

# **Evaluación de alternativas sostenibles para reducir patógenos y malezas en semilleros de tomate**

**Sonia María Estrella Córdova**

**ZAMORANO**

Carrera Ciencia y Producción Agropecuaria  
Noviembre, 2001

# **Evaluación de alternativas sostenibles para reducir patógenos y malezas en semilleros de tomate**

**Sonia María Estrella Córdova**

**ZAMORANO**

Carrera Ciencia y Producción Agropecuaria  
Noviembre, 2001

# **Evaluación de alternativas sostenibles para reducir patógenos y malezas en semilleros de tomate**

Tesis presentada como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado  
Académico de Licenciatura

presentado por:

**Sonia María Estrella Córdova**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2001

El autor concede a Zamorano permiso  
para reproducir y distribuir copias de este  
trabajo para fines educativos. Para otras personas  
físicas y jurídicas se reservan los derechos del autor.

---

Sonia Estrella

Zamorano, Honduras  
Noviembre, 2001

**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS SOSTENIBLES PARA  
REDUCIR PATÓGENOS Y MALEZAS EN SEMILLEROS DE  
TOMATE**

presentado por

Sonia María Estrella Córdova

Aprobada:

---

José María Miselem L., M.Sc.  
Asesor principal

---

Alfredo Rueda, Ph. D.  
Coordinador del área temática

---

Julio López, M.Sc.  
Asesor principal.

---

Jorge Iván Restrepo, M.B.A  
Coordinador de la Carrera de  
Ciencia y Producción Agropecuaria

---

Rogelio Trabanino, Ms.C.  
Asesor secundario

---

Antonio Flores, Ph. D  
Decano Académico

---

Pablo Paz, Ph. D.  
Coordinador PIA

---

Keith Andrews, Ph. D  
Director General

## **DEDICATORIA**

Al creador  
A mis padres queridos  
A mis hermanitos  
A sabios maestros  
A gente bondadosa  
Al diario trabajo  
A la alegría  
Al esfuerzo  
Al amor

## AGRADECIMIENTOS

Al señor Dios por permitir mi existencia, por no abandonarme en los momentos que sentía caer, por cargarme en brazos cuando era presa del cansancio, por ser el más grande amigo, por escuchar mis pedidos, por ser el padre más bueno y cariñoso.

A mis padres, Mercedita y Raulito, por ser mi más grande ejemplo, por el gran sacrificio que hacen cada día para educarme y darme lo mejor de sí, por el sabio consejo, por la palabra alentadora en el momento preciso, por todo lo bueno y malo que pasamos juntos, por ser el pilar más sólido con el que siempre he contado.

A mis hermanos, Raulito y Xime, por el entendimiento que siempre han tenido, por cohibirse de lo que pudieron en algún momento haber disfrutado, por ser las personas más cariñosas y tiernas que he conocido.

A mis abuelitos Sarita y Huguito por los sabios consejos impartidos.

A mis tíos (as) especialmente a mi Tío Marcelito y tía Inesita por ser caritativos, en este tiempo es tan difícil encontrar personas como ustedes, sin embargo tengo la suerte de haber disfrutado de su presencia.

A mis primas (os) especialmente a Mary, Betty, Oswaldo, Doris, Pablo, Dieguito, por las personas con quienes compartí hermosos momentos hace algunos añitos.

Al Ing. Miselem por la paciencia y los buenos consejos.

A la Sra. Terecita por sus sabios consejos y experiencia.

A mis amigas (os) que siempre estuvieron pendiente de mi llegada, por tener su casa siempre a mi disposición, por los buenos momentos que en tan corto tiempo pasamos especialmente a Margarita, Evelyn, Marcelita, Verito Alvarez, Diego, Isra, Beto, Pául, Jacki.

A Carlitos por ser la persona que siempre y en todo momento ha estado muy de cerca conmigo, por ser tan cariñoso y consentidor, por los detalles que ha tenido conmigo, por aprender cada día más Él, por hacer de estos meses los más hermosos en mi recorrer por Zamorano.

A Víctor y René, por la ayuda que siempre recibí de ustedes, especialmente por la que les debo (la siembra de la tesis).

A Mati por ser la amiga incondicional que siempre estuvo pendiente de mí aún después de habernos alejado un poquito.

A Silvita, Verito, Yadi por ser mis mejores amigas durante tres años, por los lindos momentos que pasamos en Zamorano, por lo divertido que pasamos siempre, por aprender muchas cosas de ustedes.

A los papás de Silvita que tantos ánimos me han ofrecido.

A la familia Cardoza especialmente a Marlin por ser tan buena amiga y por tener a disposición su casa.

A Doña Irmita por recibir siempre la invitación de estadía en su casa.

A Vilma y Doña Mariita por ser las persona que tuvieron palabras alentadoras en momentos difíciles en todo este año, por los favores que recibí de ustedes .

A mis pupilas de Morazán por compartir este año más de cerca, por brindarme su apoyo, e interés, por divertírnos, por aprender de ustedes madurez y también inocencia.

A todas quienes se interesaron por hacer de Morazán un lugar más acogedor . A Sonia por regar las plantitas las veces que podía y por lo mucho que he aprendido de ella.

A Gaby, Elizabeth, Nancita, Sarahí por la alegría que siempre imparten.

A Hugo por al ayuda a último momento que supo ofrecerme a pesar de estar ocupado con su tesis.

A mis compañeros de clase con los que estuve todo este año y de quienes en algún momento me ayudaron y también les pude ayudar, especialmente a William, Juan, Franklin, David.

A todas las personas que tal vez en este momento no me acuerde pero que siempre recibí un gran favor.



## RESUMEN

Estrella, Sonia 2001. Evaluación de alternativas sostenibles para reducir patógenos y malezas en semilleros de tomate. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 48 p.

Actualmente los productores de tomate enfrentan serios problemas que comienzan con las plántulas en semilleros, debido a la acción de plagas y enfermedades del suelo. Esto causa más dependencia de agroquímicos que controlan estos organismos, incremento en costos y riesgos al medio ambiente. Partiendo de esta necesidad se trató de evaluar, analizar y poner a disposición el manejo de prácticas alternas a las usadas convencionalmente para la producción de plántulas en almácigos. Se realizó un ensayo en el lote 7, en Zona II, adaptado para semillero, en un área total de 74 m<sup>2</sup>, distribuida en cuatro bancales. Los siete tratamientos fueron Bromuro de metilo, Basamid, solarización, cal (apagada), ceniza, la combinación de cal + ceniza y no aplicar nada. Se preparó el terreno y solarizó durante seis semanas, los demás tratamientos se aplicaron una semana antes de la siembra. El porcentaje de germinación con Bromuro de metilo fue el más alto seguido, por solarización. Con Bromuro de metilo se obtuvo también la mejor calidad de plántulas, seguido de Basamid y solarización. Debido a las altas variaciones en la cantidad de nemátodos no se encontró diferencia estadística ( $P < 0.05$ ), pero sí numéricas a favor de Bromuro de metilo, Basamid y solarización. El control con los dos fumigantes fue efectivo para hongos, mientras que para bacterias el mejor control se obtuvo con Bromuro de metilo y solarización. Debido a la ausencia de organismos que provoquen Mal del talluelo no se encontraron plántulas afectadas, no se pudo evaluar el efecto de la aplicación de cal, ceniza y la combinación de cal + ceniza. El tratamiento que obtuvo mayor beneficio y menores costos fue la solarización. Es recomendable utilizar otros tratamientos en un futuro que ofrezcan mayor control de nemátodos, malezas, hongos y bacterias pues sólo tres de los siete tratamientos tuvieron buenos resultados.

**palabras claves:** Bancales, Bromuro de metilo, Basamid, solarización.

## **NOTA DE PRENSA**

### **La energía solar, fuente letal de control**

El uso de la energía solar como medio de control no contaminante es un arma disponible para la recuperación de suelos fatigados que padecen de problemas fitosanitarios.

La solarización es una técnica adecuada que se aproxima a un nivel de agricultura más sostenible, buscando ya no un control absoluto de las enfermedades, sino más bien una reducción económica del nivel de enfermedad, estímulos de crecimiento de las plantas e incluso aumentos de rendimiento. De acuerdo a varias investigaciones se considera que a corto plazo se obtiene aumentos en micro y macronutrientes en la solución del suelo, destrucción de materias fitotóxicas acumuladas en el suelo, eliminación de patógenos y estimulación de micorrizas. Siendo a largo plazo en cultivos subsiguientes atribuible un equilibrio perdurable en el suelo.

El suelo que estará recubierto por una lámina delgada de plástico, alcanzará altas temperaturas desprendiendo amonio y algunas sustancias volátiles acumuladas debido a la acelerada descomposición de la materia orgánica, que afectan negativamente a plagas insectiles, patógenos y malezas persistentes en el suelo.

Una desventaja de esta técnica es que requiere ser aplicada durante los meses cálidos del año para la obtención de óptimos resultados.

Con el fin de ofrecer al pequeño y mediano productor de plántulas de tomate. Alternativas que reduzcan patógenos y malezas en suelos de semilleros de tomate, se estableció un experimento de mayo a julio del 2001, donde se compararon tratamientos, utilizando Bromuro de metilo, Basamid, solarización, cal, ceniza, la combinación de cal = ceniza y no aplicar nada como suele hacer el pequeño y mediano productor en sus almácigos.

La efectividad y beneficio de estos productos fue comparada contra el testigo, determinándose que tanto los fumigantes de suelo como solarización, presentaron mayores porcentajes de germinación, mayor control de malezas persistentes en suelo como: Coyolillo, Tomatillo, Pata de gallina y Verdolaga, nemátodos, hongos y bacterias.

La sociedad en la que vivimos camina hacia mayores niveles de bienestar que incluyen cada vez más exigencias sanitarias y mayores restricciones en contenidos de residuos. La

solarización es pues una opción más para integrar en los planes de control mediante lucha integrada.

---

Licda. Sobeyda Alvarez

## CONTENIDO

	Portada.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Resumen.....	vii
	Nota de prensa.....	viii
	Contenido.....	x
	Índice de Cuadros.....	xiii
	Índice de Anexos.....	xiv
1.	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1	GENERALIDADES.....	1
1.2	HIPÓTESIS.....	2
1.3	OBJETIVOS.....	2
1.3.1	Objetivo General.....	2
1.3.2	Objetivos Específicos.....	2
1.4	IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.....	2
1.5	ALCANCES DEL ESTUDIO.....	3
1.6	LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	3
2.	<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1	ANTECEDENTES.....	4
2.2	ALTERNATIVAS ACTUALES.....	5
2.2.1	Bromuro de metilo.....	5
2.2.2	Solarización.....	5
2.2.3	Materiales encalantes.....	7
2.2.4	Ceniza.....	7
2.2.3	Basamid <sup>®</sup> 97 MG.....	8
3.	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
3.1	UBICACIÓN.....	10
3.2	DISEÑO DEL EXPERIMENTO.....	10
3.2.1	Establecimiento de la parcela experimental.....	10
3.2.2	Diseño experimental.....	10
3.2.3	Preparación del almácigo.....	10
3.3	TRATAMIENTOS.....	11

3.3.1	Solarización.....	11
3.3.2	Cal, ceniza y cal + ceniza.....	12
3.3.3	Bromuro de metilo.....	12
3.3.4	Basamid <sup>®</sup> 97 MG.....	12
3.3.5	Testigo.....	13
3.4	PRUEBA DE GERMINACIÓN.....	13
3.5	SIEMBRA.....	14
3.6	LABORES RUTINARIAS.....	14
3.7	VARIABLES EVALUADAS.....	14
3.7.1	Parámetros edáficos.....	14
3.7.2	Cantidad de bacterias y hongos.....	14
3.7.3	Cantidad y especie de malezas.....	15
3.7.4	Cantidad y especie de nemátodos.....	15
3.7.5	Porcentaje de germinación.....	15
3.7.6	Raíces infectadas e infecciones en el cuello de la plántula (escala 1-5).....	15
3.7.7	Grosor de tallo (mm).....	15
3.7.8	Altura de plántulas (cm).....	16
3.7.9	Biomasa (g).....	16
3.7.10	Peso de raíces (g).....	16
3.7.11	Costo (Lempiras).....	16
3.8	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	16
3.9	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	16
4	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	18
4.1	RESULTADOS DEL ENSAYO EN CAMPO.....	18
4.1.1	Resultados de la prueba de germinación.....	18
4.1.2	Características morfológicas de las plántulas.....	19
4.1.3	Cantidad y especie de malezas.....	20
4.2	ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	23
4.2.1	Análisis de nemátodos.....	23
4.2.2	Análisis de hongos.....	26
4.2.3	Análisis de bacterias.....	28
4.3	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	29
4.3.1	Presupuestos Parciales.....	29
4.3.2	Análisis de Dominancia.....	31
4.3.3	Análisis Marginal.....	32
5.	<b>CONCLUSIONES.....</b>	34
6.	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	35
7.	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	36
8.	<b>ANEXOS.....</b>	38

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros		
1.	Tratamientos evaluados en el campo.....	13
2.	Plantas de tomate germinadas a los 7 días por tratamiento.....	18
3.	Evaluación de calidad de plántulas a los 20 días por tratamiento.....	19
4.	Malezas germinadas por especie por tratamiento 7 días después de siembra.....	21
5.	Malezas germinadas por especie por tratamiento 14 días después de siembra.....	21
6.	Malezas germinadas totales por tratamiento después de 7 días y 14 días de haber sembrado.....	22
7.	Cantidad y especie de nemátodos antes de aplicados los tratamientos.....	24
8.	Cantidad y especie de nemátodos antes de aplicados los tratamientos.....	24
9.	Cantidad y especie de nemátodos después de 5 días – 42 días (Solarización) de aplicados los tratamientos.....	25
10.	Cantidad y especie de nemátodos después de 5 días – 42 días (Solarización) de aplicados los tratamientos.....	25
11.	Cantidad del hongo <i>Aspergillus</i> después de 5 días – 42 días (Solarización) de aplicados los tratamientos.....	26
12.	Cantidad del hongo <i>Penicillium</i> antes y después de 5 días – 42 días (Solarización) de aplicados los tratamientos.....	27
13.	Cantidad del hongo <i>Rhizopus</i> antes y después de 5 días – 42 días (Solarización) de aplicados los tratamientos.....	28
14.	Cantidad de bacterias <i>Pseudomonas</i> antes y después de 5 días – 42 días (Solarización) de aplicados los tratamientos.....	29
15.	Costos diferenciales para los tratamientos evaluados para producción de plántulas de tomate Peto 98 en el Zamorano.....	30
16.	Rentabilidad sobre costos totales para los tratamientos evaluados para producción de plántulas de tomate Peto 98 en el Zamorano.....	31
17.	Costo de plántula por tratamiento.....	31
18.	Análisis de dominancia para evaluar la producción de plántulas de tomate Peto 98 en el Zamorano.....	32
19.	Análisis marginal de tratamientos dominantes	32

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		
1.	Croquis del diseño experimental.....	39
2.	Aplicación de tratamientos.....	40
3.	Temperaturas del suelo.....	41
4.	Análisis de suelo pre-tratamiento.....	42
5.	Análisis de suelo post-tratamiento.....	43
6.	Cambios en los parámetros edáficos después de aplicados los tratamientos.....	44
7.	Costos diferenciales de tratamientos aplicados al suelo.....	45
8.	Costos comunes de tratamientos aplicados al suelo .....	46

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 GENERALIDADES

Actualmente los pequeños y medianos agricultores de tomate enfrentan serios problemas que comienzan a partir de la producción de plántulas en semilleros, debido a la acción de plagas y enfermedades del suelo, que conlleva a una mayor dependencia de agroquímicos que controlen estos organismos incrementando los costos de producción y riesgos al medio ambiente. Partiendo de esta necesidad se trata de evaluar, analizar y poner a disposición el manejo de prácticas alternas a las usadas convencionalmente para la producción de plántulas en almácigos.

Algunos cultivos de agricultura intensiva como hortalizas, requieren el establecimiento de un semillero que provea en etapas tempranas condiciones favorables, partiendo de un suelo libre de patógenos, insectos y malezas, en el desarrollo de plántulas que posteriormente serán transplantadas en el campo, a fin de obtener uniformidad y buenas características morfológicas que se reflejarán en un alto rendimiento en la cosecha.

El equilibrio biológico en el suelo es importante, porque gran parte de los organismos que contiene contribuyen los diferentes procesos químicos, biológicos y físicos, tales como la formación de la materia orgánica, el ciclo de algunos elementos importantes para las plantas, como el nitrógeno, fósforo, potasio y azufre, el intercambio gaseoso que ocurre en el suelo por la presencia de estos organismos (Chen *et al.*, 1991, citado por García *et al.*, 1994), por lo que es de vital importancia ofrecer inicialmente a la semilla, un medio apropiado en el que exprese todo su potencial genético.

La sencillez de prácticas como la aplicación de cal, ceniza o utilización de plástico para cubrir el suelo, puede significar la diferencia en semilleros de pequeños y medianos productores de plántulas, debido al control que se pueda obtener con la implementación de alternativas al alcance de las posibilidades de productor rural.

Con la aplicación de fumigantes, se han obtenido resultados variables de control y una reducción de patógenos bastante parcial. Además la aplicación de fumigantes al suelo es costosa, poco selectiva y ocasiona una disminución apreciable de organismos saprófitos en el suelo (Garibaldi y Gullino, 1987; Arbeláez, 1992 citado por García *et al.*, 1994).



## 1.2 HIPÓTESIS

**Hipótesis nula:** Ningún tratamiento no químico o químico aplicado al suelo produce buenos resultados en el control de plagas y enfermedades para la obtención de plántulas con buenas características morfológicas para transplante.

**Hipótesis alterna:** por lo menos un tratamiento no químico o químico aplicado al suelo produce buen resultado en el control de plagas y enfermedades para la obtención de plántulas con buenas características morfológicas para transplante.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo General:

Determinar la viabilidad o efectividad de prácticas alternas y sostenibles al control químico para reducir patógenos y malezas del suelo en semilleros para producción de plántulas.

### 1.3.2 Objetivos específicos:

- 1) Controlar plagas patógenas y malezas en el suelo de bancales que se usan para semilleros.
- 2) Determinar la efectividad que tiene la Cal, Ceniza, Cal + Ceniza, Solarizado, Basamid (Dazomet) y Bromuro de Metilo, en el control de organismos patógenos y malezas.
- 3) Determinar el porcentaje de germinación.
- 4) Cuantificar los organismos benéficos y patógenos presentes en el suelo de semillero antes y después de aplicados los tratamientos.
- 5) Determinar la proporción de plántulas afectadas por organismos patógenos previo al transplante.
- 6) Determinar la cantidad de hongos y bacterias antes y después de aplicados los tratamientos.
- 7) Determinar la cantidad de nemátodos antes y después de aplicados los tratamientos.
- 8) Determinar la cantidad de plántulas con características morfológicas aceptables para transplante.
- 9) Determinar la cantidad y especie de malezas que germinan después de siete y catorce días después de aplicados los tratamientos.
- 10) Determinar cuál de los tratamientos es aceptable para la obtención de plántulas adecuadas para el transplante, con un costo al alcance del productor.

## 1.4 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

Los resultados obtenidos servirán para pequeños como medianos productores de plántulas de tomate, que tengan semilleros en similares condiciones a las del estudio realizado en la

Escuela Agrícola Panamericana y que puedan comenzar a ver diferentes alternativas aplicadas en el estudio, para lograr una reducción de patógenos y malezas, consiguiendo mejores plántulas antes del trasplante. Este trabajo contribuirá en algo más a similares estudios hechos anteriormente para productores a pequeña y mediana escala.

### **1.5 ALCANCES DEL ESTUDIO**

- Identificar una o más alternativas con las que se obtenga plántulas con aceptables características morfológicas para trasplante.
- Relacionar los agentes que pudieron influir en la determinación de las características morfológicas de las plántulas.
- Manejo del semillero de una manera homogénea, no diferenciándose entre tratamientos al momento de la siembra, aplicaciones, deshierba, muestreos y toma de datos.

### **1.6 LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

- Las condiciones ambientales en las que se desarrolló el ensayo fueron impredecibles, debido a las variaciones climáticas que últimamente se han presentado.
- La cantidad de nemátodos, bacterias, hongos y malezas presentes en el Lote 7 (Zona II) al inicio del ensayo, por la distribución y dispersión que estos puedan tener en el suelo.
- El presupuesto asignado para los análisis de hongos y bacterias.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 ANTECEDENTES

El uso de sustancias tóxicas, como la aplicación de fumigantes al suelo, puede causar efectos deletéreos en el medio ambiente y especialmente, en los trabajadores, por lo cual el manejo de estos productos debe realizarse en forma muy cuidadosa y por personal calificado (García *et al.*, 1994).

Actualmente el productor tiene una gran gama de alternativas sean estas físicas o químicas, las que utilizará dependiendo de la disposición de equipo, capital y mano de obra que disponga.

El uso de tratamientos físicos como la aplicación de vapor de agua al suelo, es una práctica mucho más segura, tanto para los seres humanos, como para el medio ambiente, lo cual hace parte de un manejo más acorde dentro de la nueva tendencia de la agricultura hacia menor uso de plaguicidas (García *et al.*, 1994).

Los plaguicidas sintéticos modernos, por su alta especificidad, tienden a ser selectivos, tanto a enemigos naturales como a microorganismos descomponedores (Arauz, 1997).

Según Pullman *et al.* (1984), citado por Navarro *et al.* (1991), un proceso a disposición de los agricultores es la desinfección química, que por su costo prohibitivo deja por fuera muchos cultivos, considerando solo aquellos que generan altas rentabilidades.

Además la utilización continua de la desinfección química en un mismo terreno, puede resultar en una acumulación de residuos capaz de intoxicar a las plantas o al consumidor, si el producto cultivado en ese terreno es comestible (Pullman *et al.*, 1984, citado por Navarro *et al.*, 1991).

La necesidad de equipo especial de seguridad, personal altamente calificado para aplicar estos métodos de combate y la reinfección rápida del suelo tratado, son otras razones enumeradas en contra del uso continuo del combate químico y a favor de la solarización (Katan, 1980; 1981, citado por Navarro *et al.*, 1991).

Según García *et al.* (1994), la aplicación de tratamientos físicos o químicos al suelo no asegura que este no se recontamine, razón por la cual es necesario buscar un manejo integrado de la enfermedad, mediante el uso del control biológico, prácticas culturales, uso de material libre de patógenos, limpieza del equipo de labranza, etc.

## 2.2. ALTERNATIVAS ACTUALES

Actualmente se está poniendo en práctica diferentes opciones como las siguientes:

### 2.2.1 Bromuro de metilo

El Bromuro de metilo es un plaguicida que se produce y se usa como fumigante para controlar un amplio espectro de plagas, incluyendo patógenos, insectos y nemátodos (Nivia, 1997).

Según Nivia (1997), el Bromuro de metilo puede generar daños al sistema neurológico y al reproductivo, puede causar cáncer o alterar los sistemas endocrino e inmunológico.

De acuerdo a Red de Acción de Plaguicidas (1995), en el Protocolo de Montreal se determinó que las sustancias que agotan la capa de ozono deberán eliminarse totalmente su uso en el año 2005 en países desarrollados y los que están en desarrollo en el 2015.

La declaración más significativa de la evaluación del Comité de Opciones Técnicas al Bromuro de Metilo del Protocolo de Montreal fue: **“El MBTOC no identificó una alternativa técnicamente factible, ya sea actualmente disponible o en estado avanzado de desarrollo, para menos del 10% del bromuro de metilo consumido en 1991”**. (Red de Acción de Plaguicidas, 1995).

Muchos países consideran que es viable producir sin depender de Bromuro de metilo, siendo claros ejemplos, mencionados por la Red de Acción de Plaguicidas (1995), las exportaciones que realiza Chile a Japón de uvas tratadas con temperaturas frías, chirimoyas enceradas de origen del mismo país, fresas orgánicas de California, viveros forestales en la República Popular de China, flores orgánicas de Colombia.

### 2.2.2 Solarización

La solarización se basa en la acumulación de calor de la radiación solar bajo una película transparente, la cual es usualmente de plástico y esta se coloca directamente sobre la superficie del suelo (Sade, 2000).

Es una práctica que se usa en la agricultura, con excelentes resultados cuando se efectúa en meses cálidos del año elevando las temperaturas del suelo a niveles letales para plagas y malezas del suelo.

De acuerdo a informes de Pesticide Action Network (s.f.), el método consiste en cubrir el suelo húmedo con un plástico transparente (durante un período que oscila entre 4 y 8 semanas) para aumentar las temperaturas durante el proceso y que luego favorezcan el crecimiento y desarrollo de las plantas y den mayor disponibilidad de nutrientes.

El uso de coberturas plásticas en agricultura tiene efectos no sólo en el ambiente edáfico, sino también el crecimiento de plantas acompañantes (Forero y Ramos, 1996, citado por Rondón *et al.*, 1996).

Las coberturas plásticas ejercen una gran influencia sobre la temperatura; el calentamiento del suelo depende de la permeabilidad a la radiación de onda larga restituida por el suelo y de las propiedades espectrales del plástico (absorción, reflexión y transmisión) (Rondón *et al.*, 1996).

De acuerdo a Tseklev y Boyadjieva (1992), citado por Rondón *et al.* (1996), los resultados de investigaciones con diferentes tipos de cubiertas plásticas han demostrado mejores parámetros como desarrollo precoz, rendimiento total, aumento en la producción comercial de tomate, como incremento de temperatura del suelo.

Según Bello (1997), los efectos de generación de calor que deben tomarse en cuenta son: temperatura, duración del tratamiento realizado, tipo de terreno, espesor del plástico.

El efecto que tienen las coberturas plásticas sobre el suelo es proporcionar mayores ventajas que las conseguidas con materiales de origen mineral o vegetal utilizados antiguamente para cubrir los suelos (Robledo y Martín, 1981, citado por Rondón *et al.*, 1996).

La solarización controla numerosas especies de hongos del suelo. También es eficaz con los nemátodos y las malas hierbas, pero algunas como *Cyperus* o *Cynodon*, pueden rebrotar tras el tratamiento (Infoagro, 2001).

La solarización ha mostrado eficacia en Texas, California y en otros estados del oeste de EE UU. Con algunas modificaciones la solarización ha sido también utilizada de forma eficaz en producción de tomate en Alabama y Florida (Infoagro, 2001).

De acuerdo al informe de Pesticide Action Network (s.f.), la desventaja de este método es la dependencia del clima, en algunos casos requiere que los campos estén en barbecho en verano, limitando este inconveniente con mejor tecnología, al colocar sobre el suelo una capa doble de plástico.

Según Infoagro (2001), este método es efectivo para determinadas condiciones ambientales en épocas de máxima radiación, como en los veranos mediterráneos. Si además se añade una pequeña dosis de fungicida como metam-sodio o el isotiocianato de metilo la eficacia aumenta, (combinación de métodos físicos y químicos).

### **2.2.3 Materiales encalantes**

Cal es definida por Tisdale y Nelson (1987), como un compuesto que contiene calcio o calcio y magnesio, que son capaces de reducir la acidez del suelo.

De acuerdo a Riotte (1988), la aplicación de cal a un suelo arcilloso compacto, resulta en un suelo más friable, fácil de labrar, disminuye la plasticidad y adhesión de las partículas obteniendo un mejor drenaje y textura. Mientras que en suelos arenosos sueltos que se secan con rapidez, se volverá menos suelto, mantendrá mayor humedad protegiendo a los cultivos en la temporada seca.

Entre las ventajas que menciona Riotte (1988), sobre la cal, es que actúa como un tónico para el terreno, contrarresta en forma efectiva condiciones de acidez en que muchas hortalizas no se desarrollarían bien, el terreno será más caliente, por ello la importancia de distribuir y mezclar bien con el suelo, lo que permitirá el efecto deseado de liberación de calor, obteniendo mayor precocidad en el ciclo del cultivo.

El efecto positivo de la cal se debe, posiblemente, a la alcalinización (una disminución de la acidez del suelo) que ofrece condiciones desfavorables para el crecimiento de los hongos y que, además, incrementa la viabilidad de las plantas debido a una mayor disponibilidad de nutrientes (Ramos y Ardón, 1992).

Existen diferentes opciones de elementos de origen mineral tales como: óxido de calcio (cal viva), hidróxido de calcio (cal hidratada), carbonato de calcio (piedra caliza molida), carbonato de calcio y magnesio (cal dolomítica), roca fosfórica, azufre, así como sales: sulfato de cobre, sulfato de potasio y magnesio (sulpomag), muriato de potasa, sulfato de magnesio (sales de epson), molibdato de sodio, sulfato de potasio y elementos minerales puros tales como azufre, bórax, cobre, zinc, manganeso, magnesio y hierro. (Suquilanda, 2001).

De acuerdo a Riotte (1988), al actuar la cal sobre suelos pesados libera potasio, siendo el mecanismo más importante para hacer disponible este nutrimento a la planta.

Como menciona Ramos y Ardón (1992), una práctica que ayuda a combatir enfermedades en semilleros, es incorporando al suelo  $2 \text{ lb/m}^2$  de cal apagada.

#### **2.2.4 Ceniza**

Según Bernhardt (1987), las cenizas de madera contienen bastante potasio y también ayudan a repeler insectos y larvas, debido a los carbonatos que degradan la proteína de organismos. Se obtienen a través de un proceso de quema de árboles y material lignificado.

La incorporación de cenizas principalmente de encino o roble, es otra práctica que ayuda a prevenir e incluso a reducir el daño causado por las enfermedades en el semillero (Ramos y Ardón, 1992)

De acuerdo a Ramos y Ardón (1992), las cenizas ejercen un control sobre organismos del suelo debido probablemente al contenido de cobre, azufre, calcio y magnesio, con los que se puede evitar el crecimiento de hongos. Además las cenizas tienen cantidades

considerables de nitrógeno, fósforo y potasio, que benefician el crecimiento de las plántulas en el semillero.

Es una alternativa al alcance del pequeño agricultor, ya que cuenta con la ceniza proveniente del fogón de la casa, sin costo alguno.

Ramos y Ardón (1992), recomiendan utilizar 2 libras de ceniza por metro cuadrado de suelo. Además sugieren incorporar cal y cenizas mezcladas a razón de dos libras, de cada material, por metro cuadrado de suelo.

Estudios realizados en la Escuela Agrícola Panamericana “El Zamorano”, muestran que las aplicaciones de cenizas o cal, en forma separada o mezclada, reducen el número de plantas atacadas por el mal del talluelo en semilleros de repollo u otro tipo de hortalizas tales como: brócoli, coliflor y tomate (Ramos y Ardón, 1992).

### **2.2.5 Basamid® 97 MG**

Como lo indica BASF citado por González (1999), Basamid es un producto granulado que al entrar en contacto con la tierra y con la humedad de la misma se convierte en un fumigante gaseoso. El ingrediente activo es el Dazomet, el que se encuentra en un 97% y 3% de ingredientes inertes en la formulación. Perteneciente a la familia de los isocianatos. El principal producto del desdoblamiento es el metilisotiocianato el cual posee un amplio espectro de acción contra los organismos del suelo, tales como nemátodos, larvas, insectos, hongos, malezas anuales y perennes. Solamente con humedad a capacidad de campo óptima, suelo bien mullido, temperatura entre 10 a 25 °C los organismos patógenos pueden ser controlados en forma eficaz.

Debido a su acción gasificante, el fabricante recomienda compactar la superficie mediante un rodillo pesado y regar a continuación procurando sellar los poros de la capa superficial (BASF citado por González, 1999).

Según BASF, citado por González (1999), Basamid goza de las siguientes ventajas y beneficios:

- No presenta problemas de fitotoxicidad a los cultivos.
- Posee una excelente difusibilidad a diferentes profundidades del suelo
- Al ser un gas altamente volátil, no deja residuos en la tierra ni en productos de tratamiento cuarentenario.
- Es un producto compatible con plaguicidas y fertilizantes de uso común.

Mencionado en su etiqueta como un producto de categoría ligeramente tóxica.

## **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 UBICACIÓN**

El ensayo se realizó en Zona II, en el lote 7 manejado por la Zamoempresa de Cultivos Intensivos (ZECI) de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, destinados a la producción de hortalizas, en donde una pequeña parte se adecuó para la producción de plántulas y su posterior transplante.

La Escuela Agrícola Panamericana se encuentra localizada en el Valle del Río Yeguaré, Honduras, ubicada a 800 msnm., precipitación promedio anual de 1100 mm y una temperatura promedio de 24.2 °C. Según el sistema de clasificación de zonas de vidas la Escuela Agrícola Panamericana se encuentra en una zona de vida Bosque tropical seco.

### **3.2 DISEÑO DEL EXPERIMENTO**

#### **3.2.1 Establecimiento de la parcela experimental**

La evaluación se realizó en un lote adaptado para semillero, en un área total de 74.25 m<sup>2</sup> (16.5 m de largo x 4.5 m ancho) que estuvo distribuida en cuatro bancales, cada uno de los cuales tenía un área útil de 8.25 m<sup>2</sup>. Las diferentes unidades experimentales como los bancales estuvieron separados 50 cm. En cada bancal se ubicaron todos los tratamientos en forma aleatoria (Ver Anexo 1). Se consideró como unidad experimental cada parcela, que tuvo un área de 0.75 m<sup>2</sup> (1.5 m de largo x 0.5 m ancho), siendo entre centro y centro de cama 1 m de distancia.

#### **3.2.2 Diseño experimental**

El diseño experimental que se utilizó fue Bloques Completamente al Azar (BCA), con 7 tratamientos y cuatro repeticiones. En cada unidad experimental hubo doce hileras de plántulas de tomate, siendo el área muestreable las líneas cuatro, cinco, seis, siete y ocho para sacar los parámetros morfológicos. Se excluyó las hileras de los extremos para evitar el efecto de borde que se hubiera presentado en la unidad experimental, debido a la aplicación de los tratamientos aledaños. Para los costos se tomó el área total de los tratamientos en el semillero para extrapolarlo a hectáreas.



### 3.2.3 Preparación del almácigo

Debido a que no se había sembrado anteriormente en el lugar, se eliminó toda la maleza presente en el área del ensayo, el 19 de mayo. Se inició con la preparación del terreno, el 21 de junio, mediante el pase del motocultor, surcador, finalmente se terminó los bancales con azadón y se niveló con rastrillo. Ramos y Ardón (1992), mencionan que con una buena preparación del suelo se logra mejorar las condiciones físicas del suelo, ya que la tierra pulverizada permite un mayor crecimiento de las raíces del cultivo, mejora la aireación del suelo, disminuye la presencia de hongos que provocan enfermedades, debido a la exposición al sol que estos tienen en los residuos orgánicos, considerados como hospederos.

Debido a que se inició con solarización, se dió una mejor preparación a las unidades experimentales que tenían este tratamiento, tratando de dejar el suelo lo más suelto posible para una mejor distribución de calor y obtener un mejor control de organismos patógenos y malezas. Posteriormente se marcó y dividió el área destinada al ensayo, para diferenciar los tratamientos del estudio.

Después de treinta y cinco días de solarizar, el 28 de junio, se cortó toda la maleza que durante este tiempo creció en las parcelas que no se había aplicado ningún tratamiento, para facilitar el pase de rotocultor (azadón mecánico), surcador, mullendo la tierra finalmente con azadón y nivelando con rastrillo, con el fin de aplicar los seis tratamientos faltantes. Nuevamente se marcó, dividió e identificó cada parcela para facilitar el manejo y toma de datos.

## 3.3 TRATAMIENTOS

### 3.3.1 Solarización

A continuación se detallan los pasos a seguir para la aplicación de este tratamiento:

- Se removió el bancal y se humedeció hasta empapar el suelo, o sea a capacidad de campo, cuidando de no escurrir agua, luego el plástico fue colocado durante seis semanas antes de la siembra, tratando de sellar herméticamente las orillas con tierra de alrededor, para evitar fugas de calor. El día indicado, se retiró el plástico para que los gases generados en el proceso, se difundieran al ambiente, picando el suelo con azadón.
- El monitoreo de las temperaturas alcanzadas durante el período fijado, se realizó mediante la toma de datos, al día siguiente de haber sido puesto el plástico hasta su finalización, con un termómetro. Introduciéndolo a 8 cm de profundidad, entre el suelo y la cobertura plástica y el suelo sin plástico, para determinar la variabilidad de la generación de calor bajo estas condiciones (Anexo 3).

Debido a que uno de los plásticos sufrió una perforación se repitió el ensayo, iniciándose nuevamente este tratamiento el 25 de mayo al 5 de junio, es decir 42 días (6 semanas). Considerándose esta duración como aceptable según la literatura.

### 3.3.2 Cal, ceniza y cal + ceniza

Estos tratamientos fueron aplicados cinco días antes de la siembra, el 30 de junio, debido al calor que la cal genera al entrar en contacto con la humedad del suelo.

Posteriormente la cal, ceniza y la combinación de los dos materiales se realizó de la siguiente manera:

- En un inicio se aplicó el área destinada para el tratamiento, luego se picó con azadón el suelo húmedo, seguidamente se aplicó Cal apagada ( $2 \text{ lb} / \text{m}^2$ ), Ceniza de *Pinus oocarpa* ( $2 \text{ lb} / \text{m}^2$ ), y la combinación de los dos materiales ( $2 \text{ lb} / \text{m}^2 + 2 \text{ lb} / \text{m}^2$ ), en la correspondiente unidad experimental, esparciendo por toda el área que forma parte del tratamiento, se incorporó y se esperó cinco días (por el calor generado).
- Posteriormente, se realizó la siembra, con riego previo.

### 3.3.3 Bromuro de metilo

Este tratamiento se aplicó, el 30 de junio o sea cinco días antes de la siembra.

Se consideró que una lata de 1.5 lb de este producto alcanza para  $2 \text{ m}^3$  (10 m de largo x 1 m de ancho x 0.20 m de profundidad). Se procedió como se dá a conocer seguidamente:

- Se sacó la tierra de las cuatro parcelas que tenían el tratamiento de este fumigante, para tratarla por separado, haciendo una cama 3 m de largo, 40 cm de ancho y 30 cm de profundidad.
- Se tapó bien el sustrato con un plástico para asegurar su desinfección y para que el gas se distribuya uniformemente, con el fin de bloquear la respiración de cualquier ser vivo que habite en el suelo tratado.
- La aplicación de la lata de producto se hizo debajo del plástico, pues dentro de éste estuvo colocada una tabla con tres clavos, haciendo uno de ellos presión para hacer un agujero en la lata y facilitar la difusión del gas.
- Se dejó cubierto 72 hrs. para volver a destaparlo y ventilarlo por 48 hrs. El manejo de este producto se hizo con mucho cuidado, ya que es muy tóxico.

### 3.3.4 Basamid® 97 MG

Por su tiempo y modo de acción esta aplicación se hizo 5 días antes de la siembra, es decir el 30 de junio. Siguiendo los pasos que se detallan a continuación por recomendación de fabricante:

- Se aplicó agua para llevar al suelo a capacidad de campo.
- Se picó el suelo húmedo con azadón, para que pueda tener mejor contacto con el producto.

- Se aplicó la dosis recomendada por el fabricante de producto (50 g / m<sup>2</sup>), es decir 37.5 g en 0.75 m<sup>2</sup> que tiene el área de cada unidad experimental, en forma espolvoreada sobre la superficie del suelo.
- Se incorporó el producto uniformemente con el suelo.
- Se selló el área tratada con plástico, cubriendo con tierra los bordes.
- Se retiró el plástico 4 días después de la aplicación y se removió el suelo con azadón, para permitir la salida de gases tóxicos.
- Finalmente se dejó reposar 24 hrs el área aplicada con este producto.
- Se procedió a sembrar con riego al día siguiente.

### 3.3.5 Testigo

No recibió ningún tipo de aplicación, se sembró acompañada de riego y de allí en adelante no se hizo sino lo que para todos los tratamientos.

**Cuadro 1.** Tratamientos evaluados en el campo

<b>Tratamiento</b>	<b>Época de aplicación (das*)</b>	<b>Producto utilizado</b>	<b>Dosis</b>
Solarización	42	Película de plástico transparente y delgada	Plástico (3 milésimas)
Bromuro de metilo	5	Bromuro de metilo	1.5 lb / 0.36 m <sup>3</sup>
Basamid	5	Dazomet	50 g/m <sup>2</sup>
Cal	5	CaO	2 lb /m <sup>2</sup>
Ceniza	5	Ceniza de <i>Pinus oocarpa</i>	2 lb /m <sup>2</sup>
Cal + Ceniza	5	CaO + ceniza de <i>Pinus oocarpa</i>	2 lb /m <sup>2</sup> + 2 lb /m <sup>2</sup>
Testigo	0	Agua	

das\*: días antes de siembra.

Procedimiento para Aplicación de los Tratamientos: (Ver Anexo 2).

### 3.4 PRUEBA DE GERMINACIÓN

Se realizó una prueba para determinar el porcentaje de germinación, en el invernadero de producción de plántulas, con el fin de determinar la calidad de semillas utilizadas en el ensayo y poder hacer las respectivas comparaciones con los tratamientos en el campo.

### **3.5 SIEMBRA**

Se realizó el día 6 y 7 de julio, utilizando la variedad Peto 98, de acuerdo a los parámetros establecidos por la Zamoempresa de Cultivos Intensivos, con la recomendación de 2 cm entre posturas y 15 cm entre hileras, considerando que se tiene un área de 0.75 m<sup>2</sup>, se tuvo por consiguiente 12 hileras que tenían cada una de ellas 20 semillas, con una densidad de 240 semillas en cada unidad experimental, por lo que se necesitó aproximadamente 8736 semillas por todo el ensayo, contando con imprevistos (bajo porcentaje de germinación de las semillas y prueba de germinación).

### **3.6 LABORES RUTINARIAS**

- Protección a la semilla.- se esparció casulla de arroz sobre todas las unidades experimentales, a fin de ofrecer condiciones más favorables de humedad a la semilla.
- Riego.- el lote asignado tuvo la ventaja de estar ubicado cerca a la fuente de agua, y debido a que es un área bastante manejable, se regó con un aspersor de jardín.
- Control de Malezas.- se deshierbó a los catorce días de haber sembrado, después de la toma de datos de la cantidad de malezas.
- Control de Plagas y Enfermedades.- durante ese período se hizo una aplicación de Malathion ya que se presentó la necesidad de controlar hormigas.
- Adicionalmente se realizó la construcción de túneles con arcos de PVC, cabuya y plástico, para proteger a las plántulas de lluvias esporádicas en la temporada.

### **3.7 VARIABLES EVALUADAS**

Fueron las que se detallan a continuación:

#### **3.7.1 Parámetros edáficos**

Se tomaron muestras en forma sistemática de los diferentes sitios por separado antes y después del tratamiento, (recomendación 454 g por cada muestra), para que sea evaluado en el Laboratorio de Suelos de Zamorano en lo siguiente:

- pH del suelo.
- Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg).
- Materia Orgánica (M.O.).

(Ver anexo 4, 5,6)

#### **3.7.2 Cantidad de bacterias y hongos**

Para el caso de conteo e identificación de colonias de bacterias y hongos, se hizo mediante la inoculación, en medio agar (Rosa de Bengala), específico para hongos de

suelo, a través de cultivos y siembras en platos petri (recomendación 10 g por cada muestra), antes y después del tratamiento. Muestras que fueron diagnosticadas mediante pruebas realizadas en el Laboratorio SENASA, en Comayagua.

Para los dos anteriores análisis se procuró tomar muestras de solarización, Bromuro de metilo, Basamid, después de retirar el plástico; mientras que para cal, ceniza y cal + ceniza después de la aplicación de los diferentes materiales (un día antes de la fecha de siembra fijada), al igual que el testigo.

### **3.7.3 Cantidad y especie de malezas**

Para la determinación y conteo de malezas se colocó un marco de madera de 50 x 50 cm, en el centro de cada parcela del ensayo, a los siete y catorce días después de la siembra.

### **3.7.4 Cantidad y especie de nemátodos**

El análisis se realizó mediante el método Flotación-centrifugación, en el Laboratorio de Nematología de Zamorano, a través de la identificación y conteo de nemátodos en 100 cc de suelo antes y después de aplicar los tratamientos.

### **3.7.5 Porcentaje de germinación**

Esta prueba se llevó a cabo en el invernadero destinado a producción de plántulas, perteneciente a la Zamoempresa de Cultivos Intensivos.

Se sembraron las semillas, 7 días después se relacionó el número de plántulas presentes en cada unidad experimental con la cantidad de semilla depositada en las cinco hileras muestreables. Debido a que cada línea contenía 20 semillas, y fueron cinco las hileras que se muestrearon, se evaluó en base a 100 este parámetro.

### **3.7.6 Raíces infectadas e infecciones en el cuello de las plántulas (escala 1-5)**

Haciendo uso de una escala de uno a cinco, siendo uno ausencia de daño y cinco daño extremo.

### **3.7.7 Grosor de tallo (mm)**

Se tomó, a nivel del suelo, haciendo uso del calibrador o pie de rey.

### **3.7.8 Altura de plántulas (cm)**

Desde la base a nivel del suelo hasta la base del brote terminal de las plántulas utilizando una regla graduada.

### **3.7.9 Biomasa (g)**

Se pesaron las plántulas íntegramente, con una balanza electrónica.

### **3.7.10 Peso de raíces (g)**

Se cortó la raíz para tomar el dato del peso de esta parte, a través de una balanza electrónica.

### **3.7.11 Costo (Lempiras)**

Se realizó un análisis económico para determinar la (s) alternativa (s) más conveniente (s) con menores costos y altos beneficios, que puedan ser adoptadas por los pequeños y medianos productores.

**Nota.-** Variables como raíces infectadas e infecciones en el cuello de las plántulas, grosor de tallo, altura, biomasa y peso de raíces, fueron medidas simultáneamente a los 20 días, después de la siembra, al extraer 25 plántulas por completo del suelo, por cada unidad experimental, sacudiendo la tierra presente en las raíces.

## **3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Debido a que los tratamientos estaban asignados al azar dentro de cada bloque (a través de una tabla de aleatorización), con grupos homogéneos perfectamente diferenciables, se realizó un ANDEVA para verificar si el diseño se ajustaba y poder determinar si el modelo era significativo, se procedió a hacer una separación de medias para determinar la diferencia de los tratamientos en los bloques y una diferencia de tratamientos entre los bloques.

Para el caso de nemátodos y parámetros edáficos, se utilizó un análisis de medias apareadas, para determinar el efecto que pudo haber tenido un tratamiento antes y después de aplicar las sustancias químicas o materiales minerales en las unidades experimentales.

### **3.9 ANÁLISIS ECONÓMICO**

Se realizó un análisis de Presupuestos Parciales utilizando el método desarrollado por el CIMMYT, con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos del ensayo.

Con este método se obtuvo el tratamiento más conveniente, al comparar los costos diferenciales y los beneficios netos.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 RESULTADOS DEL ENSAYO EN CAMPO

#### 4.1.1 Resultados de la prueba de germinación

El resultado de esta prueba para la semilla Peto 98, mostró un 78% de germinación, siete días después de haberlas sembrado, en el invernadero.

**Cuadro 2.** Plantas de tomate germinadas a los 7 días por tratamiento

<b>Tratamientos sembradas</b>	<b>Plantas germinadas en base a 100 semillas</b>
Bromuro de metilo	86.75 a*
Solarización	83.25 b
Basamid	78.50 c
Ceniza	75.50 c
Cal + ceniza	68.75 d
Cal	62.00 e
Testigo	59.50 e
X	73.46
Sd	2.04
CV (%)	2.78

\* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, de acuerdo a la prueba SNK con una  $P < 0.05$ .

En esta variable el modelo se ajustó con una alta significancia. En el porcentaje de germinación se pudo encontrar diferencias significativas entre los tratamientos ( $P < 0.05$ ), obteniéndose una mejor germinación en los tratamientos que en el testigo y la aplicación de cal.

Obteniendo el mejor porcentaje de germinación con Bromuro de metilo, debido al efecto que tiene contra un amplio espectro de plagas, dejando al suelo libre de competencia.



En el caso de solarización se logró este resultado debido al efecto que se tuvo posterior a la aplicación del tratamiento, por las condiciones favorables que tuvo la semilla.

#### 4.1.2 Características morfológicas de las plántulas

La calidad de plántulas producidas en cada tratamiento se determinó mediante la altura, diámetro de tallo, peso total y peso de raíces.

Los resultados de este ensayo se muestran en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Evaluación de calidad de plántulas a los 20 días por tratamiento

Tratamiento	Características morfológicas			
	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Peso total (g)	Peso raíces (g)
Bromuro de metilo	10.55 a	3.26 a	3.94 a	0.29 a*
Solarización	9.61 b	2.93 b	2.73 c	0.24 b
Basamid	9.26 c	2.98 b	3.77 b	0.23 b
Cal + ceniza	6.68 d	2.05 c	1.57 d	0.09 d
Cal	6.06 e	2.00 c	1.62 d	0.09 e
Ceniza	4.88 g	1.93 d	0.96 e	0.06 f
Testigo	5.09 f	1.75 e	0.96 e	0.05 g
X	7.45	2.41	2.22	0.15
Sd	0.46	0.23	0.21	0.02
CV (%)	6.22	9.79	9.60	16.01

\* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, de acuerdo a la prueba SNK con una  $P < 0.05$ .

Haciendo una comparación de medias de altura de las plántulas por tratamiento se observó que a los 20 días, Bromuro de metilo produjo plántulas de mayor altura, seguido por Solarización y Basamid. Para los demás tratamientos se encontró diferencias significativas, siendo el testigo el que menor altura de todos tuvo.

Para el diámetro de tallo, Bromuro de metilo continuó siendo el mejor tratamiento y se observó un mayor grosor de tallo, seguido por solarización y Basamid, mientras que para los demás tratamientos se obtuvo menores diámetros, con diferencias significativas.

Para peso total el tratamiento de Bromuro de metilo tuvo el mejor peso en biomasa, seguido de Basamid, los demás tratamientos difieren entre sí estadísticamente, con menor peso total de plántulas, obteniendo el testigo y la aplicación de ceniza el menor peso total.

En el caso del peso total de las raíces, se observó que Bromuro de metilo presentó un mayor peso de raíces, seguido de Solarización y Basamid. Se tuvo diferencias estadísticas entre los tratamientos restantes con menores pesos de raíces, siendo el testigo el que menor peso alcanzó.

En forma resumida se pudo ver que Bromuro de metilo en las cuatro variables mencionadas anteriormente obtuvo el mejor resultado, debido a la acción que este fumigante ejerce al eliminar todos los organismos vivos del suelo.

Solarización al igual que Basamid fue considerada como segunda mejor alternativa para conseguir plántulas para trasplante debido al calor generado, que produjo un buen control de varios de los problemas presentes.

Como indican Mesén y Madriz (1987), citado por Navarro *et al.* (1991), un aumento en el vigor de las plantas es proporcional al aumento en el tiempo de exposición del suelo a solarización.

#### **4.1.3 Cantidad y especie de malezas**

La germinación de malezas fue tomada a los siete y catorce días después de siembra, con un marco de madera (50 x 50 cm). Lo observado en cada tratamiento se presenta en los cuadros 4 y 5.

En el control de malezas para el caso de *Cyperus rotundus* (Coyolillo) a los siete días, Bromuro de metilo, Basamid y solarización obtuvieron el mejor control, mientras que los demás tratamientos fueron estadísticamente similares entre sí.

El efecto que tuvo Bromuro de metilo y Basamid sobre *Nicandra physalodes* (Tomatillo) fueron los mejores significativamente el mejor resultado. Los demás tratamientos fueron diferentes estadísticamente entre sí con un menor control de esta maleza.

Bromuro de metilo y Basamid tuvieron el mejor resultado en el control de *Cynodon dactylon* (Pata de gallina), seguido por solarización.

Para el caso de *Portulaca oleracea* (Verdolaga) con Bromuro de metilo y solarización, obtuvieron los mejores resultados, en tanto que con los demás tratamientos se tuvo un menor control de esta maleza.

**Cuadro 4.** Malezas germinadas por especie por tratamiento 7 días después de siembra

Tratamiento	Cantidad de malezas germinadas / 0.25 m <sup>2</sup>			
	7 días			
	<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Nycandra physalodes</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Portulaca oleracea</i>
Bromuro de metilo	0.50 b	0.00 d	0.00 d	0.00 c*
Solarización	0.50 b	11.75 b	10.00 c	0.50 c
Basamid	1.75 b	0.00 d	0.00 d	2.75 ab
Cal + ceniza	3.75 a	18.75 a	27.50 b	3.00 ab
Cal	3.75 a	13.50 b	29.75 b	2.00 bc
Ceniza	4.75 a	9.50 c	29.50 b	1.50 bc
Testigo	4.75 a	12.75 b	38.75 a	4.25 a
X	2.67	9.46	19.35	2.03
Sd	0.92	1.26	2.57	0.97
CV (%)	34.48	13.41	13.31	48.71

\* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, de acuerdo a la prueba SNK con una  $P < 0.05$ .

**Cuadro 5.** Malezas germinadas por especie por tratamiento 14 días después de siembra

Tratamiento	Malezas germinadas / 0.25 m <sup>2</sup>			
	<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Nycandra physalodes</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Portulaca oleracea</i>
Bromuro de metilo	0.50 b	0.25 e	0.25 e	0.00 c*
Solarización	1.25 b	15.25 d	17.75 d	1.25 c
Basamid	1.75 b	1.25 e	0.25 e	6.00 b
Cal + ceniza	5.25 ab	33.25 a	41.75 c	5.75 b
Cal	5.00 ab	19.75 c	45.75 c	4.75 b
Ceniza	8.75 a	14.75 d	51.50 b	4.75 b
Testigo	7.25 a	23.75 b	71.50 a	8.51 b
X	4.25	15.46	32.71	4.42
Sd	2.02	2.17	2.41	0.88
CV (%)	47.54	14.06	11.66	19.91

\* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, de acuerdo a la prueba SNK con una  $P < 0.05$ .

*Cyperus rotundus* a los 14 días fue controlado efectivamente con Bromuro de metilo, solarización y Basamid, mientras que con el resto de los tratamientos se tuvo un menor control.

El control que ejerció Bromuro de metilo y Basamid sobre *Nycandra physalodes* fue el mayor resultado al reducir considerablemente esta maleza. Con los demás tratamientos se encontró un menor control en esta especie de maleza.

Con Bromuro de metilo y Basamid se tuvo el mejor control de *Cynodon dactylon*, seguido de solarización que fue diferente estadísticamente de aplicar los tratamientos restantes, siendo el testigo el menos efectivo en el control de esta maleza.

Con la aplicación de Bromuro de metilo y Solarización se obtuvo el mejor control en *Portulaca oleracea*, los demás tratamientos no presentaron diferencias estadísticas entre sí.

En forma global, se encontró que el control fue efectivo con Bromuro de metilo y Basamid, debido al efecto herbicida que tienen estos productos fumigantes.

En el caso de solarización, se presentó un control bastante aceptable, ya que el incremento en temperaturas bajo el plástico durante las seis semanas, inhibió y redujo el crecimiento de malezas.

**Cuadro 6.** Malezas germinadas totales por tratamiento después de 7 y 14 días de haber sembrado

Tratamiento	Malezas germinadas / 0.25 m <sup>2</sup>	
	7 días	14 días
Bromuro de metilo	1.00 e	2.50 e*
Solarización	22.75 d	35.50 d
Basamid	3.25 e	8.00 e
Cal + ceniza	53.00 b	86.00 b
Cal	49.00 bc	75.25 c
Ceniza	45.25 c	79.75 bc
Testigo	60.75 a	111.00 a
X	33.57	58.85
Sd	2.33	4.37
CV (%)	8.14	9.45

\* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, de acuerdo a la prueba SNK con una  $P < 0.05$ .

La tendencia observada en el control de malezas según los muestreos en las unidades experimentales a los 7 días y 14 días fue incremental (Cuadro 6), ya que en el segundo muestreo se obtuvo mayor cantidad de malezas en las parcelas que habían tenido un mejor control. Obteniéndose con Bromuro de metilo y Basamid el mejor resultado. Solarización dió resultados prometedores y fue el segundo mejor tratamiento. Mientras que con el testigo se obtuvo la mayor cantidad de malezas germinadas.

Como menciona González (1999), el control de *Portulaca oleracea*, con Bromuro de metilo fue efectivo, repitiéndose estos resultados en el ensayo.

Según Navarro *et al.* (1991), es evidente la reducción de malezas gramíneas, de hoja ancha y ciperáceas, provocada por la exposición del suelo a solarización.

La solarización se ha mostrado efectiva contra malezas de los géneros *Cynodon*, *Digitaria* y contra *Cyperus rotundus* (Katan, 1981; Pullman *et al.*, 1984 y Gristein *et al.*, 1979, citado por Navarro *et al.*, 1991).

En general la maleza más problemática fue *Cynodon dactylon*, ya que fue la que en mayor cantidad se presentó en aquellas unidades experimentales que no fueron tratadas con Bromuro de metilo, Basamid y Solarización.

Para los tratamientos de diferente significancia, ceniza y cal + ceniza a los 7 días después de germinadas las malezas pudimos observar que no se encontró diferencias significativas entre sí, pero sí se encontraron con el tratamiento de encalamiento. Con el testigo se obtuvo la mayor cantidad de malezas germinadas. Los datos obtenidos a los 7 días, todas las variables se ajustaron al modelo ( $R^2 > 0.90$ ) y al realizarse la separación de medias se observó que los tratamientos eran estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

A los 14 días después de aplicar cal + ceniza y sólo ceniza no se encontró diferencias estadísticas entre sí, pero sí con el encalado que fue diferente estadísticamente del testigo, con el que se tuvo la mayor cantidad de malezas totales. El muestreo llevado a cabo después de dos semanas, mostró que los datos se ajustaban al modelo ( $R^2 > 0.90$ ) para tres de las cuatro especies de malezas, al hacer la separación de medias se tuvo que los tratamientos eran diferentes estadísticamente entre sí ( $P < 0.05$ ).

## 4.2 ANÁLISIS DE LABORATORIO

### 4.2.1 Análisis de nemátodos

En los cuadros 7 y 8 se muestran los resultados del primer muestreo:

En el caso del muestreo antes de aplicados los tratamientos no se pudo encontrar diferencias estadísticamente significativas, ya que se presentaron altas desviaciones estándares en relación a la media para todas las especies de nemátodos (*Meloidogyne*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Helycotylenchus*, *Dytilenchus*, *Tylenchus* y Vida libre), debido a que los análisis reflejaban ausencia total de un tipo de nemátodos, mientras que en otra unidad experimental se tenía una cantidad considerable de nemátodos del mismo tipo, por la dispersión que estos tuvieron en el suelo. El ajuste del modelo ( $R^2 = 0.71$ ) para esta variable fue en el mejor de los casos para la especie *Meloidogyne*.

**Cuadro 7.** Cantidad y especie de nemátodos antes de aplicados los tratamientos

Tratamiento	Cantidad y especie de nemátodos		
	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Paratylenchus</i>
Bromuro de metilo	6.50 a	64.00 a	5.00 a*
Solarización	20.00 a	5.00 a	5.00 a
Basamid	0.00 a	30.00 a	10.00 a
Cal + ceniza	16.00 a	70.00 a	0.00 a
Ceniza	5.00 a	25.00 a	0.00 a
Cal	0.00 a	5.00 a	0.00 a
Testigo	10.50 a	55.00 a	10.00 a
Sd	7.10	41.51	8.01
X	8.28	36.28	4.28
CV(%)	85.72	114.41	187.08

\* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, de acuerdo a la prueba SNK con una  $P < 0.05$ .

**Cuadro 8.** Cantidad y especie de nemátodos antes de aplicados los tratamientos

Tratamiento	Cantidad y especie de nemátodos			
	<i>Dytilenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Helycotylenchus</i>	Vida Libre
Bromuro de metilo	0.00 a	19.00 a	10.00 a	195.00 a*
Solarización	15.00 a	5.00 a	0.00 a	175.00 a
Basamid	15.00 a	0.00 a	5.00 a	275.00 a
Cal + ceniza	5.00 a	10.00 a	5.00 a	230.00 a
Ceniza	20.00 a	5.00 a	25.00 a	100.00 a
Cal	5.00 a	20.00 a	0.00 a	90.00 a
Testigo	10.00 a	25.00 a	10.00 a	340.00 a
Sd	12.14	17.80	13.97	280.46
X	10.00	12.00	9.28	200.71
CV(%)	121.49	148.35	150.47	103.86

\* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, de acuerdo a la prueba SNK con una  $P < 0.05$ .

Cabe recalcar que la mayor cantidad de nemátodos presente en el suelo fue de Vida libre, considerados no fitopatógenos, ya que no causan daño a las raíces por la ausencia de estilete

**Cuadro 9.** Cantidad y especie de nemátodos después de 5 días - 42 días (Solarización) de aplicados los tratamientos

Tratamiento	Cantidad y especie de nemátodos		
	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Paratylenchus</i>
Bromuro de metilo	0.00 a	0.00 a	0.00 a*
Solarización	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Basamid	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Cal + ceniza	20.00 a	60.00 a	0.00 a
Ceniza	10.00 a	15.00 a	5.00 a
Cal	4.00 a	11.00 a	0.00 a
Testigo	11.00 a	50.00 a	10.00 a
Sd	8.43	26.20	5.56
X	6.42	19.42	2.14
CV(%)	131.20	134.90	259.62

\* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, de acuerdo a la prueba SNK con una  $P < 0.05$ .

**Cuadro 10.** Cantidad y especie de nemátodos después de 5 días - 42 días (Solarización) de aplicados los tratamientos

Tratamiento	Cantidad y especie de nemátodos			
	<i>Dytilenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Helycotylenchus</i>	Vida Libre
Bromuro de metilo	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a*
Solarización	0.00 a	0.00 a	0.00 a	5.00 a
Basamid	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Cal + ceniza	12.00 a	6.00 a	10.00 a	210.00 a
Ceniza	10.00 a	4.00 a	35.00 a	95.00 a
Cal	15.00 a	15.00 a	0.00 a	85.00 a
Testigo	15.00 a	25.00 a	5.00 a	340.00 a
Sd	5.31	15.22	18.45	162.93
X	7.42	7.14	7.14	103.57
CV(%)	213.19	148.35	258.32	157.31

\* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, de acuerdo a la prueba SNK con una  $P < 0.05$ .

En el muestreo después de aplicados los tratamientos (Cuadro 9 y 10), se mostró que los datos se ajustaron al modelo en un bajo porcentaje en todos los casos. Se presentó una alta desviación de las cantidades de nemátodos con respecto a la media, no pudiendo encontrarse diferencias estadísticas significativas, pero sí numéricas, especialmente en el caso de aplicación de Bromuro de metilo, Basamid y Solarización con todas las especies de nemátodos, ya que sí tuvieron un efecto sobre estos organismos, debido al efecto nematicida que poseen los dos productos fumigantes, mientras que con solarización el

calor generado bajo el plástico también ejerció un efecto de deshidratación y un notable decrecimiento en la densidad de nemátodos por unidad de área debido a las concentraciones de CO<sub>2</sub> que se pudo haber generado.

González (1999), no pudo llegar a una conclusión clara en cuanto a diferencias que pudieron haberse dado entre productos que utilizó para control de nemátodos como: Bromuro de metilo, Basamid. Atribuyendo este resultado una ausencia de datos y la manera errónea en la metodología para sacar las muestras.

#### 4.2.2 Análisis de hongos

Los resultados obtenidos de estos organismos se presentan en el cuadro 11.

**Cuadro 11.** Cantidad del hongo *Aspergillus* antes y después de 5 días - 42 días (Solarización) de aplicados los tratamientos

Tratamiento	Cantidad de <i>Aspergillus</i> (UFC / g suelo)	
	Antes	Después
Bromuro de metilo	160,000	0
Solarización	40,000	0
Basamid	110,000	0
Cal + ceniza	70,000	10,000
Ceniza	50,000	50,000
Cal	150,000	40,000
Testigo	70,000	50,000

A pesar de contar con un cantidad variable de Unidades Formadoras de Colonias (UFC / g suelo) cabe recalcar que con Bromuro de metilo, Basamid y Solarización se tuvo un control efectivo de *Aspergillus*, mientras que con los demás tratamientos se obtuvo en general una disminución de este organismo.

Según Weier *et al.* (1979), *Penicillium* y *Aspergillus* son probablemente los hongos más difundidos. Están presentes en el aire y suelo también en laboratorios biológicos como contaminantes de medios de cultivo.

*Aspergillus oryzae* por ejemplo es utilizado para preparación de vino de arroz. Varias especies de *Aspergillus* para fabricar quesos, en tanto que *Aspergillus fumigatus* provoca una enfermedad similar a la tuberculosis. Varias cepas forman aflatoxinas que son tóxicas para animales (Weier *et al.*, 1979).



El resultado fue efectivo en favor de los dos fumigantes debido a su acción fungicida, mientras que el calor generado con solarización afectó drásticamente a este hongo.

Estos resultados concuerdan con los reportados por la literatura sobre Basamid. Teniendo en cuenta que se ha obtenido control efectivo en hongos, en dosis de 60 g / m<sup>2</sup> en suelos arcillo-arenosos (Semer, 1987 citado por García *et al.*, 1994).

**Cuadro 12.** Cantidad del hongo *Penicillium* antes y después de 5 días - 42 días (Solarización) de aplicados los tratamientos

Tratamiento	Cantidad de <i>Penicillium</i> (UFC / g suelo)	
	Antes	Después
Bromuro de metilo	270,000	0
Solarización	410,000	140,000
Basamid	90,000	0
Cal + ceniza	860,000	290,000
Ceniza	190,000	170,000
Cal	840,000	50,000
Testigo	230,000	440,000

En el caso de *Penicillium* a pesar de tener un número bastante variable y desigual de Unidades Formadoras de Colonias (UFC / g suelo), antes de aplicados los tratamientos, se encontró que después de aplicados los tratamientos para el control de este organismo fue efectivo Bromuro de metilo y Basamid debido a su acción fungicida (Cuadro 12).

De acuerdo a Weier *et al.* (1979), las enzimas que produce *Penicillium* al ser aisladas constituyen antibióticos muy importantes. La presencia de mohos verde azulinos en frutas se ocurre por la presencia de este organismo, en el suelo funciona como descomponedor de materia orgánica.

El muestreo realizado después de aplicados los tratamientos, muestra que el mejor control se encontró con Bromuro de metilo, Basamid y Solarización.

Este control se debió al efecto fungicida que tienen los dos productos fumigantes, solarización afectó a este hongo por el calor generado bajo el plástico, en tanto que la cal ofreció un medio menos favorable para su crecimiento, por el aumento de pH en el suelo.

Según Weier *et al.*(1979), *Rhizopus* pertenece a la clase oomicetos, considerados organismos patógenos, siendo un clásico ejemplo de estos *Phytophthora infestans* en papa causante del Tizón tardío. Existiendo dentro del mismo género otros denominados *Saprolegniales* que pueden afectar a pequeños animales acuáticos.

**Cuadro 13.** Cantidad del hongo *Rhizopus* antes y después de 5 días - 42 días (Solarización) de aplicados los tratamientos

Tratamiento	Cantidad <i>Rhizopus</i> (UFC / g suelo)	
	Antes	Después
Bromuro de metilo	20,000	0
Solarización	10,000	0
Basamid	30,000	0
Cal + ceniza	70,000	10,000
Ceniza	30,000	10,000
Cal	20,000	8,000
Testigo	30,000	20,000

Aunque no se reporten estudios con estas clases de hongos, Navarro *et al.* (1991), menciona la reducción en el porcentaje de plántulas de algodón enfermas (medida de la actividad de *Rhizoctonia solani*), debido a la exposición del suelo a las condiciones ofrecidas por Solarización.

De acuerdo a Katan (1981), citado por Navarro *et al.* (1991), la utilización de solarización como método de combate de enfermedades en cultivos como tomate, berenjena y papa ha provocado una reducción significativa de *Verticillium* spp. En papa y cebolla se redujo el ataque de *Rhizoctonia solani*. Mientras que en maní, algodón y melón hubo un control efectivo de *Sclerotium rolfsii* y de *Fusarium* spp.

#### 4.2.3 Análisis de bacterias

Los resultados obtenidos para estos organismos se presentan en el cuadro 14.

Según González (1981), el género más importante entre las bacterias fitopatógenas es *Pseudomonas*, al poseer unas 90 especies que atacan a plantas. Los miembros de este género son gram negativa. Tomate, papa, tabaco, maní, jengibre son cultivos atacados por *Pseudomonas solanacearum*, provocando marchitez a la planta por la acumulación de sustancias bacterianas en el xilema.

A pesar de tener una cantidad variable de Unidades Formadoras de Colonia (UFC / g suelo), al inicio, se puede apreciar que en unidades experimentales que sí existían estos organismos, Bromuro de metilo y solarización obtuvieron el mejor control.

**Cuadro 14.** Cantidad de bacterias *Pseudomonas* antes y después de 5 días - 42 días (Solarización) de aplicados los tratamientos

Tratamiento	Cantidad de <i>Pseudomonas</i> (UFC / g suelo)	
	Antes	Después
Bromuro de metilo	100,000,000	0
Solarización	170,000	0
Basamid	1,650,000	440,000
Cal + ceniza	0	140,000
Ceniza	0	70,000
Cal	100000,000	800,000
Testigo	0	30,000

### 4.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

#### 4.3.1 Presupuestos Parciales

Este análisis se realizó de acuerdo a la metodología establecida por CIMMYT (1988), la que se empleó para organizar los datos del experimento con el objetivo de obtener los costos y beneficios de los tratamientos que se utilizaron en el ensayo. Este método ayudó a determinar cual tratamiento aplicado al suelo, para la obtención de plántulas a transplante, es el más conveniente al comparar los costos diferenciales y los beneficios netos.

Los costos que variaron para este estudio fueron: Bromuro de metilo, base con clavos, Basamid, plástico, cal, ceniza (Anexos 7).

Los costos comunes fueron: costo de semilla, preparación del suelo y aplicación del tratamiento, siembra, riego, cosecha (Anexo 8).

Los beneficios brutos fueron calculados tomando en cuenta el precio usado por la ZECI para plántulas que son vendidas bajo contrato a un precio de Lps. 0.22 por plántula.

El CIMMYT (1988) aconseja utilizar un ajuste de reducción al rendimiento obtenido experimentalmente de 10 a 30% en los cultivos de maíz y trigo, de acuerdo al manejo del cultivo, tamaño de parcela, métodos de cosecha, etc., en este análisis se ha considerado una reducción del 10%.

Tomando en cuenta el 78 por ciento de germinación original de la semilla, se sembró el equivalente a 35,897 semillas que cubren con la necesidad de 28,000 plántulas / ha con características morfológicas óptimas. Para sembrar plantas para una hectárea se necesitarán 135 m<sup>2</sup> bajo las condiciones del ensayo presente. Plántula óptima se

considera aquella que tiene una altura de 10 a 15 cm, diámetro de 3 mm, peso total 3.5 g y peso raíces de 0.25 g.

Los beneficios netos marginales (Cuadro 16) fueron calculados restando los beneficios brutos (Cuadro 15) de los costos diferenciales (Anexo 7) de cada tratamiento, mientras que la utilidad neta fue calculada restando los beneficios brutos de los costos totales (costos diferenciales y comunes de cada tratamiento), permitiendo calcular la rentabilidad de cada alternativa sobre los costos totales (Cuadro 15, 16).

Los costos se presentan en Lempiras (Lps.), moneda nacional de Honduras. La tasa cambiaria al momento del estudio era de Lps. 15.35 por US\$1.00

**Cuadro 15.** Costos diferenciales para los tratamientos evaluados para producción de plántulas de tomate Peto 98 en el Zamorano.

Tratamiento	Rendimiento Comercial Medio (plántula / ha)	Rendimiento Comercial Ajustado (plántula / ha)	Beneficios Brutos (Lps./135 m <sup>2</sup> ) a 0.22 Lps / plántula	Costos Diferenciales (Lps./135 m <sup>2</sup> )
Bromuro de metilo	31,140	28,026	6,165.86	1,774
Basamid	28,179	25,376	5,579	1,602
Solarización	29,884	26,895	5,916	324
Cal	22,256	20,030	4,406	393
Ceniza	27,102	24,391	5,366	334
Cal + ceniza	24,679	22,211	4,886	653
Testigo	21,358	19,222	4,228	124

**Cuadro 16.** Rentabilidad sobre costos totales para los tratamientos evaluados para producción de plántulas de tomate Peto 98 en el Zamorano.

Tratamiento	Costos Totales (Lps./135 m <sup>2</sup> )	Beneficios Netos marginales (Lps./135 m <sup>2</sup> )	Utilidad Neta (Lps./135 m <sup>2</sup> )	Rentabilidad Sobre costos %
Bromuro de metilo	3,565	4,391	2,600	72.93
Basamid	2,853	4,520	2,739	96.00
Solarización	2,115	4,592	3,801	179.71
Cal	2,184	4,013	2,222	101.74
Ceniza	2,125	5,032	3,241	152.51
Cal + ceniza	2,444	4,233	2,442	99.91
Testigo	1,915	4,104	2,313	120.78

**Cuadro 17.** Costo de plántula por tratamiento.

Tratamiento	Costos Totales (Lps./135 m <sup>2</sup> )	Rendimiento Comercial Ajustado (plántula / ha)	Costo Lps./ Plántula
Bromuro de metilo	3,565	28,026	0.12
Basamid	2,853	25,376	0.11
Solarización	2,115	26,895	0.07
Cal	2,184	20,030	0.10
Ceniza	2,125	24,391	0.08
Cal + ceniza	2,444	22,211	0.11
Testigo	1,915	19,222	0.09

Con solarización se obtuvo plántulas a menor costo (Lps. 0.07), en comparación con los demás tratamientos, presentando óptimas características morfológicas para transplante, como se muestra en el cuadro 3.

#### 4.3.2 Análisis de dominancia

Se utilizó para comparar los tratamientos, los costos diferenciales y sus beneficios netos marginales. Se ordenó los tratamientos de menor a mayor costo diferencial, considerando al primer beneficio neto como dominante contra el que se comparará los siguientes hasta encontrar uno de mayor beneficio neto, siendo considerado también dominante, los demás serán considerados dominados (Cuadro 17).

El análisis de dominancia indica que Solarización, la aplicación de cal + ceniza y Basamid mostraron dominancia sobre los demás tratamientos, presentando los mayores beneficios netos marginales, con sus respectivos costos diferenciales, pudiendo ser considerados desde el punto de vista económico como rentables (Cuadro 17).

**Cuadro 18.** Análisis de Dominancia para evaluar la producción de plántulas de tomate Peto 98 en el Zamorano.

Tratamiento	Costos diferenciales (Lps./135m <sup>2</sup> )	Beneficios netos marginales (Lps./135m <sup>2</sup> )	Dominancia
Testigo	124	4,104	Dominado
Solarización	324	4,592	<b>Dominante</b>
Ceniza	334	4,233	Dominado
Cal	393	4,013	Dominante
Cal + ceniza	653	4,233	<b>Dominante</b>
Basamid	1,062	4,520	<b>Dominante</b>
Bromuro de metilo	1,774	4,391	Dominado

#### 4.3.3 Análisis marginal

Se encontró en el análisis de dominancia que tres de los siete tratamientos eran dominantes, con los cuales se partirá, para determinar los costos y beneficios marginales, siendo imprescindibles en el cálculo de la Tasa de Retorno Marginal (TRM). Como se muestra en el muestra en el cuadro 18.

**Cuadro 19.** Análisis marginal de tratamientos dominantes.

Tratamiento	Costos diferenciales (Lps/135m <sup>2</sup> )	Costos marginales (Lps/135m <sup>2</sup> )	Beneficios netos (Lps/135m <sup>2</sup> )	Beneficios netos marginales (Lps/135m <sup>2</sup> )	Tasa de retorno marginal (%)
Solarización	324		4,592		109.12
		329		359	
Cal + ceniza	653		4,233		70.17
		409		287	
Basamid	1,062		4,520		

Pasar de solarización a aplicar cal + ceniza genera Lps. 1.09 por cada lempira que se invierta en esta práctica, aumentando los costos y obteniendo beneficios menores que solarización. Se seguiría obteniendo beneficio al cambiar de tecnología de encalar y aplicar ceniza en el suelo a la aplicación de Basamid, incurriendo en mayores costos, pero obteniendo mayor beneficio, con un retorno a la inversión de Lps. 0.70. (Cuadro18).

En caso de no contar con las condiciones favorables para solarizar, estas dos técnicas pueden ser una alternativa. Teniendo en cuenta que Solarización fue la opción más conveniente debido a los menores costos que tuvo y los altos beneficios que se pueden obtener.

## 5. CONCLUSIONES

- Se pudo encontrar alternativas rentables para pequeños y medianos productores que se dedican a producción de plántulas, para condiciones de Zamorano.
- Con Bromuro de metilo se obtuvo el mejor porcentaje de germinación, seguido muy de cerca por Solarización.
- Con Bromuro de metilo se obtuvo el mejor resultado en las altura, diámetro, peso total y peso de raíces. Seguido de Solarización y Basamid.
- Debido a la ausencia de organismos que provocan Mal del talluelo, no se encontraron plántulas afectadas y no se pudo evaluar el efecto de los demás tratamientos.
- Los organismos benéficos que se identificaron fueron: nemátodos de vida libre y *Penicillum*.
- En cuanto al control de hongos y bacterias, debido al limitado presupuesto no se pudo analizar suficientes muestras para hacer inferencia estadística.
- Numéricamente se pudo ver que con Bromuro de metilo, Basamid y Solarización se hizo un buen control para *Aspergillus* y *Rhizopus*. Para *Penicillum* el mejor control fue con los dos fumigantes.
- Con Bromuro de metilo y solarización se encontró que el control para el único género de bacterias fue efectivo.
- Se pudo observar que existieron diferencias numéricas con Bromuro de metilo, Basamid y Solarización, en el control de los nemátodos presentes en el suelo.
- El tratamiento con el que se obtuvo menor costo y mayor beneficio en la obtención de plántulas aceptables para transplante fue Solarización.



## **6. RECOMENDACIONES**

- Solarizar el suelo como una alternativa de control de plagas y malezas del suelo.
- Utilizar y evaluar plásticos de diferente calibre a fin de determinar cual de ellos ofrece mejor control de plagas y enfermedades.
- Utilizar otros tratamientos que ofrezcan mayor control para malezas, pues sólo tres de los siete tratamientos presentan efectividad, entre ellos el Bromuro de metilo que no es una alternativa viable, ya que su uso se está limitando y eliminando.
- Buscar una forma más exacta de cuantificar los nemátodos en el suelo, para evitar las variaciones encontradas en este ensayo, pudiendo considerarse el uso de maceteros con suelo inoculado con cantidades conocidas.
- Evaluar tratamientos en suelos donde la presión de Mal del talluelo sea conocida.
- Tratar el suelo con las indicaciones que el fabricante recomienda para evitar sobredosificaciones y costos altos.
- Continuar realizando estudios posteriores a este, con diferentes opciones a las mencionadas para obtener plántulas de calidad para transplante, a un costo al alcance del pequeño y mediano productor.
- Poner a funcionar el Laboratorio de Análisis de hongos y bacterias de Zamorano.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Arauz, L. 1997. Hacia un uso racional de los plaguicidas sintéticos: una perspectiva agroecológica. *Agronomía Costarricense*. 21 (1): 19-23.

Bello, A. 1997. Bromuro de metilo. Alternativas. (en línea). Consultado 2 set 2001. Disponible en <http://www.fittema.com/att/br7.htm>

Bernhardt, E. 1987. Huertas naturales para Costa Rica. 1° Ed. Editorial Texto Ltda. San José-Costa Rica. 48 p.

CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. México D.F., México. CIMMYT. 79 p

García, D.; Arbeláez, G.; Arbeláez-Torres, G. 1994. Tratamiento físico y químico del suelo para el control del marchitamiento vascular del clavel causado por el hongo *Fusarium oxysporum* f.sp. dianthi. *Agronomía Colombiana*. XII (2): 131-146.

González, L. 1981. Introducción a la Fitopatología. San José - Costa Rica, Ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 40-42 p.

González, J. 1999. Alternativas agroeconómicas al uso de Bromuro de metilo como tratamiento de suelo en el cultivo de melón en invernadero en El Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr.. Valle del Yeguaré, El Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 118 p.

Infoagro. 2001. Bromuro de metilo y sus alternativas. Infoagro. Consultado 12 set, 2001. Disponible en [http://www.infoagro.com/abonos/bromuro\\_de\\_metilo3.asp](http://www.infoagro.com/abonos/bromuro_de_metilo3.asp)

Navarro, J.; Mora, D.; Díaz, J.; Vilchez, H.; Corrales, E. 1991. Efecto de la solarización del suelo sobre la población de malezas y del hongo *Rhizotocnia solani*, durante la estación lluviosa en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 15 (1/2): 93-98.

Nivia, E. 1997. Protocolo de Montreal; Cuándo se eliminará el Bromuro de metilo? *Enlace* (Perú) No. 35;1-4,22.

Pesticide Action Network. s.f. Bromuro de metilo; un alto precio para controlar plagas, (en línea). Consultado 2 oct. 2001. Disponible en <http://www.notoxicdrift.com/espanol/alt.html>

Red de Acción de Plaguicidas. 1995. Alternativas al Bromuro de metilo; Extractos de la evaluación de 1995 del comité de opciones técnicas al Bromuro de metilo de la N.U. s.n. Pesticide Action Network. 13 p.

Ramos, C.; Ardón, R. 1992. El éxito de la producción de repollo comienza en el semillero. El Heraldo, Tegucigalpa. Honduras, oct. 17.

Riotte, L. 1988. Cultivo de huertos pequeños. Ed. Continental S.A. 1° Ed. México D.F. México. 26 p.

Rondón, S.; Becerra, N. Peña, H; Pinzón, H. 1996. Efecto de tres coberturas plásticas y dos sistemas de siembra en la fenología de la cebolla de bulbo (*Allium cepa*) en la Sabana de Bogotá. Agronomía Colombiana. XII (2):142-151.

Sade, A. 2000. Desinfección solar de suelos. Agricultura de las Américas. no. 5:14-16.

Suquilanda, M. 2001. Alternativas orgánicas en floricultura, (en línea). Consultado el 29 set 2001. Disponible en [http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/organicos/flores\\_organicas.htm](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/organicos/flores_organicas.htm)

Tisdale, S.; Nelson, W. 1987. Fertilidad de los suelos y fertilizante. Trad. J. Balash, Piña C. 1° Ed. D.F. México-México. Editorial UTEHA. 445-447 p.

Weier, E.; Stocking, R.; Barbour, M. 1979. Botánica. Trad. Agustín Contin. 1° Edición. D.F. México-México. Editorial Limusa. 493-498, 517-519 p.

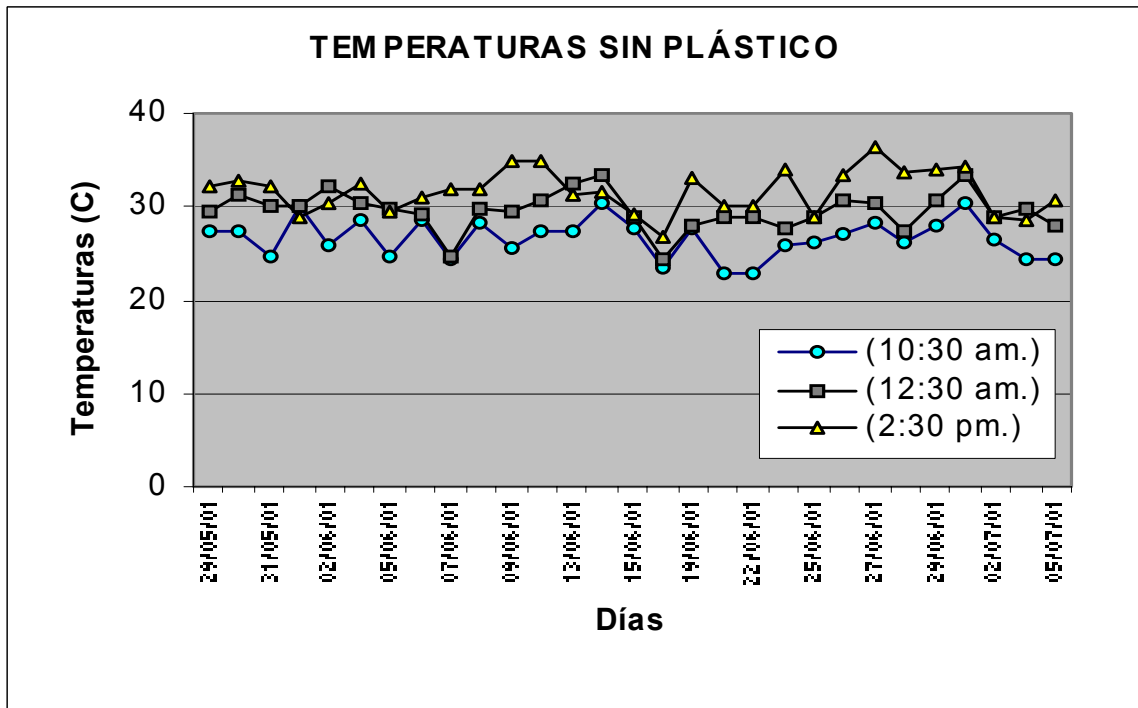
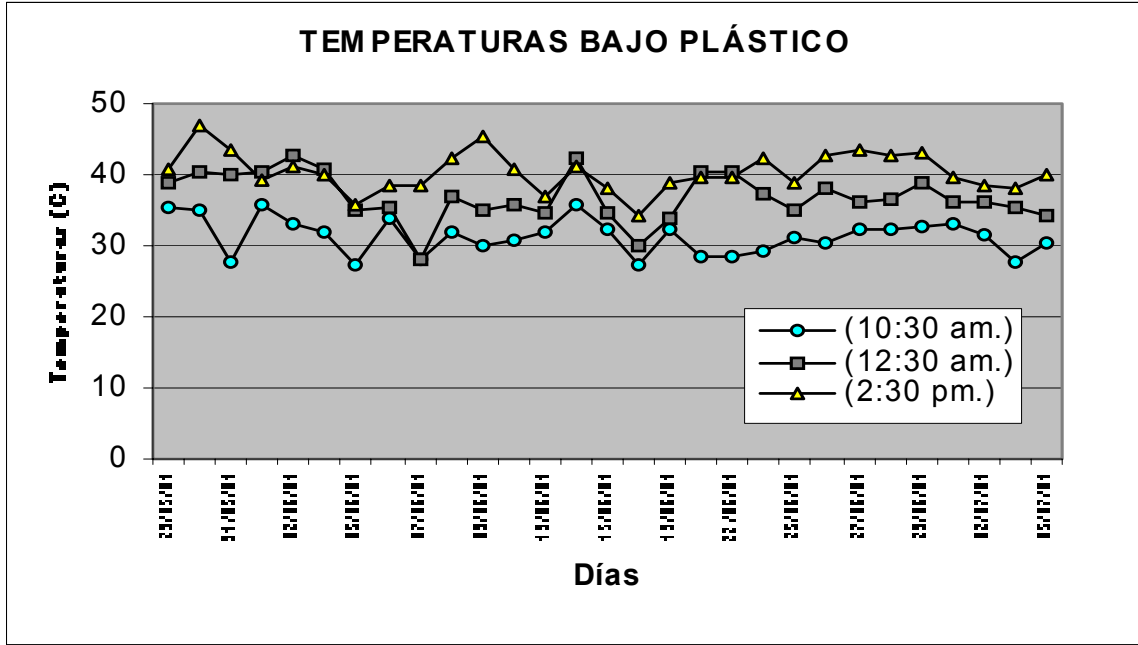
## **8. ANEXOS**

**Anexo 1.** Croquis del Diseño experimental.

**Anexo 2.** Aplicación de tratamientos



Anexo 3. Temperaturas del suelo



## Anexo 4. Análisis de suelo pre-tratamiento

Tratamientos	%			ppm (disponible)			
	pH	MO	N (total)	P	K	Ca	Mg
Solarización	6.76	2.34	0.11	34	380	1925	175
	7.08	3.09	0.15	128	556	2350	200
	7.12	2.53	0.12	85	432	2250	150
	7.47	2.65	0.13	108	440	2175	152
Cal + ceniza	7.05	1.74	0.08	16	326	1750	155
	7.40	2.11	0.10	44	418	2175	175
	7.36	1.98	0.09	40	378	2000	150
	7.35	2.32	0.11	53	394	2300	185
Bromuro de metilo	7.32	2.43	0.12	24	358	1825	177
	7.31	1.72	0.08	40	400	2050	157
	7.43	2.55	0.12	63	566	2450	192
	7.46	2.18	0.10	57	448	2250	177
Ceniza	7.16	2.44	0.12	24	370	1925	177
	7.31	1.86	0.09	30	362	1925	147
	7.32	2.10	0.10	47	390	2100	160
	7.27	2.36	0.11	30	318	1900	150
Testigo	7.22	1.59	0.07	15	316	1725	142
	7.42	1.91	0.09	29	378	2025	152
	7.24	2.50	0.12	47	436	2225	187
	7.46	2.37	0.11	59	444	2375	190
Cal	7.13	1.66	0.08	14	296	1775	142
	7.32	2.24	0.11	50	424	2275	185
	7.23	2.17	0.10	54	402	2350	175
	7.22	1.85	0.09	35	390	1975	150
Basamid	7.25	1.53	0.07	15	328	1725	140
	7.32	1.98	0.09	45	392	2225	170
	7.38	2.1	0.1	64	440	2575	187
	7.29	1.92	0.09	32	402	1950	150

pH = Potencial de hidrógeno

MO = Materia orgánica

N = Nitrógeno

P = Fósforo

K = Potasio

Ca = Calcio

Mg = Magnesio

ppm = Partes por millón



## Anexo 5. Análisis de suelo post-tratamiento

Tratamientos	%			ppm (disponible)			
	pH	MO	N	P	K	Ca	Mg
Solarización	6.82	1.7	0.08	21	358	1925	172
	6.86	2.34	0.11	42	478	2350	225
	7.12	1.76	0.08	38	356	2050	155
	7.15	1.84	0.09	50	440	2175	185
Cal + ceniza	8.53	1.71	0.08	18	382	5675	425
	8.41	2.22	0.11	32	506	5500	352
	8.62	1.97	0.09	37	512	8500	1017
	8.80	2.44	0.12	46	518	7850	680
Bromuro de metilo	7.32	2.22	0.11	44	436	2150	190
	7.32	2.22	0.11	44	436	2150	190
	7.32	2.22	0.11	44	436	2150	190
	7.32	2.22	0.11	44	436	2150	190
Ceniza	8.21	2.20	0.11	35	484	6750	1025
	8.29	2.01	0.10	38	502	6250	925
	8.59	2.01	0.10	48	670	11850	1845
	7.29	2.46	0.12	34	352	1925	165
Testigo	7.32	1.76	0.08	22	366	1800	155
	7.40	1.95	0.09	31	368	1850	150
	7.25	2.39	0.11	38	428	1900	185
	7.37	2.21	0.11	56	416	2375	192
Cal	8.53	1.71	0.08	18	382	5675	425
	8.41	2.22	0.11	32	506	5500	352
	8.62	1.97	0.09	37	512	8500	1017
	8.80	2.44	0.12	46	518	7850	680
Basamid	7.27	1.71	0.08	19	330	1850	147
	7.77	2.04	0.10	53	578	2225	180
	7.56	2.29	0.11	64	544	2475	190
	7.52	2.04	0.10	31	374	2000	152

pH = Potencial de hidrógeno

MO = Materia orgánica

N = Nitrógeno

P = Fósforo

K = Potasio

Ca = Calcio

Mg = Magnesio

ppm = Partes por millón

**Anexo 6.** Cambios en los parámetros edáficos después de aplicados los tratamientos

Tratamientos	Cambios en el suelo después de aplicados los tratamientos							
	pH	%		Ppm				
		MO	N (total)	P	K	Ca	Mg	
Bromuro de metilo	0.06	-1.66	0.00	2.00	7.00	-6.25	-14.25	
Soalrización	-0.12	0.74	0.03	51.00	44.00	50.00	-11.00	
Basamid	-0.22	-0.13	-0.10	-2.75	-66.00	-18.75	-5.50	
Cal	-1.36	-0.10	0.00	5.00	-101.50	-4787.50	455.50	
Cal + ceniza	-1.30	-0.04	0.00	5.00	-100.50	-4825.00	-452.25	
Ceniza	-0.83	-0.02	0.00	-6.00	-142.00	-4731.25	-831.50	
Testigo	0.00	-0.01	0.00	0.75	-1.00	106.25	-2750.00	

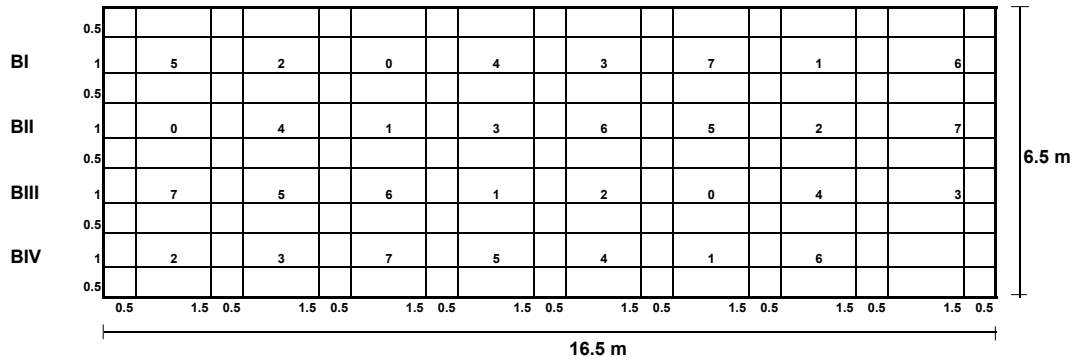
## Anexo 7. Costos diferenciales de tratamientos aplicados al suelo

<b>Costos Diferenciales de tratamientos aplicados al suelo</b>					
<b>Tratamiento</b>	<b>Concepto</b>	<b>Cantidad 1.2 m<sup>3</sup></b>	<b>Costo Lps./ 1.2 m<sup>3</sup></b>	<b>Cantidad 27 m<sup>3</sup></b>	<b>Costo Lps./ 27 m<sup>3</sup></b>
Bromuro de metilo	Lata de Bromuro de metilo	1 lata	98.00	14 latas	1,372
	Base con clavos	1base	2.00	14 bases	28
	Plástico transparente	0.56 kg	14.78	9.45 kg	250
	Aplicación	0.50 hr	5.50	11.25 hr	124
					<b>1,774</b>
		<b>6 m<sup>2</sup></b>		<b>135 m<sup>2</sup></b>	
Solarización	Plástico transparente	0.56 kg	14.78	9.45 kg	250
	Aplicación	0.50 hr	5.50	11.25 hr	124
					<b>324</b>
Basamid	Basamid	150.00 g	0.10	6.75 kg	688
	Plástico transparente	0.56 kg	14.78	9.45 kg	250
	Aplicación	0.50 hr	5.50	11.25 hr	124
					<b>1,062</b>
Cal + ceniza	Cal	5.45 kg	6.00	122.73 kg	272
	Ceniza	5.45 kg	3.00	122.73 kg	136
	Deshierba	0.50 hr	5.50	11.25 hr	124
	Aplicación	0.50 hr	5.50	11.25 hr	124
					<b>653</b>
Cal	Cal	5.45 kg	6.00	122.73 kg	272
	Deshierba	0.50 hr	5.50	11.25 hr	124
	Aplicación	0.30 hr	3.30	6.75	74
					<b>393</b>
Ceniza	Ceniza	5.45 kg	3.00	122.73 kg	136
	Deshierba	0.50 hr	5.50	11.25 hr	124
	Aplicación	0.30 hr	3.30	6.75	74
					<b>334</b>
Testigo	Deshierba	0.50 hr	5.50	11.25 hr	124
					<b>124</b>

**Anexo 8.**

<b>Costos Comunes de tratamientos aplicados al suelo</b>					
<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo unitario (Lps.)</b>	<b>Cantidad 6 m<sup>2</sup></b>	<b>Total Lps./ 6 m<sup>2</sup></b>	<b>Total Lps./ 135 m<sup>2</sup></b>
Preparación y aplicación	horas hombre	11.00	2.00 hr	22.00	495
Siembra	horas hombre	11.00	2.00 hr	22.00	495
Riego	horas	0.41	2.85 hr	1.16	260
Cosecha	horas hombre	11.00	1.50 hr	16.50	371
Semilla	gramos	3.52	5.10 g	17.95	404
					<b>1,791</b>

### CROQUIS



- TRATAMIENTOS:**

  - 0. SOLARIZACIÓN (9 semanas)**
  - 1. CAL**
  - 2. CENIZA**
  - 3. CAL + CENIZA**
  - 4. SOLARIZACIÓN (6 semanas)**
  - 5. BROMURO DE METILO**
  - 6. BASAMID**
  - 7. CONTROL**

# ANEXO 2

## APLICACION DE TRATAMIENTOS PREVIOS A LA SIEMBRA

