los elevados costos iniciales de los insumos y la necesidad de que los cultivadores de tabaco adquieran los conocimientos técnicos pertinentes.
- Las tabacaleras apoyan enérgicamente el paso al uso de estos sistemas debido a ventajas como aumento de la productividad y menos consumo de productos químicos, y porque la necesidad de emplear semillas peletizadas hace posible que las compañías controlen mejor las variedades empleadas por los cultivadores.

### ***Sector del tomate y las hortalizas***

Varios países en desarrollo han ensayado alternativas en el marco de proyectos de demostración del Fondo Multilateral y están ejecutando actualmente proyectos de eliminación gradual del metilbromuro. En el Líbano por ejemplo, el 97% del metilbromuro empleado en la producción de hortalizas ha sido eliminado gradualmente mediante solarización de suelos, biofumigación, injertos y empleo de 1,3-D (Besri, 2004; Hafez y otros, 2003). En Turquía se prevé eliminar gradualmente el metilbromuro para 2008 adoptando métodos no químicos (biofumigación, solarización, lucha biológica, sustratos y productos químicos como 1,3-D, metam sodio y dazomet (Besri, 2004; Ozturk y otros, 2002)).

Se ha avanzado también en varios países desarrollados. En el sector de las hortalizas de Bundaberg, en otras épocas el mayor consumidor de metilbromuro de Australia, su uso ha sido prácticamente eliminado, gradualmente; en 2004 sólo el 5% de los cultivadores empleaba todavía metilbromuro (VDPI, 2005). Los principales cultivos en que se empleaba mucho metilbromuro incluían tomates y pimientos. Para estos cultivos se adoptó con éxito un amplio espectro de alternativas como las siguientes:

- Metam sodio, objeto actualmente de amplia utilización por inyección directa o goteo
- 1,3-D/Pic
- Varios nematicidas, empleados en conjunción con ensayos y vigilancia
- Herbicidas, evaluados y empleados en una serie de cultivos, aunque se necesitan controles adicionales para el coquito amarillo
- Prácticas culturales como empleo de variedades resistentes a enfermedades y rotación más amplia de cultivos (por ejemplo, alquiler a largo plazo de campos a otros cultivadores que producen cultivos no afines, como caña de azúcar)

Se ha demostrado que un número apreciable de alternativas no químicas al metilbromuro empleadas en forma comercial son tan efectivas como el metilbromuro para luchar contra los patógenos transmitidos por el suelo que afectan al tomate en muchos países desarrollados, como Bélgica, España, Francia, Grecia e Italia (Besri, 2004). Éstas incluyen combinaciones de productos químicos (por ejemplo 1,3-D, cloropicrina, metam sodio y dazomet) y métodos no químicos (por ejemplo sustratos, injertos, variedades resistentes, biofumigación, solarización) (Besri, 2004). En el norte de Europa la principal alternativa al metilbromuro en la producción de tomates es el cultivo sin suelo (a menudo en asociación con otras alternativas, por ejemplo cultivares resistentes e injertos), en tanto que en el sur de Europa y el Mediterráneo se emplea una gama mucho más amplia de alternativas, elegidas según su adecuación al sistema de cultivos y las condiciones ambientales (Besri, 2004).

### ***Sector de las cucurbitáceas***

Las cucurbitáceas injertadas son objeto de amplio empleo en muchos países de Europa porque ofrecen una serie de ventajas comerciales. En combinación con otros tratamientos, las plantas injertadas pueden evitar la necesidad de fumigar con metilbromuro (De Miguel, 2004b). En Italia por ejemplo, se emplean plantas injertadas con fumigantes alternativos (como 1,3-D o Pic) en vez de metilbromuro (Spotti, 2003, 2004). Las existencias de portainjertos tolerantes a las plagas y enfermedades locales disponibles pueden limitar las posibilidades de emplear plantas injertadas.

En la región del Mediterráneo los injertos son una de las alternativas al metilbromuro más comúnmente utilizadas en el cultivo de cucurbitáceas (sandías, melones y pepinos). Se dispone de portainjertos resistentes a las plagas y patógenos del melón, la sandía y el pepino como *Meloidogyne* sp. y *Fusarium oxysporum*, del melón como *Monosporascus cannonballus* y del pepino como *Phomopsis sclerotiodes* (De Miguel 2004ac). En Francia se emplean injertos en 1.000 hectáreas de melón, donde los injertos han demostrado ser tan efectivos como el metilbromuro contra *Phomopsis sclerotiodes*. El injerto es un instrumento importante para combatir a *Fusarium oxysporum* en los pepinos en Grecia, y en los melones en Turquía. El injerto combinado con otras prácticas sustituyó el empleo de metilbromuro en el cultivo de sandías en España, donde se injertan unos 30 millones de plantas por año en una superficie de unas 12.000 hectáreas (principalmente en Almería, Valencia y Murcia). En Italia se injertan de 5 a 6 millones de plantas de melón y unos 20 millones de plantas de sandía. La práctica del injerto se está difundiendo también en la producción de cucurbitáceas en Israel y Jordania (De Miguel, 2004a). El injerto de cucurbitáceas es una práctica corriente en la República de Corea y el Japón (Lee, 2003). Se ha comprobado que el injerto combinado con cianamida de calcio es una alternativa eficiente al metilbromuro para luchar contra el marchitamiento por *Fusarium* de los melones (Blestos y otros, 2005).

En los EUA se ha puesto énfasis sobre todo en los fumigantes alternativos, combinados con un aumento de la lucha contra las malas hierbas cuando hace falta, y las plantas injertadas no han desempeñado un papel importante como alternativas al metilbromuro.

### **1.3 Información actualizada sobre alternativas para tratamientos poscosecha y de estructuras**

Las principales alternativas para la desinfestación de molinos e instalaciones de elaboración de alimentos son el fluoruro de sulfurilo (comercializado en algunos países por Dow AgroScience con el nombre comercial 'ProFume') y el calor. La fosfina de generación rápida de gas ha hecho también buenos progresos y se han convertido en una alternativa importante en algunas aplicaciones. Se ha avanzado en la adopción de cada una de estas alternativas.

#### ***Fluoruro de sulfurilo***

La inscripción federal del ProFume (formulación de fluoruro de sulfurilo propiedad de Dow AgroSciences LLC concebida para instalaciones de alimentos y productos alimentarios) con arreglo a la sección 3 fue autorizada por el EUA/EPA en enero de 2004. Después de la inscripción federal el producto se inscribió en muchos estados en 2004 y 2005, exceptuados algunos como California y Nueva York. Con todo, el ProFume ha sido inscrito ya en California para varios usos fundamentales en la industria de los frutos secos y las nueces de árboles. Dow AgroSciences lleva años colaborando con la Dried Fruit Association para ofrecer este producto fumigante alternativo a la industria.

Dow AgroSciences informó al COTMB de que, tras la aprobación de la inscripción federal, molineros, elaboradores de alimentos y fumigadores han acabado 50 fumigaciones comerciales en 30 lugares de los EUA. Se han llevado a cabo también muchas fumigaciones de investigación en los EUA como parte de un amplio proceso de capacitación de fumigadores autorizados para intervenir en la lucha contra las plagas. Dow informa de que hasta el 30% de las instalaciones están optando por el ProFume en su programa continuo de lucha contra las plagas (Dow AgroSciences, 2005).

En Europa el ProFume se inscribió primero para molinos vacíos en Suiza en julio de 2003, y luego se inscribió en Italia (abril de 2004) y el Reino Unido (julio de 2004) (Bell, 2004). Los progresos en Europa han continuado con la capacitación de fumigadores, fumigaciones de investigación y la adopción comercial. El requisito reglamentario de que el molino no contenga nada de harina ha ralentizado en algún grado este proceso pues no se ha fijado un límite mínimo de residuos para la harina.

Con todo, Alemania ha avanzado en este sentido. El fluoruro de sulfurilo se inscribió en Alemania en diciembre de 2004 para la desinfestación de

instalaciones y estructuras vacías y el tratamiento de frutos secos. En el primer trimestre de 2005 la autoridad encargada de la inscripción aceptó un valor de residuos de fluoruro para los cereales y la harina del orden de 5 a 10 mg/kg, lo que ofrece la posibilidad de tratar espacios de fábricas de alimentos en cuyos silos puede haber cereales o harina en cubas herméticas al gas (Reichmuth, 2005). Reichmuth y otros (2003) han informado, a propósito de investigaciones recientes, sobre los resultados de ensayos con fluoruro de sulfurilo en molinos. Una relación concentración/tiempo de 1.860 a 2.255 gh/m<sup>3</sup> bastó para eliminar con efectividad (>99%) varias plagas de insectos de productos almacenados en molinos en un período de 36 a 49 horas. La temperatura se elevó con calentadores hasta 25 - 30°C.

Una evaluación práctica de los resultados en molinos de los EUA fumigados con fluoruro de sulfurilo indica que hace falta continuar la labor para adaptar, comprender y evaluar su efectividad técnica y económica para que sea aceptado plenamente en el plano comercial. Un informe sobre el tratamiento de Miller Milling de Winchester, Virginia, presentado al COTMB pone de relieve la infestación del molino 8 semanas después del tratamiento con fluoruro de sulfurilo (Ball, 2004). En este ensayo, las pruebas de laboratorio realizadas más tarde pusieron de manifiesto que el tratamiento no había eliminado los huevos presentes en la harina del molino, lo que se tradujo en su infestación ulterior. La desinfestación de molinos por cualquier medio, como fumigación química, metilbromuro o calor, ha de hacerse teniendo un conocimiento acabado del producto y de la instalación de que se trate. De lo contrario, cualquier tratamiento de desinfestación puede fracasar. En un estudio monográfico sobre la comercialización de fluoruro de sulfurilo como alternativa al metilbromuro se examinaron y analizaron las respuestas a las preguntas de molineros y fumigadores sobre el empleo de FS y se señaló que no se ha acabado de demostrar la efectividad y la viabilidad económica del producto (Marcotte, 2004).

En el Japón, donde la madera importada ha de ser tratada para proteger la salud de los árboles japoneses, el fluoruro de sulfurilo ha sido inscrito recientemente como tratamiento para luchar contra las plagas de la madera importada (Notificación 16-967 del Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca del Japón, de 28 de diciembre de 2004) (Tateya y Mizobuchi, 2005).

### ***Tratamientos térmicos***

En los últimos años se han realizado muchas investigaciones y ensayos de introducción gradual del tratamiento térmico en molinos y otras instalaciones de elaboración de alimentos. Poco se ha dicho al respecto en las publicaciones. Los fabricantes de equipo de tratamiento térmico han conseguido avances con sistemas concebidos para molinos y han adaptado equipo concebido originalmente para ser empleado en la industria de la construcción para usos en la elaboración de alimentos. Un fabricante de equipo térmico, Temp-Air, informó en materiales enviados al COTMB sobre

varios ensayos comerciales de su equipo en molinos e instalaciones de elaboración de alimentos (Temp-Air, 2005). Fields (2004), en trabajos realizados en molinos canadienses, sometió a prueba equipos térmicos de dos clases con resultados diferentes, y un análisis económico indicó que el tratamiento térmico es apreciablemente más costoso, al menos en las circunstancias del Canadá.

Se ha informado sobre varios ensayos y el empleo creciente de tratamientos térmicos en Alemania. Hofmeir (2002) y Ségur-Cabanac y Enispieler (2004) han informado acerca de tratamientos con calor de hasta 55° C para desinfestar molinos vacíos e instalaciones similares durante períodos de 2 a 3 días. En Alemania se recomienda un sistema que emplea calentadores eléctricos móviles para elevar la temperatura de molinos vacíos hasta 55° C durante unos dos días a fin de desinfestarlos (Kassel, 2004). Según parece, la limitación estriba aún en el tamaño. Se dice que un volumen superior a 40.000m<sup>3</sup> es demasiado grande para un tratamiento económicamente viable en una campaña (Hofmeir, resumen). El siguiente método sometido a prueba consiste en dividir el recinto en dos partes separadas de menos de 40.000m<sup>3</sup> para tratarlas una después de la otra. Sin embargo, a los molineros les preocupa que este método haga posible que los insectos abandonen las partes tratadas del edificio y regresen a ellas más tarde. El efecto de esto es que un tratamiento térmico efectivo llevará muchos días más de lo que es habitual, lo que supone un costo apreciable por concepto de lucro cesante para los molineros.

### ***Fosfina***

La fosfina (que suele emplearse actualmente en formas que generan gas rápidamente) y el formato de etilo figuran entre las alternativas para los productos duraderos. La fosfina ha copado gran parte del mercado de desinfestación de frutos secos cuando no se requiere un tratamiento rápido.

Los elaboradores de pistachos de California están dejando de fumigarlos con productos de fosfina sólida y metilbromuro para hacerlo con fosfina en cilindros. La mayor parte de ellos se fumigan en cámaras o grandes silos de almacenamiento. El mayor productor, responsable del 65% de la producción de pistachos, aplica actualmente fosfina en cilindros al 80% de su producción. La adopción comercial de esta alternativa ha tenido lugar en los dos últimos años. Existen planes de construcción de más cámaras y silos para aumentar el espacio de almacenamiento a fin de dar cabida al período de exposición más largo requerido cuando se emplea fosfina en cilindros. Las adiciones deberían estar terminadas en los dos próximos años y reducirán apreciablemente o eliminarán la necesidad de emplear metilbromuro. La industria está preocupada por los informes de que los envíos de exportación de nueces son rechazados en Europa si han sido fumigados con metilbromuro.

En Alemania se ha perfeccionado un nuevo aparato con forma de cajón para la liberación rápida de gas fosfina de formulaciones sólidas (por ejemplo fosforo de magnesio). El gas se bombea al espacio tratado desde el exterior. Según parece, este aparato es idóneo para el tratamiento de pilas de sacos de cacao y productos similares (Jakob y Schmidt, 2003). Además, las formulaciones gaseosas de fosfina están siendo empleadas actualmente en puertos importantes para desinfestar cereales entrantes. En el Japón se ha perfeccionado e inscrito hace poco un aparato de acelerar la generación de gas fosfina, que se instala fuera de los elevadores de cereales, para uso en la lucha contra las plagas no de cuarentena de trigo importado. Esta tecnología se emplea actualmente en 22 puertos japoneses (Tateya y Mizobuchi, 2005).

#### ***Formato de etilo***

En Australia el formato de etilo en CO<sub>2</sub> (comercializado por BOC Ltd con el nombre comercial 'Vapormate') ha sido inscrito hace poco para la desinfestación de semillas oleaginosas y cereales almacenados, instalaciones de almacenamiento de cereales y equipo y productos hortícolas. Su acción contra las plagas de adultos es tan rápida como la del metilbromuro.

#### ***Yoduro de metilo***

La lucha contra las plagas de la madera importada sigue siendo una fuente de demanda de metilbromuro. En el Japón, donde la madera importada ha de ser tratada para proteger la salud de los árboles japoneses, el yoduro de metilo ha sido inscrito hace poco como tratamiento contra las plagas de la madera importada, y se está elaborando un programa para uso como tratamiento de cuarentena (Tateya y Mizobuchi, 2005).

#### ***Mezcla de isotiocianato de metilo y fluoruro de sulfurilo***

En el Japón una mezcla de isotiocianato de metilo y fluoruro de sulfurilo ha sido inscrita recientemente como tratamiento contra las plagas de la madera importada, y se está elaborando un programa para uso como tratamiento de cuarentena (Tateya y Mizobuchi, 2005).

### **1.4 Situación general de las alternativas en los países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5**

El consumo de metilbromuro en las regiones que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 disminuyó a 11.858 toneladas en 2003 de un máximo de 18,140 toneladas en 1998 (cálculo basado en datos de la Secretaría del Ozono de abril de 2005). Se están consiguiendo reducciones importantes mediante proyectos de eliminación gradual del Fondo Multilateral. Por ejemplo, en el sector de la floricultura más del 60% del consumo declarado correspondiente a 2001 se irá eliminando gradualmente para el año 2008, mucho antes del plazo de 2015 fijado por el Protocolo (Fondo Multilateral, 2004).

Los datos de la Secretaría del Ozono indican que casi todos los países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 alcanzaron el estado de cumplimiento de la congelación del consumo en 2002 prescrito en el artículo 2H y la mayoría de países habían acabado, en 2003, la etapa de reducción del 20% programada para 2005 (véase los pormenores en el cuadro 1 de la sección 1.4).

Con todo, varios factores externos hacen peligrar los progresos apreciables en la reducción del metilbromuro alcanzados por los países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5. El ritmo de avance de algunos proyectos está disminuyendo debido a la comercialización de metilbromuro y a problemas de administración de proyectos más bien que a cuestiones técnicas, y existe el riesgo real de que el consumo de metilbromuro empiece a aumentar en algunos países debido a circunstancias recientes. Los países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 han atribuido la lentitud de los avances a los siguientes motivos en algunos casos: (a) las exenciones sustanciales para usos críticos solicitadas por algunos grandes consumidores de metilbromuro de países que no operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 que colocan a las alternativas en situación de desventaja competitiva; (b) la continuación de la promoción de productos de metilbromuro (señalada en anteriores informes del GETE); y (c) el exceso de oferta de metilbromuro en el mundo, que hace bajar sus precios en algunos países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5.

Por ejemplo, el precio del metilbromuro en la Argentina ha disminuido un 10% recientemente, lo que hace que se vuelva más interesante para los usuarios. El costo de la fumigación con metilbromuro es también relativamente bajo en Marruecos (1.250 dólares EUA/ha) y representa sólo el 2 % de los costos de producción de tomates (61.585 dólares EUA/ha) (Besri, 2003). Se comprobó que el costo de tratamiento de una hectárea de tierra con metilbromuro en Guatemala y Honduras era de 2.430 dólares, por contraste con los costos de los injertos, de 3.142 dólares, del metam sodio, de 3.350 dólares, y de 1,3-D/Pic, de 3.400 dólares (ONUDI, 2005cd). Se ha informado de que en el Ecuador el costo del metilbromuro es de 4.100 dólares EUA por hectárea (Banco Mundial, 2005) y si bien no hay estudios económicos que lo comparen con los costos de las alternativas en el Ecuador actualmente, cabe prever que son más bajos (a modo de referencia, cabe señalar que se ha estimado que el tratamiento de una hectárea con dazomet y 1,3-D en Colombia cuesta 5.850 dólares EUA y 8.600 dólares EUA respectivamente, Trujillo 2004, comunicación personal).

#### *1.4.1 Adopción de alternativas*

La adopción comercial de alternativas al metilbromuro sigue aumentando en los países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5, asistida a menudo por proyectos de inversión del Fondo Multilateral. Por ejemplo, en el Ecuador el 56% del consumo, que tenía lugar en viveros de rosas, ha sido eliminado

gradualmente ya que los cultivadores han introducido la producción de “miniplantas” con sustrato (Banco Mundial, 2005). En Honduras y Guatemala, los injertos y 1,3-D/Pic están reemplazando al metilbromuro en los sectores del melón y la sandía con ayuda de proyectos de la ONUDI, y en Honduras en la campaña de 2004-2005 se consiguió reducir el consumo de metilbromuro un 22% (ONUDI, 2005d). En Costa Rica, los grandes cultivadores de melones han venido practicando la solarización durante un período de 4 a 5 años con resultados muy positivos, estimándose que esta alternativa se aplica actualmente en una superficie cultivada de 2.000 hectáreas. Se ha informado también de que el metam sodio y 1,3-dicloropropeno/cloropicrina son también alternativas eficientes para este sector (PNUD, 2005). Tres de los mayores productores de tabaco del mundo – el Brasil, China y Zimbabwe – han conseguido avances importantes en la eliminación gradual del metilbromuro en este sector adoptando el sistema de bandejas flotantes para la producción de plántones (Sibanda y Way, 2004; PROZONO, 2003; ONUDI, 2005a). En el Perú el uso de metilbromuro en los sectores del tabaco, el pimentón y la cebolla ha sido eliminado por completo y los posibles usos nuevos (por ejemplo en los sectores de la fresa y la alcachofa) se están evitando gracias a proyectos de la OCN y el Fondo Multilateral (OTO Perú, 2003, 2005). En las secciones anteriores del presente informe se citan otros ejemplos importantes.

La adopción comercial de alternativas ha sido también resultado de esfuerzos a nivel privado/del cultivador y actividades nacionales. En algunos países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 el empleo de metilbromuro está siendo prohibido o restringido por la legislación nacional. En unos pocos casos (como Brasil y Costa Rica) los aumentos del precio del metilbromuro han hecho que las alternativas se vuelvan más competitivas. Por ejemplo, en el Brasil los cultivadores de flores están empleando calderas a leña para esterilizar suelos y sustratos con vapor (la leña de quemar procede de plantaciones comerciales de *Eucalyptus* y es pues recurso renovable); en la Argentina los cultivadores de fresas están empleando calderas a gas (ONUDI, 2005b). La producción sin suelo o con sustrato está aumentando también en la floricultura en Uganda, Kenya, Ecuador, el Brasil y Colombia entre otros países (Pizano, 2004b, 2005). Una parte de la expansión de la solarización es anterior a los proyectos de inversión y demostración de alternativas en el sector del melón en Costa Rica (PNUD, 2005). Ahora bien, en muchos casos el metilbromuro no es un fumigante caro en comparación con las alternativas en los países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 (ONUDI, 2005bcd; Banco Mundial, 2005; PNUD, 2005)

#### 1.4.2 *Reducciones de emisiones y dosis*

Pese a que las dosis de metilbromuro empleadas en los países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 varían mucho y a que las tasas son a menudo elevadas, se observa una clara tendencia a la reducción de éstas gracias al empleo de películas prácticamente impermeables. La película de

esta clase está disponible y se emplea en muchos países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5, como por ejemplo el Brasil, el Uruguay, Costa Rica, la Argentina, Honduras y Guatemala, y los cultivadores, a quienes la reducción de las cantidades de metilbromuro requeridas reporta beneficios económicos, no dudan en emplearla. Se trata de una estrategia de transición eficiente. Se ha demostrado que la película prácticamente impermeable incrementa también la eficiencia de los fumigantes alternativos de suelos, como 1,3-D/Pic y el metam sodio (Gilreath y otros, 2003; Fennimore, 2004; Fennimore y otros, 2003), lo que representa una ventaja adicional.

La única formulación de metilbromuro inscrita en los países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 es con frecuencia la 98:2, lo que hace que no se disponga de formulaciones con un contenido de cloropicrina mayor y menos metilbromuro – empleadas también como medida de transición. En muchos países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 se hallan todavía comúnmente botes de metilbromuro desechables (por regla general de 454 gr). Algunos países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5, como Kenya y Sudáfrica, y la mayor parte de los que no operan al amparo de él no permiten ya su uso, generalmente por motivos de seguridad. Si bien requiere muy poca tecnología e inversión, se trata de un sistema de aplicación de metilbromuro relativamente ineficiente. No obstante, la aplicación de muchas alternativas similares (fumigantes) tiende a ser más difícil que el empleo de botes de metilbromuro desechables. El desarrollo de un método directo y sencillo que sustituya al sistema de botes desechables de metilbromuro para uso en pequeña escala es un reto. Sin embargo, la inscripción y adopción comercial recientes de cloropicrina en cápsulas en China se ha convertido en ejemplo de producto alternativo innovador que los pequeños agricultores pueden emplear con relativa facilidad.

#### *1.4.3 Obstáculos a la adopción y resultados*

Uno de los obstáculos a la adopción de alternativas químicas es la falta de inscripción. Esto ocurre en particular en el caso de 1,3-D/Pic (por ejemplo, Telone, Agrocelhone). Esta posible alternativa no está inscrita en varios países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5, como el Brasil, el Perú, el Ecuador y Zimbabwe.

Otros obstáculos a la adopción guardan relación con las ‘ventanas’ de mercado – particularmente en el sector de las cucurbitáceas y a veces en la floricultura – donde los intervalos más largos entre la aplicación y la replantación considerados necesarios con alternativas químicas pueden alterar apreciablemente los períodos de cosecha y veces resulta técnica o económicamente difícil ajustar los calendarios de plantación.

Las observaciones siguientes resumen los resultados de la experiencia de eliminación gradual del metilbromuro en los países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5:

- En la abrumadora mayoría de casos se han hallado alternativas eficientes al metilbromuro. Éstas dan mejores resultados cuando se emplean en el marco de la LIP y la capacitación al respecto es esencial (COTMB, 2002).
- La capacidad de adaptación a las condiciones locales es esencial para el éxito de cualquier alternativa. Esto lo ponen en evidencia actualmente, por ejemplo, el empleo de sustratos baratos de fuentes locales para la producción sin suelo (ONUUDI, 2004) y las calderas de fabricación local para vaporización que se pueden hacer funcionar con combustibles alternativos más baratos como gas o leña (ONUUDI, 2005ab; Bareil, 2005). Las alternativas evaluadas se pueden introducir en los países en desarrollo en períodos de 2 a 3 años. De hecho, los proyectos de demostración han llevado a los cultivadores más grandes o técnicamente mejor preparados a adoptar alternativas por iniciativa propia (por ejemplo en Kenya, Costa Rica, y el Ecuador) (PNUD, 2004, 2005; Banco Mundial, 2005). Muchos cultivadores han sido capacitados en períodos relativamente cortos en el marco de proyectos del Fondo Multilateral (por ejemplo 2.760 pequeños cultivadores fueron capacitados para emplear alternativas de distinto género en el primer año de un proyecto en la Argentina (Valeiro, 2003)).

## **1.5 Inscripción y reinscripción de alternativas**

### *1.5.1 Situación de inscripción de las alternativas para suelos*

En consonancia con los apartados i) y j) del párrafo 4 de la decisión Ex. I/4, en el informe del GETE y el COTMB de octubre de 2005 se incluirá información completa sobre la inscripción, reinscripción y anulación de inscripciones. En el presente informa se facilita algo de información preliminar.

En el cuadro 7-2 *infra* se presentan los datos disponibles sobre la situación de inscripción de las principales alternativas para luchar contra plagas y enfermedades transmitidas por el suelo. El cuadro indica que la inscripción del metam sodio y el dazomet está muy extendida y que el 1,3-dicloropropeno (1,3-D) y la cloropicrina están inscritos también en varios países. El tetratiocarbonato de sodio (Enzone) sólo está inscrito en unos pocos países. La inscripción de mezclas de fumigantes (en particular de 1,3-D y Pic) está aumentando. Además de en los países enumerados en el cuadro 2, la mezcla de 1,3-D y Pic ha sido inscrita en países que operan al amparo del párrafo 1 del artículo 5 como Chile, Costa Rica, Cuba y Marruecos, y ha sido solicitada en países como Jordania, Argentina y China (Carrera y otros, 2004). En algunos países los fumigantes han de ser inscritos como mezcla si se van aplicar simultáneamente; en tanto que en otros pueden ser aplicados (coaplicados) sin necesidad de inscripción adicional.

El EPA de los Estados Unidos ha inscrito hace poco varios productos para luchar contra las malas hierbas, inclusive *Cyperus* spp. Entre ellos figuran el

halosulfuron metilo (Sanda) para uso en vegetales frutíferos y cucurbitáceas, y el trifloxysulfuron sodio (Envoke) para el tomate (Norton, 2004).

Se informa de que los siguientes fumigantes de suelos se hallan en vías de inscripción: yodometano en los EUA (para pimientos, tomates, fresas y plantas ornamentales); dazomet en los EUA (para fresas y tomates); furfural en los EUA (para plantas protegidas y plantas ornamentales de campo); azide de sodio en los EUA (para césped y campos de golf); mezcla de 1,3-D y cloropicrina en Italia; cloropicrina en Francia; dazomet en Hungría; dinitrilo de etano (cianógeno) en Australia, disulfuro de dimetilo (DMDS) en Francia.

En los EUA y la Unión Europea varios fumigantes de suelos están siendo reinscritos. El metam sodio y la cloropicrina, así como el metilbromuro están siendo reinscritos en los EUA actualmente y se prevé que las correspondientes decisiones se acaben de tomar en 2006. Hasta ahora, el 1,3-D es el único fumigante de suelos cuyo proceso de inscripción ha terminado en los EUA. El EUA/EPA también está realizando un análisis en grupo de fumigantes de suelos (metam sodio, yodometano, cloropicrina, 1,3-D, dazomet y metilbromuro), que tiene por objeto: a) velar por la igualdad de condiciones evaluando fumigantes alternativos de suelos simultánea y coherentemente; y (b) asegurar que las decisiones de gestión del riesgo no redunden en una elección entre riesgos y ventajas que no mejore la seguridad ni ayude a la agricultura.

En general, la inscripción de agentes de lucha biológica suele ser preceptivo, pero no han sido incluidos en el cuadro 7-2 porque no suelen considerarse alternativas al metilbromuro debido a su estrecho espectro de actividad, aun cuando pueden desempeñar una función útil como coadyuvantes de alternativas como fumigantes, vapor o calor. Cabe señalar que muchos tratamientos no químicos no están sujetos a inscripción en virtud de la legislación de la Unión Europea sobre productos pesticidas. Esto se aplica a tratamientos como el vapor, el calor, los sustratos, las plantas injertadas, las variedades vegetales resistentes y a otras prácticas culturales (Smeets, 2004). Muchos otros países tampoco exigen que los tratamientos no químicos sean inscritos; de resultas de esto, se puede acceder a ellos más fácilmente que a los productos químicos nuevos.

*Cuadro 7-2: Situación de inscripción de las alternativas químicas para suelos*

Este cuadro ha sido elaborado con información tomada de bases de datos sobre las inscripciones y alternativas disponibles facilitada por las Partes a la Secretaría del Ozono (Comisión Europea, 2005a), e información presentada en las propuestas de usos críticos. Las condiciones de uso y las prescripciones locales pueden hacer que un fumigante inscrito para uso general no esté disponible para cultivos o lugares determinados.

País	Productos fumigantes							Productos no fumigantes		
	13D	Daz	met	pic	Enz	13D +pic	13D + MIT	ne m	fun	her
Australia	I	I	I	I		I		I	I	I
Bélgica	I	I	I	I				I	I	I
Canadá (a)	I (b)	I	I			I	I			
España	I	I	I	I	I	I d)		I	I	I
EUA	I b)	I c)	I	I		I		I	I	I e)
Francia	I	I	I		I			I	I	I
Grecia	I	I	I	I d)	I			I	I	I
Irlanda	I	I	I	I						
Italia	I	I	I	I				I	I	I
Polonia		I	I					I	I	I
Portugal	I	I	I			I d)		I	I	I
Reino Unido	I	I	I	I				I	I	I

N.B. En algunos casos los fumigantes se inscriben para cultivos determinados, en tanto que en otros se inscriben para fumigar suelos en general. (a) La información sobre las inscripciones se refiere únicamente a estolones de fresas. (b) Uso no permitido en algunos ámbitos. (c) Inscrito para cultivos no alimentarios. (d) Provisional en espera de que se acabe reinscribir en los EUA. (e) Para algunas clases de malas hierbas únicamente.

I	inscrito
13D	1,3-dicloropropeno
daz	dazomet
met	metam sodio y/o metam potasio
pic	cloropicrina
enz	tetratiocarbonato de sodio (enzone)
MITC	isotiocianato de metilo
nem	productos nematicidas diversos, por ejemplo oxamil
fun	productos fungicidas diversos – normalmente para grupos de hongos determinados
her	herbicidas diversos – normalmente para ciertas clases de malas hierbas

### 1.5.2 Situación de inscripción de alternativas para tratamientos poscosecha y de estructuras

En el cuadro 7-3 *infra* se presentan los datos disponibles sobre la situación de inscripción de las principales alternativas químicas para luchar contra plagas de productos almacenados y/o estructuras. La fosfina (formulaciones sólidas) está inscrita en muchos países. La inscripción de las formas gaseosas de fosfina (en cilindros) y de fluoruro de sulfurilo va en aumento. En algunos países el fluoruro de sulfurilo (FS) se inscribió hace años para estructuras no de alimentos, como edificios de interés histórico en algunos países europeos, o viviendas en los EUA (donde sustituyó un gran volumen de metilbromuro).

En años más recientes se han inscrito formulaciones de fluoruro de sulfurilo concebidas para algunos productos o molinos vacíos en los EUA y partes de Europa. Se ha informado de que el fluoruro de sulfurilo se halla en vías de inscripción en Francia, el Benelux y España (Lange, 2004), así como en el Canadá.

Dos fumigantes inscritos, el isotiocianato de metilo (MITC) y el yodometano, no figuran en el cuadro siguiente. El MITC está, al parecer, inscrito en el Canadá para molinos, según se indica en una lista de alternativas inscritas presentada por dicho país a la Secretaría del Ozono hace poco. El yodometano ha sido inscrito hace poco en el Japón para luchar contra un amplio espectro de insectos en la madera importada (PNUMA, 2004).

La mayor parte de los fumigantes para uso después de la cosecha (ingredientes activos), exceptuado el fluoruro de sulfurilo, están siendo reinscritos en la Unión Europea.

*Cuadro 7-3: Situación de inscripción de las alternativas para uso después de la cosecha*

Este cuadro ha sido elaborado con información tomada de bases de datos sobre las inscripciones y alternativas disponibles facilitada por las Partes a la Secretaría del Ozono (Comisión Europea, 2005a), información presentada en las propuestas de usos críticos y otras fuentes.

País	Productos fumigantes						Otros tratamientos	
	FE	CN H	PH3 sólido	PH 3 gas	ODP	FS	ins	irr
Alemania			I	I		I a), b), f)	I	I (e)
Australia	I		I	I			I	R g)
Austria		I b)	I			I a)	I	
Bélgica			I				I	I e)
Canadá			I	I			I	I e), h)
Dinamarca			I	I			I	I e)
España		I	I				I	I (e)
EUA			I	I	I d)	I a), b), c)	I	I e), h), g), f)
Francia		I i)	I				I	I e), h), f)
Grecia			I				I	I (e)
Irlanda			I				I	I (e)
Italia			I			I b)	I	I (e)
Polonia			I				I	I (e)
Suecia			I			I a)	I	I e)
Suiza			I			I (b)	I	
<b>Reino Unido</b>			I			I b)	I	I e)

(a) Estructuras no para alimentos, por ejemplo edificios de interés histórico; (b) estructuras para alimentos vacías, por ejemplo molinos; (c) frutos secos, nueces de árboles, cereales; (d) productos agrícolas almacenados: nueces descascarilladas, cacao, especias; el ODP mezclado

con CO<sub>2</sub> está inscrito para nueces almacenadas; (e) uso permitido para hierbas y especias; (f) frutos secos; (g) desinfestación de algunas frutas y hortalizas; (h) algunos granos o cereales o harina; (i) aeronaves.

I	inscrito
FO	formato de etilo
CNH	cianuro de hidrógeno, cianuros de calcio o sodio
PH3 sólida	fosfina (formulaciones sólidas)
PH3 gaseosa	fosfina gaseosa en dióxido de carbono o nitrógeno (cilindros)
ODP	óxido de propileno
FS	fluoruro de sulfurilo
ins	insecticidas o aerosoles residuales aptos para empleo en programas de LIP
irr	irradiación

### 1.5.3 *Reinscripción y evaluación del metilbromuro*

En la Unión Europea el metilbromuro está siendo evaluado para reinscripción como parte del examen general de los pesticidas (ingredientes activos) por la CE. Los exámenes incluyen evaluaciones científicas de los datos de seguridad y ambientales presentados por los solicitantes. Un expediente sobre el metilbromuro está siendo examinado a la luz de la Directiva relativa a la comercialización de productos fitosanitarios (91/414/CEE) y se tomará una decisión sobre los usos de los pesticidas regulados por ella a más tardar a finales de 2008. El metilbromuro ha sido “identificado” con arreglo a la Directiva sobre biocidas (98/8/CE), es decir que los productos biológicos que contienen metilbromuro sólo se podrán colocar en el mercado de la UE hasta el 1º de septiembre de 2006 a más tardar, con arreglo al párrafo 2) del artículo 4 del Reglamento 2032/2003 (Arash, comunicación personal, 2005). No está claro si una prohibición del uso de metilbromuro en la CE se traduciría en una prohibición de importar productos cultivados o tratados con metilbromuro y no se ha determinado aún qué tan apreciablemente afectará esto al uso de metilbromuro en el mundo.

En los EUA el metilbromuro está siendo reinscrito actualmente y se prevé que se acabe de tomar una decisión en 2006. El metilbromuro ha sido incluido en el análisis del grupo de fumigantes citado anteriormente.

En IPCS/WHO (1995) figura un examen de la toxicidad y los efectos ambientales del metilbromuro.

## 1.6 **Recuperación, reciclado y destrucción.**

La adopción de tecnologías de recuperación que podrían reducir las emisiones de metilbromuro a la capa de ozono donde el metilbromuro sigue siendo empleado para aplicaciones de cuarentena y previas al envío continúa siendo limitada. Donde han sido adoptadas, la inversión en sistemas de recuperación

arranca generalmente de preocupaciones locales respecto del medio ambiente y la salud y la seguridad en el trabajo.

El sistema de recuperación/destrucción Nordiko se está aplicando en forma comercial en varias situaciones distintas en Australia (Brash, 2005). Los sistemas se instalan bajo láminas de fumigación, en cámaras de fumigación permanentes y con mordazas en los contenedores fumigados. El sistema entraña la recuperación del carbón activo, la destrucción del metilbromuro absorbido o adsorbido con tiosulfato de sodio y el lavado y secado del carbón tratado para reutilización.