



**SEMARNAT**

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Esterilización de sustrato con vapor para la sustitución del bromuro de metilo en la producción de plantas ornamentales**



**Distrito Federal, México  
2007 - 2008**

**Agosto de 2008**

**Ing. Osvaldo Pérez García  
M. en C. Marta Pizano**



**Organización de las Naciones Unidas para  
el Desarrollo Industrial**



**SEMARNAT**

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

**SEMARNAT**

**Ana María Contreras Vigil**  
Directora General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro  
de Emisiones y Transferencia de Contaminantes

**Agustín Sánchez Guevara**  
Coordinador de la Unidad de Protección a la Capa de Ozono

**Sofía Urbina Loyola**  
Coordinadora de Programas de Fumigantes

**Marco Antonio Cotero García**  
Coordinador de Proyectos Piloto

**ONU DI**

**Guillermo Castellá Lorenzo**  
Gerente de Proyectos - Viena

**Marcela González Nolazco**  
Coordinadora de Proyectos del Protocolo de Montreal - México

**ASESORES**

**Ing. Osvaldo Pérez García**  
Consultor Nacional

**M. en C. Marta Pizano**  
Consultora Internacional



**SEMARNAT**

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

## **AGRADECIMIENTOS**

**Al Señor Esteban Cruz Xolalpa de Las Amarílis en San Luis Tlaxialtemalco, D.F., México; al Señor Mauro Chávez de Flores Biodinámicas en San Gregorio Atlapulco, D.F., México y a la Señora Ma. Josefina López Cortés de Viveros Sagitario en Tulyehualco, D.F., México, por haber permitido que los proyectos se realizarán dentro de cada una de las instalaciones.**

**Al personal de estos viveros por su amplia colaboración y entusiasmo mostrado.**

## **INFORMACIÓN**

### **Unidad de Protección a la Capa de Ozono**

Avenida Revolución No. 1425 Nivel 39  
Colonia Tlacopac, San Angel  
01040. México, D.F. MÉXICO  
Tel. (52 55) 56 24 35 52

[sofia.urbina@semarnat.gob.mx](mailto:sofia.urbina@semarnat.gob.mx)

[www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/calidaddelaire/Pages/proteccionlacapadeozono.aspx](http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/calidaddelaire/Pages/proteccionlacapadeozono.aspx)

## Índice

	Página
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	9
2.1 Importancia de la zona de producción.....	9
2.2 La pasteurización o esterilización con vapor como opción para sustituir al bromuro de metilo.....	12
<b>3. OBJETIVO</b> .....	13
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	14
4.1 Establecimiento de proyectos.....	14
4.2 Análisis de sustratos.....	15
<b>5. ESTABLECIMIENTO Y CONDUCCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS</b> .....	18
5.1 Experimento con lilis (lirio) ( <i>Lilium</i> sp.).....	18
5.2 Experimento con alcatraz amarillo ( <i>Zantedeschia elliotiana</i> ).....	18
5.3 Experimento con begonia ( <i>Begoni tuberosa</i> ) y campánula ( <i>Campanula carpathica</i> ).....	20

<b>6. RESULTADOS</b> .....	21
6.1 Experimento con lilis.....	21
6.1.1 Altura de planta.....	21
6.1.2 Número de botones florales útiles.....	22
6.1.3 Número de plantas enfermas.....	23
6.2 Experimento con alcatraz amarillo.....	24
6.3 Experimento con begonia y campánula.....	30
<b>7. DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES</b> .....	37
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	39
<b>9. LITERATURA CITADA</b> .....	40

## Índice de cuadros

	Página
Cuadro 1. Productores cooperantes de Xochimilco, Distrito Federal, México, en el proyecto de parcelas demostrativas de alternativas al bromuro de metilo en el sector flores.....	14
Cuadro 2. Resultados obtenidos en los análisis realizados en las muestras de sustratos.....	16
Cuadro 3. Temperatura y humedad relativa durante el período del experimento con begonia.....	21
Cuadro 4. Efecto del sustrato tratado con bromuro de metilo y con vapor sobre la altura de planta (en cm) en lilis 'Matrix'. San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco, Distrito Federal, México.....	22
Cuadro 5. Efecto de bloques sobre la altura de planta (en cm) en plantas de lilis 'Matrix'. San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco, Distrito Federal, México.....	22
Cuadro 6. Efecto del sustrato tratado con bromuro de metilo y vapor, y efecto de bloques, sobre el número de botones florales útiles, en plantas de lilis 'Matrix'. San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco, Distrito Federal, México. Diciembre de 2007.	23
Cuadro 7. Efecto del sustrato tratado con vapor y bromuro de metilo sobre el número y peso fresco de hierbas, por maceta, en alcatraz amarillo. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 7 de marzo de 2008.....	25
Cuadro 8. Efecto de bloques sobre el número y peso fresco de hierbas, por maceta, en alcatraz amarillo. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 7 de marzo de 2008.....	26
Cuadro 9. Longitud del tallo floral de alcatraz amarillo en los diferentes tratamientos. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal, México. Mayo de 2008.....	29

	<b>Página</b>
Cuadro 10. Efecto del sustrato reciclado tratado con vapor y el sustrato nuevo sobre el número y peso fresco de hierbas, por maceta, en begonia 'Gala'. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 10 de abril de 2008.....	30
Cuadro 11. Efecto de bloques sobre el número y peso fresco de hierbas, por maceta, en begonia 'Gala'. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 10 de abril de 2008.....	31
Cuadro 12. Efecto del sustrato reciclado tratado con vapor y el sustrato nuevo sobre la altura de planta, número de hojas y número de flores en begonia 'Gala'. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 18 de junio de 2008.....	33
Cuadro 13. Efecto del sustrato reciclado tratado con vapor y sin tratamiento sobre el número de hierbas y peso fresco en macetas de campánula. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 20 de junio de 2008.....	35

## Índice de figuras

Página

Figura 1. Problemas de maleza en begonia y alcatraz en Xochimilco, Distrito Federal, México.....	12
Figura 2. Generador de vapor y remolque, utilizados en los proyectos piloto en Xochimilco, Distrito Federal, México.....	17
Figura 3. Vista del experimento con alcatraz amarillo. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 2 de febrero de 2008.....	19
Figura 4. Plantas de lilis 'Matrix' cultivadas en sustrato tratado con bromuro de metilo, con vapor y en sustrato sin tratar. San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco, Distrito Federal, México. Diciembre de 2007.....	24
Figura 5. Diferencias en la brotación en el experimento con alcatraz amarillo. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 2 de febrero de 2008.....	25
Figura 6. Efecto de la esterilización del sustrato con bromuro de metilo y vapor, sobre la emergencia de hierbas en macetas de alcatraz amarillo. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal. 2 de febrero de 2008 (48 días después de la plantación).....	26
Figura 7. Efecto de la esterilización del sustrato con bromuro de metilo y vapor, sobre la emergencia de hierbas en macetas de alcatraz amarillo. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal. 25 de febrero de 2008 (71 días después de la plantación).....	27
Figura 8. Síntomas de <i>Alternaria</i> sp., en hojas de alcatraz amarillo. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal, México.....	27
Figura 9. Crecimiento de las plantas de alcatraz amarillo durante el experimento. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal, México.....	28

	<b>Página</b>
Figura 10. Floración de plantas de alcatraz amarillo cultivadas en sustrato esterilizado con vapor. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 11 de junio de 2008.....	29
Figura 11. Efecto de la esterilización del sustrato reciclado con vapor, sobre la emergencia de hierbas en macetas begonia ‘Gala’. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 29 de marzo de 2008 (32 días después del transplante).....	31
Figura 12. Diferencias entre el sustrato reciclado tratado con vapor, el sustrato nuevo sin tratar y el testigo, en la emergencia de hierbas en macetas begonia ‘Gala’. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 29 de marzo de 2008 (32 días después del transplante).....	32
Figura 13. Diferencias entre el sustrato reciclado tratado con vapor, el sustrato nuevo sin tratar y el testigo, en la emergencia de hierbas en macetas begonia ‘Gala’. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 10 de abril de 2008 (44 días después del transplante).....	32
Figura 14. Emergencia de maleza, después de los 31 días de la evaluación del número y peso fresco de hierbas, en macetas de begonia ‘Gala’. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México.....	33
Figura 15. Floración de plantas de begonia ‘Gala’ en sustrato reciclado tratado con vapor y sin tratar. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México.....	34
Figura 16. Diferencias en la emergencia de maleza, entre sustrato reciclado esterilizado con vapor y sustrato reciclado sin tratar, en macetas de campánula, en plántulas de campánula. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 25 de febrero de 2008.....	35
Figura 17. Diferencias en la emergencia de maleza, entre sustrato reciclado esterilizado con vapor y sustrato reciclado sin tratar, en macetas de campánula. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 25 de febrero y 29 de marzo de 2008.....	35

	<b>Página</b>
Figura 18. Diferencias en la emergencia de maleza, entre sustrato reciclado sin tratar y sustrato reciclado esterilizado con vapor, en macetas de campánula. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 18 de junio de 2008.....	36
Figura 19. Diferencias en la emergencia de maleza, entre sustrato reciclado sin tratar y sustrato reciclado esterilizado con vapor, en macetas de campánula. Obsérvese la presencia de <i>Ipomea</i> y <i>Malva</i> en el tratamiento de vapor. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 18 de junio de 2008.....	36

# Esterilización del sustrato con vapor para la sustitución del bromuro de metilo en la producción de plantas ornamentales en el Distrito Federal, México

## 1. Introducción.

En 1974 el Dr. Mario Molina y el Dr. Sherwood Rowland advirtieron que los gases clorofluorcarbonados (CFC) afectaban la capa de ozono. En junio de 1985 se confirmó la aparición de un “agujero” en la capa de ozono del Antártico (Polo Sur), el cual se ha venido evaluado y monitoreado regularmente. El “agujero de ozono” es un fenómeno estacional, que aumenta en los períodos críticos de invierno; a fines de septiembre de 1998 alcanzó una extensión de 25 000 000 km<sup>2</sup>. Este fenómeno también se presenta en el Polo Norte y en las cordilleras y las regiones más frías del planeta (Bejarano, 1999)

El agotamiento de la capa de ozono provoca el incremento de la radiación solar, lo cual perjudica la salud humana, principalmente por el cáncer de la piel y la afectación del sistema inmunológico. El aumento de la radiación ultravioleta también ocasiona problemas ambientales como pérdidas en los cultivos, destrucción del fitoplancton y de la cadena alimenticia marina (Bejarano, 1999).

En 1985 se realizó el Convenio de Viena y el 16 de septiembre de 1987 se firmó el Protocolo de Montreal, los cuales son los primeros tratados que aplican el *principio de precaución* para evitar un desastre ambiental. El Protocolo de Montreal fue firmado por 149 países, entre ellos México. El Convenio y el Protocolo crearon un régimen de cooperación internacional para proteger la capa de ozono mediante el control de la fabricación, uso y venta de sustancias responsables de la destrucción de la capa de ozono. El Protocolo entró en vigor el 1 de junio de 1989. Desde entonces, se le han hecho cinco revisiones: 1990 en Londres, 1992 en Copenhague, 1995 en Viena, 1997 en Montreal y 1999 en Pekín.

Las Partes del Protocolo incluyeron al bromuro de metilo en la lista de sustancias agotadoras del ozono, debido a que éste daña la capa de ozono al llegar en forma de gas a la atmósfera. Ello implica que su uso y producción deben cesar dentro de las fechas límite establecidas por el Protocolo. En la Conferencia de Viena celebrada en diciembre de 1995, acordaron que los países en vías de desarrollo debían reducir el uso de bromuro de metilo en un 20 % en el año 2005 y eliminar totalmente su uso en 2015; en tanto que los países desarrollados lo disminuirían en un 50 % en el año 2005 y lo eliminarían al 100 % en 2010.

El bromuro de metilo se ha utilizado en México como fumigante del suelo antes de la siembra, en el almacenaje de granos almacenados, tratamientos de cuarentena y para el control de roedores (Bejarano, 1999). Debido a su alta volatilidad no permanece como residuo en los alimentos y, debidamente tratado, no representa ningún peligro para la salud humana. Sin embargo, si no se toman las debidas precauciones durante su aplicación, causa graves daños a los usuarios.

La Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (USEPA), clasifica al bromuro de metilo en la Categoría Extremadamente Tóxico, lo cual representa un riesgo en la salud de las personas expuestas a esta sustancia. Afecta el sistema nervioso e inmunológico. Además, los gases de este producto se movilizan fácilmente y afectan a las comunidades cercanas donde se ha aplicado. Las consideraciones sobre el bromuro de metilo van más lejos, incluyen amenazas al ambiente y a la biodiversidad por ser un contaminante del suelo y las fuentes de agua.

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) estableció un convenio con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) de México, para introducir y adaptar tecnologías que sustituyan al bromuro de metilo. En septiembre de 1999, se inició un proyecto de demostración que integra varios experimentos con el fin de evaluar métodos no químicos como la solarización y la biofumigación, y también productos químicos como Dicloropopeno y Dazomet. Estos experimentos se están realizando en cultivos de alto valor comercial como tomate, fresa, melón y flores, en las regiones de Baja California, Baja California Sur, Sinaloa, Nayarit, Colima, Michoacán y Jalisco. En el año 2007 se iniciaron proyectos piloto en flores de corte en el Estado de México, y en plantas ornamentales en maceta en el Distrito Federal.

## 2. Marco teórico.

### 2.1 Importancia de la zona de producción.

En el Distrito Federal la producción de ornamentales en maceta es una actividad agrícola importante. La zona de producción se ubica principalmente en la Delegación Xochimilco, aunque otras delegaciones rurales como Tláhuac, Tlalpan, Milpa Alta y Magdalena Contreras también se dedican al cultivo de plantas ornamentales. Los pueblos de Xochimilco más especializados en esta actividad son San Luis Tlaxialtemalco, San Gregorio Atlapulco, Santiago Tulyehualco y el Barrio Caltongo.

El cultivo de plantas de ornamentales inició como una actividad importante en Xochimilco a partir de 1950, cuando los canales comenzaron a secarse. La gente que tradicionalmente se había dedicado a la agricultura, empezó a especializarse en otros cultivos que las condiciones ambientales y de mercado les permitían. De esta forma se dio el cambio hacia la producción de plantas ornamentales.

El deterioro del suelo y la mala calidad del agua de los canales han sido dos factores importantes que han disminuido la producción de cultivos básicos y hortalizas; lo cual ha impulsado la producción de flores y plantas ornamentales. Además los productores obtienen mayores ganancias con los cultivos ornamentales.

Se cultivan más de 130 especies, algunas de las más importantes son: nochebuena (*Eufhorbia pulcherrima*), malvón (*Pelargonium inquinans*), rosal (*Rosa alba*, *R. indica*, *R. multiflora*), belén (*Impatiens wallerana*), clavel (*Dianthus barbatus*), ciclamen (*Cyclamen europaeum*), lilis (*Lilium* sp.), tulipán (*Hibiscus rosa-siniensis*), kalanchoe (*Kalancho* sp.), azucena (*Amarillis formosissima*), begonia (*Begonia* sp.), dalia (*Dhalia* sp.), crisantemo (*Chrysantemum indicum*), alcatraz (*Zantedeschia aethiopica*), pensamiento (*Viola tricolor*), petunia (*Petunia x hybrida*).

De acuerdo con información del Plan Rector 2007 del Comité Sistema Producto Ornamentales del Distrito Federal, en el año 2006 se reportaron 166.72 ha de superficie dedicada la cultivo de plantas ornamentales. En un Taller de Planeación Estratégica organizado por este Sistema Producto en mayo de 2007, se mencionó que el tamaño promedio de las unidades productivas es de 560 m<sup>2</sup> las mayores de 6 500 m<sup>2</sup> y las menores de 467 m<sup>2</sup>.

Hernández y Jiménez (2003), en una encuesta realizada con 53 productores, reportaron que la superficie promedio por productor en Xochimilco es de 0.44 ha, aunque se encuentran productores con superficies desde 200 m<sup>2</sup> y algunos que manejan alrededor de 3 ha. Los mismos autores mencionan que anualmente se producen 307,200 plantas de nochebuena, 183 700 de malvón, 109,500 de rosa, 90,500 de pensamiento y 70,500 de petunia. Hay productores que producen 84,000 plantas al año y otros únicamente 1,000; el promedio por productor es de alrededor de 32 800 plantas de diferentes especies.

La producción se realiza principalmente en invernaderos de estructuras simples, tipo túnel individual. Los sustratos utilizados son tierra de hoja, tierra de monte (tierra negra), ocochal, tezontle, tepojal, compostas; y en menor proporción se maneja la agrolita. La producción se realiza de manera intensiva durante todo el año. El 64.1 % de los productores tienen tres o más ciclos de producción al año, y el 39.5 % uno o dos ciclos. Por lo anterior, la compra de tierra de hoja se realiza por lo menos tres veces al año, aunque hay productores que sólo compran una vez, independientemente de los ciclos de producción que manejen (Hernández y Jiménez, 2003).

En promedio, cada productor requiere de 3 m<sup>3</sup> para producir 1 000 plantas, lo que representa un consumo alto de tierra de hoja al año. Aproximadamente un 50.9 % de productores compra menos de 50 m<sup>3</sup> al año, 33.4 % entre 50 y 100 m<sup>3</sup> y 15.7 % más de 100 m<sup>3</sup>. Hay productores que sólo compran 3 m<sup>3</sup> y se encuentran algunos que adquieren hasta 360 m<sup>3</sup>. La razón principal por la que aún se utiliza este sustrato se debe a sus características: contenido alto de materia orgánica, alta capacidad de retención de humedad, peso ligero y mucha porosidad. Además es fácil de conseguir pues los proveedores la ofrecen en los mismos lugares de producción y su precio es más económico que el de otros sustratos (Hernández y Jiménez, 2003).

Los productores manejan diferentes mezclas de sustratos según el tipo de cultivo. Para malvón, petunia, pensamiento, rosal, clavel y margarita se utiliza 50 % de tierra de hoja y 50 % de tierra de monte; aunque para rosal también se usa 60 % de tierra de hoja y 40 % de tierra de monte. En el caso de nochebuena existe mucha variación pues se manejan mezclas de 50 % de tierra de hoja, 20 % de tezontle y 30 % de polvo de coco; 85 % de tierra de hoja, 10 % de tezontle y 10 % de polvo de coco; 85 % de tierra de hoja y 15 % de tezontle; 80 % de tierra de hoja y 20 % de gravilla, 90 % de tierra de hoja y 10 % de hormigón, 95 % de tierra de hoja y 5 % de tepojal; 70 % de tierra de hoja y 30 % de arena de río.

Para crisantemo se maneja 60 % de tierra de hoja, 30 % de tezontle y 10 % de tepojal; esta mezcla también se usa para malvón pero con 60 % de tierra de hoja, 20 % de tezontle, 10 % de tepojal y 10 % de agrolita. En las especies donde se utiliza 80 % de tierra de hoja, se mezcla ya sea con 20 % de tezontle, tepojal o gravilla; aunque también suele usarse 10 % de agrolita y 10 % de fibra de coco.

Se tienen problemas de enfermedades causados por hongos y otros patógenos que afectan a las raíces y tallos de los cultivos. Por esta razón, se utiliza el bromuro de metilo para la desinfección de los sustratos, principalmente en cultivos como nochebuena, malvón, rosal y belén.

Según información del Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Distrito Federal el problema del uso de bromuro de metilo en el Distrito Federal es que se realiza sin las precauciones debidas. Los propios productores reconocen que esta situación ha causado graves accidentes por intoxicación. Además, el agua utilizada para el riego es de los canales contaminados con descargas de drenaje, residuos de agroquímicos y basura; por lo cual, aún cuando los sustratos se fumiguen con bromuro de metilo, éstos vuelven a contaminarse con el agua de riego. Por lo anterior, la causa principal por la que aún usa el bromuro de metilo es para el control de maleza, problema muy común en plantas ornamentales en maceta (Figura 1).



Figura 1. Problemas de maleza en begonia y alcatraz en Xochimilco, Distrito Federal, México.

Varios productores de Xochimilco han dejado de utilizar el bromuro de metilo y no observan diferencias, pues aún cuando fumigan el sustrato con este producto siguen teniendo problemas de enfermedades y continúan aplicando fungicidas que no son recomendables aplicarlos dentro de invernaderos como el Metalaxil (Ridomil Bravo®, Ridomil Gold® 4E y otros); todavía en el año 2006 se usaba Ethoprophos (Mocap®) para el control de nemátodos, producto muy peligroso por su alta toxicidad.

Algunos productores como los del Grupo de Flores Biodinámicas Ecoflor, de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, tienen más de cinco años de haber dejado de utilizar bromuro de metilo y han optado por un sistema de producción ecológico, en el que reutilizan la tierra de hoja, utilizan compostas, fertilizantes orgánicos y productos biológicos para el manejo de plagas.

## **2.2 La pasteurización o esterilización con vapor como opción para sustituir al bromuro de metilo.**

La aplicación de vapor es un método físico para la desinfección del suelo y de sustratos para eliminar plagas, enfermedades y semillas de hierbas. Sin embargo, está limitado a las pequeñas áreas debido al costo del equipamiento necesario. El tratamiento con vapor se hace por lo menos por 30 minutos para que el suelo alcance la temperatura mínima de 80°C (Bettiol, 2006).

La esterilización de volúmenes pequeños de suelo o sustratos en cajones, camas de propagación y macetas se hace con vapor o agua caliente, y para que sea efectiva la temperatura mínima en la parte más fría del suelo o sustrato debe ser de 82 °C por 30 minutos. A esta temperatura todos los patógenos mueren (De la Garza, 1996).

En la zona de producción de flores de corte en el suelo, en Colombia, la vaporización se realiza de diferentes formas: en bancos, en lámina, en bandas, por placas, o por medio de un sistema de tuberías enterradas que tienen perforaciones cada 60 cm. Se utilizan calderas que usan carbón mineral como combustible para generar el vapor. Las calderas prácticamente funcionan durante todo el año, debido a que el suelo se desinfecta en cada ciclo de producción de acuerdo con la programación de la producción.

Con la desinfección con vapor se eliminan los problemas de patógenos, principalmente *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*, por lo que prácticamente no se utilizan plaguicidas. Sin embargo, después de la desinfección es necesario realizar aplicaciones de repoblación de microorganismos benéficos, enzimas y otras sustancias orgánicas para reponer y reactivar la actividad biológica del suelo.

Una de las ventajas del tratamiento con vapor es que inespecífico, pero también es uno de sus mayores problemas. De manera general, las altas temperaturas alcanzadas erradican todos los microorganismos presentes y crean espacios estériles denominados vacíos biológicos (Bettiol, 2006). Estos espacios son aprovechados por los patógenos (ya sea reintroducidos o que han quedado viables) para reproducirse y diseminarse sin competencia. Por esta razón, la pasteurización funciona mejor cuando se añaden microorganismos benéficos o materia orgánica al suelo o sustrato inmediatamente después del tratamiento (Pizano, 1997).

Muchas variables influyen sobre el éxito y la relación costo/beneficio de la vaporización (por ejemplo, la caldera y los difusores utilizados, el tipo de suelo y su estructura, la preparación del suelo y otros). El vapor es más efectivo cuando se trata una cantidad limitada de sustrato, no el suelo natural. Esto se relaciona con la profundidad a la cual se encuentran los organismos nocivos, que normalmente está por fuera del alcance del vapor o puede alcanzarse solamente a un costo muy elevado. Lograr una temperatura de 80 °C a profundidades superiores a 30 cm requiere mucho tiempo, mayor cantidad de mano de obra y de combustible, lo que hace que la vaporización no sea factible económicamente (Pizano, 1997). Por esta razón, la esterilización con vapor está restringida a las pequeñas áreas debido al costo del equipamiento necesario.

### 3. Objetivo.

Evaluar el efecto de la esterilización del sustrato con vapor, como alternativa para el control de semillas de maleza y patógenos, en el cultivo de flores en Xochimilco, Distrito Federal, México.

## 4. Materiales y métodos.

### 4.1 Establecimiento de proyectos.

Se establecieron tres proyectos piloto con tres productores de Xochimilco, Distrito Federal (Cuadro 1). Los experimentos se establecieron en las unidades de producción de cada productor. Con cada uno de ellos se eligió al cultivo, conforme a la época de producción y la disponibilidad de planta.

La preparación de los sustratos y el manejo de las plantas en cada uno de los experimentos fueron según la forma usual de cada productor. De esta manera, los tratamientos iniciales para la prevención de enfermedades, los riegos, la nutrición y demás prácticas se realizaron de acuerdo con la experiencia y la técnica de los productores.

Cuadro 1. Productores cooperantes de Xochimilco, Distrito Federal, México, en el proyecto de parcelas demostrativas de alternativas al bromuro de metilo en el sector flores.

PRODUCTOR	ORGANIZACIÓN	DIRECCIÓN	CULTIVOS
Esteban Cruz Xolalpa	Las Amarilis	Xalli Núm. 7, Barrio San José, San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco, Distrito Federal.	Lilis, dalia, petunia, azucena.
María Josefina López Cortés	Viveros Sagitario	Hermenegildo Galeana Núm. 2, Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal.	Nochebuena, azucena, alcatraz amarillo y blanco, zinia, malvón, begonia, kalanchoe, cóleo.
Mauro Chávez Muñoz	Flores Biodinámicas Ecoflor	Calle Carreta Núm. 30, San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal.	Malvón, begonia, belén, clavellina, rosal, hortensia, alcatraz, clavel, campánula.

## 4.2 Análisis de sustratos.

Se realizaron análisis de tipo micológico a seis muestras de los diferentes sustratos solos o mezcla que han utilizado los productores y a una muestra de agua de riego, con el objeto de conocer los hongos que podrían ser la causa de enfermedades. También se realizó el conteo de semillas de maleza a una muestra de mezcla de sustrato reciclado. Los resultados se presentan en el Cuadro 2.

Los resultados obtenidos en los análisis indican que los niveles propágulos de hongos en los sustratos no necesariamente representan una fuente importante de inóculo. En la tierra nueva de hoja la cantidad de hongos patógenos más alta fue de *Fusarium* sp.

La misma situación se encontró en la tierra amarilla y en la muestra de sustrato reciclado; en este último se encontró 8,000 propágulos por gramo. En la muestra de agua se detectó *Fusarium* sp., pero no se cuantificó la cantidad de propágulos.

Probablemente el agua puede ser una fuente de infección y también el mismo material de propagación, pues aún cuando los productores lo consiguen como certificado, han tenido problemas de enfermedades porque el material vegetativo viene contaminado, como sucede con los bulbos de lilis.

La opción que se evaluó en los experimentos fue la esterilización del sustrato con vapor, comparado con el bromuro de metilo y un testigo; a excepción del experimento que se estableció con el Sr. Mauro Chávez Muñoz, por la razón de que este productor ya no es usuario de bromuro de metilo. Sin embargo, se decidió establecer un experimento para evaluar el efecto del vapor en el control de la maleza, que es el principal problema de este productor por reutilizar el sustrato.

Para efectuar la pasteurización del sustrato se utilizó un generador de vapor marca Siebring modelo SG10 y un remolque un remolque Arpei (Figura 2) con una capacidad de carga de 0.75 m<sup>3</sup> de sustrato. Este equipo se adquirió con recursos del proyecto de alternativas de sustitución del bromuro de metilo (convenio SEMARNAT-ONUDI en México).

Cuadro 2. Resultados obtenidos en los análisis realizados en las muestras de sustratos.

SUSTRATO	PRODUCTOR	PROBLEMA DETECTADO	CANTIDAD (propágulos por gramo)
Tierra nueva de hoja de encino <sup>1</sup>	Esteban Cruz Xolalpa	<i>Rhizoctonia</i> sp.	9.5
		<i>Phytophthora</i> sp.	50
		<i>Fusarium</i> sp.	2,000
		<i>Trichoderma</i> sp.	8,000
Mezcla de sustrato reciclado <sup>2</sup>	Mauro Chávez Muñoz	<i>Rhizoctonia</i> sp.	9.0
		<i>Phytophthora</i> sp.	30
		<i>Fusarium</i> sp.	8,000
		<i>Trichoderma</i> sp.	3000
Tierra amarilla <sup>3</sup>	María Josefina López Cortés	<i>Rhizoctonia</i> sp.	8.9
		<i>Phytophthora</i> sp.	30
		<i>Fusarium</i> sp.	3,000
		<i>Trichoderma</i> sp.	6,000
Tierra nueva de hoja de encino <sup>1</sup>	Mauro Chávez Muñoz	<i>Rhizoctonia</i> sp.	No cuantificado
		<i>Penicillium</i> sp.	
		<i>Cladosporium</i> sp.	
		<i>Trichoderma</i> sp.	
		<i>Rhizopus</i> sp.	
Mezcla de sustrato reciclado <sup>4</sup>	Mauro Chávez Muñoz	<i>Rhizoctonia</i> sp.	9
		<i>Fusarium</i> sp.	5,000
		<i>Trichoderma</i> sp.	11,000
		<i>Penicillium</i> sp.	30,000
		<i>Rhizopus</i> sp.	7,000
		<i>Aspergillus</i> sp.	4,000
		<i>Oxalis corniculata</i>	19 semillas
		<i>Amaranthus albus</i>	13 semillas
		<i>Portulaca oleracea</i>	5 semillas
		<i>Malva parviflora</i>	9 semillas
		<i>Capsella bursa-pastoris</i>	1 semilla
Agua		<i>Fusarium</i> sp.	No cuantificado

<sup>1</sup> La tierra de hoja de encino proviene de Villa del Carbón, Estado de México.

<sup>2</sup> La mezcla original de este sustrato es de 80 % de tierra de hoja, 10 % de tierra amarilla y 10 % tepojal.

<sup>3</sup> La tierra amarilla (también conocida como lama o tierra de banco) proviene de Santa Ana Tlacotenco, Milpa Alta, Distrito Federal.

<sup>4</sup> La mezcla original de este sustrato es de 70 % de tierra de hoja, 10 % de tepojal, 10 % de agrolita y 10 % de polvo de coco.



Figura 2. Generador de vapor y remolque, utilizados en los proyectos piloto en Xochimilco, Distrito Federal, México.

La esterilización de los sustratos para los experimentos se efectuó a una temperatura promedio de 85 °C. Durante el funcionamiento el generador producía vapor alrededor de cinco minutos después del encendido del quemador. El tiempo promedio en que se alcanzaba la temperatura de 85 °C, a partir del inicio del flujo de vapor hacia el remolque, era de 25 minutos. El tiempo de funcionamiento del generador, a partir del encendido al apagado, era alrededor de 30 minutos.

El tratamiento de los sustratos con bromuro de metilo se realizó mediante la cobertura del sustrato con un plástico. Se utilizó una lata de bromuro de metilo (de una libra) (del fabricante *Fax, México*; formulación: 98 % bromuro de metilo, 2 % cloropicrina) por cada metro cúbico. Después de haber aplicado el bromuro de metilo, se dejaba cubierto el sustrato por 24 horas y después se destapaba para dejarse airear por tres días.

## 5. Establecimiento y conducción de los experimentos.

### 5.1 Experimento con lilis (lirio) (*Lilium* sp.).

Este experimento se estableció el 6 de octubre de 2007 en la unidad de producción del Sr. Esteban Cruz Xolalpa. El sitio se localiza en Calle Tonacatépetl s/n, San Luis, Tlaxiatemalco. Las condiciones de cultivo fueron bajo invernadero rústico tipo túnel. El material vegetal utilizado fueron bulbos de lilis cultivar 'Matrix'. Los bulbos fueron sumergidos durante 10 minutos en una solución de 1 g de Cupravit® Mix (Oxicloruro de cobre) más 1 g de ®Folpan PH (Folpet) por litro de agua, para prevenir enfermedades.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco repeticiones. Los bloques se formaron de acuerdo con la orientación del invernadero, de este a oeste, en el sentido de la dirección de la iluminación del sol durante el día. El tamaño de las unidades experimentales (U.E.) fue de 12 macetas de cinco pulgadas. En total se tuvieron 15 U.E.

La mezcla de sustrato usada fue de 80 % de tierra de hoja de encino, 10 % de tezontle y 10 % de tierra amarilla. Esta mezcla se utilizó para preparar los tratamientos con bromuro de metilo y esterilización con vapor. Los tratamientos evaluados fueron:

- Mezcla de sustrato tratada con bromuro de metilo (Bromuro de metilo).
- Mezcla de sustrato tratada con vapor (Vapor).
- Mezcla de sustrato sin tratamiento (Testigo)

Las variables evaluadas fueron altura de planta, número de botones florales y número de plantas enfermas. El experimento finalizó el 14 de diciembre de 2007.

El manejo de las plantas fue de la manera que acostumbra el productor. La nutrición de las plantas del experimento fue igual a las de la producción comercial. Los riegos se daban diario o cada tercer día, según las condiciones de luminosidad y temperatura del ambiente. También se establecieron plantas de petunia y tulipán holandés con sustrato esterilizado con vapor con el fin de observar su desarrollo.

### 5.2 Experimento con alcatraz amarillo (*Zantedeschia elliottiana*).

Este experimento se estableció el 16 de diciembre de 2007 en la unidad de producción de la Sra. María Josefina López Cortés. El sitio se localiza en Prolongación La Loma Núm. 85, Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal. Las condiciones de cultivo fueron bajo invernadero rústico tipo túnel.

El material vegetal utilizado fueron rizomas de alcatraz amarillo. Los rizomas fueron sumergidos durante cinco minutos en una solución de 0.5 g de Activol (Ácido giberélico AG<sub>3</sub>), 0.6 g de Agri-mycin® 100 (Estreptomina más Oxitetraciclina) y 1 g de Bavistin DF (Carbendazim) por litro de agua, como tratamiento preventivo contra enfermedades y para uniformizar el crecimiento de las plantas.

El diseño experimental fue de bloques al azar generalizado con cuatro repeticiones. En cada bloque se distribuyeron tres U.E. de cada tratamiento. Los bloques se formaron de acuerdo con la orientación del invernadero, de este a oeste, en el sentido de la iluminación del sol durante el día. El tamaño de las U.E. fue de nueve macetas de ocho pulgadas. En total se tuvieron 36 U.E. (nueve por bloque). En la Figura 3 se presenta una vista del experimento.

En el caso del experimento con alcatraz se usó tierra de hoja de pino, en vez de encino, por ser la más adecuada para este cultivo según la experiencia de la productora. La mezcla de sustrato fue de 70 % de tierra de hoja de pino, 15 % de tezontle y 15 % de tierra amarilla. Esta mezcla se utilizó para preparar los tratamientos con bromuro de metilo y esterilización con vapor. Los tratamientos fueron:

- Mezcla de sustrato tratada con bromuro de metilo (Bromuro de metilo).
- Mezcla de sustrato tratada con vapor (Vapor).
- Mezcla de sustrato sin tratamiento (Testigo)



Figura 3. Vista del experimento con alcatraz amarillo. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 2 de febrero de 2008.

Las variables evaluadas fueron número de hierbas por maceta, peso fresco de las hierbas, número de plantas enfermas y longitud del tallo floral. El conteo de hierbas y el peso fresco se midieron el 7 de marzo de 2008. Se realizó en esta fecha porque la cantidad de maleza, según el criterio y experiencia del productor, era ya suficiente para realizar el deshierbe y porque competían con el cultivo por los nutrientes aportados.

Posteriormente, la emergencia de hierbas ya no fue significativa y probablemente las que emergieron se debieron a las semillas llevadas por el viento, pues las cortinas del invernadero se abrían durante el día.

Los riegos se proporcionaban generalmente cada tercer día, según las condiciones de luminosidad y temperatura del ambiente. Durante el desarrollo del experimento se hicieron diferentes aplicaciones preventivas y curativas contra enfermedades. Los productos utilizados fueron Cupravit®, Agri-mycin® 100, Bavistin DF, Ridomil Gold® 4E, Bactrol, Manzate® 200, Cupravit® Mix y Cupravit® Hidro. También se efectuaron dos aplicaciones de Orthene Ultra (Acefate) contra trips (*Frankliniella occidentalis*).

Durante el desarrollo se hicieron dos aplicaciones de fertilizantes foliares con Megafol y Gro-green. Por medio del riego se aplicaron los siguientes fertilizantes: Raizal 400 para estimular el crecimiento; Excell 15-5-15 y nitrato de calcio durante el desarrollo; Peters 10-30-20 y nitrato de potasio para la floración.

Aparte del experimento, se pusieron plantas de cóleo, kalanchoe y malvón en sustrato tratado con vapor para observar su desarrollo.

### **5.3 Experimento con begonia (*Begoni tuberosa*) y campánula (*Campanula carpathica*).**

El experimento con begonia se estableció el 26 de febrero de 2008 en la unidad de producción del Sr. Mauro Chávez Muñoz. El sitio se localiza en Calle Carreta Núm. 30, San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal. Las condiciones de cultivo fueron bajo invernadero rústico tipo túnel. El material vegetal utilizado fueron plántulas de begonia cultivar 'Gala'.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar generalizado con seis repeticiones. En cada bloque se distribuyeron dos U.E. de cada tratamiento. Los bloques se formaron de acuerdo con la orientación del invernadero, de este a oeste, en el sentido de la iluminación del sol durante el día. El tamaño de las U.E. fue de nueve macetas de seis pulgadas. En total se tuvieron 36 unidades experimentales (seis por bloque).

Los tratamientos que se están evaluando son los siguientes:

- Mezcla de sustrato nuevo sin tratamiento (Sustrato nuevo).
- Mezcla de sustrato reciclado tratado con vapor (Vapor).
- Mezcla de sustrato reciclado sin tratamiento (Testigo)

La mezcla de sustrato nuevo consiste de 60 % de tierra de hoja de encino, 20 % de tierra amarilla y 20 % de tepojal. La mezcla de sustrato reciclado se compone de 60 % de tierra de hoja de encino y 40 % de tierra reciclada. La tierra reciclada consistía originalmente de 60 % de tierra de hoja, 20 % de tierra amarilla y 20 % de tepojal, pero que ya ha sido usada en ciclos anteriores.

Las variables evaluadas fueron número de hierbas emergidas por maceta, peso fresco de las hierbas, altura de planta, número de hojas, número de flores y número de plantas enfermas. El manejo de las plantas, la nutrición y los riegos fueron de la manera usual del productor. Se registraron la temperatura y humedad relativas diarias. En el Cuadro 3 se muestran estos datos.

Cuadro 3. Temperatura y humedad relativa durante el período del experimento con begonia.

MES (Año 2008)	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	
	Max.	Min.	Max.	Min.
Marzo	32,76	5,38	96,10	22,00
Abril	35,77	7,58	98,90	20,00
Mayo	36,40	5,80	99,50	20,00

Las plántulas de campánula se establecieron el 20 de noviembre de 2007 en sustrato reciclado tratado con vapor y sin tratar, con el fin de observar el efecto del vapor sobre la emergencia de hierbas en la etapa de almácigo.

En la primera semana de junio de 2008 se transplantaron plantas de campánula en macetas de seis pulgadas, con el mismo objeto de evaluar el efecto del vapor sobre el control de la maleza en el sustrato reciclado, comparado con el sustrato reciclado sin tratamiento. El experimento fue establecido sin diseño experimental.

## 6. Resultados.

### 6.1 Experimento con lilis.

#### 6.1.1 Altura de planta.

Esta variable se midió en las fechas: 6, 14 y 29 de noviembre; 5 y 14 de diciembre de 2007. Por cada U. E. se eligieron cuatro plantas para medir la altura. En el análisis de varianza se utilizó el promedio de las cuatro plantas. Los resultados que se presentan en los Cuadros 4 y 5 corresponden a medias de altura en cm.

Cuadro 4. Efecto del sustrato tratado con bromuro de metilo y con vapor sobre la altura de planta (en cm) en lilis 'Matrix'. San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco, Distrito Federal, México.

TRATAMIENTO	FECHA (2007)				
	6 de noviembre	14 de noviembre	29 de noviembre	5 de diciembre	14 de diciembre
Bromuro de metilo	12.85 a <sup>†</sup>	19.38 a	32.55 a	35.38 a	43.33 a
Vapor	11.70 a	18.65 a	32.13 a	35.11 a	44.54 a
Testigo	13.20 a	19.78 a	33.23 a	36.56 a	44.55 a
R <sup>2</sup>	0.40	0.41	0.61	0.34	0.83
C.V.	10.92	6.55	5.47	6.93	4.21

<sup>†</sup> Medias con la misma letra, en cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).  
C.V. = Coeficiente de variación.

Cuadro 5. Efecto de bloques sobre la altura de planta (en cm) en plantas de lilis 'Matrix'. San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco, Distrito Federal, México.

BLOQUE	FECHA (2007)				
	6 de noviembre	14 de noviembre	29 de noviembre	5 de diciembre	14 de diciembre
1	12.00 a <sup>†</sup>	18.71 a	33.04 a	36.61 a	46.25 a
2	12.63 a	19.25 a	33.67 a	36.50 a	46.34 a
3	13.42 a	20.38 a	34.54 a	36.52 a	46.33 a
4	12.75 a	19.30 a	31.88 a	35.11 a	43.00 ab
5	12.13 a	18.71 a	30.05 a	33.69 a	38.77 b
R <sup>2</sup>	0.40	0.41	0.61	0.34	0.83
C.V.	10.92	6.55	5.47	6.93	4.21

<sup>†</sup> Medias con la misma letra, en cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).  
C.V. = Coeficiente de variación.

### 6.1.2 Número de botones florales útiles.

El número de botones se contó en la última fecha en que se midió la altura de planta. Se contaron los botones de cuatro plantas por U. E. y se utilizó el promedio para el análisis de varianza (Cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto del sustrato tratado con bromuro de metilo y vapor, y efecto de bloques, sobre el número de botones florales útiles, en plantas de lilis 'Matrix'. San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco, Distrito Federal, México. Diciembre de 2007.

TRATAMIENTO	NÚMERO DE BOTONES ÚTILES	BLOQUE	NÚMERO DE BOTONES ÚTILES
Bromuro de metilo	8.52 a <sup>†</sup>	1	8.50 a
Vapor	9.12 a	2	9.58 a
Testigo	8.95 a	3	9.28 a
R <sup>2</sup>	0.66	4	8.58 a
C.V.	6.08	5	8.36 a
		R <sup>2</sup>	0.66
		C.V.	6.08

<sup>†</sup> Medias con la misma letra, en cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).  
C.V. = Coeficiente de variación.

No se encontraron diferencias significativas estadísticas en la altura de planta por efecto de los tratamientos. Por efecto de bloques se encontraron diferencias significativas en la altura de planta en la última fecha (14 de diciembre de 2007). En el número de botones florales útiles no se encontraron diferencias significativas estadísticas entre tratamientos ni entre bloques.

### 6.1.3 Número de plantas enfermas.

No se detectaron problemas de enfermedades en la raíz ni en el follaje de las plantas durante el desarrollo del experimento.

Los resultados observados muestran que los tratamientos no tuvieron efecto sobre el crecimiento de las plantas y tampoco se reflejó en el número de flores. El crecimiento de las plantas fue similar en todos los tratamientos; sólo se observó que las plantas del bloque 5 tuvieron menor altura que las demás, quizá porque este bloque estuvo menos sombreado que los bloques 1, 2, 3 y 4. En la última fecha de evaluación, la apariencia final de las plantas era similar tanto en las que crecieron con el sustrato tratado con bromuro de metilo, con vapor y con el sustrato sin tratar (Figura 4).



Figura 4. Plantas de lilis 'Matrix' cultivadas en sustrato tratado con bromuro de metilo, con vapor y en sustrato sin tratar. San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco, Distrito Federal, México. Diciembre de 2007.

En los cultivos de petunia y tulipán holandés se observaron resultados similares, ya que no se detectaron plantas enfermas durante el desarrollo y no hubo emergencia de maleza en las macetas. La apariencia final de las plantas fue similar a las que crecieron en sustrato tratado con bromuro de metilo.

## 6.2 Experimento con alcatraz amarillo.

La brotación de las plantas muy heterogénea (Figura 5), lo que pudo deberse al material de propagación, debido que a posteriormente no se observó una relación entre el crecimiento y los tratamientos. El principal efecto observado en este experimento fue el control de maleza con bromuro de metilo y vapor.

En las macetas con sustrato (testigo) sin tratar hubo emergencia de hierbas, aunque éstas empezaron a emerger después de los 30 días de establecido el experimento. Sin embargo, dos meses después del inicio del experimento también hubo emergencia de algunas hierbas en las macetas con sustrato tratado con bromuro de metilo y vapor, aunque el número fue significativamente inferior al de las macetas testigo.

En el Cuadro 6 se presentan los resultados de la comparación de medias del número de hierbas por maceta y el peso fresco. Los datos corresponden a promedios de tres macetas por unidad experimental. Los resultados muestran que la eficacia del vapor en la esterilización del sustrato es similar al bromuro de metilo. El efecto se notó significativamente en la mínima emergencia de hierbas, comparado con el testigo donde la emergencia de hierbas fue estadísticamente superior.



Figura 5. Diferencias en la brotación en el experimento con alcatraz amarillo. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 2 de febrero de 2008.

Cuadro 7. Efecto del sustrato tratado con vapor y bromuro de metilo sobre el número y peso fresco de hierbas, por maceta, en alcatraz amarillo. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 7 de marzo de 2008.

TRATAMIENTO	NÚMERO DE HIERBAS POR MACETA	PESO FRESCO DE HIERBAS (g)
Sustrato tratado con vapor	1.92 b <sup>†</sup>	1.17 b
Sustrato tratado con bromuro de metilo	1.92 b	1.08 b
Sustrato sin tratar (testigo)	26.08 a	29.33 a
R <sup>2</sup>	0.86	0.86
C.V.	58.06	68.73

<sup>†</sup> Medias con la misma letra, en cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).  
C.V. = Coeficiente de variación.

No se encontraron diferencias estadísticas significativas en el número de hierbas entre bloques. En el peso fresco hubo diferencias significativas, pero éstas posiblemente se debieron a la variabilidad en el tamaño de las hierbas y no precisamente al efecto de bloques, pues no se observa una correspondencia entre el número de hierbas con el peso fresco (Cuadro 7).

Cuadro 8. Efecto de bloques sobre el número y peso fresco de hierbas, por maceta, en alcatraz amarillo. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 7 de marzo de 2008.

BLOQUE	NÚMERO DE HIERBAS POR MACETA	PESO FRESCO DE HIERBAS (g)
1	12.00 a <sup>†</sup>	4.67 b
2	9.11 a	9.89 ab
3	9.44 a	14.89 a
4	9.33 a	12.67 ab
R <sup>2</sup>	0.86	0.86
C.V.	58.06	68.73

<sup>†</sup> Medias con la misma letra, en cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey, p≤0.05).  
C.V. = Coeficiente de variación.

Es importante aclarar que el problema de la maleza se debe más por la tierra amarilla, que por la tierra de hoja de pino; la razón se debe a que la tierra amarilla que proviene del pueblo de Santa Ana Tlacotenco, Milpa Alta, Distrito Federal, se extrae de terrenos que son cultivados o se encuentran en áreas cercanas de cultivos, por lo cual pueden contener semillas de diferentes hierbas.

En las Figuras 6 y 7 se nota la ausencia de maleza en las macetas con los tratamientos de vapor y bromuro de metilo, en contraste con las macetas testigo donde se observa la presencia de hierbas.



Figura 6. Efecto de la esterilización del sustrato con bromuro de metilo y vapor, sobre la emergencia de hierbas en macetas de alcatraz amarillo. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal. 2 de febrero de 2008 (48 días después de la plantación).



Figura 7. Efecto de la esterilización del sustrato con bromuro de metilo y vapor, sobre la emergencia de hierbas en macetas de alcatraz amarillo. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal. 25 de febrero de 2008 (71 días después de la plantación).

No se detectaron problemas de enfermedades en la raíz ni en el cuello de las plantas. En el follaje se observaron síntomas de *Alternaria* sp. (Figura 8), los cuales pudieron deberse al mojado constante del follaje, por los riegos frecuentes que se daban manualmente con manguera y a las condiciones de sombreado por las propias plantas durante su crecimiento. Además, el experimento se estableció en la parte central del invernadero donde había menos luminosidad.



Figura 8. Síntomas de *Alternaria* sp. en hojas de alcatraz amarillo. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal, México.

Además del material de propagación, el efecto de luminosidad pudo haber influido en el crecimiento de las plantas durante el desarrollo del experimento. En la Figura 9 se observa la diferencia en el tamaño de las plantas, sobre todo en la fecha 25 de febrero.



Figura 9. Crecimiento de las plantas de alcatraz amarillo durante el experimento. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal, México.

Las observaciones y la experiencia obtenida en este experimento indican que es necesario elegir cuidadosamente el material vegetativo y darle el tratamiento adecuado para uniformizar el crecimiento y la floración. También es necesario establecer el experimento en el lugar que proporcione al cultivo la luminosidad adecuada.

En este caso es difícil inferir si el material de material propagativo o la falta de luz, o la combinación de ambos factores, afectaron el crecimiento y la floración de las plantas del experimento. Sobre todo la floración se vio afectada, ya que después de cuatro meses de establecido el experimento ésta ha sido mínima. En el Cuadro 8 se presentan los promedios de tallos florales por tratamiento.

Cuadro 9. Longitud del tallo floral de alcatraz amarillo en los diferentes tratamientos. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal, México. Mayo de 2008.

TRATAMIENTOS	LONGITUD DEL TALLO FLORAL (cm) <sup>§</sup>
Sustrato con bromuro de metilo	38
Sustrato con vaporización	44
Sustrato sin tratamiento	37

<sup>§</sup> Medición sin comparación estadística de medias.

En contraste, en las plantas que se establecieron a mediados de enero de 2008, después de un mes de inicio del experimento, la floración no se retrasó y ha sido uniforme (Figura 10). Aunque es importante precisar que se colocaron en la orilla del mismo invernadero donde estuvo el experimento y recibieron mayor luminosidad.

Se utilizó sustrato esterilizado con vapor y no se tuvieron problemas de enfermedades de la raíz y del cuello, ni emergencia de maleza durante el crecimiento. A excepción de algunos síntomas de *Alternaria* sp., que se presentaron de forma localizada en algunas plantas y fue controlado con las aplicaciones de fungicidas.



Figura 10. Floración de plantas de alcatraz amarillo cultivadas en sustrato esterilizado con vapor. Tulyehualco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 11 de junio de 2008.

En los cultivos de cóleo, kalanchoe y malvón en los que también se utilizó sustrato tratado con vapor se observaron los mismos resultados. No se tuvieron problemas de enfermedades fungosas ni emergencia de maleza.

### 6.3 Experimento con begonia y campánula.

En este experimento fue más notable el efecto del vapor en el control de semillas de maleza en el sustrato reciclado. En el Cuadro 9 se presentan los resultados obtenidos en el número de hierbas por maceta y el peso fresco. Los datos corresponden a promedios de tres macetas por cada unidad experimental.

Cuadro 10. Efecto del sustrato reciclado tratado con vapor y el sustrato nuevo sobre el número y peso fresco de hierbas, por maceta, en begonia 'Gala'. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 10 de abril de 2008.

TRATAMIENTO	NÚMERO DE HIERBAS POR MACETA	PESO FRESCO DE HIERBAS (g)
Sustrato reciclado sin tratar (testigo)	33.67 a <sup>†</sup>	22.56 a
Sustrato nuevo sin tratar	11.94 b	14.90 b
Sustrato reciclado tratado con vapor	0.78 c	0.36 c
R <sup>2</sup>	0.96	0.95
C.V.	27.47	27.08

<sup>†</sup> Medias con la misma letra, en cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey, p≤0.05). C.V. = Coeficiente de variación.

El mayor número de hierbas fue en el sustrato reciclado sin tratar, seguido del sustrato nuevo donde también hubo emergencia de maleza, pero fue estadísticamente inferior al sustrato reciclado. A pesar de que la comparación de medias muestra que sí hubo una emergencia de malezas en el tratamiento con vapor, el número obtenido fue insignificante y estadísticamente inferior a los otros tratamientos. En el peso fresco de hierbas se observó la misma tendencia, lo que indica una correlación evidente entre el número de hierbas con el peso fresco.

Se encontraron diferencias estadísticas significativas, por efecto de bloques, en el peso fresco hierbas (Cuadro 10). Aunque estas diferencias pudieron deberse al número o tamaño de las hierbas y no precisamente a un efecto de bloques, pues numéricamente no se observa una interacción entre el peso fresco y los bloques.

Cuadro 11. Efecto de bloques sobre el número y peso fresco de hierbas, por maceta, en begonia 'Gala'. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 10 de abril de 2008.

BLOQUE	NÚMERO DE HIERBAS POR MACETA	PESO FRESCO DE HIERBAS (g)
1	15.39 a <sup>†</sup>	11.14 ab
2	14.33 a	9.72 b
3	15.67 a	9.39 b
4	15.94 a	16.30 a
5	17.33 a	14.95 ab
6	14.11 a	14.17 ab
R <sup>2</sup>	0.96	0.95
C.V.	27.47	27.08

<sup>†</sup> Medias con la misma letra, en cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).  
C.V. = Coeficiente de variación.

En la Figura 11 se aprecia la presencia de maleza en las macetas sustrato reciclado sin tratar, en contraste con las macetas de sustrato reciclado tratado con vapor donde no hubo emergencia de maleza.



Figura 11. Efecto de la esterilización del sustrato reciclado con vapor, sobre la emergencia de hierbas en macetas begonia 'Gala'. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 29 de marzo de 2008 (32 días después del transplante).

En la Figura 12 se observa las diferencias entre el sustrato reciclado con vapor, el sustrato nuevo sin tratar y el sustrato reciclado sin tratar (testigo).



Figura 12. Diferencias entre el sustrato reciclado tratado con vapor, el sustrato nuevo sin tratar y el testigo, en la emergencia de hierbas en macetas begonia 'Gala'. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 29 de marzo de 2008 (32 días después del transplante).

En la Figura 13 se presentan la diferencias entre el sustrato reciclado tratado con vapor, el sustrato nuevo sin tratar y el testigo, en la fecha 10 de abril de 2008, cuando se evaluaron el número de hierbas y el peso fresco (44 días después del transplante).



Figura 13. Diferencias entre el sustrato reciclado tratado con vapor, el sustrato nuevo sin tratar y el testigo, en la emergencia de hierbas en macetas begonia 'Gala'. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 10 de abril de 2008 (44 días después del transplante).

En la Figura 14 se observa que la emergencia de maleza, después de la evaluación del número y peso fresco de hierbas, ya no fue significativa.



Figura 14. Emergencia de maleza, después de los 31 días de la evaluación del número y peso fresco de hierbas, en macetas de begonia 'Gala'. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México.

En el Cuadro 11 se presenta la comparación de medias de la primera medición de altura de planta, número de hojas y número de flores. No hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en estas variables. El número de flores fue bajo por la razón de que en la fecha de medición no en todas las repeticiones había flores, puesto que la floración aún no era uniforme. Tampoco se observó una relación entre la floración y los tratamientos, ni entre la floración y los bloques. En la Figura 15 puede verse la floración.

Cuadro 12. Efecto del sustrato reciclado tratado con vapor y el sustrato nuevo sobre la altura de planta, número de hojas y número de flores en begonia 'Gala'. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 18 de junio de 2008.

TRATAMIENTOS	ALTURA DE PLANTA (cm)	NÚMERO DE HOJAS	NÚMERO DE FLORES <sup>§</sup>
Sustrato reciclado tratado con vapor	13.07 a	7.21 a	0.22 a
Sustrato nuevo sin tratamiento	11.54 a	6.76 a	0.22 a
Sustrato reciclado sin tratamiento (testigo)	11.08 a	6.63 a	0.20 a

<sup>§</sup> Evaluación preliminar realizada por lo cual el número de flores es bajo.

<sup>†</sup> Medias con la misma letra, en cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).  
C.V. = Coeficiente de variación.



Figura 15. Floración de plantas de begonia 'Gala' en sustrato reciclado tratado con vapor y sin tratar. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México.

La eficacia del vapor, en el control de maleza, también se comprobó en las plántulas de campánula colocadas en sustrato reciclado tratado con vapor, comparado con sustrato reciclado sin tratar. En las Figuras 16 y 17 se observan las diferencias en la emergencia de hierbas entre el sustrato reciclado tratado con vapor y el sustrato reciclado sin tratamiento.



Figura 16. Diferencias en la emergencia de maleza, entre sustrato reciclado esterilizado con vapor y sustrato reciclado sin tratar, en macetas de campánula, en plántulas de campánula. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 25 de febrero de 2008.



Figura 17. Diferencias en la emergencia de maleza, entre sustrato reciclado esterilizado con vapor y sustrato reciclado sin tratar, en macetas de campánula. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 25 de febrero y 29 de marzo de 2008.

En el Cuadro 12 se presenta la comparación de medias de la primera medición de número de hierbas y peso fresco, en las plantas de campánula transplantadas en junio de 2008.

Cuadro 13. Efecto del sustrato reciclado tratado con vapor y sin tratamiento sobre el número de hierbas y peso fresco en macetas de campánula. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 20 de junio de 2008.

TRATAMIENTOS	NÚMERO DE HIERBAS POR MACETA	PESO FRESCO DE HIERBAS (g)
Sustrato reciclado con vaporización	1.53 b <sup>†</sup>	1.70 b
Sustrato reciclado sin tratamiento	43.07 a	8.33 a

<sup>†</sup> Medias con la misma letra, en cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).  
C.V. = Coeficiente de variación.

En las Figuras 18 y 19 se observa la diferencia en la emergencia de maleza entre macetas con sustrato reciclado esterilizado con vapor y con sustrato reciclado sin tratar. Es importante resaltar que se detectaron dos especies de hierbas, una del género *Malva* y otra del género *Ipomea*, que no son eliminadas con el vapor (Figura 19). Según la experiencia del productor, por lo menos la hierba del género *Malva* también es resistente al bromuro de metilo.

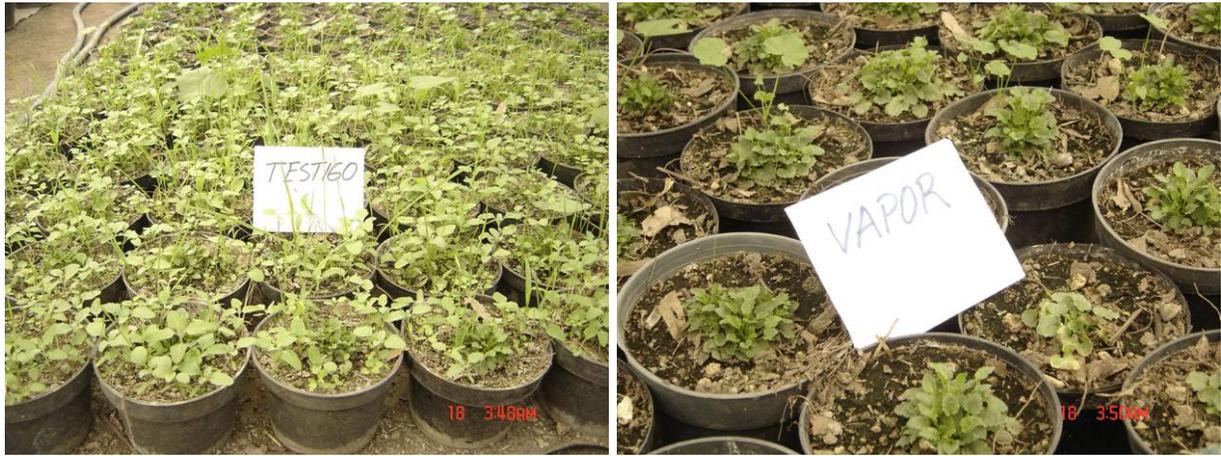


Figura 18. Diferencias en la emergencia de maleza, entre sustrato reciclado sin tratar y sustrato reciclado esterilizado con vapor, en macetas de campánula. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 18 de junio de 2008.

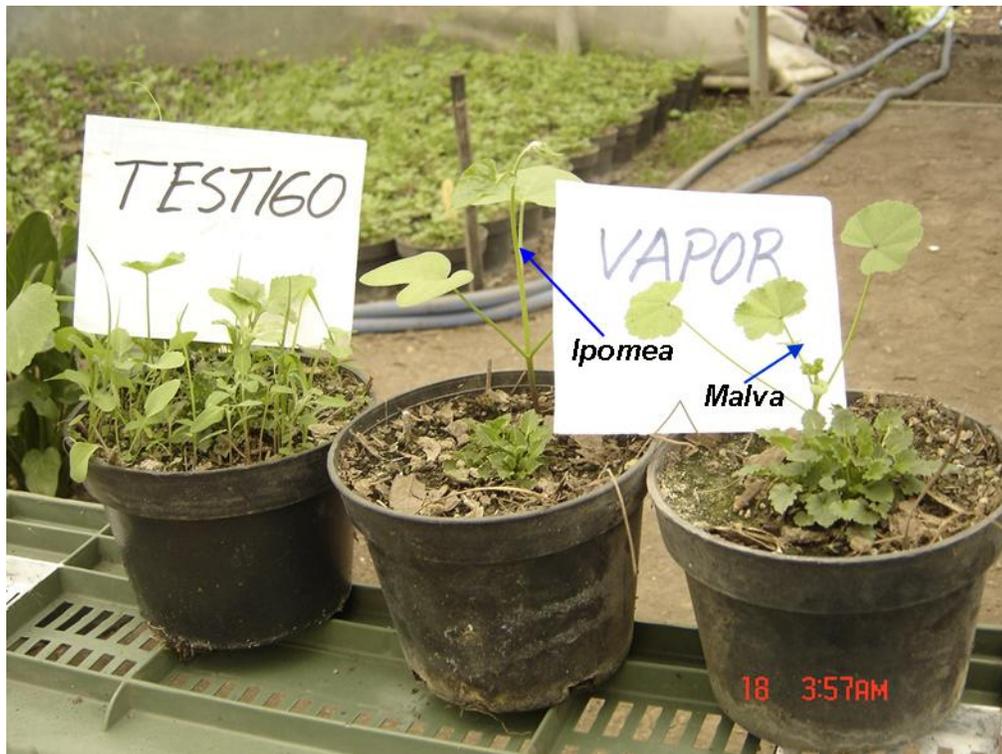


Figura 19. Diferencias en la emergencia de maleza, entre sustrato reciclado sin tratar y sustrato reciclado esterilizado con vapor, en macetas de campánula. Obsérvese la presencia de *Ipomea* y *Malva* en el tratamiento de vapor. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal, México. 18 de junio de 2008.

## 7. Discusión y recomendaciones.

Los resultados que se han obtenido a la fecha han sido positivos. Aún cuando es recomendable realizar otros experimentos con cultivos como nochebuena, rosal, malvón belén y ciclamen, en los cuales los problemas de enfermedades son más graves y es en estos cultivos donde se utiliza la mayor cantidad de bromuro en el Distrito Federal. No obstante, se comprobó la efectividad del vapor para el control de hongos y semillas de maleza presentes en el sustrato, lo que ya ha sido demostrado en otros cultivos, regiones y países.

El principal resultado encontrado en estos experimentos fue el control de la maleza, que a consideración de los productores, es uno de los problemas principales no sólo en las plantas ornamentales sino también en los cultivos de hortalizas en la zona chinampera de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Distrito Federal.

Puesto que no se detectaron plantas enfermas por causa de los sustratos y los análisis que se hicieron en los sustratos mostraron niveles bajos de propágulos de hongos fitopatógenos, no se pudo determinar la efectividad del vapor en la eliminación de patógenos. Por otra parte, los mismos productores comentan que muchas veces la fuente de infección de sus cultivos ha sido el mismo material de propagación (esquejes, bulbos, plántulas) o el agua de los canales que muchos utilizan para el riego. En estos experimentos se estuvo utilizando agua potable.

Es recomendable que para otros experimentos se tenga un mejor control de los factores ambientales para que las plantas se desarrollen en condiciones más homogéneas, disminuir los errores experimentales y tener una mejor evaluación de los tratamientos. Es importante contar con los instrumentos adecuados que realicen las mediciones de temperatura, humedad y luminosidad para explicar mejor los resultados y poder evaluar la relación o interacción entre los tratamientos y los factores ambientales.

En estos experimentos no se pudo hacer una evaluación de los parámetros de la calidad comercial, principalmente de las plantas de alcatraz amarillo por los problemas de falta luminosidad, que aparentemente afectaron la floración; además no se tuvo cuidado en la elección del material de propagación que pudo haber influido en la brotación y el crecimiento.

En el caso de las plantas de lilis, aunque no se realizó una prueba estadística para evaluar la apariencia final, los resultados indican que los tratamientos no tuvieron una influencia evidente en la calidad final, ya que las plantas fueron iguales en apariencia. Además el productor cooperante en este experimento observó el mismo resultado en las plantas de petunia y tulipán.

En el experimento con begonia las plántulas tardaron en responder al trasplante en las primeras etapas de crecimiento, incluso algunas murieron. Esto pudo deberse a la mala calidad de las plántulas y a las altas temperaturas que se alcanzaron (ver Cuadro 3) dentro del invernadero.

Además, el rápido crecimiento de maleza en las macetas con sustrato reciclado afectó el crecimiento inicial de las plantas, por lo cual sería importante hacer una evaluación que nos indique el desarrollo; por ejemplo, el peso seco final de la planta entera.

Hay que considerar que cuando se realizan experimentos en unidades de producción comercial y el manejo de las plantas se realiza de la manera usual del productor, es difícil tener un control estricto de los factores que pueden ser controlables, sobre todo cuando el nivel tecnológico es bajo. Por lo cual, en ciertas condiciones es suficiente con realizar experimentos o pruebas en forma de pseudoexperimentos o cuasiexperimentos y realizar las mediciones de los parámetros que reflejen lo que se desea evaluar.

Con los resultados observados en este proyecto piloto, los productores cooperantes mencionan que la esterilización con vapor es viable como alternativa para el control de maleza, sobre todo cuando el sustrato se reutiliza. A pesar de que las semillas del género *Malva* e *Ipomea* no se eliminaron con el vapor pues no es lo mismo quitar pocas hierbas de estas especies en algunas macetas, que eliminar gran cantidad de maleza en todas las macetas. Dado que la eficacia del vapor es comparable al bromuro para el control de hongos, insectos, nemátodos y semillas de hierbas (Burés, 1997) puede ser adoptado por los productores de plantas ornamentales de Xochimilco, Distrito Federal, como opción para sustituir al bromuro de metilo.

Sin embargo, como la esterilización con vapor afecta a los microorganismos benéficos como las bacterias fijadoras de nitrógeno (Burés, 1997; Pizano, 1997) sería conveniente realizar ensayos para evaluar la esterilización con vapor más la adición de productos biológicos formulados con *Trichoderma* ya que su aplicación ha tenido éxito en el control de hongos de los géneros *Pythium*, *Sclerotinia* y *Rhizoctonia* después de la esterilización del sustrato y algunos días antes de la siembra o trasplante (Bettiol, 2006); y en el caso de las bolsas o macetas la aplicación de *Trichoderma* disminuye en 100 % la severidad de ataque de hongos fitopatógenos (Brito-Rodríguez, 2006).

También es recomendable continuar con la evaluación de la solarización, pues uno de los productores cooperantes ha probado este método con buenos resultados. Además se ha observado que con la solarización la reducción de enfermedades puede durar varios ciclos del cultivo sin la necesidad de repetir el tratamiento (Bettiol, 2006).

Por otra parte, las características de la mayoría de las unidades de producción de Xochimilco (espacios pequeños, varios cultivos durante el año, ciclos cortos, compras constantes de sustrato) y por el sistema de producción en maceta, el método de esterilización con vapor hace más factible su adopción. Debe buscarse o adecuarse el diseño necesario que se requiere para efectuar la esterilización. Los productores comentan que para los volúmenes de sustrato que requieren desinfectar en un ciclo de producción, se necesita de un equipo que permita tratar por lo menos una capacidad de 3 m<sup>3</sup> de sustrato. Es importante mencionar que la extracción de la tierra de hoja está regulada por la SEMARNAT y probablemente en poco tiempo su disponibilidad será limitada. Razón por la que deben buscarse opciones de sustrato que sustituyan paulatinamente a la tierra de hoja.

La esterilización con vapor también podría significar una disminución de los costos de producción; por ejemplo, al eliminar las semillas de maleza se ahorraría mano de obra pues ya no es necesario realizar desyerbes manuales. Las estimaciones que se han realizado sobre el costo de esterilizar con vapor indican que para tratar 3 m<sup>3</sup> de sustrato se gastan alrededor de \$50.00 de combustible (diesel) y para desinfectar el mismo volumen con bromuro de metilo se requiere una lata de una libra que cuesta de \$65.00 a \$70.00. Sin embargo, aún falta realizar más cálculos cuantitativos con varias pruebas para determinar el gasto promedio de diesel y tener una comparación real entre el costo de utilizar bromuro de metilo y vapor. Asimismo, se debe tomar en cuenta la inversión inicial de adquirir un equipo generador de vapor y del contenedor para efectuar la esterilización.

## 8. Conclusiones.

El método de esterilización con vapor fue eficaz, como el bromuro de metilo, para controlar eliminar las semillas de maleza, excepto *Malva* e *Ipomea*.

En el cultivo de lilis no es necesario usar bromuro de metilo para la desinfección del sustrato cuando se utiliza por primera vez y tampoco se necesita esterizarlo con vapor.

Los sustratos que han sido usados pueden reutilizarse con un tratamiento previo de desinfección con vapor.

La esterilización con vapor representa una alternativa viable para sustituir al bromuro de metilo en la producción de plantas ornamentales de maceta, en Xochimilco, Distrito Federal, México.

## 9. Literatura citada.

- Bejarano G., F. 1999. Usos y Alternativas al Bromuro de Metilo en México. Red de Acción sobre Plaguicidas en México (RAPAM). Texcoco, Estado de México. 19 p.
- Bettiol, Wagner. 2006. Productos alternativos para el manejo de enfermedades en cultivos comerciales. *Fitosanidad* 10(2): 85-98.
- Brito-Rodríguez, R. 2006. Tratamiento fitosanitario con *Trichoderma* sp. para el control de patógenos en la reproducción masiva de plantas ornamentales. *Fitosanidad* 10(2): 161-162.
- Burés, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas S. L. Madrid, España. 341 p.
- De la Garza G., J. L. 1996. Fitopatología General Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L. 515 p.
- Hernández G., F. A. y O. Jiménez G. 2003. El uso de la tierra de hoja en la producción de planta ornamental: Caso Xochimilco. Tesis profesional. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 96 p.
- Pizano, M. 1997. Floricultura y Medio Ambiente: la experiencia colombiana. Ediciones Hortitecnia Ltda. Bogotá, Colombia. 351 pp.