

*Proyecto:*  
*"Introducción de Alternativas Sustentables de Reemplazo  
al Bromuro de Metilo en la Producción de Tomates en  
Invernaderos de Colín"*



## **VAPORIZACIÓN DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE ESPECIES HORTÍCOLAS**



Jorge Carrasco J.  
Jorge Riquelme S.  
Andrea Torres P.  
Felipe Pastén D.

Cartilla Divulgativa  
Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)  
INIA RAIHUÉN

Abril de 2005



Autores:

**Jorge Carrasco Jiménez.**

Ingeniero Agrónomo Dr. (INIA -Rayentué)

**Jorge Riquelme Sanhueza**

Ingeniero Agrónomo Dr. (INIA -Raihuén)

**Andrea Torres Pinto.**

Ingeniero Agrónomo (INIA -Raihuén)

**Juan Pastén Duarte.**

Ingeniero Agrónomo (Consultor Proyecto FIA)

**Cita Bibliográfica:**

Carrasco, J.; Riquelme, J.; Torres, A. y Pasten, J. 2005. Vaporización de sustratos para la producción de plántulas de especies hortícolas.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Raihuen. Talca, Chile.

Cartilla Divulgativa, 8p.

**INIA -Raihuén:** Avda. Esperanza s/n. Estación Villa Alegre, Villa Alegre,

VII Región, Chile. Casilla 34, San Javier.

Teléfono Fax (73) 381768, 381769, 381770.

E-mail: atorres@inia.cl

Esta Cartilla ha sido financiada por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

Diseño y Diagramación: Jorge Berríos V.

Impresión: Gutenberg ® Talca, 4 Sur 1175

Cantidad de ejemplares: 1.000

Talca, VII Región, Chile.



## Antecedentes

**E**l Bromuro de Metilo, desde la década del 40, se ha utilizado ampliamente para el control de patógenos, como hongos, bacterias, nematodos, e insectos, además de malezas, siendo considerado uno de los mejores fumigantes en la desinfección de suelos, para la producción de hortalizas en invernaderos. Sin embargo, se ha demostrado que este producto, junto a otras sustancias, es un destructor de la capa de ozono que cubre al planeta, lo cual representa un serio problema para la supervivencia de los seres vivos en la tierra.

Lo anterior, ha significado una gran preocupación de la Organización de Naciones Unidas (ONU) y de los gobiernos de los principales países que hacen uso de este producto, lo que se ha traducido en la promoción de medidas que permitan reducir su producción y uso, habiéndose establecido un programa de retiro gradual del mercado a partir del 2003, año en que el uso en Chile (importación) no debió superar las 380 ton., para llegar a prohibir totalmente su uso a partir del año 2015, en los países en vías de desarrollo, como Chile. Cerca de un 70% de este producto químico, se emplea para esterilizar suelos en cultivos de tomates (tanto en invernaderos como a campo abierto y en almácigos), pimientos (campo abierto y almácigos), tabaco (almácigos), flores (en invernadero), frutales (en viveros), y otras hortalizas.

Lo anterior hace necesario la introducción de alternativas que reemplacen su uso en la agricultura nacional, y en particular en la producción hortícola, la cual hace uso de aproximadamente un 37% del Bromuro de Metilo que importa el país, permitiendo a los productores, enfrentar de mejor forma la situación de no disponer, en el mediano plazo, de este fumigante como elemento desinfectante de suelos, y también para promover el desarrollo de una agricultura limpia, con sistemas de producción más sustentables que no dañen la capa de ozono.

Entre los años 2000 y 2002, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) llevó a cabo un proyecto demostrativo de alternativas al Bromuro de Metilo con productores de tomate y pimiento en las regiones V, VI, y Metropolitana, en el que, entre otras, se evaluó la aplicación de vapor de agua a sustratos para la producción de plantulas de tomate y pimiento. A fines del 2003, el INIA inició el proyecto, con financiamiento de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) "Introducción de alternativas sustentables de reemplazo al Bromuro de Metilo en la producción de tomates en invernadero en Colín", estableciendo unidades demostrativas, en predios de agricultores, donde se han estado evaluando alternativas de reemplazo al Bromuro de Metilo. Un diagnóstico preliminar, realizado a los agricultores de Colín, bajo el marco del proyecto, estableció que el 90% de ellos utilizaban este producto en la desinfección de suelos para la producción de plántulas de tomate en almaciguera o "canchas".

Las semillas de hortalizas, en especial de tomates, son de alto costo, en particular la semilla de híbridos, por lo que la producción de plántulas en almacigueras o "canchas" debe tender hacia la producción de ellas "en bandejas", con uso de sustratos desinfectados. Esto hace necesario que el productor, en el corto plazo, conozca y maneje la producción de plantas utilizando la técnica de aplicación de vapor a los sustratos.

La presente cartilla divulgativa, describe la técnica de aplicación de vapor a sustratos, para la producción de plántulas de hortalizas en bandejas, como tecnología alternativa al Bromuro de Metilo (**Foto 1**).

La técnica corresponde a la aplicación de vapor de agua, que es un método de esterilización basado en el calor que transfiere el vapor de agua. Se aplica con un equipo especial, que consta básicamente de una caldera y de un contenedor metálico. La importancia que se le atribuye a esta tecnología es el bajo impacto ambiental por lo que puede ser con-

siderada como una técnica aceptada bajo la normas de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).

### **Equipos vaporizadores.**

La operación de los equipos vaporizadores de sustratos disponibles en Chile, de fabricación nacional y extranjera (**Foto 2**), logran una temperatura de aplicación que oscila entre los 70 a 90° C, por un tiempo de proceso que va de 30 a 50 minutos, dependiendo de la densidad y grado de humedad del sustrato, mayor tiempo se requerirá en el proceso de aplicación de vapor.

Antes de adquirir un equipo es necesario hacer un estudio de factibilidad de uso de este procedimiento en el predio, considerando la facilidad de traslado, suministro de agua, electricidad y combustible. Las temperaturas obtenidas con este procedimiento (sobre 70° C) destruyen insectos, ácaros, nemátodos, hongos y semillas de malezas.



**Foto 1.**  
**Producción de plantas de tomate en bandejas.**  
**Colín, Talca.**



**Foto 2.**  
**Equipo vaporizador de fabricación nacional, utilizado en la desinfección de sustratos para producción de plántulas de hortalizas.**

En la elección del equipo es importante considerar la capacidad de generación de vapor, la que determina el volumen de sustrato que se puede tratar en cada proceso de esterilización. Además, se debe obtener información sobre el rendimiento del equipo y la dotación de mano de obra que requiere en su operación, de modo de lograr aplicaciones oportunas.

### **¿Qué es un sustrato?**

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el "anclaje" del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta.

En el mercado existe una amplia oferta de sustratos, tanto de fabricación nacional como importados, además de los sustratos preparados por los propios viveros para su autoabas-

tecimiento. En general estos materiales pueden o no presentar en su composición diferentes porcentajes de compost (de diversos materiales, como restos de basuras orgánicas, guanos y estiércol, sub productos agrícolas, entre otros), elementos inertes (lana de roca, perlita o vermiculita), turba (rubia o negra), arena (de diferentes granulometrías), aserrín, corteza de pino, y tierra de hoja.

Cualquier actividad biológica presente de descomposición de los sustratos, es perjudicial para el establecimiento y desarrollo de plantas. Los microorganismos presentes compiten con la raíz por oxígeno y nutrientes. También pueden degradar el sustrato y empeorar sus características físicas de partida, como granulometría, porosidad y densidad aparente. Generalmente disminuye su capacidad de aireación, pudiéndose producir asfixia radicular. La actividad biológica está restringida a los sustratos orgánicos y se deben eliminar aquellos cuyo proceso de degradación sea demasiado rápido. De ahí la importancia de incorporar mezclas de materiales orgánicos e inertes, en la composición de un sustrato.

# *Esterilización de sustratos por aplicación de vapor*

## FORMAS DE ACCIÓN

### Vaporización pasiva.

El proceso normal de aplicación de vapor, que ha sido utilizado tradicionalmente en Chile, en contenedores cerrados se denomina vaporización pasiva (aplicación pasiva de vapor), es decir, el vapor se mueve y penetra en el sustrato lentamente forzado por su propia presión de entrada.

Con este tipo de vaporización, las temperaturas alcanzadas al interior del sustrato, son muy fluctuantes, pudiendo llegar en algunos puntos a los 90° C, como en otros no superar los 30° C. Esto afecta la eficiencia de control de los patógenos, porque es necesario alcanzar temperaturas sobre 70° C, para controlar la mayoría de los organismos que pueden afectar el establecimiento y desarrollo posterior de las plantas en sustrato.

### Vaporización activa.

El vapor de agua, aplicado bajo el sistema de vaporización activa, se aplica en un contenedor en el que se encuentra el sustrato. Los equipos, normalmente, pueden llegar a alcanzar una temperatura máxima de aplicación, en el volumen de sustrato, de entre 90 y 100° C (**Foto 3**), la cual tiene una distribución homogénea en el interior de él. Con un tiempo de proceso que varía de 40 a 60 minutos por metro cúbico de sustrato. No es aconsejable sobrepasar los 90° C, ya que sobre esta temperatura se destruyen organismos benéficos para el suelo, lo que podría originar una rápida proliferación de los microorganismos perjudiciales, posteriormente a la esterilización.

La aplicación de vapor activa, llamada también aplicación a presión negativa, se hace con equipos de proceso pasivo a los cuales



**Foto 3.**  
**Aplicación de vapor a sustratos en contenedor metálico,  
con temperaturas entre 90 y 100° C.**

se les adiciona un extractor de aire (**Foto 4 y 5**). El extractor fuerza el paso del vapor a través del sustrato, logrando una disminución en los tiempos de desinfección de entre un 20% y 30%. Con este sistema activo el vapor se distribuye en forma más homogénea y se reduce el costo de desinfección, al requerir menor tiempo de uso de energía (petróleo y electricidad), es más eficiente. Con esta forma de vaporización, a los 30 minutos de estar funcionando el equipo, las temperaturas son más homogéneas, en cada punto del sustrato, fluctuando entre los 80 y 90° C. Esta condición de temperatura, hace más eficiente el control de patógenos.

Los equipos vaporizadores de sustratos, nacionales e importados, disponibles en el comercio, no cuentan con la implementación necesaria para trabajar el sistema de vapor activo. En todo caso es fácil adaptarlos, adicionándoles un extractor de aire que se puede construir en maestranzas locales.



**Foto 4. Aplicación activa de vapor de sustratos.**

## **Recomendaciones para la vaporización de sustrato**

La aplicación de vapor, se realiza con el sustrato con un contenido de humedad entre un 15 a un 20% base peso seco. Una forma práctica de establecer el contenido adecuado de humedad, es tomando y apretando con la mano una muestra del sustrato, si de él se desprende agua, no tiene el contenido de humedad adecuado para la operación, por el contrario, si en la palma de la mano se percibe una leve humedad, es un buen indicador para vaporizar. Aplicaciones de vapor en sustratos saturados, son ineficientes porque el agua llena los macroporos de éste, impidiendo una adecuada difusión del vapor en su interior, además de favorecer la condensación de éste. Esto último es importante, porque al programar el volumen de sustrato a vaporizar, éste debe estar protegido de las lluvias, antes de la labor de vaporización.



**Foto 5. Extractor de aire, que aumenta la eficiencia de paso del vapor en la aplicación activa.**

Para mantener el sustrato limpio y evitar que se contamine luego de haber sido esterilizado, se requiere de un espacio protegido de trabajo del equipo y almacenamiento del sustrato. El lugar asignado debe contar con un espacio adecuado para que los operadores puedan trabajar sin peligro de accidentes.

Trabajos realizados por INIA, recomiendan no hacer uso del sustrato con aplicación de vapor, para siembra o plantación, hasta 24 a 48 horas después de aplicado el tratamiento y posterior ventilación, ya que, se produce una acumulación de nitrógeno amoniacal, por descomposición de la materia orgánica, el que en exceso puede ser tóxico para las semillas o plantas.

### Elección de un equipo

La adquisición de un equipo vaporizador de sustrato, requiere primero un análisis, que per-

mita estimar la conveniencia de incorporar este procedimiento al sistema productivo. Pevio a la compra, se debe considerar la cantidad y tipo de sustrato utilizado anualmente, los meses de mayor demanda, la disponibilidad de un lugar físico, techado, para la ejecución del trabajo y almacenamiento del sustrato, suministro de agua, electricidad monofásica y combustible (petróleo). Existen en Chile, equipos vaporizadores que cuentan con una caldera y contenedor, diseñados para aplicar vapor en 1 m<sup>3</sup> de sustrato. Si se considera que tratar ese volumen, toma un tiempo de 40 a 50 minutos, en 8 horas de trabajo se pueden tratar 9,5 a 12 m<sup>3</sup> de sustrato.

Respecto al equipo que se va a adquirir, un aspecto importante a considerar es su capacidad de generar vapor, la cual debe concordar con el volumen de sustrato que se maneja en el predio. Se necesitan 15 a 20 kilos de vapor por metro cúbico de sustrato.

