



## Resultados y Lecciones en

# Reemplazo de Bromuro de Metilo

Para uso en producción de  
tomate en invernadero

**Colín, Región del Maule**





**Fundación para la Innovación Agraria**  
MINISTERIO DE AGRICULTURA



GOBIERNO DE CHILE  
FUNDACIÓN PARA LA  
INNOVACIÓN AGRARIA  
MINISTERIO DE AGRICULTURA

# Resultados y Lecciones en **Reemplazo del Bromuro de Metilo**



**para su uso en producción  
de tomate en invernadero**

**Colín, VII Región del Maule**

Valorización a Junio 2008



---

SERIE **EXPERIENCIAS DE INNOVACIÓN PARA EL EMPRENDIMIENTO AGRARIO**

---

## **Agradecimientos**

En la realización de este trabajo, agradecemos sinceramente la colaboración de los productores, técnicos y profesionales vinculados al proyecto de Opciones al uso de Bromuro de Metilo en tomate de invernadero en la zona de Colín, y a los productores y profesionales participantes en los Talleres de Validación. En especial, a los productores que participaron en el desarrollo del proyecto: César Cáceres V. y Miguel Garrido L., de la Chacra Miraflores Lote A2 de Colín; José Moya M., de la Parcela Ilusión N° 3, de Colín; Gustavo Miranda P. de la Chacra San Agustín de Colín; Luis Cañete N. de la Parcela 4 Tres Montes de Unihue; Pablo Araya G., Parcela 16, San Miguel de Colín; así como al equipo de la Consultora Capablanca, por su valioso aporte en el análisis de esta experiencia.

**Resultados y Lecciones en Reemplazo del Bromuro de Metilo para su uso en la producción de tomate en invernadero. Colín, VII Región del Maule.**

**Serie Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario**

**FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA**

Registro de Propiedad Intelectual N° 171.912  
ISBN N° 978-956-7874-80-4

DISEÑO GRÁFICO  
Guillermo Feuerhake

IMPRESIÓN  
Ograma Ltda.

Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida, siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

# Contenidos

---

---

<b>Sección 1. Resultados y lecciones aprendidas</b> .....	5
1. Antecedentes.....	5
2. El valor de la herramienta desarrollada.....	6
2.1. La innovación tecnológica.....	7
2.2. La conveniencia económica para el productor .....	10
3. Las claves de la viabilidad .....	11
4. Asuntos por resolver.....	12
5. Situación actual.....	12

---

<b>Sección 2. El proyecto precursor</b> .....	13
1. El entorno económico y social.....	13
2. El proyecto.....	13
3. Desarrollos posteriores .....	16

---

<b>Sección 3. Valor del proyecto aprendido e iniciativa precursora</b> .....	17
--	----

---

<b>ANEXOS</b>	
1. Antecedentes sobre el Bromuro de Metilo .....	21
2. Costos de producción de tomate .....	24
3. Literatura consultada.....	27
4. Documentación disponible y contactos.....	28
5. Publicaciones generadas en el marco del proyecto precursor.....	28

---



Distribución de ensayo en bolsas

## SECCIÓN 1

# Resultados y lecciones aprendidas

El presente libro tiene el propósito de compartir con los actores del sector los resultados, experiencias y lecciones aprendidas del proyecto “Introducción de alternativas sustentables de reemplazo al Bromuro de Metilo (BrMe) en la producción de tomate en invernadero en Colón”. Se espera que esta información, que se ha sistematizado en la forma de una “innovación aprendida”,<sup>1</sup> aporte a los interesados una nueva herramienta que les permita tomar decisiones productivas orientadas a consolidar o comenzar a utilizar tecnologías alternativas al Bromuro de Metilo.

## ► 1. Antecedentes

La fumigación de suelos para el control de malezas, enfermedades y plagas es una actividad importante en la agricultura. En el caso del cultivo de tomate en invernadero, es indispensable el uso de Bromuro de Metilo (BrMe) o de algún producto alternativo, para fumigar el suelo y controlar de esta forma problemas fitosanitarios, ya que al tratarse de un monocultivo no es posible interrumpir por medio de rotaciones de cultivos el ciclo de vida de los agentes patógenos. Sin embargo, el Protocolo de Kyoto, firmado por la mayoría de los países desarrollados, obliga a detener la producción de BrMe y establece plazos para dejar de aplicarlo, hacia el año 2015.

La Fundación para la Innovación Agraria financió un proyecto (proyecto precursor<sup>2</sup>) para evaluar diversas opciones con miras al reemplazo del Bromuro de Metilo como fumigante de suelos en el cultivo de tomate en invernadero y suelos o sustratos destinados a la producción de plantines de esta especie, que tengan una eficacia similar y un costo aceptable para los agricultores.

Dentro de las opciones evaluadas se incluyeron métodos:

- Físicos: aplicación de vapor de agua al suelo de cultivo y al sustrato destinado a la producción de plantines;
- Químicos: la aplicación de Metam-Sodio (BL-1480); Disulfuro de Carbono (Enzone) y Dazomet (Basamid), y,
- Orgánicos: biofumigación. Junto con la aplicación de Metam Sodio y Vapor de agua, en algunos ensayos se aplicaron cepas de *Trichoderma* sp. (Producto Trichonativa).

<sup>1</sup> “**Innovación aprendida**”: iniciativa que incorpora la información validada del proyecto analizado, las lecciones aprendidas durante su desarrollo, los aspectos que quedan por resolver y una evaluación de la factibilidad económica proyectada a escala productiva y comercial.

<sup>2</sup> Esta iniciativa se detalla en la Sección 2, de este documento.

El proyecto fue desarrollado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en su centro experimental Raihuén, VII Región, en conjunto con la Asociación Gremial COLINTUM y la empresa SAE LTDA. Se enmarca en un esfuerzo nacional apoyado por organizaciones internacionales y nacionales, tales como el Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD), la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), INIA y el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), con el objetivo de eliminar el uso de Bromuro de Metilo, por el daño que produce a la capa de ozono.

Los objetivos del proyecto precursor fueron caracterizar la situación de los productores de Colín, respecto al uso del BrMe y el estado fitosanitario de los predios, evaluar alternativas orgánicas de reemplazo, validar las alternativas físicas y químicas disponibles, hacer un análisis económico de su uso; capacitar, difundir y transferir la tecnología desarrollada y validada durante el desarrollo del proyecto.

## ► 2. El valor de la herramienta desarrollada

---

El 95% de los agricultores encuestados al inicio de la realización del proyecto precursor, no conocía alternativas al uso de BrMe para la fumigación de suelos, aun cuando el 66% de ellos tenía conocimiento de la restricción a su uso y pronta desaparición del mercado.

El proyecto precursor entregó opciones al uso del BrMe en la desinfección de suelos para el cultivo de tomate en invernadero. Las opciones propuestas, si bien no tuvieron la misma eficiencia que el uso del BrMe, por sí solas, demostraron tener un efecto positivo en los rendimientos esperados respecto de los obtenidos en suelos sin tratamiento de desinfección. Además, se demostró que es posible combinar técnicas como la inyección de vapor de agua al suelo, con la aplicación de plaguicidas y herbicidas o incorporar la solarización en las épocas de mayor radiación solar.

En el caso de los tratamientos de inyección de vapor de agua al suelo y sustratos, se determinaron los tiempos de exposición más adecuados, de manera que éstos fueran efectivos; del mismo modo, en los tratamientos de biofumigación, se determinó el tiempo necesario para que los residuos se descompusieran previo al trasplante del cultivo y así no afectaran a las plantas.

Los resultados de los ensayos de biofumigación de suelos destinados a almácigos de tomate realizados en dos temporadas, mostraron que persisten efectos fumigantes en el suelo que afectan la germinación de la semilla, por lo que sólo se recomienda esta técnica para la desinfección de suelo en el momento de plantación. Respecto de la efectividad de los tratamientos evaluados, se determinó que cuando la biofumigación se efectúa con residuos de Crucíferas (*Brassicáceas*), se controla el 100% de los nemátodos *Hemicycliophora* sp, *Meloidogyne* sp, *Helicotylenchus* sp., *Pratylenchus* sp. y *Paratylenchus* sp.

El uso del vapor de agua en la desinfección de sustrato para la producción de plantines en bandejas, mostró un efecto significativo en la producción de éstos. Las plantas producidas sobre sustrato sin desinfectar no alcanzaron el desarrollo apropiado para su establecimiento definitivo en las mesas de plantación, ya que presentaban ataques de microorganismos patógenos.

El proyecto permitió demostrar que el uso de Metam Sodio es una alternativa química al Bromuro de metilo, pese a que los rendimientos de tomate en invernadero son levemente inferiores a los obtenidos con este último. No obstante lo anterior, el Metam Sodio + *Trichoderma*, mostró claramente niveles de producción similares o mayores a los logrados cuando se trata el suelo con Bromuro de metilo. Este tipo de tratamiento fue el mejor evaluado, debido a su eficiente control de plagas y enfermedades del suelo y a que su aplicación es similar a la del BrMe, por lo que se prevé que tiene buenas perspectivas para ser replicable por otros productores bajo condiciones similares.



Plantas en bolsas de los distintos tratamientos

Durante la realización del proyecto precursor, el Centro Experimental INIA Raihuén entregó capacitación en el uso de las técnicas evaluadas. Se establecieron las condiciones mínimas para que la adquisición y uso de equipos de alto valor, como calderas de vaporización e inyectores de suelo, fuera conveniente para los agricultores. Además, se capacitaron agricultores en métodos alternativos de menor costo como la Biofumigación, así como en las restricciones de su uso. Finalmente, el proyecto realizó un estudio de costos evaluando los distintos métodos en comparación a los costos y eficiencia de la fumigación con BrMe.

El trabajo de este proyecto culminó con la divulgación y transferencia tecnológica de los resultados, informando a los productores los aspectos relacionados con el manejo de los distintos tratamientos, así como el momento óptimo de aplicación antes de la siembra del cultivo, duración del tratamiento, dosis y forma de aplicación de los productos químicos alternativos y requerimientos de mano de obra, con el objeto de disminuir la incertidumbre y el temor de los agricultores.

## 2.1. La innovación tecnológica

La innovación de este proyecto es la validación de cinco opciones para el reemplazo del uso de BrMe, realizado en la zona de Colín en la VII Región y la capacitación de los productores de tomate de invernadero, tanto en la técnica de aplicación como en la conveniencia económica de hacerlo.

Hoy en día el uso de BrMe es más barato que los métodos alternativos, porque es más efectivo a menores concentraciones. Sin embargo, dado que su uso está arraigado en los agricultores de la zona hace 20 años, considerándose una práctica común, es razonable suponer que su precio aumentará en la medida que se acerque la fecha de restricción para su uso, debido a la mayor escasez del producto.



Equipo vaporizador de fabricación nacional, utilizado en la desinfección de sustratos para producción de plántulas de hortalizas.

Es importante destacar que el BrMe desinfecta matando todos los organismos presente en el suelo, mientras que los métodos alternativos necesitan la aplicación de otro producto suplementario que elimine lo que ellos no logran controlar, especialmente malezas. Además, algunas técnicas como la vaporización de camellones, platabandas o mesas donde se cultiva el tomate, no obtienen completa efectividad, debido a que la entre hilera queda sin aplicación o tratamiento y en ese lugar pueden crecer malezas que permitan el desarrollo de plagas, razón por la cual es importante realizar un adecuado control de malezas.

A continuación, se resumen los tratamientos alternativos al uso de BrMe que se evaluaron en el proyecto:

### **Vaporización**

Consiste en la introducción de vapor de agua dentro del suelo, bajo cubiertas plásticas para aumentar la temperatura de éste a niveles letales para algunos organismos de suelos como nemátodos, estados inmaduros de insectos, bacterias, hongos del suelo y semillas o propágulos de malezas (exceptuando aquellos que son termorresistentes). La temperatura del suelo y la duración del tratamiento térmico determina si la eliminación de la flora del suelo es total (esterilización: pocos minutos a 90-100°C) o si ocurre sólo parcialmente (pasteurización: mezcla de vapor y aire a 70-80°C). La vaporización activa es una alternativa prometedora más rápida y eficiente desde el punto de vista energético.

En los tratamientos de vaporización se utilizó como coadyudante *Trichoderma*, que es un hongo anaeróbico parasitario de hongos patógenos. Se encuentra en forma natural en muchos suelos agrícolas y otros tipos de medios, existiendo más de 30 especies benéficas para la agricultura. Puede desarrollarse en una amplia gama de sustratos, lo cual facilita su producción masiva para uso en la agricultura. Su gran tolerancia a condiciones ambientales extremas y hábitat, le permiten ser un agente eficiente de control. Además tiene la capacidad de poder sobrevivir en medios con contenidos significativos de pesticidas y otros productos químicos. Su gran variabilidad lo transforma en un reservorio de posibilidades de control biológico, bajo diferentes sistemas de producción y cultivos.

El género *Trichoderma* posee buenas cualidades para el control de enfermedades en plantas causadas por patógenos fúngicos del suelo, principalmente de los géneros *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Pythium* y *Fusarium* entre otros. Las especies de este género son los antagonistas más utilizados para el control de enfermedades de plantas producidas por hongos, debido a su ubicuidad, facilidad para ser aisladas y cultivadas, rápido crecimiento en un gran número de

sustratos y porque no atacan a plantas superiores. Los mecanismos por los que las cepas del género *Trichoderma* desplazan al fitopatógeno son fundamentalmente de tres tipos. Competencia directa por el espacio o por los nutrientes; producción de metabolitos antibióticos, ya sean de naturaleza volátil o no volátil, y parasitismo directo de determinadas especies de *Trichoderma* sobre los hongos fitopatógenos.

La literatura técnica señala que *Trichoderma* controla los siguientes hongos que afectan al tomate: *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria solani*. Este género está compuesto por hongos que se encuentran presentes en forma natural en casi todos los suelos y poseen la capacidad de atacar y parasitar a otros hongos.

### **Biofumigación**

Consiste en la acción de sustancias volátiles producidas por la degradación de la materia orgánica para el control de los microorganismos, nemátodos, insectos y hongos del suelo. Esta técnica incrementa su eficacia cuando forma parte de un sistema de manejo integrado de cultivos.

Se ha visto que generalmente cualquier materia orgánica puede actuar como biofumigante, y su actividad depende principalmente de la dosis, temperatura, contenido hídrico y del método de aplicación. Esta fermentación genera compuestos volátiles que son letales para muchos microorganismos, incluyendo diferentes nemátodos, malezas y hongos. La técnica puede resultar en la selección de una microflora beneficiosa. La actividad inhibitoria depende de la desactivación térmica, la liberación de compuestos volátiles biotóxicos tales como amonio, metilisotiocianatos y otros compuestos de azufre, así como compuestos que estimulan los antagonistas saprofitos del suelo, tales como los aldehídos, alcoholes, y/o toxinas alelopáticas.

### **Aplicaciones de productos químicos**

**Metam Sodio:** es un producto químico líquido para aplicar al suelo. Se usa como fumigante de pre-plantación y es efectivo en el control de artrópodos, algunas malezas y patógenos del suelo, principalmente hongos y un número limitado de nemátodos. Se aplica al suelo directamente o a través del sistema de riego bajo una cubierta de polietileno transparente. Este producto debe ser aplicado cuando las temperaturas del suelo están entre 15 y 30 °C. La dosis de aplicación es de 100 mL/m<sup>2</sup> (con formulados al 32,7 % de I.A.). En el caso de altas concentraciones de inóculo, bajas temperaturas o en suelos de textura arcillosa es necesario elevar la dosis hasta 800 mL/m<sup>2</sup>.

**Dazomet:** es un producto granulado para el tratamiento de suelo en preplantación, controla malezas, nemátodos y hongos. Requiere distribución mecánica en el suelo para lograr uniformidad de aplicación y eficacia. Durante el tratamiento, el suelo debe estar cubierto con láminas plásticas. La dosis de aplicación es de 80-100 g/m<sup>2</sup> (con formulaciones al 99% de I.A.)

**Enzone (31,8% Tetratiocarbonato de sodio):** es un fumigante de suelo, soluble en agua, que controla todo tipo de nemátodos que se encuentran en el horizonte del suelo que logra ser mojado con la solución. Se aplica a través de los sistemas de riego, liberando lentamente Disulfuro de Carbono (CS<sub>2</sub>) el cual controla nemátodos, hongos e insectos. Las evaluaciones realizadas por el INIA han dado efectos similares al del BrMe para el control de hongos de suelo; sin embargo, en el caso de control de malezas y nemátodos, los resultados han sido regulares y no ha tenido efecto para el control de bacterias.

## 2.2. La conveniencia económica para el productor

Las opciones de reemplazo de BrMe evaluadas en el proyecto precursor aún no son competitivas con este producto químico, en cuanto a costo por hectárea, pues si bien es cierto que algunos tratamientos tienen costos similares, muchos de ellos necesitan que se aplique un segundo producto, para obtener un resultado final similar al que se logra con BrMe.

La alternativa de tratamiento que tiene un control similar al del BrMe y que presenta los costos de operación más conveniente es la vaporización de sustratos para la etapa de almácigo. Sin embargo, ella requiere una inversión alta en equipos adecuados, como una caldera de vaporización, la que según el proyecto precursor, es rentable a partir de las 300 horas de uso al año. Por este motivo, se considera más apropiado que este tipo de tratamiento sea un servicio entregado por una empresa a varios agricultores, más que una labor individual de ellos. Por su parte, la vaporización de suelos no es rentable, ya que se necesita que funcione más tiempo para alcanzar altas temperaturas que sean capaces de esterilizar el suelo, con el consiguiente gasto en combustible.

La biofumigación es rentable para los agricultores, en la medida que desarrollen un manejo integrado, no sólo de plagas sino que también de residuos; es de bajo costo de implementación, alrededor de \$ 400.000/ha. Su principal desafío es que se requiere capacitación sobre el tiempo necesario para que el tratamiento sea efectivo y se logre la estabilización de los residuos. Otro problema, es que no es posible utilizarla en grandes superficies debido a la gran cantidad de residuos de vegetales que se requiere degradar. Los residuos más adecuados para usar en el tratamiento son de brasicáceas y adición de estiércol.

En el Cuadro N° 1 se comparan los resultados de una hectárea de tomate cultivado en invernadero, donde la desinfección de suelos se realizó con BrMe (situación sin proyecto) con los de una hectárea fumigada con Metam Sodio más la aplicación de *Trichoderma* sp. (situación con proyecto). El proyecto precursor consideró a esta alternativa de tratamiento como la de mayores posibilidades de reemplazo del BrMe, debido al efecto alcanzado y los costos de aplicación, que hacen que el margen por hectárea disminuya en apenas un 0,7%.

Productores aprenden la técnica de desinfección de suelo con Metam Sodio





Vaporización de sustrato

**CUADRO N° 1: Costos de producción de tomate en invernadero según tratamiento de suelo**

Variables	Situación sin Proyecto Bromuro de Metilo	Situación con Proyecto Metam Sodio+Trichoderma	Diferencial
Rendimiento	128.034	140.400	+ 12.366
Cajas 18 kg/ha	7.113	7.800	+ 687
Costos de producción (\$/ha)	11.847.247	14.640.261	+ 2.793.014
Ingresos (\$/ha )	27.740.700	30.420.000	+ 2.679.300
Margen (\$/ha)	15.893.453	15.779.739	- 113.714

Fuente: Proyecto FIA de Reemplazo del Bromuro de Metilo en la zona de Colín, Región del Maule y Estudio de costos de producción, Secretaría Regional de Agricultura, Región del Maule, 2003. (Valores sin IVA).

### ► 3. Las claves de la viabilidad

Si bien el proyecto ha contribuido a entregar información para que los agricultores y en especial los productores de tomate puedan elegir opciones al BrMe para desinfectar el suelo, el éxito de estos tratamientos a un costo razonable y cercano a los obtenidos en el proyecto, depende de una adecuada capacitación para que su aplicación sea lo más eficiente posible.

En el caso específico de la vaporización de sustrato destinado a producción de almácigo es recomendable la organización y asociatividad de los productores, de manera que se aprovechen las economías de escala de las inversiones iniciales en equipos, las que resultan demasiado altas para que sean utilizadas por un solo productor, cuando el uso anual no supera las 300 horas. De lo contrario, esta alternativa de tratamiento sólo podría ser conveniente en la medida que existan empresas que se dediquen a prestar este servicio de vaporización de sustrato.

En lo que respecta a la biofumigación es relevante realizar un adecuado manejo de los residuos vegetales de manera que los efectos del tratamiento sean los adecuados. Para ello, es fundamental fomentar actividades de capacitación orientadas a los agricultores que decidan utilizar este tipo de tratamiento de desinfección, ya que los efectos son distintos dependiendo del material vegetal que se use. Se debe tener presente que este tipo de tratamiento no es adecuado para desinfectar grandes superficies de suelo, debido a las grandes cantidades de residuos vegetales que se requerirían, además de la gran cantidad de tiempo de persistencia del efecto fitotóxico en el suelo, lo que hace necesario esperar antes de trasplantar el cultivo.



Comparación visual de los tratamientos en los invernaderos

El uso de productos químicos como Metam Sodio cumple una función importante, por ser un producto químico disponible en el mercado. Cabe destacar que el tratamiento de Metam Sodio, junto con la aplicación de hongo de la especie *Trichoderma*, tiene un efecto similar al efecto logrado con BrMe, manteniendo los rendimientos y calidad de la producción en niveles similares a los que se obtienen con desinfecciones de suelo con BrMe.

#### ► 4. Asuntos por resolver

Es necesario elaborar un plan de manejo o protocolo para una adecuada incorporación de las técnicas alternativas al uso de BrMe en los tratamientos de desinfección de suelos en el cultivo de tomate establecido en invernadero. En él se deberían especificar claramente las ventajas y desventajas de cada tratamiento, así como los tiempos necesarios de aplicación de cada uno de manera de que no generen efectos negativos en las plantas de tomate y todas las medidas de precaución necesarias para obtener óptimos resultados a un costo razonable. Junto con lo anterior, se deberían estructurar cursos de capacitación en las distintas técnicas de desinfección y adecuado manejo de los productos químicos.

Finalmente, es importante avanzar en actividades que permitan demostrar las ventajas de los distintos tratamientos e incentivar a los productores para que usen estas alternativas de desinfección de suelos, así como promover el uso de técnicas combinadas para obtener mejores resultados.

#### ► 5. Situación actual

En la actualidad el BrMe tiene un amplio uso en la agricultura, principalmente para la desinfección de suelos. Su utilización en almácigos y cultivo de tomates en invernadero es una práctica común y al menos en el corto plazo, no se visualizan tratamientos tan efectivos y al mismo costo que éste. Sin embargo, en la medida que se acerca el plazo estipulado para la prohibición de su uso, el precio del BrMe ha ido en aumento, pudiendo llegar a niveles similares en costos de tratamientos alternativos.

En la situación internacional, EE.UU. ha pedido una prórroga en el año 2005 para casos críticos, destacándose el uso de BrMe en tomate; mientras que Australia lo ha hecho para su uso en cultivos de frutilla, arroz y flores. En contraste a ésto, algunos países europeos, como Holanda que ha abandonado el uso de BrMe desde al año 1991, están imponiendo barreras a los productos que utilizan este desinfectante en su ciclo productivo.

Respecto de los productos químicos evaluados en el proyecto precursor, Basamid (98% dazomet) fue retirado del mercado por su distribuidor.

## SECCIÓN 2

# El proyecto precursor

## ► 1. El entorno económico y social

Los productores de tomate de la zona de Colín en la Región del Maule, donde existe una superficie aproximada de 130 ha de cultivo en invernadero, pertenecen a una cooperativa de agricultores campesinos que en el momento del inicio del proyecto precursor no conocían alternativas al uso de BrMe para la desinfección de los suelos y sustratos; sin embargo, sí tenían conocimiento sobre las restricciones futuras a su uso.

## ► 2. El proyecto

El proyecto precursor consistió en la evaluación de 5 métodos alternativos al uso de BrMe para la desinfección de suelos para cultivo de tomate en invernadero, técnicas que habían sido estudiadas anteriormente por otros centros del INIA en la VI Región y Región Metropolitana. Se evaluaron tratamientos físicos, como la vaporización; orgánicos, como la biofumigación, y productos químicos, tales como Metam Sodio, Dazamit y Encone. Además se consideraron actividades de capacitación a los agricultores en cada uno de estos tratamientos. Se instalaron ensayos en los campos de agricultores, capacitándolos en el uso de estas técnicas.

Productores observan la producción de tomates obtenida con los tratamientos alternativos al Bromuro de Metilo





A la izquierda plantas biofumigadas y a la derecha plantas con suelo sin tratar

El trabajo de este proyecto se inició con una encuesta aplicada a los productores de tomate en la VII Región (Colín), la cual entregó resultados sobre el desconocimiento de alternativas al uso de BrMe para la desinfección de suelo y la necesidad de capacitación de los productores en las técnicas y productos químicos que existen en el mercado capaces de suplir a BrMe.

Se determinó que el 94% de los productores encuestados utilizaba BrMe para la desinfección de suelos, empleando en promedio 9 bombonas por agricultor/año. Con este antecedente los investigadores responsables del proyecto precursor, en su presentación a FIA, estimaron que en la zona de Colín se usaban 1.219 bombonas por año, o sea, aproximadamente 1.658 kg/año en la zona. Los productores sólo utilizan el BrMe para desinfectar el área donde confeccionan los almácigos.

Los tratamientos evaluados fueron:

### **Biofumigación**

Se realizaron dos ensayos con distintos materiales los que se compararon con un testigo sin tratamiento. El primero utilizó una mezcla formada por cascarilla de arroz, ensilaje de maíz y urea logrando un total de 37,5 Kg de mezcla, la que fue distribuida uniformemente en un surco de 10 m de longitud, en una dosis equivalente a 7,5 kg/m<sup>2</sup>. Posteriormente, la mesa donde se aplicó el tratamiento se cubrió con polietileno transparente y se le dio un riego para generar las condiciones de humedad necesarias. El tratamiento se aplicó por un periodo de 120 días, durante los cuales se realizó un seguimiento de la temperatura.

El segundo ensayo utilizó una mezcla con restos de coliflor picada y urea, la que fue distribuida uniformemente en el interior de un surco de 10 m de longitud. Considerando el ancho de una mesa de 50 cm., la dosis aplicada fue equivalente a 15 kg/m<sup>2</sup>. Posteriormente, la mesa se cubrió con polietileno de color naranja. El tratamiento fue completado en un periodo de 97 días.

Ambos tratamientos fueron regados para alcanzar la humedad necesaria.



Aplicación de *Trichoderma* en la unidad de validación

### Aplicación de vapor al suelo

Se aplicó vapor al suelo por un tiempo de 60 minutos a través de un sistema de tuberías móviles que se ubicó sobre las platabandas que se trataron. Se utilizó un equipo vaporizador de 30 psi, el cual inyectó vapor hasta una profundidad de 20 cm a una temperatura de 85 a 95 °C.

Para la desinfección de sustratos se usó un equipo vaporizador, que consta de una caldera y un contenedor. El sustrato se trató con vapor de agua. El tiempo de exposición al tratamiento fue de 60 minutos/m<sup>3</sup> de sustrato, utilizando el sistema de aplicación negativa. Este sistema considera la utilización de un extractor de aire que acelera el paso de vapor a través del sustrato localizado en el contenedor. Una vez iniciada la aplicación del vapor, se espera el momento en que comienza a fluir vapor por el extractor hacia el exterior, lo que demoró 40 minutos. Al finalizar el tratamiento la temperatura del sustrato alcanzó a 95 °C en todos los sectores del contenedor. Esta temperatura permitió establecer que el tratamiento fue eficiente para el control de hongos, bacterias, nemátodos y semillas de malezas.

### Aplicación de productos químicos

Los tratamientos con productos químicos utilizados para desinfectar almácigos fueron:

Se hicieron dos ensayos con aplicaciones de Metam Sodio en dosis de 120 cc/m<sup>2</sup>, aplicado mediante aspersor de mochila. En el primero, el terreno tratado fue sellado con plástico para evitar pérdidas por gasificación, permaneciendo así por un período de 25 días, luego de los cuales se aireó por un periodo de 8 días. En el segundo, el terreno tratado permaneció sellado por 17 días, luego de los cuales se aireó por un periodo de 30 días y antes de la siembra, se asperjó con una regadera la primera dosis de *Trichoderma* cepa Queule a razón de 10 mL/L, regándose cada parcela con 3 litros de agua. La aplicación de *Trichoderma* se repitió 15 días después de la siembra.

Aplicación de Dazomet en dosis de 60 g/m<sup>2</sup>. Se esparció en el suelo incorporándolo con un rastrillo y se selló inmediatamente con un plástico, para evitar la volatilización del gas.

### ► 3. Desarrollos posteriores

---

Al término del proyecto, junto con INDAP, se envió una propuesta de investigación al Programa de Desarrollo de Inversiones de este Servicio, para evaluar la aplicación de Metam Sodio y *Trichoderma* sp. para la prevención del “cansancio o fatiga del suelo” en la producción de tomate establecido en invernadero. Se evaluó el comportamiento combinado de estos dos agentes, fumigación de suelos y su posterior inoculación con *Trichoderma* sp.

Este proyecto comenzó el año 2006, demostrando que la producción sin desinfección de suelos disminuye la producción y calidad del tomate. Los cultivos de tomate realizados en suelos desinfectados con Metam Sodio y aplicaciones de *Trichoderma* sp. obtuvieron rendimientos similares a los obtenidos en suelos desinfectados con BrMe, siendo el tratamiento mejor evaluado por agentes y beneficiarios de este proyecto.

## SECCIÓN 3

# Valor del proyecto aprendido e iniciativa precursora

El BrMe tiene restricción de producción y uso, por el daño que produce en la capa de ozono. Al acercarse la fecha de eliminación total del producto se hace necesario estudiar un sustituto para este producto, más aún si se considera que para la producción de tomate en invernadero es indispensable desinfectar los suelos y sustratos.

Por este motivo, el proyecto precursor se orientó a introducir, evaluar y transferir diferentes opciones al uso de BrMe para la desinfección de sustratos y suelos en la producción de tomate establecido en invernadero. Se determinó la eficacia de cada tratamiento y cuál es el más conveniente para los agricultores.

Se estableció que el tratamiento más efectivo para desinfectar suelos es la aplicación de Metam Sodio + aplicaciones de *Trichoderma*. Esto porque permitió controlar un mayor espectro de patógenos, similar al de BrMe, que si bien fue a un costo superior a éste (23%), se compensa con una mayor producción. Además, se trata de productos comerciales que se encuentran disponibles en el mercado y pueden ser utilizados por todos los agricultores, lo que lo hace un tratamiento con altas posibilidades de ser replicado por otros productores bajo condiciones similares.

El tratamiento de sustratos con vapor de agua tiene un alto costo para que sea implementado por un agricultor en particular, por lo que sería necesario que una agrupación o una empresa prestara el servicio. Por su parte, la aplicación de vapor de agua al suelo del invernadero, donde se establecería el cultivo propiamente tal, no se consideró rentable ya que se necesitan equipos inyectoros, una mayor cantidad de horas de uso, y por consiguiente, mayor cantidad de combustible para alcanzar las mismas temperaturas que se emplean en el tratamiento de sustratos destinados a la producción de plántines de almácigo.

Muestra de tomate cosechados de los diferentes tratamientos



Los tratamientos de biofumigación con residuos de brasicáceas, tuvieron mejores resultados que los tratamientos con rastrojo de maíz. El principal problema que presenta la biofumigación es el tiempo necesario para eliminar el efecto tóxico del tratamiento en los suelos, para realizar posteriormente la plantación; recomendándose utilizarlo dos meses antes de la siembra o el trasplante. Otro problema, es el tipo y cantidad de residuos que se debe utilizar; ya que su transporte y disponibilidad influyen en los costos de este método de desinfección. Por este motivo, la biofumigación se recomienda para pequeñas superficies, siendo casi inviable como solución a gran escala.

Finalmente, cabe destacar que el proyecto precursor permitió capacitar a agricultores de la zona de Colín en el uso de tratamientos alternativos al BrMe. La evaluación de estos métodos dentro de sus campos, en ensayos y parcelas demostrativas, más el esfuerzo de divulgación de los investigadores para dar a conocer los resultados de la investigación a través de ferias, días de campo, exposiciones en congresos, cartillas informativas, manuales de uso de las técnicas y publicaciones de extensión y científicas, ha entregado herramientas valiosas para que los agricultores puedan escoger un método y especializarse en su uso. A todo ésto se suma que la empresa SAE LTDA., que vende productos químicos, se vio interesada en la transferencia y venta del producto Metam Sodio.

# Anexos

---

Anexo 1. Antecedentes sobre el bromuro de metilo

---

Anexo 2. Costos de producción de tomate

---

Anexo 3. Literatura consultada

---

Anexo 4. Documentación disponible y contactos

---

Anexo 5. Publicaciones generadas en el marco del proyecto precursor

---



Visita de los productores en el día de campo al ensayo de producción de plantas en bandejas

## ANEXO 1. **Antecedentes sobre el Bromuro de Metilo**<sup>3</sup>

---

El bromuro de metilo ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ) es un fumigante incoloro, sin olor, no inflamable. Por esta razón se le agrega un 2% de cloropicrina o tricloro-nitrometano ( $\text{CCl}_3\text{NO}_2$ ) que por su intenso olor y propiedades lacrimógenas sirve como agente delator. Para mejorar su actividad contra hongos del suelo, en ciertas situaciones se agrega un mayor porcentaje de cloropicrina, entre el 20 y el 35%.

Se volatiliza a  $3,6^\circ\text{C}$  y es muy poco soluble en agua. Como gas, es tres veces más pesado que el aire. Como líquido, a  $0^\circ\text{C}$ , 1 litro pesa 1,730 kg. Para facilitar el transporte y manejo, se envasa en estado líquido a presión, en latas (bombonas) o en cilindros metálicos.

La acción biocida del bromuro de metilo es muy amplia. Actúa sobre todo lo que respire a la temperatura de aplicación: hongos, nemátodos, bacterias, semillas, plantas y animales superiores. El bromuro de metilo bloquea las deshidrogenasas que intervienen en el ciclo del ATP y otras reservas energéticas de los seres vivos. Por otra parte, se inhibe la citocromo-oxidasa rompiéndose la secuencia respiratoria. A concentraciones bajas, no afecta seriamente los mecanismos de ventilación pulmonar, pero sí la respiración celular, por lo que es muy peligroso.

Es un fumigante efectivo en el tratamiento de una amplia gama de plagas. Se emplea frecuentemente como fumigante en los tratamientos cuarentenarios. Se usa extensamente para combatir plagas en granos almacenados, contra hormigas y para fumigación general de suelos. También puede emplearse para desinfectar material vegetal.

El BrMe es efectivo en un amplio rango de temperaturas superiores a  $5^\circ\text{C}$ , aunque es recomendable que las fumigaciones se hagan a temperaturas superiores a  $15^\circ\text{C}$ . En general, el material vegetativo vivo tiene cierta tolerancia al BrMe, pero el grado varía con la especie, variedad, el estado de crecimiento y las condiciones del material.

La fumigación con bromuro de metilo destruye un gran número de formas de vida: insectos, bacterias y hongos fitopatógenos, pero también otros organismos que no sólo son inofensivos, sino que tienen un efecto benéfico al entrar en competencia con las especies perjudiciales. Por otra parte, una vez terminada la fumigación, el suelo empieza de inmediato a ser reinfestado por los organismos que nuevamente llegan, sea de las áreas inferiores o aledañas a las tratadas, o a través de la atmósfera, del riego o de los implementos de cultivo. Por esto resulta muy importante tomar todas las medidas que aseguren un buen tratamiento, con el fin de obtener los resultados esperados y evitar, por el mayor tiempo posible, la reinfestación con organismos patógenos resultantes de un tratamiento deficiente o de contaminación desde las fuentes externas antes señaladas.

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

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

<sup>3</sup> FAX. 1995. Bromuro de Metilo: Manual Técnico. FAX México, S.A. de C.V. México D.F.

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

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

Un aspecto muy importante en las fumigaciones de suelo con bromuro de metilo es la preparación y humedad del terreno. El terreno debe prepararse acuciosamente, para asegurar el adecuado mullimiento y la ausencia de terrones. En estos últimos, la difusión del gas es siempre menor.

Al momento de la fumigación, el terreno debe estar a humedad de campo, o sea, con sólo la humedad retenida por capilaridad; parte de su acción se ejerce a través de disolución en el agua del suelo. Deben evitarse suelos saturados de agua, pues se interrumpe la difusión. Igualmente, deben evitarse suelos demasiado secos (menos del 50% de humedad de campo), porque aumentan las fugas del producto. Con un nivel de humedad de suelo adecuado, las semillas de malezas, esporas de hongos, huevos de nemátodos, insectos y todos los que se desee controlar, estarán en actividad y así se logrará un buen control.

Es importante considerar que la esterilización del suelo con bromuro de metilo o por cualquier otro medio reduce notablemente la población de las bacterias que transforman el Nitrógeno, de formas amónicas a nitritos y nitratos, interrumpiendo este proceso. Razón por la cual, después de una fumigación debe evitarse el uso de fertilizantes amónicos, que pueden causar daños durante la primera fase de algunos cultivos susceptibles a este ión, como es el caso del tabaco. Aún en plantas resistentes al amonio pueden producirse deficiencias de Nitrógeno, por no estar disponible el elemento en la forma nítrica, que es como lo absorben mayoritariamente las plantas y el tomate en particular, aun cuando esta especie también absorbe otras formas de nitrógeno, pero en menor grado.

La acción biocida del bromuro de metilo está en relación directa con la concentración del fumigante y el tiempo de exposición, humedad del suelo, temperatura del suelo y ambiente cercano a éste. Si el tiempo no es limitante, se escoge una dosis o concentración tan baja como sea posible, en términos de la gama de organismos no deseados presentes y sus estadios, del grado de infestación y la relación costo /beneficio del tratamiento.

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

En fumigaciones multipropósito, la concentración varía de 40 a 120 g/m<sup>2</sup> para tiempos de exposición de 24 a 48 horas (temperaturas del suelo de 15 a 25 °C). Se aumenta la concentración en situaciones donde: el suelo es muy arcilloso u orgánico, la plaga objetivo (maleza, hongo) es muy resistente, el tiempo de exposición es muy corto o la temperatura es baja (menos de 15 °C). Para fumigaciones de espacios cerrados (bodegas, silos, furgones, entre otros), el bromuro de metilo se usa a concentraciones que varían de 16 a 80 g/m<sup>3</sup> para tiempos de exposición de 36 a 6 horas, a temperaturas superiores a 15 °C. Una recomendación típica es 50 g/m<sup>3</sup> con 24 horas de exposición.

El bromuro de metilo se presenta en dos tipos de envases: bombonas de lámina de acero conteniendo 454 o 680 g (1 ó 1,5 lb) y cilindros de acero con 13,6 a 90,72 kg (30 a 200 lb).



Productores visitan ensayos de la unidad de validación

Los envases más comúnmente usados son las bombonas de 680 g y los cilindros de 90,72 kg. Para tratamientos en pequeña escala, el uso de bombonas es más práctico. Como orientación general, para fumigaciones esporádicas de espacios cerrados de hasta 300 m<sup>3</sup> o fumigaciones de suelo de hasta 300 m<sup>2</sup>, es preferible el uso de bombonas. Para quienes deben hacer estos tratamientos con frecuencia, como es el caso de empresas dedicadas a la fumigación, resulta más sencillo y económico usar los cilindros. Igualmente se prefieren los cilindros para tratamientos de volúmenes o áreas grandes, aunque las fumigaciones sean poco frecuentes. Hay cilindros que contienen de 500 a 1000 kg de bromuro de metilo, pero sólo se usan para fines de transporte o para fumigaciones de suelo en áreas muy grandes.

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

El bromuro de metilo líquido puede disolver muchos materiales plásticos. Tanto el hule natural como el PVC (polivinil cloruro) son fuertemente atacados por el bromuro de metilo. El polietileno, el polipropileno y el politetrafluoroetileno (Teflón) son levemente atacados por el bromuro de metilo líquido. En forma gasificada y a las concentraciones que normalmente se utilizan, el bromuro de metilo tiene poco efecto sobre estos plásticos. En presencia de agua se hidroliza lentamente, con desprendimiento de ácido bromhídrico, que es corrosivo a la mayoría de los metales y plásticos. Por lo anterior, cuando se usa el bromuro de metilo es recomendable emplear mangueras, tubos y accesorios de acero inoxidable, de latón, de teflón o de polietileno.

## ANEXO 2. Costos de producción de tomate

CUADRO N° 1: Resumen costos de producción de tomate en invernaderos de Colín, Región del Maule. Suelos fumigados con bromuro de metilo

### COSTOS SIN PROYECTO

ITEM	PROMEDIO HECTAREA \$ octubre 2007
<b>1) Labores</b>	4.367.038
Mano de Obra	4.070.938
Maquinaria	261.100
Jornada animal	35.000
<b>2) Insumos</b>	5.826.087
<b>SUB-TOTAL COSTOS</b>	10.193.125
Imprevistos 5%	509.656
Costo financiero	1.144.466
<b>TOTAL COSTOS</b>	11.847.247

Fuente: Secretaría Ministerial de Agricultura, Región del Maule. 2003. Costos de producción promedio de tomate cultivar "Agora", establecido en invernadero, zona de Colín. Situación sin proyecto. Valores sin IVA.



Cosecha y selección de tomates en la unidad de validación

**CUADRO N° 2: Costos de producción por hectárea de tomate en invernadero. Sistema de agricultura campesina, Región del Maule** (Base invernadero de 2.400 m<sup>2</sup>).

Labor	Cantidad	Unidad	Precio	Total (\$)
<b>Preparación de 10 Naves</b>				350.000
Colocación PE al invernadero	50	Jornada Hombre	7.000	350.000
<b>Almácigo: Cancha: 10 metros x 1 m</b>				364.588
Preparación suelo y siembra	6,25	Jornada Hombre	7.000	43.750
Llenado de bolsas con suelo	33.334	Jornada Hombre	7	233.338
Repique plantas a bolsas	12,5	Jornada Hombre	7.000	87.500
<b>Preparación de suelo invernadero</b>				440.500
Aradura con tractor	5	Máquina	10.000	50.000
Rastraje con tractor	9	Máquina	7.500	67.500
Chissel	5	Máquina	10.000	50.000
Trazado de surcos y fertilización de preplantación con caballo	9	Jorn. Hombre+Animal	7.000	63.000
Arreglo de surcos con caballo	5	Jorn. Hombre +Animal	7.000	35.000
Colocación de mulch	25	Jornada Hombre	7.000	175.000
<b>Plantación</b>				238.000
Plantación:	34	Jornada Hombre	7.000	238.000
<b>Labores culturales</b>				175.000
Desbrote, deshoje y arreglo de plantas	25	Jornada Hombre	7.000	175.000
<b>Riego con fertilizantes</b>				946.750
Con fertilizante "Raizal" en almácigo.	6,25	Jornada Hombre	7.000	43.750
Con fertilizante fósforo a bolsas	12,5	Jornada Hombre	7.000	87.500
Sin fertilizantes nave.	12,5	Jornada Hombre	7.000	87.500
Con fertilizantes a nave	9	Jornada Hombre	7.000	63.000
Con fertiliz. y F. Sportak a nave	95	Jornada Hombre	7.000	665.000
<b>Aplicación Pesticidas:</b>				336.000
Aplicación de pesticidas	48	Jornada Hombre	7.000	336.000
<b>Cosecha</b>				1.516.200
Recolección	7.113	Caja	200	1.422.600
Ingreso a feria	30	viaje	3.120	93.600
<b>SUB – TOTAL</b>				4.367.038

Fuente: Secretaría Ministerial de Agricultura, Región del Maule. 2003. Costos de producción promedio por ha de tomate establecido en invernadero, zona de Colín, cultivar "Agora". Situación sin proyecto. Valores sin IVA en \$ a octubre de 2007.

**CUADRO N° 3: Costos directos por hectárea de insumos necesarios para una temporada de producción de tomate. Sistema de agricultura campesina** (Base invernadero de 2.400 m<sup>2</sup>).

Labor	Cantidad	Unidad	Precio	Total (\$)
<b>Naves (Mantención)</b>				2.219.451
PE: (400 techo + 60 cortina + 40 canoa)	2084	Kilo	1005	2.094.420
Charlatas	2084	Unidad	54	112.536
Clavos	21	Kilo	595	12.495
<b>Semilla: cultivar de crecimiento indeterminado</b>				633.346
"Agora"	33.334	Semilla	19	633.346
<b>Fertilizantes</b>				933.349
"Raizal": 1 g x 0,5 L agua.	5	Kilo	4.627	23.135
SPT: para 40 mesas	750	Kilo	200	150.000
Urea Granulada	209	Kilo	188	39.292
Salitre Potásico	334	Kilo	241	80.494
Salitre Sódico	334	Kilo	206	68.804
Abono foliar "Frutaliv"	1,25	Litro	12.750	15.938
Nitrato de Calcio.	209	Kilo	454	94.886
Nitrato de Potasio: granulado	209	Kilo	376	78.584
Nitrato de Magnesio	209	Kilo	415	86.735
Salitre Potásico	667	Kilo	238	158.746
Salitre Sódico	667	Kilo	205	136.735
<b>Pesticidas</b>				546.571
Fungicida Bromuro de Metilo en almácigo	13	Bombona	3.306	42.978
Fungicida "Acrobat Mz"	1	Kilo	29.085	29.085
Fungicida "Benlate"	1	Kilo	18.440	18.440
Fungicida "streto Plus"	1	Kilo	31.356	31.356
Fungicida "Scala 40 SC"	1	Litro	52.881	52.881
Fungicida "Switch 62,5 WG"	1,5	Kilo	132.204	198.306
Fungicida "sportak 40 EC"	6,25	Litro	27.764	173.525
<b>Varios</b>				1.493.370
Mulch	420	Kilo	1.454	610.680
Cintas de riego	13.334	Metro	60	800.040
Cinta garetta blanca	25	Kilo	3.306	82.650
<b>Sub-Total</b>				5.826.087
<b>Total costos directos (Labores + Insumos)</b>				10.193.125

Fuente: Secretaría Ministerial de Agricultura, Región del Maule. 2003. Costos de producción promedio por ha de tomate establecido en invernadero, zona de Colín, cultivar "Agora". Situación sin proyecto. Valores sin IVA en \$ a octubre de 2007.

## ANEXO 3. **Literatura consultada**

---

Bromuro de Metilo y sus alternativas.

[http://www.infoagro.com/abonos/bromuro\\_de\\_metilo.htm](http://www.infoagro.com/abonos/bromuro_de_metilo.htm)

CONAMA. 2007. Artículo: Banco Mundial destaca éxito chileno en la protección de la capa de ozono. <http://www.conama.cl/portal/1301/article-28561.html>

El Bromuro de Metilo y sus alternativas. Portal web. Agroinformación.

[http://www.abcagro.com/fertilizantes/bromuro\\_de\\_metilo.asp](http://www.abcagro.com/fertilizantes/bromuro_de_metilo.asp).

FAO. 2003. Manual para la Capacitación de Trabajadores de Extensión y Agricultores-Alternativas al Bromuro de Metilo para la fumigación de suelos.

<http://www.fao.org/DOCREP/005/Y1806S/y1806s03.htm#TopOfPage>

FAX. 1995. Bromuro de Metilo: Manual Técnico. FAX México, S.A. de C.V. México D.F.

GONZÁLEZ S., CARRASCO J. 2006. Bromuro de Metilo: un fumigante que debe desaparecer. Rev. Tierra Adentro. Mayo-junio 2006. pág 50-52. Ediciones INIA.

[http://www.inia.cl/platina/descarga/docs/tierraadentro/N68-p50\\_52.pdf](http://www.inia.cl/platina/descarga/docs/tierraadentro/N68-p50_52.pdf)

Lista provisoria de plaguicidas registrados en Chile que están prohibidos o severamente restringidos por gobiernos y sus efectos sanitarios y ambientales.

<http://www.rap-chile.com/plaguicidas.html>

LÓPEZ-PÉREZ J. A., M. ARIAS, R. SANZ, M. ESCUER. Alternativas al bromuro de metilo en cultivos protegidos de la Comunidad de Madrid. Bol. San. Veg. Plagas, 29: 481-489, 2003.

RIQUELME J., Alternativa Sustentable al Reemplazo de Bromuro de Metilo en la Producción de Tomate de Invernadero de Colín. INIA centro regional Raihuén. Región de Maule.

<http://www.inia.cl/alternativasbromurometilo2/jriquelme.pdf>.

SAG. 2007. Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias: Desarrollar una Estrategia para Reducir o Reemplazar el uso de Bromuro de Metilo para fines Fitosanitarios.

[http://www.sag.gob.cl/pls/portal/docs/PAGE/PG\\_SAG\\_BIBLIOTECA/BIBLIO\\_CONSULTAS/184753\\_BROMURO.DOC](http://www.sag.gob.cl/pls/portal/docs/PAGE/PG_SAG_BIBLIOTECA/BIBLIO_CONSULTAS/184753_BROMURO.DOC).

Secretaria Ministerial de Agricultura – Región del Maule. 2003. Estudio de costos directos de producción de los principales cultivos Región del Maule – Temporada 2002/03. Tomate.

## ANEXO 4. Documentación disponible y contactos

---

Información adicional sobre el proyecto precursor, y los contactos con los productores y profesionales participantes en éste, se encuentra disponible en el sitio de FIA en Internet ([www.fia.gob.cl](http://www.fia.gob.cl)), en la sección Base de Datos de Iniciativas FIA.

La documentación de los proyectos precursores a texto completo (propuesta, informes técnicos y actividades de difusión, entre otras), puede consultarse en los Centros de Documentación de FIA, en las siguientes direcciones:

### Centro de Documentación en Santiago

Loreley 1582,  
La Reina, Santiago  
Fono (2) 431 30 96

### Centro de Documentación en Talca

6 Norte 770, Talca  
Fonofax (71) 218 408

### Centro de Documentación en Temuco

Bilbao 931, Temuco  
Fonofax (45) 743 348

## ANEXO 5. Publicaciones generadas en el marco del proyecto precursor

---

Carrasco, J. y Riquelme, J. 2004. Biofumigación de suelos para almácigos y plantación. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA - Raihuén. Talca, Chile. Cartilla Divulgativa, 8 p.

Varas, E.; Riquelme, J. y Pastén, J. 2005. Desinfección del suelo con Metam Sodio para almácigo y plantación. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA - Raihuén. Talca, Chile. Cartilla Divulgativa, 8 p.

Riquelme, J.; Carrasco, J.; Torres, A. y Varas, E. 2006. Alternativa de desinfección de suelos en la producción de tomates en invernaderos de Colín. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA - Raihuén. Talca, Chile. Cartilla Divulgativa, 10 p.