



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA**

*“Trabajo Final presentado para Optar al Grado de
Ingeniero Agrónomo”*

**ALTERNATIVAS AL USO DEL BROMURO DE METILO
EN LA DESINFECCIÓN DE SUSTRATOS
PARA LA PRODUCCIÓN DE *Pinus elliottii***

Alumna: **Cristina Leonor Somma**

D.N.I.: 26.466.607

Director: Ing. Agr. Dra. Adriana Marinelli

Co-Director: Ing. Forestal Marcela Demaestri

Río Cuarto – Córdoba

Marzo 2007

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Alternativas al uso del bromuro de metilo en la desinfección de sustratos para la producción de *Pinus elliottii*

Autor: Cristina Leonor Somma

DNI: 26.466.607

Director: Ing. Agr. Dra. Adriana Marinelli

Co-Director: Ing. Forestal Marcela Demaestri

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador:

Fecha de Presentación: _____ / _____ / _____ .

Aprobado por Secretaría Académica: _____ / _____ / _____ .

Secretario Académico

DEDICATORIA

A mi mamá, Ana, que con su amor incondicional me acompañó en cada paso;

a mi papá, Juan, que me enseñó a ser buena persona;

a mi hermano, Miguel, que me dio fuerzas para seguir adelante;

a Mariana que me apoyó en todo momento;

y a mis Amigos que me dieron una mano cuando más la necesitaba.

A ellos, gracias por ayudarme a lograr esta meta.

Cristina.

AGRADECIMIENTOS

*A mi familia, mamá, papá y Migue por confiar en mi,
por tanta paciencia, y ayudarme siempre.*

A la Virgen del Rosario por marcarme el buen camino.

*A mi abuela Cata, que con sus rezos me acompañó en toda la carrera,
y a mis Abuelos Baba, Yedu y Tito, que desde el cielo me guían.*

*A mi Co-Directora, Marcela, que además de ser una excelente profesora y
ayudarme en esta tarea, me brindó mucho afecto.*

A Mariana, mi cuñada, por sus consejos y su apoyo.

*A Gabriel, Mauro, Flavia y Javier, mis hermanos de corazón,
por su amistad y sacarme del paso tantas veces con la computadora.*

A mis Grandes Amigos que son el pilar para seguir adelante.

A Hernán Pettoello, por su gran ayuda en la traducción a inglés.

*A Jorge, al personal del Vivero de la U.N.R.C. y todos los chicos
que colaboraron con la toma de datos.*

A mi profesora Judith, que me ayudó en la realización de esta tesis.

A Elena Fernández, que me brindó muchas oportunidades para continuar.

A mi Directora Adriana Marinelli, quien me dirigió en este trabajo.

A todos los profesores que me formaron profesionalmente.

A la U.N.R.C. que me brindó la posibilidad de lograr un título de grado.

A todos ellos muchas gracias,

Cristina Leonor Somma

I- INDICE

Certificado de aprobación.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Índice de figuras	vi
Índice de cuadros	vii
Resumen.....	viii
Summary.....	ix
Introducción.....	1
Antecedentes.....	2
Hipótesis.....	8
Objetivos.....	8
Materiales y Métodos.....	9
Resultados y Discusión.....	15
Conclusiones.....	20
Bibliografía.....	21
Anexo	24

II- INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Destrucción de la molécula de ozono por acción de la molécula de bromuro de metilo.....	4
Figura 2: Sustrato tratado por el método de solarización.....	10
Figura 3: Determinación de temperatura en el tratamiento solarizado	10
Figura 4: Pesado de la garrafa con bromuro de metilo.....	11
Figura 5: Tubería perforada para la aplicación de bromuro de metilo	11
Figura 6: Cierre hermético con túnel de polietileno	12
Figura 7: Tratamiento del sustrato con formaldehído	12
Figura 8: Disposición de los tratamientos en invernáculo.....	13
Figura 9: Plántula de pino al mes de la siembra	13
Figura 10: Vista completa del ensayo. En primer plano tratamiento con solarización.....	14
Figura 11: Respuesta de las malezas al tratamiento con formaldehído.....	14
Figura 12: Respuesta de las malezas al tratamiento con bromuro de metilo.....	14
Figura 13: Respuesta diferencial de las malezas en el sustrato sin tratar (izquierda) y en el tratado con bromuro de metilo (derecha).....	14
Figura 14: Temperaturas de solarización y temperaturas medias del suelo y del aire para el periodo de ensayo.....	15
Figura 15: Temperaturas medias mensuales máximas del aire de los últimos 10 años....	16
Figura 16: Temperaturas medias mensuales mínimas del aire de los últimos 10 años....	17
Figura 17: Radiación media mensual de los últimos 10 años.....	17
Figura 18: Plántula de pino cortada por babosas	19

III- INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Temperaturas medias mensuales máximas y mínimas del aire para el periodo 1996 – 2005 y el periodo de solarización.....	18
Cuadro 2: Prueba de Duncan para las variables plántulas de malezas, malezas adultas y plantas de pinos logrados para las fechas analizadas en los 4 tratamientos.....	19

IV- RESUMEN

Alternativas al uso del bromuro de metilo en la desinfección de sustratos para la producción de *Pinus elliottii*

La producción de plantines de *Pinus elliottii*, es afectada por hongos de suelo, malezas y plagas. El bromuro de metilo (BrM) es el más usado en la desinfección de sustratos, por su amplio espectro de acción, alta efectividad, practicidad y bajo costo, aunque produce deterioro de la capa de ozono, es altamente tóxico, volátil y reduce la biodiversidad del suelo; por lo que es necesario encontrar alternativas para su reemplazo. El objetivo de este estudio fue analizar alternativas al bromuro de metilo para la desinfección de sustratos en la producción de plantines de pino elliotti en Río Cuarto. Se evaluaron cuatro tratamientos de desinfección: BrM, solarización, formaldehído y sustrato sin tratar, con tres repeticiones; 50 macetas en cada repetición y 150 macetas en cada tratamiento, en un diseño completamente aleatorizado. La siembra de todos los tratamientos se realizó el 21 de marzo de 2005. En el tratamiento de solarización se midió la temperatura del sustrato en la parte inferior y superior semanalmente, registrándose un rango entre 30 y 40°C; con un máximo de 49°C, siendo diciembre, enero y febrero, los meses más favorables. Semanalmente se evaluó el número de plántulas de *P. elliotti* emergidas y logradas, plántulas de malezas y malezas adultas, Damping-off y daño por insectos. Las variables fueron evaluadas mediante el análisis de varianza y la comparación de medias se efectuó con la prueba de Duncan. Al analizar plántulas de malezas no se encontraron diferencias significativas entre solarización, BrM y el sustrato sin tratar; hallándose diferencias significativas entre solarización y formaldehído. Para malezas adultas, BrM presentó diferencias significativas con los otros tratamientos. Las plantas de pinos logradas no mostraron diferencias significativas entre los cuatro tratamientos. No se manifestó Damping-off, pero sí plántulas de pinos cortadas por babosas, afectando el total de plantas logradas. La solarización para el control de plántulas de malezas, es efectivo en el primer mes en que la competencia es mayor. Al no existir antecedentes en Río Cuarto, es aconsejable repetir el ensayo para contemplar la respuesta a las variaciones climáticas.

Palabras Clave: bromuro de metilo, solarización, formaldehído, *Pinus elliottii*, desinfección de sustratos.

V- SUMMARY

Alternatives for the use of methyl bromide in the subtract disinfection for *Pinus elliottii* production.

Pinus elliottii seedling production is affected by ground fungus, weeds and plagues. The methyl bromide (BrM) is the most used in the subtract disinfection, because of its great action spectrum, high effectively, practice in handling and its low cost for subtract disinfection, but it's destructive for ozone shield, highly toxic, volatile, and it reduce biological diversity of ground; that's why new alternatives are necessary in order to replace it. The objective of this study was analyzing new alternatives for the BrM in disinfection of subtracts for elliotti pinus seedling production in Río Cuarto. Four disinfection treatments were evaluated: BrM, solarization, formaldehyde and subtract without treatment, among three repetitions; 50 flower-pots for each repetition and 150 flower-pot for each treatment, in a design completely random. The sowing of all treatments was made on march 21st 2005. In the solarization treatment the subtract temperature was measured in the lower and in the top weakly, recording a rank between 30 and 40 C; with a top of 49 C, being the most favorable months December, January and February. Emerged and achieved *P. elliottii* seedling, seedling weeds from grown up weeds, Damping-off and insect damage were weakly evaluated. The variables were evaluated by analysis of variance and the media comparation was made by Duncan test. There were no significant differences between solarization, BrM and subtract without treatment in the analysis of seedling weeds; and there were significant differences between solarization and formaldehyde. For grown up weeds the BrM presented significant differences against other treatment. Achieves pinus plants didn't show significant differences between four treatments. There wasn't shown a Damping-off, but there was seedling of pinus cut off by slugs, affecting the total of plans achieved. Solarization for seedling weeds control is effective in the first month in witch there's more competence. Due to the absence of proceeding records in Río Cuarto its better to repeat the assay in order to include the fact of climatic variations.

Key words: methyl bromide, solarization, formaldehyde, *Pinus elliottii*, subtract disinfection.

1- INTRODUCCIÓN

Los suelos pueden contener semillas de malezas, nemátodos, diversos hongos y bacterias patógenas para las plantas. La práctica habitual de desinfección del suelo, que tiene por objetivo eliminar los patógenos y las malezas del suelo en cultivos intensivos, es imprescindible a fin de asegurar la productividad de las tierras y calidad de la producción (Alconada, 2004).

En vivero, unos de los mayores inconvenientes en la producción de plantines de *Pinus elliottii* son los hongos de suelo presentes comúnmente en los almácigos. Para evitar las pérdidas que causan estos organismos patógenos, es recomendable tratar el suelo o las mezclas usadas como sustratos (Hartmann y Kester, 1998).

El producto más utilizado en la desinfección de sustratos para la producción de plantines de pinos es el biocida bromuro de metilo (BrM), que se destaca por su amplio espectro de acción frente a los patógenos de los vegetales y cuya efectividad, practicidad y bajo costo han sido ampliamente comprobados. Sin embargo, al ser clasificado como destructor de la capa de ozono, se está trabajando en su reemplazo al comprobarse además otros aspectos negativos como alta toxicidad, volatilidad, fitotoxicidad en ciertos cultivos y reducción de la biodiversidad del suelo (Mattoff, 2004).

En el presente trabajo se ensayaron dos productos alternativos al BrM en la desinfección de sustratos para la multiplicación de plantines de pinos: un método químico, el formaldehído y un método físico, la solarización.

2- ANTECEDENTES

En la etapa inicial de producción las plántulas de pino son seriamente afectadas por el complejo de hongos damping-off denominado comúnmente “mal de los almácigos”, entre los que se destacan especies de los géneros *Fusarium*, *Rhizoctonia* y *Pythium*. También se detecta la presencia de insectos cortadores y otras plagas como *Armadillium vulgare* “bicho bolita” que producen problemas de corte; además de algunas malezas produciendo competencia en el desarrollo normal de las plantas (Cozzo, 1975).

La desinfección del suelo previa a la siembra es indispensable para controlar hongos patógenos, insectos, malezas y nemátodos y así lograr un alto número de plántulas con buen estado para el trasplante (Mattoff, 2004).

La desinfección del suelo o sustrato, puede realizarse por medios físicos, químicos, biológicos, y sus combinaciones, siendo sus resultados variables según sean las condiciones del clima y suelo, entre otros factores. En todos los casos conduce a la esterilización parcial del medio. Este proceso a fin de controlar organismos específicos y contribuir en aumentar la fertilidad y productividad del mismo, perturba los complejos equilibrios existentes en el suelo y conduce a incrementos no deseados de algunos compuestos químicos, al menos en cortos períodos de tiempo (Alconada, 2004).

El bromuro de metilo (CH_3Br), en la clasificación química, es un alquilo halogenado. Es insecticida, fungicida y nematicida, su acción es por inhalación. A la temperatura del aire es un producto gaseoso, incoloro, inodoro, tres veces más pesado que el aire (CASAFE, 1997). Este producto químico es un material muy volátil y tóxico para los humanos (Hartmann y Kester, 1998).

Cuando se aplica BrM en el suelo, bajo túnel de plástico, penetra bajo la forma gaseosa y se descompone liberando bromo (INTA, 2006).

Las malezas controladas por el BrM son: bejucos (*Ipomoea spp.*), cebollín (*Cyperus rotundus*), cepa caballo (*Xanthium spinosum*), chamico (*Datura ferox*), gramón (*Cynodon dactylon*), pasto cuaresma (*Digitaria sanguinalis*), pasto miel (*Paspalum dilatatum*), saetilla (*Bidens pilosa*), sorgo de alepo (*Sorghum halepense*) y yuyo colorado (*Amaranthus quitensis*). Los insectos que controla este producto son: gusano alambre (*Pyrophorus sp.*) y gusano blanco (*Diloboderus abderus*); dentro del complejo de hongos: hongos del suelo (*Phytophthora citrophthora*; *Pythium spp.*; *Verticillium spp.*), mal de los almácigos

(*Rhizoctonia spp.*) y nemátodos como: *Meloydogyne spp.* (anguilulosis de la raíz), *Heterodera spp.*, *Pratylenchus spp.*, *Aphelenchoides spp.* (CASAFA, 2001).

Durante los últimos 35 años, los productores de hortalizas de Florida, EEUU, dependieron casi exclusivamente del BrM para el control de enfermedades del suelo, nemátodos y malezas.

En 1993, el Protocolo de Montreal clasificó el BrM como una molécula de toxicidad Clase I degradador del ozono (se estima que el BrM reduce entre 5 y 10% la capa de ozono), por lo que se ordenó su retiro del mercado de los países desarrollados en el año 2005. Para el cumplimiento de lo estipulado en ese protocolo, durante los últimos diez años se ha impulsado la búsqueda de alternativas al uso de este fumigante (Gilreath *et al.*, 2003).

Además de su acción en la destrucción de la capa de ozono, este producto es seriamente cuestionado por la reducción de la biodiversidad del suelo, contaminación del agua en zonas con niveles freáticos altos y la tendencia de los consumidores a preferir productos menos expuestos a agroquímicos por sus potenciales efectos nocivos en la salud humana. Por ello, es necesario la búsqueda de tecnologías alternativas para su uso o la reducción de las emisiones hacia la atmósfera (Schwartz *et al.*, 2003).

El ozono es una molécula con tres átomos de oxígeno, que se forma naturalmente en las capas superiores de la atmósfera por la energía del sol. La concentración del ozono se encuentra en la llamada estratósfera, franja situada entre los 15 y los 55 km arriba de la superficie de la tierra. El ozono es una molécula muy inestable, la radiación solar lo vuelve a descomponer, creando nuevamente oxígeno molecular y átomos de oxígeno libres, repitiéndose el ciclo de formación del ozono. La concentración de ozono en la atmósfera depende de un equilibrio dinámico entre la velocidad con la que se forma y la velocidad a la que se destruye. La capa de ozono absorbe las radiaciones ultravioletas (UV) del sol y así impide que la mayor parte llegue a la superficie terrestre, constituyendo el filtro solar de la tierra (INTA, 2006).

El BrM al alcanzar la capa de ozono se descompone por la radiación solar y libera un radical de bromo. Este radical atrae un átomo de oxígeno y rompe de esta manera la molécula de ozono (O₃). Después de una serie de reacciones el bromo se libera nuevamente como radical y sigue destruyendo el ozono a una gran velocidad (Fig. 1). Debido a esta reacción en cadena el BrM es unas 50 veces más destructor del ozono que los átomos de cloro de los clorofluorocarbonos (CFC), aunque tienen una vida más corta. Entre el 50 al 95% del bromuro del metilo inyectado al suelo pasa a la atmósfera (INTA, 2006).

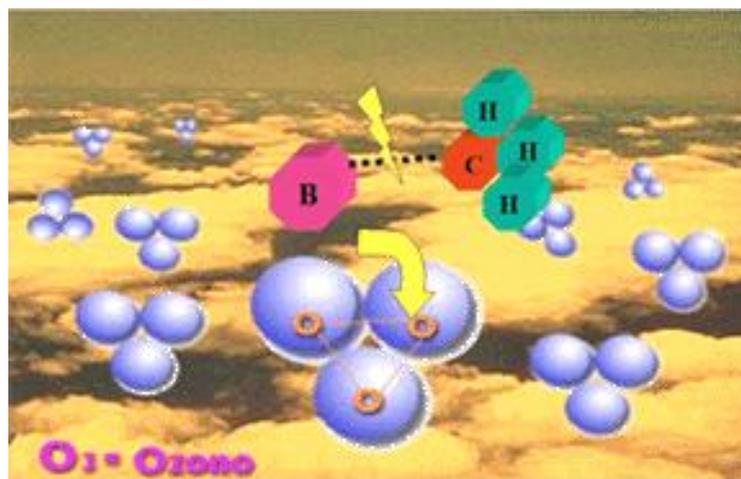


Fig. 1 - Destrucción de la molécula de ozono por acción de la molécula de bromuro de metilo (Extraído de: INTA, 2006)

En 1992 se reconoció oficialmente al bromuro de metilo como uno de los responsables del deterioro de la capa de ozono. La disminución de la capa de ozono genera un aumento de las radiaciones ultravioletas de tipo B que llegan a la corteza terrestre. Si éstas aumentan supone un incremento de la temperatura media de la tierra, por lo que el hielo que se encuentra en los polos comenzaría a pasar a estado líquido, subiendo el nivel del mar. Además, para las plantas el aumento de las radiaciones de tipo B suponen una disminución de la fotosíntesis, ya que la radiación que utilizan las plantas es aquella cuya longitud de onda se encuentra entre 380 y 730 nm (Infoagro, 2006).

La destrucción de la capa de ozono ocurre tanto en el hemisferio norte como en el sur, sin embargo, la Antártida es donde se ha encontrado un mayor daño, formando el “agujero en la capa de ozono”. Este “agujero” alcanzó los 25 millones de km² a fines de 1998, una superficie equivalente a la que existe entre Canadá, Estados Unidos, México y Centroamérica (Infoagro, 2006).

Sin la protección de esta capa de ozono se aumenta la radiación ultravioleta en la tierra produciendo cambios climáticos. Provoca: cáncer en la piel, daños irreversibles en los ojos, afecciones al sistema inmunológico, reducción a la resistencia a ciertas alergias y enfermedades infecciosas. Además, aumenta la sensibilidad de muchas especies de plantas a la radiación ultravioleta que luego desaparecerán, afecta al fitoplancton en el mar y por lo tanto, a un gran número de peces (Brechtel, 2001). En consecuencia el BrM, por su gran impacto ambiental –como degradante de la capa de ozono-, debe ser reemplazado en todo el planeta, para contribuir a resolver el problema global ambiental (Alconada, 2004).

Los productos alternativos al uso del BrM deben tener una eficacia similar, no impactar sobre el medio ambiente, ser económicas y tecnológicamente viables. Se trata de encontrar técnicas que controlen a patógenos del suelo y nemátodos sin hacer uso de principios activos nocivos para el ser humano y el medio ambiente. Se mencionan como métodos preventivos, uno físico como la solarización y otro químico como el formaldehído (Bello *et al.*, 2003).

La solarización ha sido probada con éxito en diversas zonas productoras de especies hortícolas (Mitidieri, 2004). Es un proceso hidrotermal, que eleva la temperatura del suelo a partir de la energía solar, que consiste en cubrir el suelo húmedo con un film de polietileno cristal transparente perfectamente adherido (Ghini *et al.*, 1992). Este material, al ser de baja densidad tiene amplia aceptación para el uso de ésta técnica debido a su flexibilidad, resistencia a la tensión y al rasgado. Los más eficientes son los de 25 a 40 μ , transparente a la radiación solar y completamente opaco a la radiación terrestre, funcionando como almacenador solar (Braicovich, 2006). El período recomendado oscila entre 4 y 8 semanas (dependiendo de las condiciones ambientales) para aumentar las temperaturas hasta niveles letales para los patógenos del suelo (Lanfranconi y Orecchia, 2003). Además, produce otros beneficios, como conservar la humedad y controlar malezas (Figuroa Romero, 2004). La solarización, por lo tanto es una técnica ecológica y económica de desinfección del suelo “no contaminante” (Cebolla, 2004).

Es bien conocido que la mayoría de los patógenos son mesófilos y por lo tanto, tienen un tiempo muy limitado de sobrevivencia por encima de los 40°C. La sensibilidad al calor de estos organismos está relacionada a los límites de la fluidez de la membrana celular y a la inactivación del sistema enzimático (especialmente respiratorio). Es por esto que una buena solarización deberá mantener temperaturas de suelo por encima de la indicada para conseguir resultados óptimos (Rivas *et al.*, 2000; Produce, 2004).

La solarización desencadena fenómenos de fermentación, sobre todo si hay abundante materia orgánica, con liberación de gases tóxicos, principalmente amoníaco, con efecto biofumigante el cual se ve potenciado por las altas temperaturas (Cebolla, 2004).

Un ensayo de solarización realizado en Allen, Río Negro, Argentina, en un suelo de invernadero, durante enero del 2002, registró temperaturas medias entre 5 y 6°C superiores a las del sustrato sin solarizar dentro del invernadero. Además, se observaron diferencias en cuanto a la cantidad de horas acumuladas por encima de 40 y 50°C, siendo las mismas superiores en los primeros 5 cm de suelo. En el suelo solarizado se acumularon temperaturas por encima de 50°C hasta los 15 cm (Iglesias *et al.*, 2002).

Otras experiencias con solarización han demostrado que el humedecimiento facilita el calentamiento del suelo con mayor rapidez y a más profundidad, debido al aumento de la capacidad y conductividad térmica registrando cambios en las temperaturas medias máximas de 40 a 42°C, de 37 a 40°C y de 35 a 39°C; a 10, 20, 30 y 40 cm de profundidad respectivamente, logrando que la sensibilidad de los organismos del suelo al calor sea mayor (Rivas *et al.*, 2000).

La solarización además causa cambios complejos en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos que mejoran el desarrollo, crecimiento, calidad y productividad de los cultivos por varios años (Rivas *et al.*, 2000).

La desinfección con solarización controla hongos como: *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepa*, *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans*, *F. oxysporum* f. sp. *dianthi*, *F. oxysporum* f. sp. *iycoopersici*, *F. oxysporum* f. sp. *niveum*, *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum*, *Macrophomina phaseolina*, *Phytophthora cinnamomi*, *Plasmodiophora brassicae*, *Sclerotium cepivorum*, *S. rolfsii*, *S. oryzae*, *Sclerotinia minor*, *Verticillium dahliae* (Ghini *et al.*, 1992).

La solarización controla varias malezas, pero algunas como *Cyperus* o *Cynodon*, pueden rebrotar tras el tratamiento (Infoagro, 2006).

La longitud del día e intensidad solar son los factores que afectan directamente la solarización, es por ello que los meses de verano, diciembre a febrero, son los más apropiados para llevar a cabo este tipo de “desinfección de suelo” (Braicovich, 2006).

El verano es la época más adecuada para realizar la solarización, por la coincidencia de alta radiación solar y su mayor duración, temperaturas del aire mayores y menos viento. Cuanto más larga sea la exposición al tratamiento mayor eficacia letal se consigue sobre un número más amplio de patógenos y malezas, dado que el efecto desinfectante del calor depende por un lado de lo elevada que sea la temperatura alcanzada en el suelo, y por otro del tiempo de exposición a la misma (Rivas *et al.*, 2000).

En el transcurso del proceso de solarización, además de reducir la población de patógenos afecta la actividad de microorganismos antagónicos importantes en el control biológico, y en caso de reinfección con organismos no deseables el proceso podría tener efecto negativo (Katan, 1980).

El formaldehído como método químico no es específico para la desinfección de sustratos; posee un alto poder microbicida y conservante, actúa por alquilación de la pared celular de los microorganismos (Sociedad Chilena de enfermeras en pabellones quirúrgicos y esterilización, 2006).

El formaldehído o metanal es un compuesto de carbono, hidrógeno y oxígeno de fórmula $HCHO$ o CH_2O . A temperatura normal es un gas incoloro de un olor penetrante, muy soluble en agua (Morrison y Boyd, 1998).

Niveles bajos de formaldehído pueden producir irritación a la piel, los ojos, la nariz y la garganta. Las personas que sufren de asma son probablemente más susceptibles a los efectos de inhalación de CH_2O . Ingerir grandes cantidades de este producto químico puede causar profundo dolor, vómitos, coma, y posiblemente la muerte (ATSDR, 2004). El formaldehído es altamente tóxico, considerado como potencialmente cancerígeno en humanos, y ha demostrado ser cancerígeno en animales (Sociedad Chilena de enfermeras en Pabellones quirúrgicos y esterilización, 2006).

El formaldehído es un compuesto de amplio espectro, afectando a organismos benéficos. La aplicación se realiza mediante riego del sustrato con el producto disuelto en agua y posteriormente se cubre con polietileno (Ottone, 1993).

Este producto es un buen fungicida, con alto poder de penetración. Mata algunas semillas de malezas, pero no es confiable para matar nemátodos o insectos (Hartmann y Kester, 1998).

El formaldehído aplicado al suelo húmedo (3 l/ha) incrementa la tasa de multiplicación de *Heterodera avenae* porque este producto elimina al hongo parásito, por lo tanto es débil como nematicida (Williams, 1969; Kerry *et al.*, 1980, 1982 a, 1982 b).

Si bien hay una amplia disponibilidad de productos químicos de alto poder en el control de plagas, enfermedades y malezas, la búsqueda de algún método ecológico, económico y efectivo sigue siendo indispensable. Hasta el presente se han encontrado pocas alternativas que puedan reemplazar al bromuro de metilo.

3- HIPÓTESIS

Existen métodos alternativos al bromuro de metilo con suficiente acción en la desinfección de sustratos que permitirán su reemplazo.

4- OBJETIVOS

Objetivo General

- Analizar alternativas tecnológicas para reemplazar el uso de bromuro de metilo en la producción de plantines de *Pinus elliottii* en vivero.

Objetivos Específicos

- Evaluar la técnica de solarización y su respuesta en vivero para la zona de Río Cuarto.
- Analizar la emergencia y establecimiento de plántulas de la especie *Pinus elliottii* con diferentes tratamientos de desinfección de sustratos.

5- MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el Vivero de la Facultad de Agronomía y Veterinaria (FAV) de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), ubicado sobre la Ruta Nac. N° 36, km 601, en la localidad de Río Cuarto (Latitud 33°07' S, Longitud 64°14' W y 421 m de altitud snm), provincia de Córdoba (Seiler *et al.*, 1995). El clima es templado subhúmedo con estación invernal seca. El régimen de precipitaciones es monzónico con lluvias medias anuales de 801,2 mm (Becerra, 1999). Las temperaturas medias máximas de los últimos 10 años, registradas en la Estación Meteorológica de la U.N.R.C. para los meses de primavera-verano fueron entre los 20 y 35 °C; las temperaturas medias mínimas registradas en la misma estación fueron entre los 5 y 18 °C para igual periodo. En cuanto a la radiación solar se observaron valores entre los 12 y 28 Mj/m²/día (Anexo: Cuadros 3, 4, 5 y 6).

En el experimento se realizaron cuatro tratamientos:

1. Sustrato + solarización
2. Sustrato + bromuro de metilo
3. Sustrato + formaldehído
4. Sustrato sin tratar.

El sustrato para todos los tratamientos consistió en una mezcla en un 60% de tierra y un 40% de arena, ambos bien zarandeados, para lograr que quede mullido y desmenuzado, fraccionándolo en cuatro partes iguales para cada uno de los tratamientos.

La solarización comenzó el día 18 de agosto de 2004 y se extendió hasta el día 25 de febrero de 2005. La fecha de inicio de la solarización, se determinó en base a experiencias del año anterior, donde el mismo ensayo debió abandonarse por escasa radiación y temperaturas poco elevadas.

El volumen de sustrato fue de 0.45 m³ (1 m de ancho, 1.5 m de largo y 0.30 m de alto). Se regó en forma abundante, entre capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, cuidando de no saturarlo logrando una buena penetración en profundidad (Produce, 2004). Se colocó una cubierta de plástico (polietileno cristal de 40 µ) la que se mantuvo bien sellada para conservar la humedad durante todo el tiempo de la desinfección. Por lo tanto, al momento de colocar la cubierta, se realizó el correcto tensado del nylon sellando los bordes con tierra para evitar entrada de aire que redujeran la eficacia por evaporación, por pérdidas térmicas y cambios en la composición atmosférica del suelo (Fig. 2).

Toda la superficie del sustrato se cubrió de manera continua, para evitar el efecto borde, ya que la zona periférica del plástico alcanza temperaturas inferiores, que darían como resultado un menor control y la presencia por lo tanto de focos de recolonización.



Fig. 2 – Sustrato tratado por el método de solarización.

La temperatura del sustrato tratado con solarización (Fig. 3), se midió una vez por semana, al mediodía, registrándose la temperatura en la parte inferior (10 cm desde el nivel del suelo) y superior (25 cm desde el nivel del suelo).



Fig. 3 - Determinación de temperatura en el tratamiento solarizado.

Las temperaturas obtenidas de este ensayo fueron comparadas gráficamente con los registros de temperaturas de aire y del suelo para el periodo comprendido entre el 18/10/2004 y el 25/2/2005, obtenidas en la Estación Meteorológica de la Cátedra de Climatología

Agrícola, de la FAV de la UNRC. También se compararon las temperaturas medias mensuales máximas y mínimas, y radiación solar media mensual de los últimos 10 años.

La aplicación de BrM comenzó el día 4 de marzo de 2005. Se utilizó una garrafa con gas licuado de BrM conectada a una tubería perforada, la que se introdujo en el sustrato (Figs. 4 y 5) previamente humedecido y cubierto con un túnel de plástico de polietileno de 100 μ de espesor (Fig. 6). La dosis aplicada fue de 50 – 70 g/m^2 (CASAFE, 1997). Para esta fecha la temperatura máxima ambiental fue de 26°C y la mínima de 6°C, rango recomendado para la aplicación de este producto. El día 8/3/2005 se destapó y aireó durante 24 hs. Pasado ese periodo se realizó el llenado de las macetas.



Fig. 4 - Pesado de la garrafa con bromuro de metilo.



Fig. 5 - Tubería perforada para la aplicación de bromuro de metilo.



Fig.6 - Cierre hermético con túnel de polietileno.



Fig. 7 - Tratamiento del sustrato con formaldehído.

La aplicación de formaldehído se inició el día 1 de marzo de 2005. Se prepararon 12 l de solución al 2% de formaldehído (600 cm^3 de formol y 114 cm^3 de agua) y se regó un volumen de sustrato de 0.70 m^3 hasta que quedó bien embebido, luego se cubrió con polietileno para evitar la rápida difusión del gas (Fig. 7). El polietileno se retiró el día 8/3/2005 y se rastrilló, para favorecer la aireación. Después de dos días se procedió al llenado de las macetas.

Para el tratamiento 4 se utilizó el sustrato sin tratar.

En el ensayo se usaron macetas de polietileno negro de 12 cm de largo y 6 cm de diámetro. La siembra se realizó el día 21/3/2005 para todos los tratamientos mediante siembra directa, colocando dos semillas por envase, tratadas previamente con curasemilla Captan. Se usó semilla Certificada de la especie *Pinus elliottii*, cosecha 2003 proveniente del Huerto Semillero INTA Cerro Azul-Misiones, con un porcentaje de germinación del 80%.

El ensayo consistió en 4 tratamientos, 3 repeticiones con 50 macetas en cada repetición y 150 macetas en cada tratamiento, en un diseño completamente aleatorizado; ubicándose en las canchas de cría del Vivero de la FAV, UNRC.

En el momento de emergencia de las primeras plántulas de pinos se observó ataque de babosas, usándose para su control un molusquicida granulado.

Los riegos se realizaron 1 ó 2 veces por semana, dependiendo de las condiciones climáticas.

Debido a importantes pérdidas de plantines de pinos por efecto de las babosas, el día 6/5/2005 las macetas se reubicaron dentro del invernáculo del vivero; aunque a pesar de este cambios los daños continuaron (Fig. 8).

Las variables medidas fueron número de plántulas de malezas, malezas adultas y plantas logradas de pinos en cada uno de los tratamientos. Para ello se realizó el seguimiento desde la emergencia para detectar y cuantificar la ocurrencia de Damping-off y daño por insectos (Figs. 9, 10,

11, 12 y 13). Este seguimiento se realizó una vez por semana hasta el 6/7/2005 donde el número de plántulas emergidas y logradas de pinos fue estable.



Fig. 8 – Disposición de los tratamientos en invernáculo.



Fig. 9 – Plántula de pino al mes de la siembra.



Fig. 10 – Vista completa del ensayo. En primer plano tratamiento con solarización.



Fig. 11 – Respuesta de las malezas al tratamiento con formaldehído.



Figura 12 – Respuesta de las malezas al tratamiento con bromuro de metilo.



Figura 13 – Respuesta diferencial de las malezas en el sustrato sin tratar (izquierda) y en el tratado con bromuro de metilo (derecha).

Los datos (Anexo: Cuadro 6) se analizaron mediante un análisis de varianza correspondiente a un diseño completamente aleatorizado y la comparación de medias se realizó con la prueba de Duncan ($p < 0,05$), al mes de iniciada la siembra de los pinos (24/5/2005) y al finalizar la toma de los datos (6/7/2005) para las variables plántulas de malezas y malezas adultas. El número total de pinos logrados se analizó en la última fecha.

6- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tratamiento con solarización registró un rango de temperatura entre los 30 y 40°C; solo en pocos casos se logró superar este rango, llegando a un máximo de 49°C (Fig. 14).

Las temperaturas alcanzadas en el ensayo de solarización permitirían disminuir la sobrevivencia de la mayoría de los patógenos mesófilos según lo expresado por algunos autores (Rivas *et al.*, 2000; Produce, 2004).

Cebolla (2004) registró aumentos de temperatura bajo el plástico mayores a 50°C en la capa superficial, durante las horas de mayor insolación, disminuyendo en la noche durante todo el ensayo, haciendo que funcione como una pasteurización del sustrato.

En la localidad de Allen, Río Negro, el suelo solarizado acumuló temperaturas por encima de 50°C hasta los 15 cm de profundidad, mientras que en el suelo sin solarizar este registro solo se observó en la capa superior de suelo (Iglesias *et al.*, 2002).

Las temperaturas del sustrato solarizado superaron ampliamente las temperaturas del suelo y del aire registradas en la Estación Meteorológica (Fig. 14).

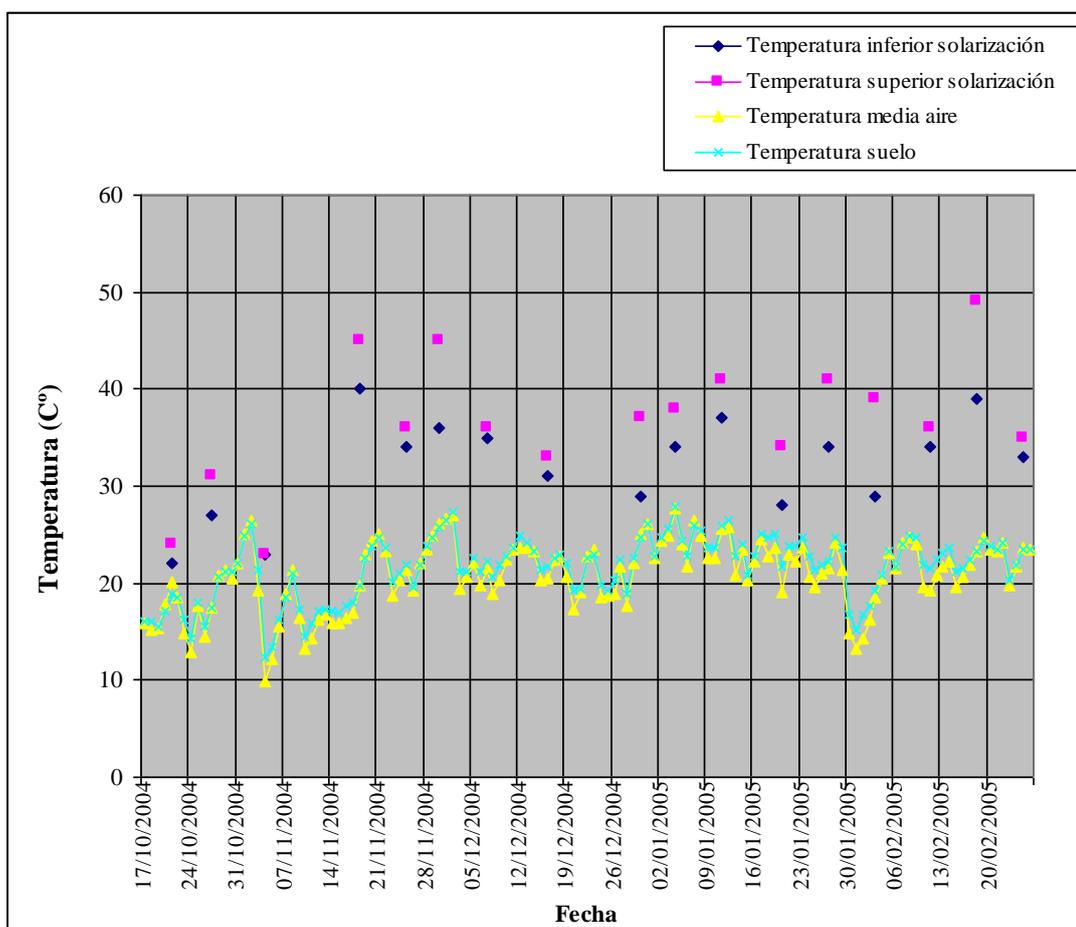


Figura 14 - Temperaturas de solarización y temperaturas medias del suelo y del aire para el periodo de ensayo.

Las temperaturas medias diarias del suelo y del aire, registradas en la Estación Meteorológica no superaron los 26 y 28°C, respectivamente. Se puede apreciar que la variación de temperatura del ensayo siguió la misma tendencia.

En la primera fecha (21/10/04) se registró una temperatura de 22°C en la parte inferior y de 24°C en la parte superior del sustrato. En la última fecha (25/2/2005) las temperaturas llegaron a los 33 y 35°C, respectivamente, lo que muestra un aumento durante el ensayo de 11°C en ambos niveles, superando ampliamente la diferencia de temperatura registrada en Allen, Río Negro (Iglesias *et al.*, 2002).

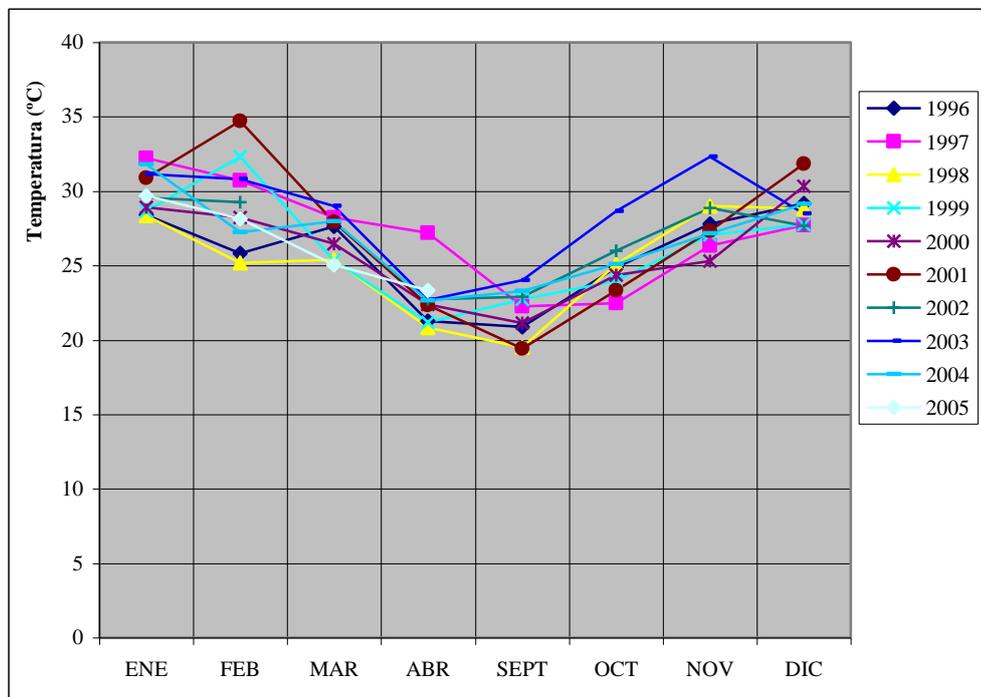


Figura 15 - Temperaturas medias mensuales máximas del aire de los últimos 10 años.

Del análisis de los gráficos de temperaturas del aire medias mensuales máximas para el periodo 1996 – 2005 se puede observar que los meses más favorables para la solarización son diciembre, enero y febrero con valores de 29, 30 y 29°C respectivamente (Fig. 15 y Anexo: Cuadro 3). El registro de temperaturas medias mínimas para los mismos meses fue de 15, 16 y 15°C (Fig. 16 y Anexo: Cuadro 4).

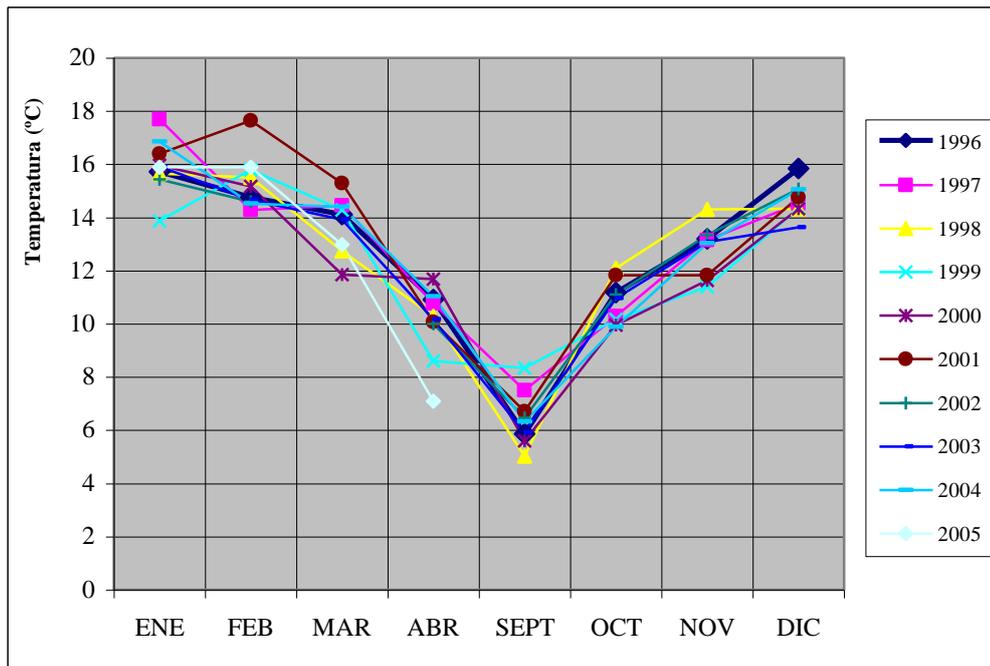


Figura 16 - Temperaturas medias mensuales mínimas del aire de los últimos 10 años.

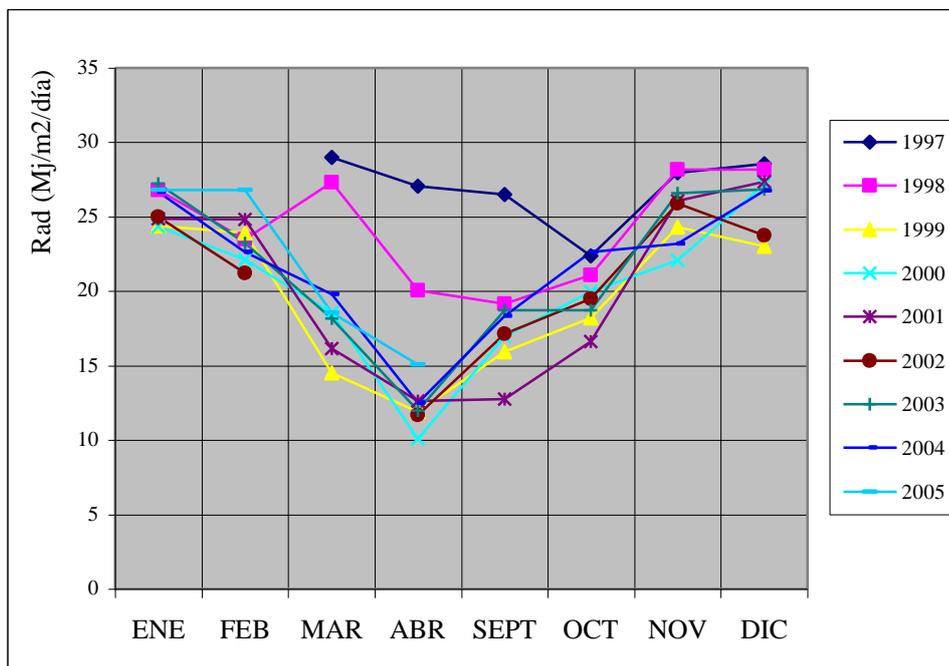


Figura 17 - Radiación media mensual de los últimos 10 años.

Con respecto a la radiación solar media de los últimos 10 años los valores máximos registrados ocurren en noviembre, diciembre, enero y febrero (Fig. 17 y Anexo: Cuadro 5), meses más adecuados para realizar la solarización, por registrarse además, altas temperaturas del aire, coincidiendo con los trabajos de Rivas *et al.* (2000) y Braicovich (2006).

Los registros de temperaturas del aire del periodo de solarización se corresponden con la media de los últimos 10 años (Cuadro 1), lo que permite confirmar la posibilidad de esta práctica en Río Cuarto y región, coincidiendo con Iglesias (2002) quien usó la técnica de solarización en la Patagonia Norte.

Cuadro 1 – Temperaturas medias mensuales máximas y mínimas del aire para el periodo 1996 – 2005 y el periodo de solarización.

Meses	Temp. Máximas		Temp. Mínimas	
	Solarización	Histórico	Solarización	Histórico
OCT	25,08		9,87	
NOV	27,15	27,90	13,04	12,76
DIC	29,11	28,99	13,04	14,65
ENE	29,68	29,96	15,90	15,94
FEB	28,15	29,25	15,69	15,28

El tiempo de solarizado del ensayo de 4 meses es respaldado por lo planteado por Rivas *et al.* (2000) quien comprobó que cuanto más larga sea la exposición al tratamiento mayor eficacia letal se consigue sobre un número más amplio de patógenos y malezas. Sin embargo, Lanfranconi y Orecchia (2003) determinaron que al aumentar las temperaturas hasta niveles letales para los patógenos del suelo se requiere solarizar un sustrato por un periodo menor que oscila entre 1 y 2 meses.

Al analizar la variable dependiente plántulas de malezas para la fecha 24/5/2005, se observó que no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la media de los tratamientos solarización, BrM y el sustrato sin tratar. Aunque si se apreciaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias de los tratamientos solarización y formaldehído (Cuadro 2).

Analizando la variable malezas adultas para la misma fecha, se determinó que no hay diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias de los tratamientos BrM y solarización; entre solarización y formaldehído. Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias de los tratamientos BrM, formaldehído y el sustrato sin tratar; entre solarización y el sustrato sin tratar (Cuadro 2).

Cuando se analizó la segunda fecha 6/7/2005 del ensayo, para la variable plántulas de malezas, se pudo apreciar que no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias de los tratamiento solarización y el sustrato sin tratar; y tampoco hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias de los tratamientos BrM, formaldehído y el sustrato sin tratar. Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre BrM y solarización.

En la misma fecha, para la variable malezas adultas, se observó que el tratamiento BrM presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con los tratamientos solarización, formaldehído y sustrato sin tratar. No se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre solarización y formaldehído (Cuadro 2)

El análisis de pinos logrados en la segunda fecha, 6/7/2005, mostró que no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los cuatro tratamientos (Cuadro 2). En la práctica no se manifestó la ocurrencia de Damping-off, pero sí se observaron plántulas de pinos cortadas por babosas (Fig. 18), afectando el total de plantas logradas.

Cuadro 2 – Prueba de Duncan para las variables plántulas de malezas, malezas adultas y plantas de pinos logrados para las fechas analizadas en los 4 tratamientos.

Tratamiento	Plántula maleza		Maleza adulta		Pino logrado
	24/05/05	06/07/05	24/05/05	06/07/05	06/07/05
BrM	0,59 a b	0,81 b	0,13 a	0,47 a	0,13 a
Solarización	0,53 a	0,27 a	0,31 a b	0,91 b	0,09 a
Formaldehído	1,02 b	0,68 b	0,47 b	0,93 b	0,13 a
Sustrato sin tratar	0,83 a b	0,49 a b	1,27 c	1,51 c	0,09 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)



Figura 18 - Plántula de pino cortada por babosas.

7- CONCLUSIONES

- El análisis de los registros de temperatura y radiación solar, permitió establecer que los meses más adecuados para el tratamiento de solarización en Río Cuarto y zona son diciembre, enero y febrero.

- Si bien, el tiempo de solarizado planteado en el ensayo fue de 4 meses a fin de evaluar las variaciones de temperatura, en la práctica es posible reducir este tiempo a 3 meses.

- Al ser el método de solarización dependiente de las condiciones ambientales y no existiendo antecedentes de ésta práctica en la zona de Río Cuarto, es aconsejable repetir el ensayo varios años para contemplar la respuesta a las variaciones climáticas y con ello llegar a conclusiones más certeras.

- El control de plántulas de malezas tratadas con el método físico de solarización es efectivo, por lo menos en el primer mes de iniciada la siembra de los pinos.

- El formaldehído mostró un menor control para malezas en estado de plántula. Por lo cual, se determinó que resulta menos efectivo que la solarización.

- No se encontraron diferencias entre la aplicación de formaldehído y la solarización en la etapa final del ensayo cuando se analizó la presencia de malezas adultas. Por lo tanto, para la desinfección de sustratos es preferible el uso de una alternativa física, como la solarización siendo menos agresiva para la salud humana y el ambiente que la aplicación de un producto químico.

- La cantidad de pinos logrados fue similar en todos los tratamientos independientemente del método de desinfección usado. El bajo número de pinos logrados, se explica por el ataque intenso de babosas durante el ensayo. Por lo tanto estos resultados pueden ser considerados preliminares debiendo repetirse el mismo en futuras experiencias.

- En futuros ensayos, para evaluar los tratamientos para el control de Damping-off, es conveniente partir de un sustrato infestado por este complejo de hongos.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCONADA, M. 2004 Desinfección del suelo con vapor. Efectos sobre la nutrición de los cultivos. Ed. INTA.
- ATSDR (Agency For Toxic Substances and Disease Registry) 2004. Formaldehído. En: www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts111.pdf+formaldehido&hl=es&ie=UTF-8. Consultado: 12/2/2004.
- BECERRA, V. 1999 Plan Director Adesur. UNRC. Río Cuarto. Cba. 133 pág.
- BELLO, J. A., L. LÓPEZ-PÉREZ y V. DÍAZ 2003 Biofumigación y solarización como alternativas al bromuro de metilo. Dpto. Agroecología. CCMA, CSIC. Madrid.
- BRAICOVICH, B. 2006 Solarización. ProHuerta. Estación Experimental Agropecuaria. INTA Bordenave. Pcia. Bs.As. Argentina.
- BRECHELT, A. 2001 Bromuro de Metilo Pesticida que amenaza el medio ambiente y la salud humana. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA)
- CASAFE. 2001 Guía de productos fitosanitarios para la República Argentina. 10º Edición. Ed. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes.
- CEBOLLA, V. 2004 El bromuro de metilo, estado actual y alternativas. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). En: www.ivia.es/deps/otri/Doc_nuevos. Consultado: 8/6/2006.
- COZZO, D. 1975 Árboles Forestales, Madera y Silvicultura de la Argentina. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II. Fascículo 16-1. Ed. ACME S.A.C.I. Argentina.
- FIGUEROA ROMERO, M. I. 2004 Relación entre las propiedades físico-químicas del suelo y la nodulación en arveja (*Pisum sativum* L.) en suelos solarizados. HM1. XXVII Congreso Argentino de Horticultura. Libro de resúmenes. CAH 2004.
- GHINI, R.; W. BETTIOL y N. L. DE SOUZA 1992 Solarização do solo para o controle de *Verticillium dahliae* em berinjela. EMBRAPA/ Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura. Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP
- GILREATH, J.; J. NOLLING; J. JONES; A. OVERMAN y B. SANTOS 2003 Experiencias iniciales con alternativas al bromuro de metilo en tomate. Manejo integrado de Plagas y Agroecología. (Costa Rica). CATIE. N° 69. pág: 73 -76.
- HARTMANN, H. y D. KESTER 1998 **Propagación de Plantas**. 2ª Ed. Editorial Cecs, México.

- IGLESIAS, N.; E. WOLFSCHMIDT; J. MAGDALENA y A. MUÑOZ 2002 Aspectos climáticos sobre experiencia de solarización de suelo en un invernadero en la patagonia norte. INTA. EEA Alto Valle – Centro Regional Patagonia Norte.
- INFOAGRO 2006 El bromuro de metilo y sus alternativas. En: www.infoagro.com/abonos/bromuro_de_metilo.asp. Consultado: 5/6/2006.
- INTA 2006 Alternativas al Bromuro de Metilo. En: www.inta.gov.ar/prozono/actividad/actividad.htm. Consultado: 26/9/2006.
- KATAN, J. 1980 Solar pasteurization of soils for disease. *Plant disease*. 64 (5).
- KERRY, B. R., D. H. CRUMP, y L.A. MULLEN 1982a Studies of the cereal cyst nematode, *Heterodera avenae* under continuous cereals, 1974-1978. I. Plant growth and nematode multiplication. *Ann. Appl. Biol.* 100:477-487.
- KERRY, B. R., D. H., CRUMP, y L.A. MULLEN 1982b Studies of the cereal cyst nematode, *Heterodera avenae* under continuous cereals, 1975-1978. II. Fungal parasitism of nematode females and eggs. *Ann. Appl. Biol.* 100: 489-499.
- KERRY, B.R., D. H. CRUMP y L.A. MULLEN 1980 Parasitic fungi, soil moisture and multiplication of the cereal cyst nematode, *Heterodera avenae*. **Nematologica** 26:57-68.
- LANFRANCONI, L. y E. ORECCHIA 2003 Proyecto de sustitución al bromuro de metilo. Ediciones INTA. Boletín N° 4.
- MATTOFF, E. E. 2004 Proyecto de sustitución bromuro de metilo: utilización de metan sodio para desinfección de almácigos para siembra. Ediciones INTA. Boletín N° 5
- MITIDIERI, M. S. 2004 Aumentos en el rendimiento como consecuencia de la aplicación de solarización y biofumigación en cultivos de tomate bajo cubierta. HI37. XXVII Congreso Argentino de Horticultura. Libro de resúmenes. CAH 2004.
- MORRISON, R. T. y R. N. BOYD 1998 **Química Organica**. 5° Edición. Ed. Pearson Education. México.
- OTTONE, J. R. L. 1993 Árboles Forestales. Prácticas de cultivo. Editorial Agrovet. Argentina.
- PRODUCE 2004 La solarización alternativa al uso del bromuro de metilo en el tratamiento de sustratos para la producción de plántulas en almácigo. En: www.produce.gov.pe/industria/ambiente/PER-00-G61%20Website%20actualizado/Cartilla%20CEDISA.htm. Consultado: 4/10/2004

RIVAS, F.; R. CASTRO, y D. ROMAN 2000 Empleo de solarización para el control de *Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia sclerotiorum*.

En:<http://www.esPOCH.edu.ec/servicios/tricodema/home.html> – Consultado:

12/02/2004

SCHWARTZ, M.; M. SEPÚLVEDA.; L. VILLANUEVA; E. ARAYA y F. FIGUEROLA 2003 Bromuro de metilo: sustitución o disminución de su consumo. Facultad de Ciencias Agronómicas. Dpto. de Agroindustria y Enología. Universidad de Chile; Fundación de Desarrollo Frutícola (FDF); Corporación de Investigación Tecnológica INTEC-CHILE.

SEILER, R., R. FABRICIUS, V. ROTONDO y M. VINOCUR 1995 Agroclimatología de Río Cuarto 1974/93. Volumen I. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC.

SOCIEDAD DE ENFERMERAS EN PABELLONES QUIRÚRGICOS Y

ESTERILIZACIÓN 2006 Esterilización con Formaldehído. En:

<http://www.enfermeraspabellonyesterilizacion.cl.htm>. Consultado: 8/06/2006

WILLIAMS, T. D. 1969 The effects of formalin, nabam, irrigation and nitrogen on *Heterodera avenae* Woll. *Ophiobolus graminis* Sacc. and growth of spring wheat. Ann. Appl. Biol. 64:325-334.

ANEXO

Cuadro 3: Temperaturas medias mensuales máximas del aire de los últimos 10 años tomados de la Estación Meteorológica de la Cátedra de Climatología. FAV. UNRC.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	SEPT	OCT	NOV	DIC
1996	28,40	25,83	27,63	21,26	20,86	24,87	27,78	29,17
1997	32,21	30,72	28,23	27,20	22,25	22,46	26,34	27,73
1998	28,36	25,17	25,39	20,85	19,50	25,11	28,99	28,83
1999	28,67	32,33	25,37	21,17	22,72	23,98	27,07	27,77
2000	28,92	28,22	26,45	22,38	21,14	24,35	25,29	30,33
2001	30,88	34,73	27,94	22,35	19,41	23,35	27,32	31,84
2002	29,54	29,25	-----	22,71	22,91	26,00	28,86	27,66
2003	31,15	30,82	29,02	22,68	24,01	28,64	32,30	28,47
2004	31,78	27,24	27,99	22,63	23,27	25,08	27,15	29,11
2005	29,68	28,15	25,06	23,35	-----	-----	-----	-----
Promedio	29,96	29,25	27,00	22,66	21,79	24,9	27,90	28,99

Cuadro 4: Temperaturas medias mensuales mínimas del aire de los últimos 10 años tomados de la Estación Meteorológica de la Cátedra de Climatología. FAV. UNRC.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	SEPT	OCT	NOV	DIC
1996	15,72	14,75	14,12	10,92	5,86	11,18	13,20	15,84
1997	17,69	14,28	14,44	10,76	7,51	10,28	13,14	14,51
1998	15,65	15,5	12,74	10,30	5,02	12,09	14,30	14,33
1999	13,88	15,79	14,28	8,61	8,35	10,17	11,39	14,36
2000	15,97	15,17	11,86	11,68	5,59	9,94	11,63	14,32
2001	16,39	17,65	15,28	10,08	6,71	11,83	11,82	14,76
2002	15,44	14,58	-----	9,99	6,47	11,10	13,33	15,08
2003	15,91	14,67	13,93	10,17	5,91	10,96	13,07	13,64
2004	16,86	14,53	14,41	11,04	6,32	9,87	13,04	15,05
2005	15,9	15,9	12,99	7,09	-----	-----	-----	-----
Promedio	15,94	15,28	13,79	10,06	6,42	10,82	12,76	14,65

Cuadro 5: Radiaciones solares medias mensuales de los últimos 10 años tomados de la Estación Meteorológica de la Cátedra de Climatología. FAV. UNRC.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	SEPT	OCT	NOV	DIC
1997	-----	-----	28,97	27,06	26,48	22,38	27,97	28,56
1998	26,81	23,49	27,31	20,06	19,15	21,08	28,19	28,19
1999	24,41	23,9	14,52	11,90	15,94	18,19	24,29	23,00
2000	24,33	22,13	18,54	10,08	16,95	19,95	22,07	27,18
2001	24,87	24,84	16,16	12,62	12,74	16,63	26,07	27,34
2002	25,01	21,22	-----	11,66	17,14	19,50	25,90	23,73
2003	27,24	23,22	18,16	11,97	18,74	18,74	26,59	26,84
2004	26,65	22,63	19,81	12,48	18,33	22,63	23,20	26,74
2005	26,81	26,81	18,55	15,08	-----	-----	-----	-----
Promedio	25,77	23,53	20,25	14,77	16,16	17,67	25,53	26,45

Cuadro 6: Medias de pinos logrados, plántulas de malezas y malezas adultas, para los 4 tratamientos y las 3 repeticiones correspondientes a las fechas 24/5/2005 y 6/7/2005.

Fecha	Tratamiento	Malezas	Plántulas Malezas	Pino logrado	Pino cortado	Pino germinado
24/05/2005	Formaldehído	0,37	1,16	0,04	0,00	0,00
		0,44	0,78	0,08	0,00	0,08
		0,60	1,12	0,14	0,00	0,00
	BrM	0,24	0,78	0,06	0,02	0,02
		0,14	0,52	0,02	0,00	0,12
		0,02	0,48	0,06	0,02	0,04
	Sustrato sin tratar	1,28	1,14	0,04	0,02	0,02
		1,52	0,72	0,06	0,00	0,02
		1,00	0,64	0,04	0,02	0,02
	Solarización	0,46	0,84	0,04	0,02	0,00
		0,24	0,24	0,06	0,02	0,04
		0,24	0,52	0,06	0,02	0,00
06/07/2005	Formaldehído	1,00	0,69	0,04	0,00	0,02
		0,82	0,80	0,16	0,00	0,08
		0,96	0,54	0,18	0,00	0,00
	BrM	0,54	1,06	0,10	0,04	0,04
		0,58	0,52	0,18	0,02	0,02
		0,28	0,86	0,10	0,00	0,00
	Sustrato sin tratar	1,68	0,50	0,08	0,00	0,00
		1,60	0,34	0,10	0,00	0,00
		1,26	0,64	0,08	0,00	0,04
	Solarización	1,22	0,30	0,16	0,00	0,02
		0,68	0,16	0,06	0,00	0,00
		0,82	0,34	0,06	0,00	0,00