

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS**

Evaluación del solarizado para el control de patógenos del suelo y el efecto en la micorrización a nivel de vivero en cuatro especies de pino (*Pinus spp.*), en el municipio de Guatemala, Guatemala.

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FOR

MYNOR RENE BARRILLAS MUNOZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA**

**EN EL GRADO ACADEMICO DE**

**LICENCIADO**

GUATEMALA, MAYO DE 1999.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**RECTOR**

**Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

<b>DECANO:</b>	<b>Ing. Agr. JOSE ROLANDO LARA ALECIO</b>
<b>VOCAL PRIMERO:</b>	<b>Ing. Agr. JUAN JOSE CASTILLO MONT</b>
<b>VOCAL SEGUNDO:</b>	<b>Ing. Agr. WILLIAM ROBERTO ESCOBAR LOPEZ</b>
<b>VOCAL TERCERO</b>	<b>Ing. Agr. ALEJANDRO ARNOLDO HERNANDEZ FIGUEROA</b>
<b>VOCAL CUARTO:</b>	<b>Br. OSCAR JAVIER GUEVARA PINEDA</b>
<b>VOCAL QUINTO:</b>	<b>Br. JOSE DOMINGO MENDOZA PINEDA</b>
<b>SECRETARIO:</b>	<b>Ing. Agr. GUILLERMO E. MENDEZ BETETA</b>

Guatemala, mayo de 1999

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores miembros:

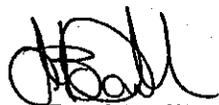
De conformidad con la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

**EVALUACION DEL SOLARIZADO PARA EL CONTROL DE PATOGENOS DEL SUELO Y EL EFECTO EN LA MICORRIZACION A NIVEL DE VIVERO EN CUATRO ESPECIES DE PINO (*Pinus spp.*), EN EL MUNICIPIO DE GUATEMALA, GUATEMALA.**

Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que la presente investigación llene los requisitos necesarios para la aprobación, me suscribo,

Atentamente,

  
Mynor René Barillas Muñoz

**ACTO QUE DEDICO****A:****DIOS**                      **Supremo creador del universo****MIS PADRES****Mario René Barillas Araujo  
María Tereza Muñoz Pineda de Barillas, con todo mi corazón****MI ESPOSA****Dalia Cristina Samayoa Sosa de Barillas, con todo mi amor****MIS HIJOS****Mynor René Barillas Samayoa y  
Dalia Cristina Barillas Samayoa, con todo mi amor****MIS HERMANAS****Dulce Yohana Barillas Muñoz de Melgar  
Karla Renata Barillas Muñoz de Alvarez****MIS ABUELOS****José Esteban Muñoz (QEPD)  
Josefina Pineda de Muñoz (QEPD)  
Mario Barillas (QEPD)  
Graciela Araujo con todo mi corazón y admiración****MIS TIOS, TIAS,****PRIMOS Y PRIMAS SOBRINOS Y SOBRINAS y familia en general con todo mi cariño****MIS AMIGOS Y AMIGAS con toda mi amistad**

**TESIS QUE DEDICO****A:****GUATEMALA.****UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.****FACULTAD DE AGRONOMIA.****A LAS COMUNIDADES RURALES DEL PAIS****Y EN ESPECIAL A:**

**EL INGENIERO AGRONOMO Msc. LUIS FERNANDO ORTIZ CASTILLO,  
COMO UN HOMENAJE POSTUMO, AL EXTINTO PROFESIONAL QUE  
DEJO UN VIRTUAL EJEMPLO DE LA EXCELENCIA EN DOCENCIA Y  
PROFESIONALISMO EN LA APLICACIÓN DEL CONOCIMIENTO  
CIENTIFICO EN EL MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES DEL PAIS  
EN BENEFICIO DE LAS COMUNIDADES RURALES.**

**DESCANSE EN PAZ.**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco muy especialmente a mi asesor Ing. Gustavo Adolfo Alvarez Valenzuela por la orientación y valiosa asesoría en todo momento en la realización de la presente tesis.

Agradezco a mis amigos de ayer, hoy y siempre Ing. Msc. Eddi Díaz Visquera e Ing. Josué Iván Morales Dardón, por su apoyo incondicional.

Agradezco al Ing. Agr. Msc. José Miguel Leiva por el apoyo brindado en mi formación académica.

Agradezco al Instituto Nacional de Bosques y en especial al Proyecto de Fortalecimiento Forestal Municipal y Comunal "BOSCOM" por haberme brindado la oportunidad de desarrollar en sus instalaciones la presente tesis.

Agradezco a los microempresarios viveristas Fermin Balan y Carlos Monroy por su apoyo en la fase de campo en la realización de la presente tesis.

## CONTENIDO GENERAL

Página

INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE CUADROS.....	x
RESUMEN.....	xiv
1 INTRODUCCION.....	1
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
3 MARCO TEORICO.....	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	3
3.1.1 ESPECIES DE PINO EN ESTUDIO.....	3
A. Pino candelillo ( <i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore).....	3
B. Pino colorado ( <i>P. oocarpa</i> Schiede).....	3
C. Pino triste ( <i>P. pseudostrobus</i> Lindley).....	3
D. Pino del Petén ( <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> ).....	4
3.1.2 PROPAGACION DE PINO EN SEMILLEROS.....	4
A. Tipos de semilleros.....	4
B. Manejo del semillero.....	5
C. Llenado de bolsa.....	5
D. Repique o trasplante.....	6
3.1.3 MICORRIZAS.....	6
A. Importancia de las micorrizas en el pino.....	6
B. Hongos micorrícicos asociados al pino.....	7
C. Formas de inoculación.....	7
3.1.4 MAL DEL TALLUELO.....	8
A. Géneros de hongos que causan mal del talluelo.....	8
B. Prevención y control del mal del talluelo.....	8
3.1.5 NEMATODOS QUE AFECTAN AL PINO.....	9
3.1.6 SOLARIZACION.....	10
A. Principio.....	10
B. Condiciones para la solarización.....	10
C. Temperatura del suelo y período de exposición solar.....	11
D. Humedad del suelo.....	11
E. Intensidad de la radiación solar.....	12
F. Tipo y grosor del plástico.....	12
G. Plagas principales controladas con la solarización.....	12
H. Efectos del solarizado.....	13
I. Ventajas del solarizado.....	14
J. Limitaciones del solarizado.....	15
3.1.7 AGROQUIMICO A EVALUAR.....	15
A. Nombre técnico y comercial.....	15
B. Denominación química y fórmula estructural.....	15
C. Propiedades físicas y químicas.....	16
D. Propiedades biológicas.....	16
E. Espectro de acción.....	17
3.2 MARCO REFERENCIAL.....	17
4 OBJETIVOS.....	19

	Página
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	19
5 HIPOTESIS.....	20
6 METODOLOGIA.....	20
6.1 UBICACIÓN.....	20
6.2 ENSAYO EN FASE DE SEMILLERO.....	20
6.3 ENSAYO EN FASE DE BOLSA.....	20
6.4 TRATAMIENTOS.....	21
6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	21
6.5.1 ENSAYO EN FASE DE SEMILLERO.....	22
6.5.2 ENSAYO EN FASE DE BOLSA.....	22
A. MODELO ESTADISTICO.....	22
6.6 VARIABLES DE RESPUESTA.....	22
6.6.1 ENSAYO EN FASE DE SEMILLERO.....	22
A. Incidencia de la enfermedad.....	23
B. Poblaciones de nematodos.....	23
6.6.2 ENSAYO EN FASE DE BOLSA.....	23
A. Incidencia de la enfermedad.....	23
B. Incidencia de micorrizas.....	24
C. Poblaciones de nematodos.....	24
D. Biomasa.....	24
E. Altura.....	24
6.7 MONTAJE DEL EXPERIMENTO.....	24
6.7.1 Selección del área experimental.....	24
6.7.2 Distribución de los tratamientos.....	25
A. Ensayo en fase de semillero.....	25
B. Ensayo en fase de bolsa.....	25
6.8 APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	25
6.8.1 Solarizado.....	26
6.8.2 Testigo químico.....	26
6.8.3 Testigo absoluto.....	26
6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	26
6.9.1 Ensayo en semilleros.....	27
A. Preparación de sustrato.....	27
B. Siembra.....	27
C. Riego.....	27
D. Control de plagas.....	27
6.9.2 Ensayo en fase de bolsa.....	27
A. Preparación de sustrato.....	28
B. Trasplante.....	28
C. Riego.....	28
D. Control de plagas.....	28
E. Control de malezas.....	28
6.10 ANALISIS DE LA INFORMACION.....	28
6.10.1 Análisis de varianza.....	28
A. Ensayo en fase de semillero.....	28
B. Ensayo en fase de bolsa.....	29

	Página
7 RESULTADOS Y DISCUSION.....	30
7.1 ENSAYO EN FASE DE SEMILLERO.....	30
7.1.1 Incidencia de la enfermedad.....	31
A. Pino candelillo.....	33
B. Pino colorado.....	34
C. Pino triste.....	36
D. Pino del Petén.....	38
7.2 ENSAYO EN FASE DE BOLSA.....	39
7.2.1 Incidencia de la enfermedad.....	40
7.2.2 Incidencia de micorrizas.....	43
7.2.3 Biomasa.....	46
7.2.4 Altura.....	49
8 CONCLUSIONES.....	51
9 RECOMENDACIONES.....	53
10 BIBLIOGRAFIA.....	54
11 APENDICE.....	56

## INDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1	Incidencia del mal del talluelo en 4 especies de pino en fase de semillero bajo diferentes tratamientos.....32
FIGURA 2	Incidencia del mal del talluelo en 4 especies de pino en fase de bolsa bajo diferentes tratamientos.....41
FIGURA 3	Eficiencia en el control del mal del talluelo en 4 especies de pino en fase de bolsa bajo diferentes tratamientos.....43
FIGURA 4	Incidencia de micorrizas en 4 especies de pino en fase de bolsa bajo diferentes tratamientos.....44
FIGURA 5	Comportamiento del peso seco de 4 especies de pino en fase de de bolsa bajo diferentes tratamientos.....48
FIGURA 6	Comportamiento de la altura de plántula de 4 especies de pino en fase de bolsa bajo diferentes tratamientos.....50
FIGURA "7 A"	Comportamiento de la radiación solar durante el período de aplicación del solarizado.....57

## INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1	Tratamientos evaluados para el control de patógenos del suelo en fases de semillero y bolsa.....21
Cuadro 2	Incidencia del mal del talluelo en cuatro especies de pino bajo diferentes tratamientos en la fase de semillero.....32
Cuadro 3	Promedio de sobrevivencia de plántulas de <i>P. maximinoi</i> H. E. Moore por unidad experimental bajo diferentes tratamientos en la fase de semillero.....34
Cuadro 4	Promedio de sobrevivencia de plántulas de <i>P. oocarpa</i> Schiede por unidad experimental bajo diferentes tratamientos en la fase de semillero.....36
Cuadro 5	Promedio de sobrevivencia de plántulas de <i>P. pseudostrobus</i> Lindley por unidad experimental bajo diferentes tratamientos en la fase de semillero.....37
Cuadro 6	Promedio de sobrevivencia de plántulas de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> por unidad experimental bajo diferentes tratamientos en la fase de semillero.....39
Cuadro 7	Incidencia del mal del talluelo en cuatro especies de pino bajo diferentes tratamientos en la fase de bolsa.....42
Cuadro 8	Incidencia de micorriza en cuatro especies de pino bajo diferentes tratamientos en la fase de bolsa.....44
Cuadro 9	Comportamiento del peso seco de plántulas de cuatro especies de pino bajo diferentes tratamientos.....47
Cuadro 10	Comportamiento de la altura de cuatro especies de pino en fase de bolsa bajo diferentes tratamientos.....49
Cuadro 11 "A"	Porcentaje de germinación en semillero de <i>P. maximinoi</i> H. E. Moore bajo diferentes tratamientos.....58
Cuadro 12 "A"	Porcentaje de germinación en semillero de <i>P. oocarpa</i> Schiede bajo diferentes tratamientos.....58
Cuadro 13 "A"	Porcentaje de germinación en semillero de <i>P. pseudostrobus</i> Lindley bajo diferentes tratamientos. ....58
Cuadro 14 "A"	Porcentaje de germinación en semillero de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> bajo diferentes tratamientos.....58

	Página
Cuadro 15 "A"	Porcentaje de incidencia del mal del talluelo en <i>P. maximinoi</i> H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en fase de semillero.....59
Cuadro 16 "A"	Porcentaje de incidencia del mal del talluelo en <i>P. oocarpa Schiede</i> bajo diferentes tratamientos en fase de semillero.....59
Cuadro 17 "A"	Porcentaje de incidencia del mal del talluelo en <i>P. pseudostrobis Lindley</i> bajo diferentes tratamientos en fase de semillero.....59
Cuadro 18 "A"	Porcentaje de incidencia del mal del talluelo en <i>P. caribaea var. hondurensis</i> bajo diferentes tratamientos en fase de semillero.....59
Cuadro 19 "A"	Porcentaje de incidencia del mal del talluelo en <i>P. maximinoi</i> H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....60
Cuadro 20 "A"	Porcentaje de incidencia del mal del talluelo en <i>P. oocarpa Schiede</i> bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....60
Cuadro 21 "A"	Porcentaje de incidencia del mal del talluelo en <i>P. pseudostrobis Lindley</i> bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....60
Cuadro 22 "A"	Porcentaje de incidencia del mal del talluelo en <i>P. caribaea var. hondurensis</i> bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....60
Cuadro 23 "A"	Porcentaje de incidencia de micorriza en <i>P. maximinoi</i> H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....61
Cuadro 24 "A"	Porcentaje de incidencia de micorriza en <i>P. oocarpa Schiede</i> bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....61
Cuadro 25 "A"	Porcentaje de incidencia de micorriza en <i>P. pseudostrobis Lindley</i> bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....61
Cuadro 26 "A"	Porcentaje de incidencia de micorriza en <i>P. caribaea var. hondurensis</i> bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....61
Cuadro 27 "A"	Peso seco en miligramos en <i>P. maximinoi</i> H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en fase bolsa.....62
Cuadro 28 "A"	Peso seco en miligramos en <i>P. oocarpa Schiede</i> bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....62
Cuadro 29 "A"	Peso seco en miligramos en <i>P. pseudostrobis Lindley</i> bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....62
Cuadro 30 "A"	Peso seco en miligramos en <i>P. caribaea var. hondurensis</i> bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....62

Cuadro 31 "A"	Peso seco en miligramos en <i>P. maximinoi</i> H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....	63
Cuadro 32 "A"	Peso seco en miligramos en <i>P. oocarpa</i> Schiede bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....	63
Cuadro 33 "A"	Peso seco en miligramos en <i>P. pseudostrobis</i> Lindley bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....	63
Cuadro 34 "A"	Peso seco en miligramos en <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....	63
Cuadro 35 "A"	Altura en centímetros en <i>P. maximinoi</i> H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....	64
Cuadro 36 "A"	Altura en centímetros en <i>P. oocarpa</i> Schiede bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....	64
Cuadro 37 "A"	Altura en centímetros en <i>P. pseudostrobis</i> Lindley bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....	64
Cuadro 38 "A"	Altura en centímetros en <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.....	64
Cuadro 39 "A"	Análisis de varianza para la variable incidencia de la enfermedad en <i>P. maximinoi</i> H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en semillero.....	65
Cuadro 40 "A"	Análisis de varianza para la variable incidencia de la enfermedad en <i>P. oocarpa</i> Schiede bajo diferentes tratamientos en semillero.....	65
Cuadro 41 "A"	Análisis de varianza para la variable incidencia de la enfermedad en <i>P. pseudostrobis</i> Lindley bajo diferentes tratamientos en semillero.....	65
Cuadro 42 "A"	Análisis de varianza para la variable incidencia de la enfermedad en <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> bajo diferentes tratamientos en semillero.....	66
Cuadro 43 "A"	Análisis de varianza para la variable incidencia de la enfermedad en <i>P. maximinoi</i> H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en bolsa.....	66
Cuadro 44 "A"	Análisis de varianza para la variable incidencia de la enfermedad en <i>P. oocarpa</i> Schiede bajo diferentes tratamientos en bolsa.....	66
Cuadro 45 "A"	Análisis de varianza para la variable incidencia de la enfermedad en <i>P. pseudostrobis</i> Lindley bajo diferentes tratamientos en bolsa.....	67
Cuadro 46 "A"	Análisis de varianza para la variable incidencia de la enfermedad en <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> bajo diferentes tratamientos en bolsa.....	67

Cuadro 47 "A"	Análisis de varianza para la variable incidencia de micorriza en <i>P. maximinoides</i> H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en bolsa.....	67
Cuadro 48 "A"	Análisis de varianza para la variable incidencia de micorriza en <i>P. oocarpa</i> Schiede bajo diferentes tratamientos en bolsa.....	68
Cuadro 49 "A"	Análisis de varianza para la variable incidencia de micorriza en <i>P. pseudostrobilus</i> Lindley bajo diferentes tratamientos en bolsa.....	68
Cuadro 50 "A"	Análisis de varianza para la variable incidencia de micorriza en <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> bajo diferentes tratamientos en bolsa.....	68
Cuadro 51 "A"	Análisis de varianza para la variable peso seco en <i>P. maximinoides</i> H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en bolsa.....	69
Cuadro 52 "A"	Análisis de varianza para la variable peso seco en <i>P. oocarpa</i> Schiede bajo diferentes tratamientos en bolsa.....	69
Cuadro 53 "A"	Análisis de varianza para la variable peso seco en <i>P. pseudostrobilus</i> Lindley bajo diferentes tratamientos en bolsa.....	69
Cuadro 54 "A"	Análisis de varianza para la variable peso seco en <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> bajo diferentes tratamientos en bolsa.....	70
Cuadro 55 "A"	Análisis de varianza para la variable altura en <i>P. maximinoides</i> H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en bolsa.....	70
Cuadro 56 "A"	Análisis de varianza para la variable altura en <i>P. oocarpa</i> Schiede bajo diferentes tratamientos en bolsa.....	70
Cuadro 57 "A"	Análisis de varianza para la variable peso seco en <i>P. pseudostrobilus</i> Lindley bajo diferentes tratamientos en bolsa.....	71
Cuadro 58 "A"	Análisis de varianza para la variable peso seco en <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> bajo diferentes tratamientos en bolsa.....	71

"EVALUACION DEL SOLARIZADO PARA EL CONTROL DE PATOGENOS DEL SUELO Y EL EFECTO EN LA MICORRIZACION EN CUATRO ESPECIES DE PINO (*Pinus* spp.), EN EL MUNICIPIO DE GUATEMALA, GUATEMALA."

"SOLAR HEATING EVALUATION FOR SOIL PATOGENICS CONTROL AND THE MICORRIZATION EFFECT IN A TREE NURSERY LEVEL OF FOUR SPECIES OF PINE (*Pinus* spp.), IN GUATEMALA, GUATEMALA."

"RESUMEN"

El propósito de la presente investigación fue establecer el efecto del solarizado para el control de patógenos del suelo incitantes del mal del talluelo, así como en la presencia de micorrizas en cuatro especies de pino: pino candelillo (*Pinus maximinoi* H. E. Moore), pino colorado (*P. oocarpa* Schiede), pino triste (*P. pseudostrobus* Lindley) y pino del Petén (*P. caribaea* var. *hondurensis*). Se evaluaron cuatro tratamientos, solarizado en períodos de ocho y seis semanas, Dazomet (tratamiento químico) y un testigo absoluto. La investigación se realizó en el vivero forestal ubicado en las instalaciones de Programas y Proyectos del Instituto Nacional de Bosques, ubicadas en la Ciudad Cápital.

Para la aplicación del solarizado se utilizó una cubierta de plástico transparente, denominado Ecocontrol, el cual fue colocado en el período comprendido de la primer semana de junio y la ultima de julio de 1997. Del producto químico se aplicaron 40 gramos por metro cuadrado. Los tratamientos fueron aplicados escalonadamente con el propósito de que el día de siembra fuera el mismo para todos.

Se realizaron dos ensayos, uno en fase de semillero y el otro en fase de bolsa, para cada ensayo los tratamientos evaluados fueron los mismos. En el ensayo efectuado en fase de semillero, se estableció que los tratamientos de solarizado y químico presentaron la menor incidencia de la enfermedad. En el ensayo realizado en fase de bolsa, los tratamientos solarizado y químico no fueron afectados por el mal del talluelo.

Se determinó para ambos ensayos que el solarizado correspondiente a seis semanas fue el mejor tratamiento para las condiciones en que se realizó este ensayo, por cuanto controló efectivamente la incidencia de hongos incitantes de la enfermedad del mal del talluelo, así como favoreció la micorrización de las cuatro especies de pino consideradas en el estudio con porcentajes de micorrización superiores al 98%, lo cual fue logrado en menor tiempo.



## 1. INTRODUCCION

El pino candelillo (*Pinus maximinoi* H. E. Moore), el pino colorado (*P. oocarpa* Schiede), el pino triste (*P. pseudostrobus* Lindley) y el pino del Petén (*P. caribaea* var. *hondurensis*) son especies ampliamente utilizadas por la industria forestal nacional debido a las características de su madera en cuanto a color, olor aromático y agradable, textura y superficie medianamente lustrosa.

La semilla de estas especies es escasa y de alto costo, su precio oscila entre Q. 750.00 y Q. 1250.00 el kilogramo (15), siendo necesario utilizar métodos de reproducción que garanticen eficiencia en su utilización. La reproducción de pino en vivero se ve afectada por el daño ocasionado por la enfermedad fungosa conocida como el mal del talluelo, la cual ha sido controlada mediante la utilización de agroquímicos, pero a un costo elevado en los aspectos económico, ambiental y de salud humana.

El método del solarizado se constituye en una alternativa de solución a dicha problemática en virtud de su fácil aplicación, bajo costo y no ocasiona daños en la salud humana, además utiliza la energía solar como insumo principal, la cual no tiene costo económico, además favorece el trasplante, con mayor cantidad de plantulas efectivas para el trasplante, obteniéndose plantulas sanas y vigorosas.

La investigación se realizó en el vivero forestal "Javier López" en las instalaciones de Programas y Proyectos del Instituto Nacional de Bosques, en el periodo comprendido de mayo a octubre de 1998, planteando determinar el periodo de exposición solar que presente un mayor control de los patógenos del suelo que causan mal del talluelo, además se investigó el efecto sobre la presencia de micorrizas en pino.

Se realizaron dos ensayos, uno en fase de semillero y el otro en fase de bolsa. En ambos se evaluaron dos periodos de aplicación de solarizado al material sustrato, siendo estos de seis y ocho semanas, además se estableció un testigo absoluto y un tratamiento químico, las variables de respuesta consideradas en la investigación fueron para el ensayo en semillero, el porcentaje de incidencia de la enfermedad y para el ensayo en bolsas, el porcentaje de incidencia de la enfermedad, el porcentaje de incidencia de micorrizas, poblaciones de nematodos, biomasa y altura de las plántulas.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La reproducción de especies forestales en vivero, presenta serias complicaciones en cuanto a pérdidas por daños ocasionados por la enfermedad fungosa conocida como mal del talluelo; siendo las especies de pino las más afectadas por su alta susceptibilidad a esta enfermedad (17).

La disponibilidad de semilla de pino en Guatemala es escasa y de alto costo, siendo distribuida a nivel nacional únicamente por el Banco de Semillas Forestales (BANSEFOR) del Instituto Nacional de Bosques (INAB) y pocas empresas privadas. Además este género presenta la característica de producir semillas bianualmente.

En reproducción de plantas en viveros forestales, se han logrado buenos resultados con el control químico al obtener plantulas sanas y vigorosas, disminuyendo las pérdidas por incidencia del mal del talluelo (17), pero este método se está cuestionando su funcionalidad, por los altos costos económicos incurridos en su utilización y los riesgos de daño a la salud humana y al medio ambiente. Además, existe la incertidumbre del efecto que pudieran causar los agroquímicos en la presencia de micorrizas en el material sustrato utilizado en la reproducción de pino en vivero.

Las pérdidas en un vivero forestal ocasionadas por el mal del talluelo no se limitan únicamente a elevar los costos de producción o dejar de percibir ingresos provenientes de su venta, además tiene repercusiones si la producción tiene por objetivo realizar plantaciones para ingresarlas al Programa de Incentivos Forestales del INAB, y gozar de los beneficios financieros que brinda el estado por realizar esta actividad.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

##### 3.1.1 Especies de pino en estudio.

Las especies consideradas en el estudio son de amplia distribución natural en el territorio nacional y de importancia para la industria forestal por las características de su madera, presentando tonalidades en su color que va de amarillo pálido a castaño, textura fina a media, grano recto, superficie medianamente lustrosa y olor aromático agradable (18).

Estas especies pueden utilizarse en construcciones livianas, revestimientos, mueblería, carpintería, ebanistería, juguetes, contrachapados, postes para líneas de transmisión eléctrica y telefónica (tratados), pulpa de papel, artesanías, etc.; además son utilizadas para leña y carbón, y uso industrial, pues de su resina se pueden obtener productos como pinturas, barnices, aceites, gomas resinas sintéticas, productos químicos y farmacéuticos (18).

##### A. Pino candelillo (*Pinus maximinoi* H. E. Moore)

El *P. maximinoi* conocido también como pino blanco o candelillo, es un árbol que alcanza de 15 a 30 m de altura con corteza lisa durante tiempo prolongado, las ramas son numerosas y erguidas formando copa redondeada, acículas en grupos de cinco de 20 a 25 cm de largo, muy flexibles, delgadas y colgantes de color verde claro con tinte amarillo (17). Esta especie se encuentra distribuida en los departamentos de Alta Verapaz, Quiché, El Progreso, Zacapa, Chiquimula, Jalapa, Guatemala, Sacatepéquez, Sololá y Santa Rosa en altitudes de 1,100 a 2,400 m.

##### B. Pino colorado (*P. oocarpa* Schiede)

Es la conífera de mayor distribución en el país, también conocida como pino de ocote, alcanza alturas de 12 a 18 m y se han encontrado arboles con 25 m de altura, se encuentra distribuido naturalmente entre los 1,000 a 2,700 msnm. Aparece formando rodales puros con pinos de varias especies, encontrándose en los departamentos de Quiché, Huehuetenango, Chimaltenango, Totonicapán, Santa Rosa, Guatemala, Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Progreso, Zacapa, Chiquimula, Jalapa y Jutiapa (2).

##### C. Pino triste (*P. pseudostrobus* Lindley)

Arbol que alcanza alturas de 10 a 30 metros, sus principales características lo constituyen las acículas formando

fascículos de tres con apariencia colgante, los conos presentan tamaños de 7 a 15 cm, esta especie se encuentra normalmente de 1,000 a 3,000 metros en Huehuetenango, San Marcos, Totonicapán, Quetzaltenango, Sololá, Chimaltenango, Chiquimula, Alta Verapaz y Baja Verapaz, Jalapa, Guatemala, El Progreso, Quiché y Santa Rosa (2).

#### **D. Pino del Petén (*P. caribaea* var. *hondurensis*)**

Arbol de 15 a 30 m de alto alcanza diámetros de 1 m, ramas horizontalmente extensas, acículas cortas y decíduas usualmente en fascículos de tres, de 4 a 25 cm de largo, conos oblongos u ovoides de 4 a 12 cm de largo y 3.5 a 6 cm de ancho (5). Se encuentra naturalmente desde el nivel del mar hasta 1000 msnm, se adapta a rangos de temperatura mas altos que las otras especies en estudio, con precipitaciones de 1,900 mm/año, se encuentra distribuida naturalmente en el sureste del Petén, Alta Verapaz, Izabal y Zacapa (2,5).

### **3.1.2 Propagación de pino en semilleros**

#### **A. Tipos de semilleros**

En la reproducción de pino en vivero existen dos tipos de semilleros: a) camas de germinación, que son tabloncitos de material sustrato conformada por una mezcla de tierra con arena, colocadas en contacto directo con el suelo y; b) cajas germinadoras, que tienen la particularidad de ser recipientes transportables debido a sus dimensiones que oscilan de 0.35 a 0.45 m por lado y altura de 0.10 a 0.15 m, tienen la ventaja que pueden ser colocadas sobre otras estructuras para prevenir el ataque de animales de granja (gallinas, cerdos, vacas, etc.) (14,17).

En la reproducción de pino es común usar material sustrato utilizando solamente arena o una mezcla de suelo y arena, en la elaboración de semilleros y llenado de bolsa, regularmente tamizados con mallas de 1.4 mm y 5 mm respectivamente, con el propósito de eliminar objetos que puedan afectar el crecimiento del sistema radicular. El sustrato debe presentar contenidos bajos de limo y arcilla y el pH no mayor de 6 (17).

La siembra puede realizarse por surcos, por postura o al voleo, siendo la profundidad de siembra un factor que afecta el rendimiento del semillero, de tal manera que si es muy profunda retrasa o imposibilita la salida de la plántula, derivando la prolongación en el período de germinación y consecuentemente la susceptibilidad al ataque de patógenos, en contraste una siembra poco profunda deja la semilla expuesta al daño por el agua de riego y al ataque de aves y roedores, además puede propiciar la salida de la radícula de la cama de germinación y su consecuente secamiento. La profundidad de siembra recomendada es 1 ó 2 veces el diámetro de la semilla

(14,17). La distancia entre semillas puede ser el doble del diámetro de la semilla, se considera que una densidad adecuada para el pino es de 2,000 a 2,500 plantas/ m<sup>2</sup> (14).

Para los pinos tropicales es recomendable la siembra de una cantidad de semillas que rindan de 3,000 a 4,000 plántulas por metro cuadrado. A mayores densidades de siembra el riesgo de pérdidas causadas por el mal del talluelo es alto. En Malasia el *P. caribaea var. hodurensis* se siembra en surcos distantes 2.5 cm entre sí y a una densidad que produce 2,150 plántulas por metro cuadrado es decir un promedio de 1.8 cm entre plántulas a lo largo del surco. Es conveniente realizar un raleo de plántulas en el semillero, con el propósito de uniformizar la densidad a un promedio de 2,000 plántulas por metro cuadrado. Estas deben ser trasplantadas de 4 a 6 días después de la emergencia (17).

### **B. Manejo del semillero**

Para obtener buenos resultados, el riego debe realizarse a manera de mantener húmeda la cama de siembra debiendo efectuarse frecuentemente en pequeñas cantidades, considerando las condiciones de precipitación y temperatura del lugar. Cuando la germinación empieza es necesario reducir el riego para disminuir las posibilidades de ataque del mal de semillero.

El riego puede realizarse por capilaridad, nebulización o por medio de regaderas para lo cual es necesario cubrir la superficie de las camas con algún material que evite que las gotas de agua saquen las semillas a la superficie.

Es recomendable que la germinación se efectúe bajo sombra con el objeto de reducir variaciones de temperatura y consecuentemente conservar la humedad. La necesidad de sombra en esta etapa varía según las especies y las condiciones climáticas del lugar, en el caso del pino las plántulas recién emergidas pueden necesitarla si se presentan temperaturas mayores de 30 °C (17).

Los roedores y aves son atraídos por las semillas y el endospermo que queda dentro de la testa después de la germinación, situación que puede controlarse con la colocación de sombra con acículas de pino regularmente a una altura de 10 cm de la cama de germinación (17).

### **C. Llenado de bolsa**

El llenado de bolsas debe realizarse de tal manera que el drenaje y la aireación en el sustrato no sean limitante para el crecimiento del sistema radicular de las plántulas. Para llenar y acomodar 10,000 bolsas de un diámetro

de 7 cm y una altura de 15 cm se necesitan aproximadamente 6 metros cúbicos de material sustrato y 10 a 12 jornales, de preferencia se deberá evitar el uso de sustrato con altos contenidos de arcilla o arena, un sustrato franco es aceptable (14).

#### **D. Repique o trasplante**

El repique de pino se realiza a los tres o cuatro días después de la emergencia, siendo las causas más comunes de la muerte de las plántulas en esta etapa: el mal del talluelo, la exposición de las raíces al sol durante el repique, daño físico de la plántula, particularmente al hipocótilo, deficiente contacto de las raíces con el suelo debido a mala técnica en el llenado de bolsas, deformación de raíces y aplicación de riego excesiva o deficiente (17).

#### **3.1.3 MICORRIZAS**

Las micorrizas son estructuras especializadas que se desarrollan como resultado de una asociación simbiótica entre ciertas especies de hongos y las raíces de plantas superiores, en las raíces de pino la infección ocurre en partes específicas (4).

Existen dos tipos de micorriza según su ubicación en la raíz, las endótrofas que son observadas únicamente mediante el uso de microscopio y las ectótrofas apreciables a simple vista, pues su micelio cubre las raíces cortas con una vaina del mismo y penetra los espacios intercelulares de las células corticales extendiéndose el micelio por el suelo alrededor de la raíz (22). En general las formaciones ectótrofas pertenecen a hongos de la clase Basidiomicete del orden Agaricales y los hongos causantes de formaciones endótrofas a las especies *Endogone spp.* (17).

#### **A. Importancia de las micorrizas en el pino.**

Las micorrizas mejoran la absorción de agua y nutrientes, mediante el aumento considerable del área superficial debido a la hinchazón de las raíces, además convierten varias sustancias minerales y orgánicas en formas más asimilables por la plántula, derivado de esto un sustrato desprovista de micorrizas origina plántulas con limitaciones en su desarrollo (7, 17).

Las micorrizas protegen el sistema radicular mediante la presencia de micelio alrededor y dentro de la raíz formando una barrera física a la invasión de la misma por patógenos, además las micorrizas producen antibióticos, que protegen a las raíces sin micorriza en la misma plántula (17).

En los árboles micorrizados se favorece la producción de hormonas estimulantes del crecimiento, hay mayor acción radicular para absorción de agua y nutrientes, resistencia a ciertas enfermedades de las raíces, tolerancia a la sequía; así como resistencia a las altas temperaturas del suelo y valores extremos de pH, además favorecen la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, cobre, sodio, silicio, zinc, aluminio y boro los cuales pueden ser absorbidos mas fácilmente por las plantas (17).

### **B. Hongos micorrícicos asociados al pino.**

Torres Herrera (22), en un estudio realizado en la Cuenca del Río Villalobos encontró asociadas al pino, las siguientes especies de hongos micorrícicos, *Amanita caesarea*, *Amanita vanata*, *Boletus* sp., *Cantharellus* sp., *Laccaria* sp., *Lactarius rufus*, *Lactarius salmonicolor*, *Lactarius indigo*, *Helvella crispa* y *Rusulla emetica*; siendo aisladas en medio de cultivo estas dos ultimas e inoculadas en *P. maximinoi* y *P. oocarpa* obteniéndose resultados favorables en cuanto a incrementos de altura y peso de las plántulas, observándose preferencia de las dos especies de hongos a *P. oocarpa*, aunque no hubo diferencias significativas, *Helvella crispa* tuvo un mejor efecto en ambas especies de pino.

### **C. Formas de inoculación.**

En vivero puede inocularse micorriza al sustrato mediante la incorporación de suelo proveniente de un bosque de pino, repicando plántulas micorrizadas en los tablones que servirán de semillero, las distancias están en un rango de 1 a 2 metros entre plántulas, para que el crecimiento del micelio infecte las plántulas recién germinadas (17).

También puede inocularse las plántulas mediante el uso de esporas de hongos del grupo Gasteromicetos, tales como *Rhizopogon* sp., *Scleroderma* sp. y *Pisolithus* sp., capaces de producir numerosas esporas de fácil recolección y almacenamiento; la utilización de micelio ha sido otro método recomendado como el más sano biológicamente, una variedad de medios de cultivo y métodos de aislamiento puede ser usado en la obtención de

cultivo puro de hongos seleccionados (16,22).

### 3.1.4. Mal del talluelo

El mal del talluelo conocido también como mal del semillero, damping-off, ahogamiento, chamusquera, etc., ataca a las plántulas principalmente en los primeros dos meses de vida (1,10).

El mal del talluelo se presenta en varias etapas durante la germinación y el crecimiento de la planta, cuando la semilla se descompone o la plántula se pudre antes de emerger del suelo se le denomina preemergente, y postemergente, si el ataque ocurre en las plántulas emergidas (10,17).

Los síntomas del mal del talluelo se caracterizan por muerte de plantas de brote reciente, al extraer del suelo semillas germinadas o plantas marchitas se observa la pudrición de las semillas, embriones y del hipocótilo, así como estrangulamiento y la pudrición de tejidos (10).

#### A. Géneros de hongos que causan mal del talluelo.

Gómez y Gibson citados por Napier (16), han identificado más de 30 especies causantes de esta enfermedad. Estos hongos pueden vivir por largo tiempo en el suelo como parásitos o saprófitos y cuando las condiciones ambientales son favorables pueden llegar a convertirse en patógenos. Los géneros más frecuentemente responsables de causar el mal del talluelo en pino son *Fusarium* spp., *Phytophthora* spp., *Pythium* spp., y *Rhizoctonia* spp. (1,10).

#### B. Prevención y control del mal del talluelo

La prevención y control del mal del talluelo puede efectuarse mediante aplicación de técnicas culturales o control químico (1,16). La aplicación de técnicas culturales consiste en evitar espacios vacíos en el material

sustrato utilizado en las camas germinadoras y el llenado de bolsa, adecuada nivelación de la cama de germinación, utilizar sustrato con drenaje adecuado y el eficiente empleo de agua de riego (10).

Otros factores que favorecen la aparición del mal del semillero son la humedad excesiva, pH alcalino del material sustrato y/o del agua de riego, alto porcentaje de materia orgánica en el sustrato, uso de fertilizantes nitrogenados durante e inmediatamente después de la germinación, siembra muy profunda de la semilla, temperaturas altas, daño físico a la plántula y mala circulación del aire sobre los bancales (1,17).

La aplicación de control químico es una medida de prevención, tiene el inconveniente de que no existe seguridad de que se necesitará. Además, los químicos pueden tener efectos desconocidos ya que interfieren con el equilibrio de los microorganismos del suelo, así como puede impedir el desarrollo de la micorriza. Es de hacer notar que cuando aparecen los síntomas de la enfermedad en algunas plántulas, muchas otras ya están infectadas y será muy difícil salvarlas, con la aplicación de químicos se pretende proteger el resto (17).

### 3.1.5 Nematodos que afectan al pino

Diversos casos pueden citarse del ataque de nematodos en la producción de pino en vivero, en Estados Unidos se han realizado estudios de este tipo en los cuales se ha detectado que diferentes especies de nematodos han provocado daños al sistema radicular, por ejemplo en un vivero forestal en Florida la especie *Meloidodera floridensis*, se encontró infestando las raíces de los renuevos del pino del sur, *Pinus elliotti Engelm*; el nemátodo de agujón, *Belonolaimus gracilis*, fue registrado por primera vez como un parásito que dañaba las raíces de los retoños de pinos, *P. caribea* y *P. palustris* que se cultivaban en viveros en Georgia; el género *Pratylenchus* spp. ha sido encontrado atacando al *P. sylvestris* en viveros de Arkansas; en otro estudio efectuado se determinó que el nemátodo de daga *Xiphinema americanum* afecta el sistema radicular de *P. echinata* (6).

Steiner citado por Christie (6), observó que en Florida, el género *Hemicycliophora* spp. conocido como

nematodo de vaina, se alimenta de las raíces de plántulas de *P. caribaea*.

### 3.1.6 SOLARIZACION

La solarización del suelo es un proceso hidrotérmico basado en la utilización de películas de polietileno transparentes dispuestas sobre la superficie de suelo ya preparado y húmedo, expuestas a la radiación solar durante los meses de más altas temperaturas, creando condiciones de altas temperaturas en el suelo por el paso de la radiación solar a través de las cubiertas, que son absorbidas por el suelo húmedo, principalmente en el período de pre-siembra para controlar plagas y enfermedades del suelo (12, 21).

#### A. Principio

La mayoría de fitopatógenos del suelo, tienen carácter mesofílico. Estos son incapaces de crecer a temperaturas por encima de 31 ° C ó 32 °C, son eliminados directa o indirectamente por las temperaturas alcanzadas durante el calentamiento solar del suelo húmedo bajo las capas de polietileno, el cual restringe el escape de gases y vapor de agua del suelo. Algunos microorganismos termotolerantes y termofílicos, usualmente sobreviven a la solarización, no obstante, todos, si no son directamente inactivados por el calor, pueden ser vulnerables a cambios en las poblaciones de otros organismos benéficos que ejercen una forma de control biológico sobre ellos (21).

#### B. Condiciones para la solarización

El solarizado es efectivo al realizarlo bajo las condiciones siguientes: (21)

- a. La cobertura del suelo con el polietileno debe ser completada antes de la siembra, para evitar daños a la planta.
- b. El suelo durante la cobertura tiene que mantenerse húmedo para incrementar la sensibilidad termal del resto de estructuras del suelo y mejorar así, la conducción del calor.

- c. Preparación adecuada del terreno para evitar agregados que den mayor espacio entre ellos y se disminuya la capacidad conductora del calor del suelo. El plástico debe estar en contacto permanente con el suelo para evitar la formación de bolsas de aire, las que reducen la conducción de calor.
- d. El control debe extenderse en tiempo, para lograr un control más efectivo de los patógenos de las capas profundas, donde la temperatura será menor.
- e. Se recomienda la utilización de polietileno transparente y lo más delgado posible porque es material de bajo costo y puede transmitir mayor cantidad de radiación solar hacia el suelo.

### **C. Temperatura del suelo y período de exposición solar**

El control de los fitopatógenos del suelo durante la solarización depende de la temperatura y la duración del período de exposición, que son dos variables inversas. El calentamiento del suelo por la solarización es mayor en la superficie y decrece con la profundidad. Temperaturas máximas se encuentran comúnmente entre 25 a 55° C, a 5 cm de profundidad y rangos de 32 a 36° C a 45 cm. Estudios realizados indican que el control es comúnmente entre 10 a 30 cm (21).

### **D. Humedad del suelo**

El efecto hidrotermal dentro de la solarización en la desinfección de suelos, es también importante, junto con la temperatura. La temperatura máxima del suelo se incrementa con la humedad, actividades celulares de semillas y de crecimiento de microorganismos son favorecidos por la humedad, haciendo a éstos más vulnerables al efecto letal de altas temperaturas asociadas con la solarización (21).

La solarización del suelo es más efectiva cuando éste es saturado con agua a una capacidad de campo de 70% en la capa superior hasta una profundidad de 60 cm. La humedad conduce calor entre el suelo que provoca un incremento de sensibilidad térmica de los microorganismos haciéndolos más vulnerables al calor (21).

### **E. Intensidad de la radiación solar**

Por lo general, a mayor intensidad de radiación solar, existe una mayor temperatura del suelo y consecuentemente una alta reducción en las poblaciones de fitopatógenos y semillas de malezas (22).

La solarización es más efectiva en localidades con épocas de clima con altas temperaturas del medio y del suelo, días largos y sin vientos fuertes. Sin embargo, se han obtenido buenos resultados en estudios recientes en el altiplano central de Guatemala, al aplicar el método durante épocas frías, específicamente en Sacatepéquez, Gaytán (9) y Chimaltenango, López (16).

### **F. Tipo y grosor del plástico**

La película de polietileno claro es ideal para el calentamiento solar del suelo, porque es esencialmente transparente para la radiación solar. Es de bajo costo, fácil proceso, excelente resistencia química, reflexión y flexibilidad. Resiste bien a los efectos mecánicos del clima, libre de olor y toxicidad, baja permeabilidad al vapor de agua y a la resistencia de capas delgadas y transparentes (21).

El mayor porcentaje de transmitancia en el espectro visible y en el infrarrojo corto de la radiación solar, lo muestran los plásticos cristalinos. Asimismo, los plásticos más delgados son más eficientes que los de mayor espesura debido a su mejor adherencia a la superficie del suelo minimizando la presencia de bolsas de aire que ocasionarían el enfriamiento del mismo (21).

### **G. Plagas principales controladas con la solarización**

#### **a. Hongos fitopatógenos**

En arveja china en Sacatepéquez, Guatemala, en un estudio realizado por Gaitán (9), determinó que hongos como *Fusarium solani* Mart, *Rhizoctonia solani* Kuhn, *Fusarium oxysporum* y *Ascochyta* sp. fueron controlados en promedio y en mayor proporción por los tratamientos de solarizado, en 82.69%, 73.69%, 73.06%

y 71.41%, respectivamente.

El hongo *Plasmodiophora brassicae* Woronin, que causa la enfermedad denominada hernia de las crucíferas, cuyo principal daño es al cultivo del brocolí, ha sido disminuido en su incidencia hasta en un 100%, al aplicar el solarizado simple así como al utilizarlo en combinación con encalado, principalmente cal dolomítica, para elevar el pH necesario para que el hongo no sobreviva (16).

#### **b. Nematodos fitopatógenos**

El método del solarizado puede ser usado para el control de muchas especies de nematodos. Sin embargo, no es para todos efectivo, debido a que son móviles y pueden recolonizarse en el suelo rápidamente. La mayoría de los estudios realizados están referidos a *Meloidogyne* sp., una de las especies más importantes, sin embargo, en *Pratylenchus* sp. han revelado una mortalidad moderada de 50 a 60%, mientras que en *Ditiolenchus* sp., un 90% (18). Resultados recientes se han obtenido en el control de *Meloidogyne* sp., *Xiphinema* sp. *Longidorus* sp. *Aphelenchoides* sp. y *Tylenchus* sp., en el cultivo de arveja china (9).

#### **H. Efectos del solarizado**

- a. El solarizado estimula el crecimiento de micorrizas y otros organismos benéficos. Poblaciones de antagonistas se incrementan por el enriquecimiento del medio debido a la debilitación o muerte de las células de los patógenos (21).
- b. Se han reportado incrementos de bacterias del tipo estreptomyces que reducen patogenicidad y poblaciones de los patógenos del suelo.
- c. Con el solarizado se aumenta la cantidad de nutrientes asimilables por las plantas y aumenta la cantidad de

bacterias del tipo *Rhizobium* y *Bacillus*, contribuyendo a un marcado incremento en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos, además muchos de los microorganismos microbianos son muertos y degradados y liberan nutrientes minerales. Al aplicar los tratamientos del solarizado en adición con concentraciones de cal dolomítica, se han obtenido rendimientos de 25,795.50 kg/ha de brocolí (*Brassica oleracea var italica*) comparado con los resultados del testigo que fueron de 13,000 kg./ha (16).

- d. Muchas sustancias que aparecen naturalmente en el suelo son conocidas como fungistáticas, las cuales se acumulan en mejor forma bajo el polietileno para actuar sobre los patógenos (21). Incrementa los macro y micro elementos en la solución del suelo, destrucción de sustancias fitotóxicas y se han mejorado los agregados de este, se han reportado incrementos grandes en la concentración de nitratos, así como de los elementos cloro, potasio, sodio y magnesio.
- e. Semillas de muchas malezas anuales y perennes han sido controladas mediante la solarización del suelo. Semillas de pasto bermuda, (*Cynodon dactylum (L.) Pers*) y pasto Johnson (*Sorghum halepense (L.) Pers*) son controladas efectivamente (24).

Navarro citado por López (16), determinó que la solarización se ha mostrado efectiva contra las malezas de los géneros *Anagallis* spp., *Avena* spp., *Chenopodium* spp., *Convolvulus* spp., *Cynodon* spp. y *Digitaria* spp. La verdolaga (*Portulaca oleracea L.*) y bledo (*Amaranthus* spp.) son especies que han mostrado resistencia al solarizado, existiendo riesgo de rotura en las películas de polietileno al ejercer presión sobre los bordes y extremos, a medida que estas crecen (9).

#### **i. Ventajas del solarizado (13)**

- a. Elimina gran cantidad de patógenos del suelo.

- b. Influye en la fertilidad de los suelos, favoreciendo el desarrollo de las plantas.
- c. Favorece el crecimiento de organismos benéficos
- d. Es un método económico y no contaminante.
- e. Reduce riesgos de fitotoxicidad por altas temperaturas.
- f. Controla algunas especies de malezas.
- g. En áreas pequeñas no requiere maquinaria sofisticada.
- h. Se puede alternar satisfactoriamente con otros métodos.

#### **J. Limitaciones del solarizado (13)**

- a. En áreas extensas necesita de maquinaria para su aplicación.
- b. En áreas donde los agricultores pueden sembrar durante todo el año su uso se limita, ya que el suelo debe encontrarse libre del cultivo durante el proceso de solarización.
- c. Es muy costoso para algunos cultivos.
- d. Algunas plagas y patógenos son resistentes al control por presentar sobrevivencia a altas temperaturas durante el solarizado.
- e. La mayoría de resultados óptimos se obtienen en áreas o localidades donde se reportan temperaturas y radiación solar adecuadas para una solarización efectiva.

#### **3.1.7 Agroquímico a evaluar**

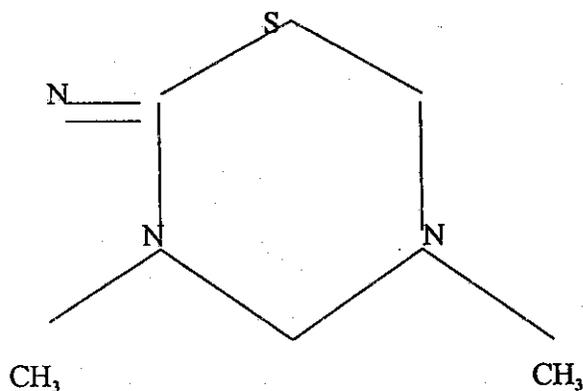
##### **A. Nombre técnico y comercial.**

El nombre técnico del agroquímico a evaluar es Dazomet y su nombre comercial, Basamid granulado, formulación al 98% (3).

##### **B. Denominación química y fórmula estructural.**

La denominación química es Tetrahidro-3,5-dimetil-2h-1,3,5-tiadizina-2-tiona; fórmula bruta  $C_5 H_{10} N_2 S_2$ .

La fórmula estructural se presenta a continuación:



### C. Propiedades físicas y químicas.

Estado sólido, cristalino, polvo blanco grisáceo,  $pf = 104 - 105$  grados centígrados, relativamente soluble en acetona y cloroformo.

### D. Propiedades biológicas.

En contacto con el suelo se desdobra en sustancias que poseen propiedades desinfectantes. Una de ellas es el metilisocianato, el cual posee un amplio espectro de acción en los organismos que contienen las partículas del suelo, el gas que se forma por la acción, se distribuye en los espacios libres y poros del suelo preferentemente en dirección a la superficie matando todos los organismos del suelo, la actividad depende de la concentración así como de su tiempo de acción sobre el organismo patógeno (3).

### E. Espectro de acción.

Hongos del suelo, *Phytium* spp., *Phytophthora* spp., *Fusarium* spp., *Aphanomyces* spp., *Didimella* spp.; nematodos fitopatógenos: *Pratylenchus* spp., *Paratylenchus* spp., *Tylenchus* spp., *Rotylenchus* spp., *Hoplolaimus* spp., *Xyphinema* sp., *Dolichodorus* spp., *Melodoygine* spp., *Heterodera* sp.; insectos del suelo de

las familias Elateridae, Noctuidae, Scarabidae. Así como en malezas y bacterias (3).

### 3.2 MARCO REFERENCIAL

Navarro citado por Paz (19), indica que se han realizado muchos trabajos de solarizado para el control de plagas (insectos, nemátodos, hongos, malezas, etc.) en hortalizas. Estados Unidos, España, Israel y Costa Rica han publicado documentos sobre el control de patógenos del suelo como: *Verticillium* spp., *Rhizoctonia solani* (Kunhn), *Sclerotium rolfsii* (Sacc), *Fusarium* spp. y *Phytium* spp.; malezas como: *Amaranthus* sp., *Anagallis* spp., *Capsella* spp., *Chenopodium* spp., *Cynodon* spp., *Digitaria* spp. y *Cyperus rotundus* L. y nematodos principalmente *Heliotylenchus* spp.

En Guatemala, Gaitán (1994), realizó un ensayo en el que evaluó el método del solarizado, para el control de patógenos del suelo, en arveja china, con resultados en la disminución de los porcentajes de incidencia de *Fusarium solani* (Mart) *F. oxysporum* (Schlechtend), *Rhizoctonia solani* (Kuhn) y *Ascochyta* sp., así como la reducción de población de algunos géneros de nematodos como *Melodoygine*, *Xiphinema*, *Longidorus* y *Trichodorus*, obteniéndose diferencias estadísticas entre los dos métodos de desinfestación evaluados (solarizado y químico) y el testigo absoluto.

El método de desinfestación por solarizado presentó un promedio de rendimiento de 3,906.23 kg/ha (vainas de arveja china, *Pisum sativum* L.), con los tratamientos de menor porcentaje de incidencia y mejor resultado económico, para 8 y 6 semanas de exposición a la radiación solar (9). López (1995), evaluó dos métodos físicos y un método químico para el control la hernia de las coles (*P. brassicae woronin*); los métodos físicos evaluados fueron el solarizado y el encalado y la combinación de ambos. Según los resultados obtenidos se concluyó que el solarizado es una alternativa para el control de la enfermedad por que incrementó el rendimiento en un 60 por ciento con respecto al testigo absoluto (16).

Solis (20), en su trabajo de tesis evaluó el solarizado en la desinfección de suelos para semilleros de café, con el propósito de establecer el tiempo adecuado de exposición al sol, concluyendo al respecto que a mayor tiempo de solarizado existe un mejor control, ya que el mejor tratamiento fue el de seis semanas, detectando que los géneros de hongos de mayor importancia por su presencia y daños fueron *Rhizoctonia* sp., *Sclerotium* sp., *Phoma* sp., *Fusarium* sp. y *Rosellinia* sp. (20).

Paz (19) evaluó cuatro periodos de solarizado, encalado y sus combinaciones para el control de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) en brocolí (*B. Oleracea* L. var. *italica* Plenck), estableció que los rendimientos fueron directamente proporcionales a los periodos de exposición del solarizado, El uso de cal proporciona una mayor eficiencia al solarizado para el control de la enfermedad, cuyo valor promedio de incidencia para los periodos evaluados fue de 1.79 % y rendimientos de 18391.80 kg/ha de floretes de brocolí.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 General

Determinar la eficiencia del solarizado para el control de hongos incitantes del mal del talluelo que afectan en la fase de vivero y su efecto en la micorrización en cuatro especies de pino.

### 4.2 Específicos:

- 4.2.1 Determinar el tiempo de exposición al solarizado con mejor efecto en el control de hongos incitantes del mal del talluelo que afectan al pino en fase de semillero.
- 4.2.2 Determinar el tiempo de exposición al solarizado con mejor efecto en el control de hongos incitantes del mal del talluelo que afectan la reproducción del pino en fase de bolsa.
- 4.2.3 Determinar el efecto del solarizado en la micorrización de plántulas de pino en fase de bolsa.
- 4.2.4 Determinar el efecto del solarizado en el crecimiento y peso del pino en la fase de bolsa.

## **5. HIPOTESIS**

La solarización disminuye la incidencia de hongos que causan enfermedades radiculares y favorece la micorrización en la reproducción en vivero de las cuatro especies de pino.

## **6. METODOLOGIA**

### **6.1 Ubicación**

La investigación fue realizada en el Vivero Forestal "Javier López", ubicado en las instalaciones de Programas y Proyectos del Instituto Nacional de Bosques, en la ciudad capital, se realizaron dos ensayos para determinar el efecto de los tratamientos en la fase de semillero y en la fase de bolsa.

### **6.2 Ensayo en fase de semillero.**

Los tratamientos aplicados al sustrato utilizado en los semilleros pueden observarse en el cuadro 1, para el efecto se consideraron las variables de respuesta, incidencia de la enfermedad y población de nematodos.

### **6.3 Ensayo en fase de bolsa.**

Los tratamientos aplicados al material sustrato utilizado para el llenado de bolsas pueden apreciarse en el cuadro 1. Se utilizaron bolsas de polietileno negro con dimensiones 4 pulgadas de diámetro por 8 pulgadas de altura, se consideraron las variables de respuesta incidencia de la enfermedad, poblaciones de nematodos, incidencia de micorriza, biomasa y altura de las plántulas para cada especie.

### **6.4 Tratamientos**

Para ambos ensayos se aplicaron los mismos tratamientos, al sustrato utilizado en la fase de semillero y en la

fase de llenado de bolsa, los tratamientos consistieron en la exposición de sustrato a períodos de solarizado de ocho y seis semanas, un testigo químico, para lo cual se utilizó Dazomet y un testigo absoluto.

**Cuadro 1. Tratamientos evaluados para el control de patógenos del suelo en las fases de semillero y bolsa.**

DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS		CODIGO
1	Testigo absoluto, <i>P. maximinoi</i>	T1
2	Solarizado 6 semanas, <i>P. maximinoi</i>	S61
3	Solarizado 8 semanas, <i>P. maximinoi</i>	S81
4	Testigo químico, <i>P. maximinoi</i>	Q1
5	Testigo absoluto, <i>P. oocarpa</i>	T2
6	Solarizado 6 semanas, <i>P. oocarpa</i>	S62
7	Solarizado 8 semanas, <i>P. oocarpa</i>	S82
8	Testigo químico, <i>P. oocarpa</i>	Q2
9	Testigo absoluto, <i>P. pseudostrobis</i>	T3
10	Solarizado 6 semanas, <i>P. pseudostrobis</i>	S63
11	Solarizado 8 semanas, <i>P. pseudostrobis</i>	S83
12	Testigo químico, <i>P. pseudostrobis</i>	Q3
13	Testigo absoluto, <i>P. caribaea</i>	T4
14	Solarizado 6 semanas, <i>P. caribaea</i>	S64
15	Solarizado 8 semanas, <i>P. caribaea</i>	S84
16	Testigo químico, <i>P. caribaea</i>	Q4

## 6.5 Diseño Experimental

Para ambos ensayos se utilizó un diseño de Bloques al Azar con cuatro repeticiones

### 6.5.1 Ensayo en fase de semillero.

El tamaño de la unidad experimental fue de 225 cm<sup>2</sup> con una altura de sustrato de 15 cm, la semilla fue sembrada a un distanciamiento de 1.5 x 1.5 cm, conformada por 100 plantas cada unidad experimental.

### 6.5.2 Ensayo en fase de bolsas.

El tamaño de la unidad experimental fue de 900 cm<sup>2</sup> conformada por 25 bolsas cada unidad.

#### A. Modelo estadístico

El modelo estadístico empleado para ambos ensayos fue:

$$Y_{ij} = M + T_i + B_j + E_{ij}$$

donde:  $Y_{ij}$  = Variable respuesta

$M$  = Efecto de la media general

$T_i$  = Efecto del i...ésimo tratamiento

$B_j$  = Efecto del j...ésimo bloque

$E_{ij}$  = Error experimental en la ij...ésima unidad experimental

## 6.6 Variables de respuesta

### 6.6.1. Ensayo en fase de semillero

#### A. Incidencia de la enfermedad

Se realizaron dos lecturas de incidencia de la enfermedad, a los 15 y 22 días después de la siembra momento en que la germinación se consideró que había concluido, para el efecto se contaron el total de plantas enfermas que presentaron las características del mal del talluelo (volcamiento, marchitez, clorosis, estrangulamiento, pudrición del tejido y muerte).

Para determinar el porcentaje de incidencia se utilizó la fórmula siguiente:

$$\text{Porcentaje de incidencia} = \frac{\text{total de plantas enfermas}}{\text{total de plantas por unidad experimental}} \times 100$$

### **B. Poblaciones de nematodos**

Para esta variable se realizaron dos muestreos al material sustrato, antes de la aplicación de los tratamientos y después de finalizado el ensayo. Los análisis se realizaron en el laboratorio de Protección de plantas de la Facultad de Agronomía. Los resultados son expresados en cantidad de nematodos por 100 cc de suelo.

### **6.6.2. Ensayo en fase de bolsa**

#### **A. Incidencia de la enfermedad**

Se realizaron ocho conteos en total, a intervalos de una semana, los síntomas considerados fueron los mismos que en el ensayo en semillero, así como la fórmula para determinar el porcentaje de incidencia de la enfermedad.

#### **B. Incidencia de micorrizas**

Para esta variable a las ocho semanas de realizado el trasplante se extrajo 4 plantas de las bolsas, se observó con estereoscopio las raíces que presentaron las características de las micorrizas, las características observadas fueron principalmente la formación de nódulos de 3 mm a 7mm y un manto delgado blanquecino en las raicillas, los resultados son expresados en porcentaje utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{Porcentaje de incidencia de micorrizas} = \frac{\text{total de plantas micorrizadas}}{\text{total de plantas por unidad experimental}} \times 100$$

### **C. Poblaciones de nematodos**

Para esta variable se realizaron dos muestreos al material sustrato, el primer muestreo se efectuó antes de la aplicación de los tratamientos y el segundo al finalizar el ensayo. Los resultados son expresados en cantidad de nematodos por 100 cc de suelo, las muestras fueron analizadas en el laboratorio de Protección de Plantas de la Facultad de Agronomía.

### **D. Biomasa**

Para determinar el efecto del solarizado en la biomasa de las plántulas, a las 8 semanas de realizado el repique se obtuvo para cada especie el peso seco, expresado en miligramos por plántula, para el efecto las plantas se introdujeron al horno en bolsas de papel kraft, durante 48 horas a una temperatura de 70 °C.

### **E. Altura**

Se determinó la altura de las plantas a las ocho semanas de realizado el repique, para medir esta variable se considero la altura de las plantas desde el nivel de la superficie de la bolsa, el dato es expresado en centímetros.

## **6.7 Montaje del experimento**

### **6.7.1 Selección del área experimental**

Para ambos ensayos el área experimental fue seleccionada tomando en cuenta que fuera un área totalmente expuesta a los rayos del sol, con el propósito que al efectuar el solarizado y llevar a cabo la fase de plántulas en bolsa no hubiera interferencia por sombra.

### **6.7.2 Distribución de los tratamientos**

### **A. Ensayo en fase de semillero**

Se prepararon 4 cajas de madera con 16 divisiones de 15 cm x 15 cm, cada división se constituyó como unidad experimental, en la cual aleatoriamente se aplicó el tratamiento respectivo. El sustrato utilizado fue una mezcla de tierra y arena, en proporción 1:1.

### **B. Ensayo en fase de bolsa**

Se formaron 4 tabloncillos de 40 bolsas x 10 bolsas, en ellos se agruparon aleatoriamente los tratamientos en 16 unidades experimentales conformadas por grupos de 5 x 5 bolsas, de tal manera que el tamaño de cada unidad experimental fue de 900 cm<sup>2</sup>, el sustrato utilizado fue preparado en una proporción de 2:1:1 de tierra, arena y broza de pino respectivamente.

## **6.8 Aplicación de los tratamientos**

La metodología utilizada para la aplicación de los tratamientos fue la misma para ambos ensayos, es de hacer notar que la única diferencia fue la presencia de broza de pino en el sustrato del ensayo en la fase de bolsa, no así en el ensayo en la fase de semillero.

### **6.8.1 Solarizado**

Para los tratamientos de solarizado al sustrato, se utilizó el nylon Ecocontrol de un espesor de 125 milésimas de pulgada de grosor.

Para evitar que existiera contaminación por contacto entre el sustrato y la superficie donde se colocaron los tabloncillos se aisló separándolos con una cubierta de nylon colocada sobre la superficie del área experimental, enseguida se formaron los tabloncillos con dimensiones de 3 x 3 x 0.15 m.

Se aplico agua a los tablonos hasta llevarla a capacidad de campo, la cual fue determinada directamente en el campo, se considero que esto había ocurrido, cuando ya no hubo escurrimiento de agua sobre el nylon colocado en la superficie del área experimental.

La cubierta plástica utilizada para llevar a cabo cada tratamiento de solarizado fue colocada sobre los tablonos previamente humedecidos cubriendo los bordes con tierra para asegurar el hermetismo del medio, se colocaron primero las láminas del tratamiento de 8 semanas, seguidamente a las dos semanas se cubrieron los tablonos para el solarizado de 6 semanas, esto con el propósito de uniformizar el día de siembra que fue el mismo para todos los tratamientos, la siembra se realizó al día siguiente de remover la cubierta plástica.

#### **6.8.2 Testigo químico**

Se aplicó el producto químico Dazomet en su presentación comercial Basamid granulado al 98 % utilizando una dosis de 40 gramos por metro cuadrado, al material sustrato previamente humedecido, la siembra en el semillero y el trasplante a las bolsas se realizó ocho días después de su aplicación, según las recomendaciones del fabricante. Al igual que en el tratamiento anterior, se utilizó una cubierta plástica sobre la superficie para aislar esta de los tablonos y evitar contaminaciones por contacto entre el suelo de la superficie y el sustrato. Las dimensiones de los tablonos fueron de 3 x 3 x 0.15 m.

#### **6.8.3 Testigo absoluto**

Al material sustrato no se le aplicó ningún método de control de fitopatógenos.

### **6.9 Manejo del experimento**

#### **6.9.1 Ensayo en Semilleros**

### **A. Preparación de sustrato**

El sustrato utilizado en la cama de germinación fue preparado previamente a la aplicación de los tratamientos, se realizó una combinación de tierra y arena en proporción 1:1, tamizado a 4 mm, además se aplicó riego hasta humedecerlo plenamente.

### **B. Siembra**

Se realizó la siembra a una densidad de 4500 semillas por m<sup>2</sup>. Se aplicó sombra a una altura de 10 cm sobre la superficie de la cama de germinación, la cual fue retirada escalonadamente hasta dejar expuesto en su totalidad el semillero al sol.

### **C. Riego**

Se realizó un riego diario a los semilleros a excepción de los días en que hubo precipitación pluvial.

### **D. Control de plagas**

En todos los tratamientos, a los seis días de iniciada la germinación se efectuó una aplicación de Cyfluthrin con una dosis de 25 cc por bomba de 4 galones, según recomendaciones del fabricante, con el propósito de disminuir el ataque de insectos.

## **6.9.2 Ensayo en fase de bolsa**

### **A. Preparación de sustrato**

Previo a la aplicación de los tratamientos al sustrato fue preparado con una combinación de tierra, arena y broza en proporción 2:1:1, tamizado a 15 mm, además se le aplicó riego hasta humedecerlo totalmente.

## **B. Trasplante**

Este se realizó a los 10 días de ocurrida la germinación teniendo el cuidado de no dañar la raíz de las plántulas.

## **C. Riego**

Se aplicó riego diariamente a las plántulas en bolsa a excepción de los días en que hubo precipitación pluvial.

## **D. Control de plagas**

No se realizó ningún control.

## **E. Control de malezas**

El control se hizo manualmente a intervalos de una semana.

## **6.10 Análisis de la información**

### **6.10.1 Análisis de varianza**

Se realizó análisis de varianza a los resultados obtenidos de los ensayos en fase de semillero y en fase de bolsa. Cuando se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, se realizó prueba de medias de Tukey para comparar el efecto de los tratamientos aplicados al material sustrato,

#### **A. Ensayo en semillero**

Para este ensayo se evaluó la incidencia final de la enfermedad del mal del talluelo, para el efecto se contaron las plantas que presentaron las características típicas de esta enfermedad, los datos fueron transformados por la fórmula de arcoseno. Además, se tomaron dos muestras para determinar la presencia de poblaciones de

nematodos, la primera antes de realizar el solarizado y la última cuando el ensayo concluyó.

### **B. Ensayo en bolsas**

Para el ensayo en bolsas se realizó análisis de varianza a las variables de respuesta de:

- a. Porcentaje de incidencia de enfermedad, transformado por la fórmula de arcoseno.
- b. Porcentaje de incidencia de micorrizas, transformado por la fórmula de arcoseno.
- c. Biomasa (peso seco de plántula).
- d. Altura de las plántulas.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La efectividad del solarizado en el control de patógenos se debe principalmente al incremento de las temperaturas de suelo húmedo producidas por la radiación solar, (Villapudua, J. 1986). Bajo este marco, la aplicación de solarizado al sustrato utilizado para los semilleros y para las bolsas fue realizada en las semanas comprendidas del 1 de junio al 27 de julio de 1997, período en el cuál, el comportamiento promedio por semana de la radiación solar expresado en  $\text{cal/cm}^2/\text{min}$  oscilo de 0.88 a 1.08, siendo en la octava semana de aplicada la cubierta plástica cuando se obtuvo el máximo dato. Este comportamiento se presenta de manera gráfica y en detalle en la figura 8 "A".

### 7.1 Ensayo en fase de semillero

Esta etapa de la investigación tuvo una duración de 3 semanas, período en el cuál se llevó a cabo la evaluación del comportamiento de la incidencia de la enfermedad conocida como mal del talluelo, bajo los diferentes tratamientos considerados en la investigación.

Previo a la etapa de semillero y posterior al solarizado, se llevó a cabo el muestreo de sustrato para determinar las poblaciones de nematodos existentes. Con base al análisis de laboratorio, se pudo establecer que el sustrato no tuvo presencia de nematodos en ambos muestreos. Según Christie (1986) los nematodos deben encontrarse en un ambiente húmedo para que puedan desarrollar sus actividades normales de crecimiento y reproducción, pero muchas de las especies que habitan en los suelos sufren cambios fisiológicos y entran a un estado latente durante los períodos de sequía. Con esta base se considera que el origen a la ausencia de nematodos en el sustrato podría ser por el bajo contenido de humedad en el sustrato.

Es importante mencionar que el sustrato es ampliamente manipulado desde que se realiza su extracción y traslado al vivero, así como con la aireación cuando se mezcla con arena, además el sustrato utilizado

estuvo aproximadamente tres meses bajo la intemperie expuesto al sol y cubierto con nylon negro para evitar que se moje con la lluvia, normalmente en la producción de plantas en vivero esta practica se realiza alternadamente antes que se inicie el llenado de bolsas, con el propósito que el material sustrato tenga el mínimo contenido de humedad y facilite esta operación.

### **7.1.1 Incidencia de la enfermedad**

Las lecturas de incidencia de la enfermedad se realizaron a los 15 y 22 días después de la siembra, momento en que se consideró que la emergencia había concluido. Para cada tratamiento se contaron el total de plantas afectadas que presentaron las características del mal del talluelo (volcamiento, marchitez, clorosis, estrangulamiento, pudrición del tejido y muerte de la plántula).

Se realizó para cada especie un análisis de varianza para determinar si existían diferencias significativas entre el porcentaje de incidencia del mal del talluelo según los tratamientos aplicados. Los datos de las variables de respuestas fueron previamente transformados por la fórmula de arcoseno, en los análisis que se determinó que existen diferencias significativas, se realizó una prueba de Tukey para determinar la diferencia entre medias. En la figura 1, se puede observar el efecto de los tratamientos en cada especie de pino.

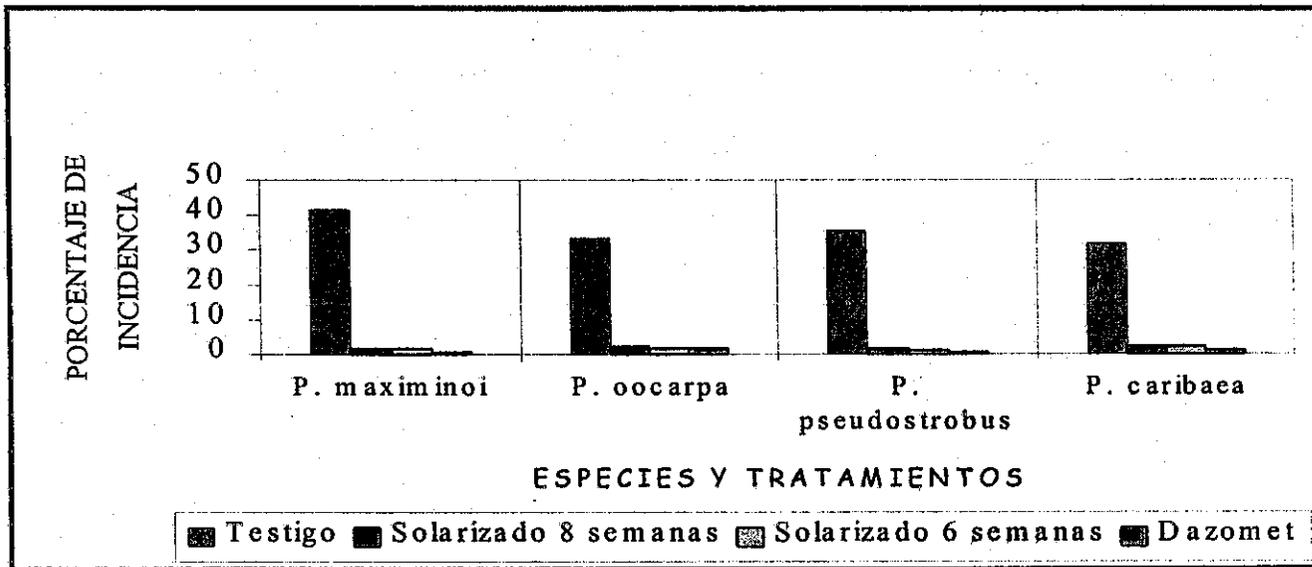


Figura 1. Incidencia del mal del talluelo en 4 especies de pino en fase de semillero bajo diferentes tratamientos.

Como se puede apreciar en el cuadro 2, el testigo presento los mayores porcentajes de incidencia en las cuatro especies de pino consideradas en el estudio.

Cuadro 2. Incidencia del mal del talluelo en cuatro especies de pino bajo diferentes tratamientos en la fase de semillero.

Tratamiento	Porcentaje de incidencia del mal del talluelo			
	<i>P. maximinoi</i>	<i>P. oocarpa</i>	<i>P. pseudostrobus</i>	<i>P. caribaea</i>
Testigo	41.78 a*	33.63 a	35.73 a	31.65 a
Solarizado 6	1.75 b	1.87 b	1.13 b	1.95 b
Solarizado 8	1.51 b	2.4 b	1.55 b	2.00 b
Químico	0.73 b	1.86 b	0.53 b	1.10 b

\*Literales iguales significa que son estadísticamente iguales.

### A. Pino Candelillo

En el cuadro 2, se presentan los resultados del porcentaje de incidencia del mal del talluelo, se aprecia que la incidencia de la enfermedad fue más severa en el testigo con un 41.78%, la enfermedad se presentó en menor grado en el tratamiento químico con un 0.73 %, seguido por el solarizado de 8 semanas con 1.51% y de 6 semanas con 1.73%. Al realizar prueba de medias indica que los tratamientos químico, solarizado 6 y 8 semanas son estadísticamente iguales, lo cual puede apreciarse gráficamente en la figura 1.

Según los resultados de la presente investigación como se aprecia en el cuadro 2, el testigo presentó el mayor ataque de la enfermedad equivalente al 41.78 % de incidencia del mal del talluelo, se evidencia la necesidad de aplicar al sustrato métodos de control del mal del talluelo, como el solarizado 6 semanas, solarizado 8 semanas o químico, que para las condiciones que se realizó esta investigación presentaron eficiencia en el control en porcentajes de 98.25%, 98.49%, 99.27%. Es de suma importancia señalar que la reducción de la incidencia del mal del talluelo en semillero favorece las posibilidades de disminuir la pérdida de plantas en bolsa, de no ser así se corre el riesgo de trasplantar en bolsa plántulas ya infectadas no perceptibles al momento de extraerlas del semillero.

En el cuadro 3, se presentan los datos correspondientes al porcentaje de germinación de la semilla a nivel de laboratorio realizado por BANSEFOR, el porcentaje de germinación obtenido en el vivero, así como la cantidad de plántulas de *Pinus maximinoi* H. E. Moore que sobrevivieron en la fase de semillero y las afectadas por el mal del talluelo.

**Cuadro 3. Promedio de sobrevivencia de plántulas de *P. maximinoides* H. E. Moore por unidad experimental bajo diferentes tratamientos en la fase de semillero.**

Tratamientos	Cantidad semilla sembrada	Porcentaje germinación BANSEFOR	Porcentaje germinación semillero	Pérdida de porcentaje de germinación	Número de plántulas muertas	Disponibles para trasplante
Testigo	100	48	39	9	16	22
Solarizado 8 semanas	100	48	47	1	1	46
Solarizado 6 semanas	100	48	44	4	1	43
Dazomet	100	48	45	3	1	44

Como puede observarse en el cuadro 3, el testigo presentó el menor porcentaje de germinación en un 9% menos que el porcentaje de germinación reportado por BANSEFOR, lo cual podría deberse a que en este semillero el mal del talluelo se presentó en su forma pre-emergente, la cual se caracteriza por el daño ocasionando directamente a la semilla mediante la pudrición de los tejidos que la conforman y su consecuente muerte.

En cuanto al número de plántulas sobrevivientes, los tratamientos solarizado y químico presentan datos equivalentes a un incremento del 100% de las plántulas correspondientes al testigo lo cual permite que mayor cantidad de plantas sean trasplantadas en bolsa.

#### **B. Pino colorado**

En el cuadro 2 se presentan los resultados de la prueba de medias de Tukey, realizado a la variable de respuesta de incidencia del mal del talluelo, el testigo fue el tratamiento que presentó el mayor ataque del mal del talluelo con un 33.63 %, en el tratamiento químico se presentó en menor grado la enfermedad, 1.86%, seguido del solarizado 6 semanas con 1.87% y solarizado 8 con 2.4 % de incidencia, lo cuál puede

apreciarse con mayor detalle en la figura 1.

Con el propósito de determinar diferencias entre las medias se realizó una prueba de medias Tukey al 1%, en la cuál se determinó que los tratamientos solarizado 6, solarizado 8 y químico, fueron los que presentaron los más bajos porcentajes de incidencia, 1.87%, 2.40% y 1.86% respectivamente, pertenecen al mismo grupo Tukey por lo tanto son estadísticamente iguales.

Agrios (1988) resalta la importancia de aplicar métodos de control de la incidencia del mal del talluelo debido a la susceptibilidad de las plantas recién emergidas, cuando ocurre la infección esta tiene carácter irreversible, es decir que las plantas que son atacadas difícilmente se recupera lo que provoca considerables pérdidas en el semillero. La figura 1 ofrece mayor detalle del comportamiento de la enfermedad con respecto a los tratamientos aplicados.

El cuadro 4 presenta información referente a los porcentajes de germinación reportados por el BANSEFOR y los obtenidos en los semilleros, como puede apreciarse el porcentaje de germinación mas bajo lo presentó el testigo con una pérdida del 16 % con respecto al de BANSEFOR y una pérdida del 12 % en los tratamientos solarizado y químico que promediados presentaron un 65%. Lo cual podría deberse a ataque pre-emergente del mal del talluelo.

**Cuadro 4. Promedio de sobrevivencia de plántulas de *P. oocarpa Schiede* por unidad experimental bajo diferentes tratamientos en la fase de semillero.**

Tratamientos	Cantidad semilla sembrada	Porcentaje germinación BANSEFOR	Porcentaje germinación semillero	Pérdida de porcentaje de germinación	Número de plántulas muertas	Disponibles para trasplante
Testigo	100	69	53	16	18	35
Solarizado 8 semanas	100	69	65	4	1	64
Solarizado 6 semanas	100	69	64	5	2	62
Dazomet	100	69	67	2	1	66

En cuanto al número de plántulas muertas, el testigo presentó la mayor mortandad con un total de 18 contra solamente 4 que totalizaron los tratamientos solarizado y químico. Además, puede apreciarse que la cantidad de planta disponible para ser trasladada a bolsa fue incrementada en un 80% por los tratamientos solarizado y químico, respecto a los resultados obtenidos con el testigo. Con base a los datos anteriores se evidencia la necesidad de aplicar métodos como el solarizado para controlar el mal del talluelo, en virtud que no es técnica ni económicamente rentable considerar en la planificación, tener que duplicar la cantidad de semilla a sembrar para producir la cantidad de planta deseada

### C. Pino triste

El cuadro 2 muestra que la incidencia de la enfermedad se presentó en mayor grado en el testigo 35.73%, en el tratamiento con Dazomet se obtuvo el menor porcentaje de severidad 0.53%, seguido el solarizado 6 semanas 1.13% y el solarizado 8 semanas 1.55%. Mediante la prueba Tukey se determinó que los tratamientos, solarizado 6 semanas, solarizado 8 semanas y Dazomet son estadísticamente iguales, pues no ofrecen diferencias significativas, consecuentemente el período de solarizado no ofrece diferencias en la eficiencia de control del mal del talluelo en cuanto a su aplicación de 6 u 8 semanas.

De lo anterior se observa que la enfermedad fue controlada en mas del 98 %, con los tratamientos solarizado 8, solarizado 6 semanas y químico, con eficiencia de control para las condiciones en que se realizó esta investigación, equivalentes a 98.97%, 98.45% y 99.47, respectivamente. No así el testigo cuya eficiencia fue de 64.27%, la figura 1 demuestra gráficamente el comportamiento de la incidencia de la enfermedad para esta especie según los tratamientos aplicados.

Como puede apreciarse en el cuadro 5, el porcentaje de germinación de *Pinus pseudostrobus Lindley* en laboratorio reportó 95 %, los tratamientos solarizado y químico presentan porcentajes con valores muy cercanos entre sí con un promedio de 89 %, no así el testigo que presentó el menor porcentaje de germinación equivalente al 81 %. El ataque del mal del talluelo pre-emergente podría ser una causa que en la fase de semillero se presenten menores porcentajes de germinación que en laboratorio o por que en este último se realiza la germinación bajo condiciones de humedad, temperatura y luz controladas.

**Cuadro 5. Promedio de sobrevivencia de plántulas de *P. pseudostrobus Lindley* por unidad experimental bajo diferentes tratamientos en la fase de semillero.**

Tratamientos	Cantidad semilla sembrada	Porcentaje germinación BANSEFOR	Porcentaje germinación semillero	Pérdida de porcentaje de germinación	Número de plántulas muertas	Disponibles para trasplante
Testigo	100	95	81	14	29	52
Solarizado 8 semanas	100	95	91	4	1	90
Solarizado 6 semanas	100	95	89	6	1	88
Dazomet	100	95	87	8	1	86

En cuanto a la cantidad de planta disponible para trasplantar hay un incremento del 70% en los semilleros con tratamientos de solarizado y químico respecto a lo reportado por el testigo, lo cual nos indica claramente que la semilla sembrada en camas germinadoras no tratadas es muy susceptible al ataque del mal del talluelo.

#### **D. Pino del Petén**

Para esta especie también el testigo fue el que presentó el mayor porcentaje de incidencia 31.65%, en el tratamiento químico se presentó en menor grado la enfermedad, 1.1%, seguido del solarizado 6 semanas con 1.95% y el solarizado 8 semanas con 2%.

Según el análisis de varianza de la incidencia de la enfermedad existen diferencias altamente significativas en los tratamientos. Aunque no es objetivo de esta investigación comparar el comportamiento de las especies de pino con respecto a los tratamientos aplicados en cuanto al efecto en la incidencia del mal del talluelo, es oportuno indicar que según los resultados obtenidos para el caso del pino del Petén, la enfermedad fue controlada en más del 95%, resultado similar al obtenido en las especies de pino consideradas en este estudio, siendo los tratamientos, solarizado 8 semanas, solarizado 6 semanas y químico estadísticamente iguales, en el cuadro 2 se puede apreciar con mayor detalle.

En el cuadro 6 se presentan los datos de porcentaje de germinación de la semilla de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* realizada en los laboratorios de BANSEFOR y los porcentajes de germinación obtenidos en semilleros, así como la cantidad de plántulas sobrevivientes por tratamiento.

Todos los tratamientos presentaron menor porcentaje de germinación respecto al reportado por BANSEFOR, lo cual podría deberse a un ataque del mal del talluelo directamente a las semillas. En el testigo se reportó el 52 % de germinación, el cual es inferior al obtenido por los tratamientos solarizado y químico que

promediaron un porcentaje de germinación equivalente a 66%.

Los tratamientos solarizado y químico presentaron un promedio de 64 plantas disponibles para ser trasplantadas en bolsa, el cual es superior en un 77% respecto al resultado del testigo el cual es 36, lo anterior evidencia que con métodos de control de hongos incitantes del mal del talluelo se mejora el uso eficiente de la semilla.

**Cuadro 6. Promedio de sobrevivencia de plántulas de *P. caribaea* var. *hondurensis* por unidad experimental bajo diferentes tratamientos en la fase de semillero.**

Tratamientos	Cantidad Semilla sembrada	Porcentaje germinación BANSEFOR	Porcentaje germinación semillero	Pérdida de porcentaje de germinación	Número de plántulas muertas	Disponibles para trasplante
Testigo	100	70	52	18	16	36
Solarizado 8 semanas	100	70	66	4	1	65
Solarizado 6 semanas	100	70	68	2	1	67
Dazomet	100	70	65	5	1	64

## 7.2 Ensayo en fase de bolsa

Esta etapa de la investigación constó de ocho semanas y comprende el período desde el trasplante a bolsas hasta el último conteo de plantas afectadas por el mal del talluelo.

Aunque no estaba contemplado en la investigación, las plantas que no fueron muestreadas se les continuo dando mantenimiento en el vivero durante cinco meses, con el propósito de observar si los tratamientos presentaban diferencias perceptibles a simple vista en su sistema radicular en cuanto a estructuras micorrícicas, debido a la dificultad de las lecturas de micorrizas que fueron realizadas en todos los casos

mediante estereoscopio para determinar la incidencia para cada especie, siendo aún así bastante difícil poder observarlas, en ninguna lectura pudo apreciarse claramente el manto fúngico e incluso, al momento de realizar la lectura las micorrizas observadas tenían la apariencia de haber iniciado recientemente su formación.

Dada la similitud del comportamiento de las variables de respuesta, incidencia de la enfermedad e incidencia de micorriza no se hará discusión por separado para cada especie, no obstante se reitera que no se tiene por objetivo determinar cual de las cuatro especies en estudio presenta mayor o menor susceptibilidad al efecto del ataque de hongos que causan el mal del talluelo y las de hongos que forman micorrizas.

#### **7.2.1 Incidencia de la enfermedad**

El establecimiento de patógenos es más difícil en suelos previamente solarizados, que en no solarizados. En los primeros tipos de suelo principalmente se debe a que todos, si no son directamente inactivados por el calor pueden ser sensibles y vulnerables a cambios en las poblaciones de otros organismos benéficos que ejercen formas de control biológico sobre ellos (Villapudua, 1986).

Lo anterior fundamenta los resultados obtenidos en los tratamientos referentes al solarizado 8 semanas, solarizado 6 semanas y químico, como se puede apreciar en el cuadro 7, en donde se refleja que en las cuatro especies de pino consideradas en el estudio, el testigo fue el único tratamiento que presentó la incidencia del mal del talluelo aunque en porcentajes bajos que no sobrepasan el 8 %, según se aprecia en la figura 2.

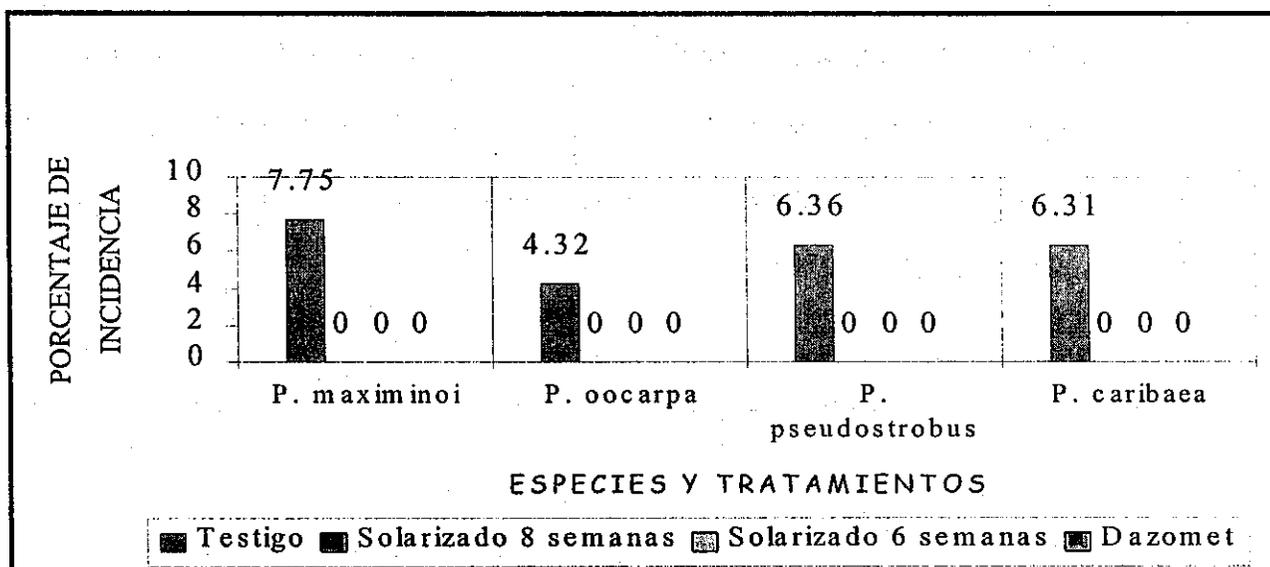


Figura 2. Incidencia del mal del talluelo en 4 especies de pino en fase de bolsa bajo diferentes tratamientos.

Debe considerarse que para cada especie el sustrato utilizado en los semilleros y las bolsas, recibió el mismo tratamiento, es decir, solarizado 8 semanas, solarizado 6 semanas, Dazomet y testigo. De los resultados se establece que en todos los tratamientos a excepción del testigo se redujo la incidencia de la enfermedad de lo cual se infiere que consecuentemente las poblaciones de patógenos. Lo anterior coincide con un estudio realizado en dos viveros del servicio forestal de los estados de Colorado y Nebraska de los Estados Unidos, en dichos estudios se determinó que con la aplicación de solarizado al suelo utilizado en el vivero se encontró una reducción en las poblaciones de *Pythium spp.* y *Fusarium spp.*, aunque no les fue posible demostrar estadísticamente las diferencias, debido a que en estos suelos los niveles de población de patógenos son bajos y con grandes variaciones, (Hildebrand, D. 1986).

En la reproducción de café se encontraron 5 hongos causantes del mal del talluelo, afectando en la fase de semillero siendo estos; *Rhizoctonia sp.*, *Fusarium sp.*, *Esclerotium sp.*, *Roselinia sp.* y *Phoma sp.*, los

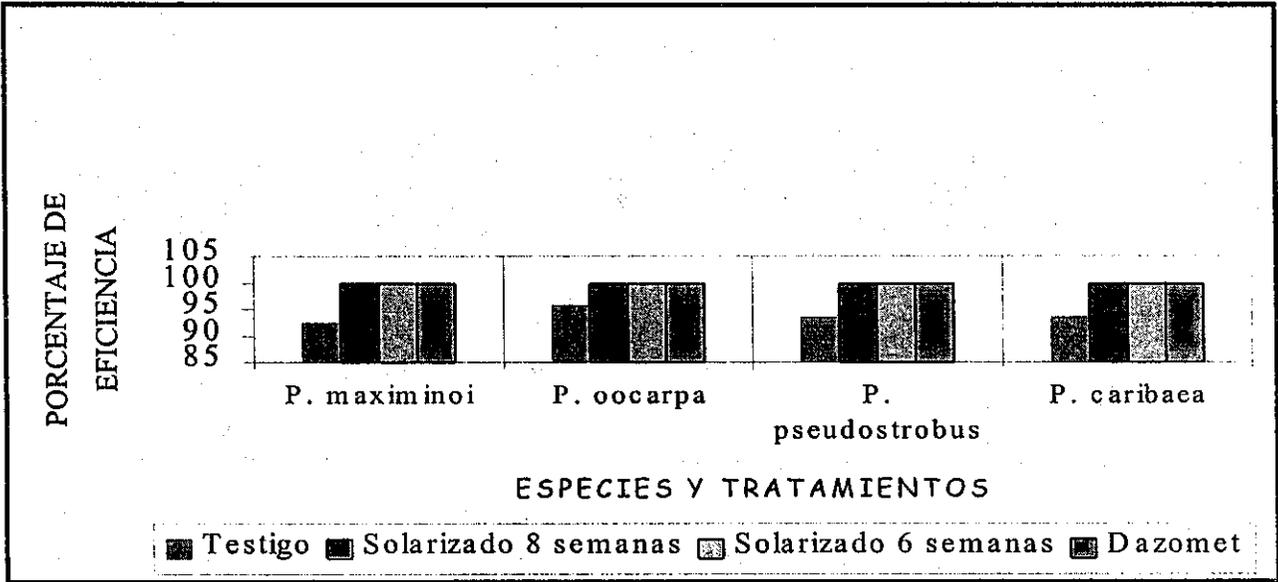
tratamientos evaluados fueron solarizado de 6 y 4 semanas, Dazomet y testigo. De igual manera que en la presente investigación, el testigo fue el que presentó el mayor porcentaje de incidencia, además se concluyó que aunque el solarizado de 6 semanas y el Dazomet previnieron de mejor forma la incidencia de la enfermedad, el mejor tratamiento fue el solarizado por ser de menor costo y no presenta riesgos para la salud humana ni contaminación al ambiente (20).

**Cuadro 7. Incidencia del mal del talluelo en cuatro especies de pino bajo diferentes tratamientos en la fase de bolsa.**

Tratamiento	Porcentaje de incidencia del mal del talluelo			
	<i>P. maximinoi</i>	<i>P. oocarpa</i>	<i>P. pseudostrobus</i>	<i>P. caribaea</i>
Testigo	7.75 a*	4.32 a	6.36 a	6.31 a
Solarizado 6 semanas	0 b	0 b	0 b	0 b
Solarizado 8 semanas	0 b	0 b	0 b	0 b
Dazomet	0 b	0 b	0 b	0 b

\* Letras iguales significa que son estadísticamente iguales.

Las plántulas de las bolsas en cuyo sustrato se aplicaron los tratamientos solarizado y químico no fueron afectadas por el mal del talluelo, lo cual indica que hubo un control del 100% de la enfermedad, no así en el testigo donde a pesar de que el porcentaje de control fue alto, 92.25% en *Pinus maximinoi* H. E. Moore, 95.68% en *P. oocarpa* Schiede, 93.64% en *P. pseudostrobus* Lindley y 93.69 % en *P. caribaea* var. *hondurensis*, hubo incidencia de la enfermedad, lo cual puede apreciarse con mayor detalle en la figura 3.



**Figura 3. Eficiencia en el control del mal del talluelo en 4 especies de pino en fase de bolsa bajo diferentes tratamientos.**

### 7.2.2 Incidencia de micorrizas

Un beneficio de la solarización lo constituye la estimulación de microorganismos benéficos, como hongos micorrízicos, los cuales sobreviven al proceso de solarización o recolonizan el suelo rápidamente, (Villapudua, J., 1986). Para el caso de las especies de pino consideradas en el estudio, lo anterior se confirma con los resultados obtenidos en el presente estudio, Aunque no existieron diferencias significativas es de hacer notar que en *P. oocarpa Schiede*, el solarizado presentó un 100% de incidencia de micorrización indican, seguido del solarizado de 8 semanas con 96%, el testigo con 82.99% y el tratamiento químico presentó el porcentaje de incidencia mas bajo, 72.75%, lo cual se muestra gráficamente en la figura 4.

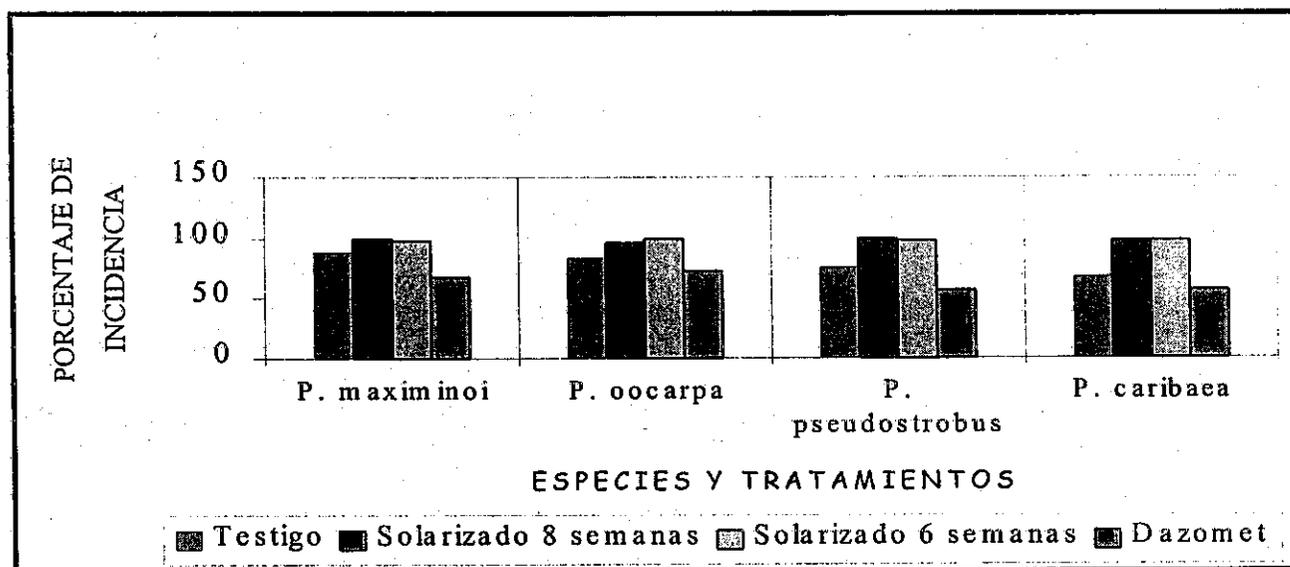


Figura 4. Incidencia de micorrizas en 4 especies de pino en fase de bolsa bajo diferentes tratamientos.

Mediante el análisis de varianza se pudo determinar que el resultado de los tratamientos en las cuatro especies presentaron diferencias altamente significativas, razón por la cual se realizó la prueba de medias Tukey para cada especie. El cuadro 8 muestra con mayor detalle los grupos Tukey formados, lo cual pueden verse con mayor detalle en el cuadro 8.

Cuadro 8. Incidencia de micorriza en cuatro especies de pino bajo diferentes tratamientos en la fase de bolsa.

Tratamiento	Porcentaje de incidencia de micorriza			
	<i>P. maximinoi</i>	<i>P. oocarpa</i>	<i>P. pseudostrobus</i>	<i>P. caribaea</i>
Testigo	87.99 a*	82.99 ab	75.65 b	67.49 ab
Solarizado 6 semanas	98.03 a	100 a	98.50 a	98.50 a
Solarizado 8 semanas	100 a	96 a	100 a	97.5 a
Dazomet	67.24 b	72.75 b	56.54 b	56.96 b

\* Letras iguales significa que son estadísticamente iguales con significancia del 1%.

En *P. maximinoi* H. E. Moore el tratamiento de solarizado 8 semanas, 100%, solarizado 6 semanas, 98.03% y testigo, 87.99% son estadísticamente iguales, siendo el tratamiento con aplicación de Dazomet el más bajo con un 67.24%, de lo cuál se concluye que para las condiciones en que se realizó el ensayo el solarizado favoreció la micorrización con respecto a los otros tratamientos. Es importante señalar la importancia de las micorrizas en el pino porque favorecen la absorción de agua y nutrientes en el suelo así como la protección que realizan en el sistema radicular del pino mediante su manto fungoso que se constituye en un impedimento físico a la invasión de patógenos, además producen antibióticos, los cuales protegen las raíces sin micorriza en la misma planta (16).

El comportamiento de la incidencia de micorrizas en *P. pseudostrobus* Lindley, se muestra en la figura 4, en la cual se puede apreciar que los mejores tratamientos fueron el solarizado de 8 y 6 semanas con porcentajes de micorrización de 100% y 98.50% respectivamente; en cuanto a los tratamientos, testigo y químico estos mostraron un 75.65% y 56.54% respectivamente, lo cual evidencia que el solarizado favorece el proceso de micorrización por cuanto la lectura se realizó a las ocho semanas de realizado el trasplante. Los tratamientos aplicados al sustrato de la bolsa donde se cultivo el *P. caribaea* var. *hondurensis*, dieron como resultado que la aplicación de solarizado durante 8 y 6 semanas no ofrecen diferencias estadísticas, por cuanto ambos presentan incidencia de micorrización, equivalente a 98.50 % y 97.50%, lo que los ubica según la prueba de medias de Tukey como los mejores tratamientos; en cuanto a los tratamientos testigo y químico, que presentan un 67.49% y 56.96%, respectivamente, no obstante el testigo obtuvo mejor porcentaje que el químico, se concluye que estadísticamente son iguales.

Las plantas con asociaciones micorrícicas presentan una coloración verde más intensa y con mayor resistencia a la temperatura y sequía, (Bidwell, R., 1979). Con esta base, aunque sin estar contemplado en la

investigación, las plantas de pino que no fueron extraídas de la bolsa y que se constituyeron como sobrantes del ensayo, se les continuo dando mantenimiento en el vivero durante cinco meses, con el objetivo de observar si había continuado el proceso de micorrización, lo que pudo constatarse por que para las cuatro especies de pino, se pudo observar que en todos los tratamientos las plantas estaban micorrizadas. Cabe resaltar que en las raíces de las plantas provenientes de los tratamientos de solarizado de 8 y 6 semanas, fue mas fácilmente observable a simple vista el manto fúngico, que se caracteriza por ser una estructura que rodea a las raíces, con color blanquecino y con aspecto de algodón, cubriendo considerablemente el sistema radicular, otro dato interesante lo constituye que fue evidente la mayor área radicular que el testigo y el químico; y la tonalidad de su follaje con un verde más intenso. En cuanto a las plantas provenientes del tratamiento químico, la presencia de manto fúngico fue menos frecuente, sin embargo con el uso del estereoscopio se determino que la totalidad de las plantas tenia en su sistema radicular la infección de micorrizas. Al realizar una comparación de plantas de la misma especie provenientes del tratamiento químico, se pudo apreciar que estas presentaron un follaje con una tonalidad de verde mas claro que el tratamiento del solarizado y el testigo, es decir plantas con apariencia clorótica y consecuentemente menos vigorosas.

### 7.2.3 Biomasa.

El solarizado aumenta la cantidad de nutrientes asimilables para las plantas, así como incrementa bacterias del tipo *Rhizobium sp.* y *Bacillus sp.*, contribuyendo a un marcado incremento en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos (22).

Es factible producir plántulas de pino en vivero sin micorrizas, pero bajo condiciones ideales, lo que eleva considerablemente los costos de producción (16).

Para determinar el efecto de los tratamientos en el peso de las plántulas de pino, se obtuvo el peso seco de

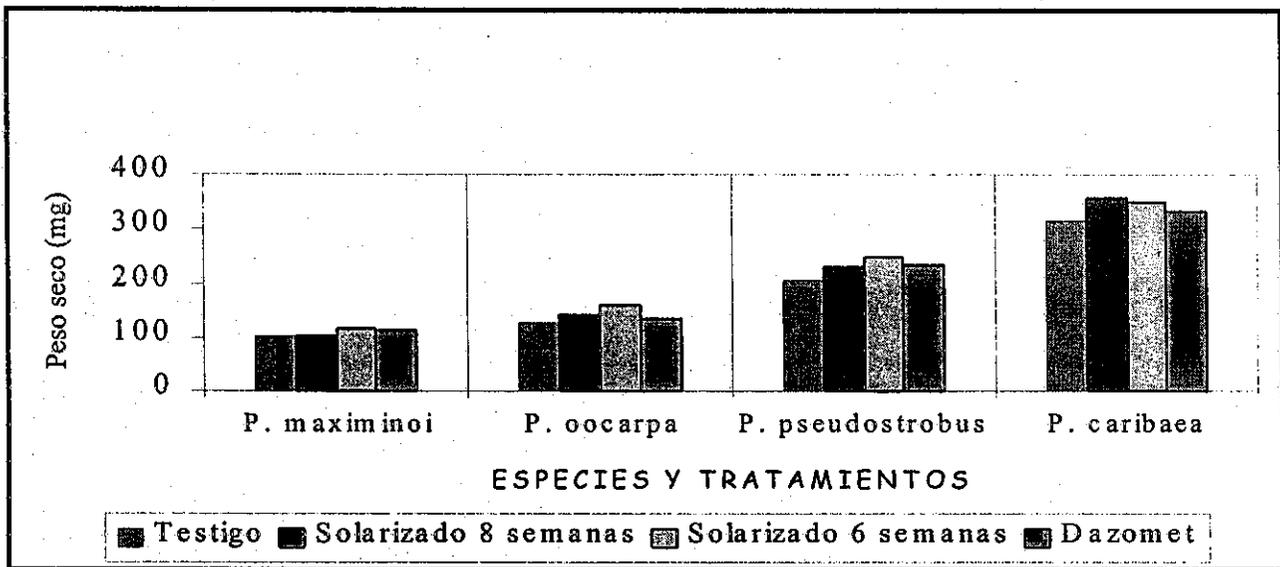
estas. Mediante el resultado del análisis de varianza realizado a los datos de peso seco del *P. maximinoi* H. E. Moore, se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, no obstante el tratamiento solarizado 8 semanas presentó el mayor peso, incrementando en 14.63% más que el testigo, los resultados se presentan en el cuadro 9.

**Cuadro 9. Comportamiento del peso seco de plántulas de cuatro especies de pino bajo diferentes tratamientos.**

Tratamiento	Peso seco expresado en miligramos			
	<i>P. maximinoi</i>	<i>P. oocarpa</i>	<i>P. pseudostrobus</i>	<i>P. caribaea</i>
Testigo	101.9	129.17	204.2	314.08
Solarizado 6 semanas	101.07	143.26	228.56	357.03
Solarizado 8 semanas	115.98	157.78	247.17	348.93
Dazomet	111.99	135.52	234.03	331.90

Para el caso del *P. oocarpa* Schiede y el *P. pseudostrobus* Lindley, el análisis de varianza indica que los tratamientos ofrecen diferencias significativas, por lo cual se realizó una prueba de medias de Tukey. Los resultados señalan que para ambos casos, el solarizado de 8 semanas fue el que mejor peso obtuvo, presentando incrementos del 22% y 21% de lo que reporta el testigo; y los tratamientos solarizado 6 semanas, químico y testigo son estadísticamente iguales, en la figura 5 se presentan los resultados obtenidos.

El análisis de varianza realizado a los tratamientos aplicados al *P. caribaea* var. *hondurensis*, indican que existen diferencias significativas ( $\alpha=5\%$ ), por lo que se realizó una prueba de medias Tukey, mediante la cual se estableció que el solarizado 6 semanas, 357.03 mg, el solarizado 8 semanas, 348.93 mg y el químico, 331.9mg son tratamiento con resultados estadísticamente iguales, siendo el testigo el que menor peso presentó, 314.08.



**Figura 5. Comportamiento del peso seco de 4 especies de pino en fase de bolsa bajo diferentes tratamientos.**

En un estudio realizado en Costa Rica, bajo condiciones diferentes se determinó que con la inoculación de micorrizas a especies de pino después de seis meses en vivero, se logró incrementar en un 446%, 345% y 120%, el peso seco de plántulas de *P. oocarpa Schiede*, *P. pseudostrobus Lindley* y *P. caribaea var. hondurensis*, respectivamente, (Vega, L., 1964). En un estudio similar, se encontró que con inoculación de micorriza en plántulas de *Cordia alliodora* Ruiz y Pavones O. Ken, se incrementó en un 250% el peso seco del follaje y en *Tabebuia rosea* un 257% el peso seco de la raíz, en ambos casos con respecto al testigo (7).

Con base a los resultados obtenidos se concluye que aunque no se encontraron diferencias altamente significativas, existe la tendencia de que los tratamientos de solarizado presentaron los mayores pesos, lo cual puede deberse a que según los datos obtenidos en incidencia de micorriza, el solarizado favorece la micorrización y consecuentemente la absorción de nutrientes, además debe considerarse que al momento de realizar la lectura de micorrizas estas iniciaban su asociación con las raíces de pino y por lo tanto es probable que no habían iniciado totalmente la relación simbiótica.

### 7.2.4 Altura

La altura es la principal variable que determina el momento oportuno de salida de la planta del vivero, se considera que los pinos producidos en bolsa cuando alcanzan de 15 a 20 cm de altura de tallo, están listos para salir a campo definitivo (16), las plantas que sobrepasan esta altura, representan una elevación de costos debido al mantenimiento que hay que proporcionarle mantenimiento, además hay probabilidades que el sistema radicular sufra daños por el tamaño reducido del recipiente donde se cultive. El cuadro 10, brinda información acerca de las alturas que alcanzaron las plantas a las ocho semanas de su trasplante a las bolsas.

**Cuadro 10. Comportamiento de la altura de cuatro especies de pino en fase de bolsa bajo diferentes tratamientos.**

Tratamiento	Altura ( cm )			
	<i>P. maximinoi</i>	<i>P. oocarpa</i>	<i>P. pseudostrobus</i>	<i>P. caribaea</i>
Testigo	5.63	5.08	6.93	10.23
Solarizado 6 semanas	5.50	5.28	6.8	10.38
Solarizado 8 semanas	5.6	5.23	6.48	10.85
Dazomet	5.48	5.45	6.83	10.98

Con el propósito de establecer el efecto de las micorrizas en pino, se han realizado ensayos en los que se han obtenido resultados favorables al inocular con micorriza plántulas de pino, presentando incrementos en la altura equivalentes al 160%, 128% y 112% en *P. oocarpa Schiede*, *P. pseudostrobus Lindley* y *P. caribaea var. hondurensis*, respectivamente, (16).

Con base a lo anterior en la presente investigación se planteo establecer el efecto del solarizado en períodos de 8 y 6 semanas, Dazomet y testigo, sobre la altura de las cuatro especies de pino consideradas en el estudio. Mediante los análisis de varianza se pudo determinar que ninguno de los tratamiento presento diferencias significativas por lo que se concluye que son estadísticamente iguales, la figura 6 presenta una demostración gráfica de los resultados obtenidos.

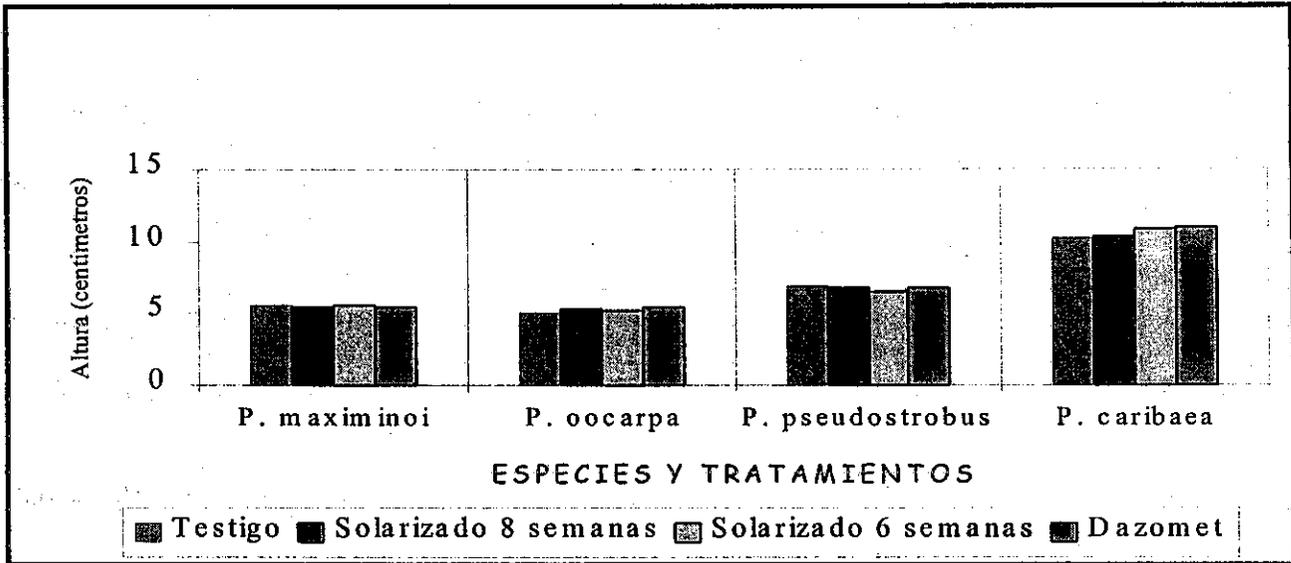


Figura 6. Comportamiento de la altura de cuatro especies de pino en fase de bolsa bajo diferentes tratamientos.

## 8. CONCLUSIONES

1. El solarizado es efectivo en la prevención del ataque de hongos incitantes del mal del talluelo que afectan al pino en vivero.
2. El solarizado favorece la micorrización, por cuanto el solarizado 8 semanas presentó un 100% de incidencia de micorriza en *P. maximinoi* y en *P. pseudostrobus* y el solarizado 6 semanas presentó los mayores porcentajes en *P. oocarpa* 100% y *P. caribaea* 98.50%, por lo que es aprobada la hipótesis planteada.
3. En el ensayo realizado en fase de semillero, en las cuatro especies en estudio los tratamientos, solarizado 8 semanas, solarizado 6 semanas y Dazomet, presentaron la menor incidencia del mal del talluelo.
4. En el ensayo realizado en la fase de bolsa, los tratamientos, solarizado 8 semanas, solarizado 6 semanas y Dazomet, las plántulas no fueron afectadas por el mal del talluelo.
5. Los resultados de peso seco de las plántulas de los tratamientos, solarizado 8 semanas, solarizado 6 semanas y químico son iguales estadísticamente iguales. No obstante esto, el solarizado de 8 semanas presentó los mejores pesos en, *P. oocarpa Schiede* 157.78 miligramos, *P. maximinoi H. E. Moore* 115.98 y *P. pseudostrobus Lindley* 247.17 miligramos, a excepción del *P. caribaea var. hondurensis* 357.03 miligramos en el que el solarizado de 6 semanas presentó el mayor peso.
6. En cuanto a la altura, los tratamientos no presentaron diferencias significativas, pero se pudo apreciar que las plántulas del solarizado presentaron un mejor vigor manifestado en la coloración con tonalidades de verde más intenso en su follaje, que la presentada por el tratamiento Dazomet.

7. Con base a los resultados obtenidos se concluye que en las fases de semillero y bolsa, el método del solarizado con 6 semanas de aplicación al material sustrato, es el mejor tratamiento, por que tiene la ventaja de aplicarse en un período más corto y no presenta riesgos de provocar daños a la salud humana y al ambiente.

## 9. RECOMENDACIONES

1. Determinar en otros estudios que géneros de hongos micorrícicos están asociados a cada especie de pino, y el efecto de la aplicación de solarizado en el material sustrato utilizado en vivero para su reproducción.
2. Evaluar el efecto del solarizado en la incidencia del mal del talluelo en la producción de pino en siembra directa en bolsas de polietileno claro, durante la fase completa del vivero.

## 10. BIBLIOGRAFIA

1. AGRIOS, G.N. 1988. Fitopatología. Trad. por Manuel Guzmán Ortíz. México, Limusa. 756 p.
2. ASOCIACION INTERNACIONAL DEL DESARROLLO (C.R.).1985. Manual de especies forestales para viveros. Costa Rica. 89 p.
3. BASF (Alemania). s.f. Basamid- granulado; desinfectante de suelos contra nematodos, hongos, insectos y malezas. República Federal de Alemania. 27 p.
4. BIDWELL R., G.S 1979. Fisiología vegetal. México, A.G.T. 784 p.
5. CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (C.R.). 1984. Especies para leña. arbustos y árboles para la producción de energía. Costa Rica. 343 p.
6. CHRISTIE, J.R. 1970. Nematodos de los vegetales, su ecología y control. México, Limusa. 275 p.
7. CUERVO A, J.L. 1997. Efecto de endomicorrizas y rizobacterias en plántulas de dos especies forestales. Tesis Mag. Sc. Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 90 p.
8. DE VAY, J.E.; STAPLETON, J.J.; CLYDE, C. L. 1991. Soil solarization. California, Estados Unidos, University of California, Plant Pathology Dept. 395 p.
9. GAITAN R., J.M. 1994. Evaluación del solarizado para el control de patógenos del suelo en el cultivo de la arveja china (*Pisum sativum* L.), durante los meses de octubre, noviembre y diciembre en el municipio de Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 66 p.
10. GARCIA A., M. 1988. Patología vegetal práctica. México, Limusa. 254 p.
11. GUATEMALA. LEYES DECRETOS, ETC. 1997. Ley forestal: Decreto legislativo 101-96. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques. 27 p.
12. HILDEBRAND, D.M.M. 1986. Effects of solar heating of soil on plant pathogens and thermotolerant microorganism antagonics to pathogenics *Fusarium* species in Colorado and Nebraska tree nurseries. United States, University of Colorado at Boulder. 114 p.
13. KATAN, J. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. Annual Review of Phytopathology (EE. UU.) 19:211-223
14. LEMCKERT, J.D. 1978. Instalación y manejo de viveros forestales. Costa Rica, Dirección General Forestal, Documento de trabajo PNUD-FAO no. 12. 38 p.

15. LISTADO DE precios de semillas de especies forestales, 1998. Guatemala. Instituto Nacional de Bosques. 1 p.  
  
Sin Publicar.
16. LOPEZ Q., M.A. 1995. Evaluación de métodos de control de la hernia de las crucíferas (*Plasmiodiophora brassicae*), en el cultivo de brocolí (*Brassica oleracea* var *itálica*), en Patzicia, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 58 p.
17. NAPIER, I. 1985. Técnicas de viveros forestales con referencia especial a Centroamérica. Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales de Honduras. 295 p.
18. NICARAGUA. MINISTERIO DEL AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, SERVICIO FORESTAL NACIONAL. 1995. Especies para reforestar en Nicaragua. Nicaragua, 145 p.
19. PAZ K., H.L. 1996. Evaluación de cuatro períodos de solarizado sus combinaciones, para el control de la hernia de las crucíferas (*Plasmiodiophora brassicae* Woronin) en brocolí (*Brassica oleracea* L. var. *itálica* Plenck) en El Tejar, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 48 p.
20. SOLIS P., R. F. 1996. Evaluación de períodos de solarizado para el control de patógenos del suelo en semilleros de café, en la finca la Planta, Esquipulas, Chiquimula. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 78 p.
21. TALLER REGIONAL DE SOLARIZACION DEL SUELO (1995, Tegucigalpa, Honduras). Memoria. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. 68 p.
22. TORRES H., J.A. 1989. Aislamiento, identificación y evaluación de hongos ectomicorrizicos de *Pinus* spp. de la cuenca del río Villalobos, departamento de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 43 p.
23. UNITED STATES. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, FOREST SERVICE. 1985. Forest nurses pest. Agriculture Handbook no. 680. 327 p.
24. VILLAPUDUA, J. R. 1996. La solarización del suelo: un método sencillo para controlar patógenos y malas hierbas. Sinaloa, México, Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Agronomía. 68 p.



Vo. Bo. Rolando Barrios.

**11. APENDICE**

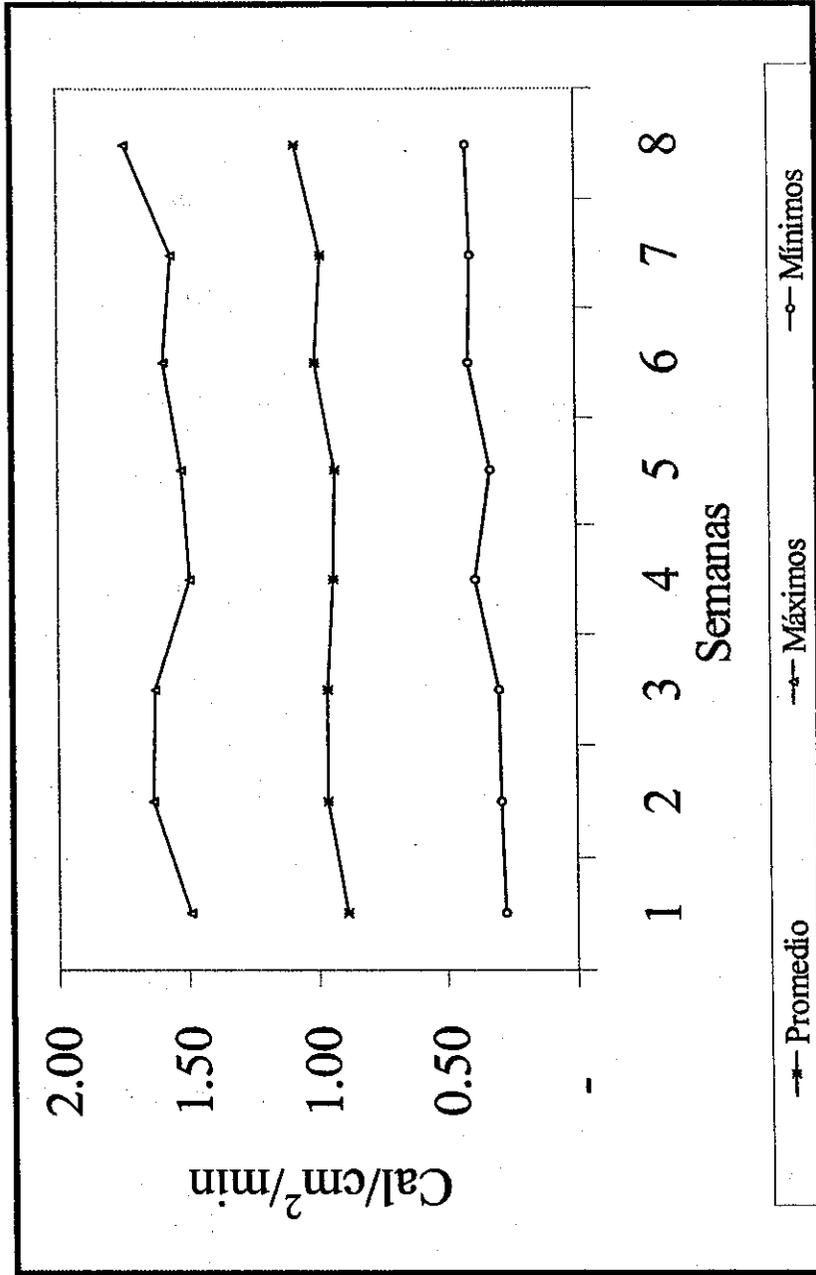


Figura "7 A". Comportamiento de la radiación solar durante el período de aplicación del solarizado.

**Cuadro 11 "A".** Porcentaje de germinación en semillero de *P. maximinoi* H. E. Moore bajo diferentes tratamientos.

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	35	37	40	43
Solarizado 8 semanas	44	51	45	49
Solarizado 6 semanas	42	45	40	50
Dazomet	41	49	47	44

**Cuadro 12 "A".** Porcentaje de germinación en semillero de *P. oocarpa* Schiede bajo diferentes tratamientos.

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	56	59	46	52
Solarizado 8 semanas	69	66	61	64
Solarizado 6 semanas	61	64	69	63
Dazomet	63	70	68	65

**Cuadro 13 "A".** Porcentaje de germinación en semillero de *P. pseudostrobis* Lindley bajo diferentes tratamientos.

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	80	82	79	84
Solarizado 8 semanas	95	87	92	89
Solarizado 6 semanas	86	91	87	93
Dazomet	90	85	84	88

**Cuadro 14 "A".** Porcentaje de germinación en semillero de *P. caribaea* var. *hondurensis* bajo diferentes tratamientos.

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	47	58	51	53
Solarizado 8 semanas	69	67	63	64
Solarizado 6 semanas	70	68	64	71
Dazomet	68	66	65	62

**Cuadro 15 "A". Porcentaje de incidencia del mal del talluelo en *P. maximinoides* H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en fase de semillero.**

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	50.00	44.40	44.80	27.90
Solarizado 6 semanas	1.41	1.19	2.22	2.17
Solarizado 8 semanas	1.23	3.30	0	1.49
Dazomet	0	0	2.90	0

**Cuadro 16 "A". Porcentaje de incidencia del mal del talluelo en *P. oocarpa* Schiede bajo diferentes tratamientos en fase de semillero.**

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	27.90	31.00	34.60	41.00
Solarizado 6 semanas	0	3.09	1.15	3.23
Solarizado 8 semanas	0	3.23	4.08	2.30
Dazomet	2.00	0	3.70	1.75

**Cuadro 17 "A". Porcentaje de incidencia del mal del talluelo en *P. pseudostrobus* Lindley bajo diferentes tratamientos en fase de semillero.**

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	38.25	34.37	33.18	37.12
Solarizado 6 semanas	1.64	0	1.42	1.46
Solarizado 8 semanas	0.77	2.10	1.20	2.11
Dazomet	0	1.30	0	0.83

**Cuadro 18 "A". Porcentaje de incidencia del mal del talluelo en *P. caribaea* var. *hondurensis* bajo diferentes tratamientos en fase de semillero.**

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	36.16	27.14	29.85	33.45
Solarizado 6 semanas	3.08	1.10	1.40	2.20
Solarizado 8 semanas	1.20	2.86	2.74	1.18
Dazomet	1.39	1.54	0	1.48

**Cuadro 19 "A".** Porcentaje de incidencia del mal del talluelo en *P. maximinoides* H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	7.80	7.24	7.68	8.28
Solarizado 6 semanas	0	0	0	0
Solarizado 8 semanas	0	0	0	0
Dazomet	0	0	0	0

**Cuadro 20 "A".** Porcentaje de incidencia del mal del talluelo en *P. oocarpa* Schiede bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	4.39	4.37	4.24	4.28
Solarizado 6 semanas	0	0	0	0
Solarizado 8 semanas	0	0	0	0
Dazomet	0	0	0	0

**Cuadro 21 "A".** Porcentaje de incidencia del mal del talluelo en *P. pseudostrobilus* Lindley bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	6.40	6.29	6.34	6.41
Solarizado 6 semanas	0	0	0	0
Solarizado 8 semanas	0	0	0	0
Dazomet	0	0	0	0

**Cuadro 22 "A".** Porcentaje de incidencia del mal del talluelo en *P. caribaea* var. *hondurensis* bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	6.37	6.28	6.26	6.33
Solarizado 6 semanas	0	0	0	0
Solarizado 8 semanas	0	0	0	0
Dazomet	0	0	0	0

**Cuadro 23 "A". Porcentaje de incidencia de micorriza en *P. maximinoi* H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.**

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	87.99	80.98	93.99	88.99
Solarizado 6 semanas	100.00	100.00	92.10	100.00
Solarizado 8 semanas	100.00	100.00	100.00	100.00
Dazomet	75.00	62.99	75.00	55.98

**Cuadro 24 "A". Porcentaje de incidencia de micorriza en *P. oocarpa* Schiede bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.**

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	75.00	68.98	87.99	100.00
Solarizado 6 semanas	100.00	100.00	100.00	100.00
Solarizado 8 semanas	100.00	93.99	100.00	100.00
Dazomet	55.99	75.00	85.00	75.00

**Cuadro 25 "A". Porcentaje de incidencia de micorriza en *P. pseudostrobis* Lindley bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.**

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	69.00	87.99	70.62	75.00
Solarizado 6 semanas	100.00	100.00	100.00	93.99
Solarizado 8 semanas	100.00	100.00	100.00	100.00
Dazomet	50.00	68.98	55.98	51.20

**Cuadro 26 "A". Porcentaje de incidencia de micorriza en *P. caribaea* var. *hondurensis* bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.**

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	62.99	50.00	68.98	87.99
Solarizado 6 semanas	100.00	100.00	100.00	93.99
Solarizado 8 semanas	93.99	96.02	100.00	100.00
Dazomet	37.98	64.86	50.00	75.00

**Cuadro 27 "A". Peso seco en miligramos en *P. maximinoides* H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.**

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	96.35	99.85	100.47	107.69
Solarizado 6 semanas	104.69	90.34	105.34	103.89
Solarizado 8 semanas	135.29	102.37	118.69	107.58
Dazomet	128.69	99.25	104.78	115.25

**Cuadro 28 "A". Peso seco en miligramos en *P. oocarpa* Schiede bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.**

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	119.58	138.50	137.58	121.00
Solarizado 6 semanas	168.00	142.00	134.56	128.47
Solarizado 8 semanas	173.58	152.87	165.00	139.68
Dazomet	138.30	147.50	123.41	132.87

**Cuadro 29 "A". Peso seco en miligramos en *P. pseudostrobilus* Lindley bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.**

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	193.00	219.80	200.00	204.00
Solarizado 6 semanas	242.00	220.00	219.25	232.98
Solarizado 8 semanas	280.58	245.69	223.00	239.40
Dazomet	228.00	227.60	216.80	263.71

**Cuadro 30 "A". Peso seco en miligramos en *P. caribaea* var. *hondurensis* bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.**

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	358.25	299.97	295.24	302.87
Solarizado 6 semanas	370.00	372.80	362.90	322.41
Solarizado 8 semanas	365.00	345.00	346.23	339.49
Dazomet	386.54	316.00	310.81	314.25

**Cuadro 31 "A". Peso seco en miligramos en *P. maximinoid* H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.**

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	96.35	99.85	100.47	107.69
Solarizado 6 semanas	104.69	90.34	105.34	103.89
Solarizado 8 semanas	135.29	102.37	118.69	107.58
Dazomet	128.69	99.25	104.78	115.25

**Cuadro 32 "A". Peso seco en miligramos en *P. oocarpa* Schiede bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.**

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	119.58	138.50	137.58	121.00
Solarizado 6 semanas	168.00	142.00	134.56	128.47
Solarizado 8 semanas	173.58	152.87	165.00	139.68
Dazomet	138.30	147.50	123.41	132.87

**Cuadro 33 "A". Peso seco en miligramos en *P. pseudostrobis* Lindley bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.**

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	193.00	219.80	200.00	204.00
Solarizado 6 semanas	242.00	220.00	219.25	232.98
Solarizado 8 semanas	280.58	245.69	223.00	239.40
Dazomet	228.00	227.60	216.80	263.71

**Cuadro 34 "A". Peso seco en miligramos en *P. caribaea* var. *hondurensis* bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.**

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	358.25	299.97	295.24	302.87
Solarizado 6 semanas	370.00	372.80	362.90	322.41
Solarizado 8 semanas	365.00	345.00	346.23	339.49
Dazomet	386.54	316.00	310.81	314.25

**Cuadro 35 "A".** Altura en centímetros en *P. maximinoi* H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	5.20	4.80	6.10	6.40
Solarizado 6 semanas	5.80	5.10	5.30	5.80
Solarizado 8 semanas	4.40	6.50	5.80	5.70
Dazomet	5.90	5.80	4.700	5.50

**Cuadro 36 "A".** Altura en centímetros en *P. oocarpa* Schiede bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	4.40	5.80	5.20	4.90
Solarizado 6 semanas	5.30	4.10	5.60	6.10
Solarizado 8 semanas	4.50	4.70	6.10	5.60
Dazomet	6.30	5.90	4.30	5.30

**Cuadro 37 "A".** Altura en centímetros en *P. pseudostrobus* Lindley bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	6.90	6.40	7.00	7.40
Solarizado 6 semanas	7.60	5.50	6.80	7.30
Solarizado 8 semanas	7.50	5.70	6.20	6.50
Dazomet	7.60	6.60	7.20	5.90

**Cuadro 38 "A".** Altura en centímetros en *P. caribaea* var. *hondurensis* bajo diferentes tratamientos en fase de bolsa.

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
Testigo	12.00	10.70	8.30	9.90
Solarizado 6 semanas	10.80	11.70	8.60	10.40
Solarizado 8 semanas	10.30	9.90	11.80	11.40
Dazomet	12.50	9.40	11.10	10.90

**Cuadro 39 "A". Análisis de varianza para la variable incidencia de la enfermedad en *P. maximinoid* H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en semillero.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	16.43	5.48	0.28	3.86
TRAT.	3	3,830.73	1,276.91	64.56	6.99
ERROR EXP.	9	178.01	19.78		
TOTAL	15	4,025.17			

C.V. = 31.36

**Cuadro 40 "A". Análisis de varianza para la variable incidencia de la enfermedad en *P. oocarpa* Schiede bajo diferentes tratamientos en semillero.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	111.81	37.27	2.34	3.86
TRAT.	3	2,417.95	805.98	50.70	6.99
ERROR EXP.	9	143.06	15.90		
TOTAL	15	2,672.83			

C.V. = 28.26

**Cuadro 41 "A". Análisis de varianza para la variable incidencia de la enfermedad en *P. pseudostrobis* Lindley bajo diferentes tratamientos en semillero.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	13.69	4.56	0.53	3.86
TRAT.	3	3,031.36	1,010.45	116.23	6.99
ERROR EXP.	9	78.24	8.69		
TOTAL	15	3,124.29			

C.V. = 22.72

**Cuadro 42 "A". Análisis de varianza para la variable incidencia de la enfermedad en *P. caribaea* var. *hondurensis* bajo diferentes tratamientos en semillero.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	18.76	5.48	1.03	3.86
TRAT.	3	2,238.30	1,276.91	122.68	6.99
ERROR EXP.	9	54.74	19.78		
TOTAL	15	2,311.79			

C.V. = 17.86

**Cuadro 43 "A". Análisis de varianza para la variable incidencia de la enfermedad en *P. maximinoi* H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en bolsa.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	4.68	1.56	1.00	3.86
TRAT.	3	798.54	266.18	170.46	6.99
ERROR EXP.	9	14.05	1.56		
TOTAL	15	814.28			

C.V. = 30.64

**Cuadro 44 "A". Análisis de varianza para la variable incidencia de la enfermedad en *P. oocarpa* Schiede bajo diferentes tratamientos en bolsa.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	0.16	0.05	1.00	3.86
TRAT.	3	431.1	143.7	2,735.95	6.99
ERROR EXP.	9	0.47	0.05		
TOTAL	15	431.73			

C.V. = 7.65

**Cuadro 45 "A". Análisis de varianza para la variable incidencia de la enfermedad en *P. pseudostrobis* Lindley bajo diferentes tratamientos en bolsa.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	5.72	1.91	1.00	3.86
TRAT.	3	623.38	207.79	109.01	6.99
ERROR EXP.	9	17.16	1.91		
TOTAL	15	646.25			
			C.V. =	38.31	

**Cuadro 46 "A". Análisis de varianza para la variable incidencia de la enfermedad en *P. caribaea* var. *hondurensis* bajo diferentes tratamientos en bolsa.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	4.96	1.65	1.00	3.86
TRAT.	3	621.95	207.22	125.27	6.99
ERROR EXP.	9	14.89	1.65		
TOTAL	15	641.50			
			C.V. =	35.74	

**Cuadro 47 "A". Análisis de varianza para la variable incidencia de micorriza en *P. maximinoi* H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en bolsa.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	80.49	26.83	0.77	3.86
TRAT.	3	3677.62	1,225.87	35.25	6.99
ERROR EXP.	9	312.97	34.77		
TOTAL	15	4,071.08			
			C.V. =	7.93	

**Cuadro 48 "A". Análisis de varianza para la variable incidencia de micorriza en *P. oocarpa Schiede* bajo diferentes tratamientos en bolsa.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	392.49	130.83	1.88	3.86
TRAT.	3	2,586.59	862.20	12.38	6.99
ERROR EXP.	9	626.59	69.62		
TOTAL	15	3,605.67			
C.V. =			10.97		

**Cuadro 49 "A". Análisis de varianza para la variable incidencia de micorriza en *P. pseudostrobis Lindley* bajo diferentes tratamientos en bolsa.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	157.19	52.40	2.53	3.86
TRAT.	3	4,780.61	1,593.54	76.82	6.99
ERROR EXP.	9	186.69	20.74		
TOTAL	15	5,124.49			
C.V. =			6.37		

**Cuadro 50 "A". Análisis de varianza para la variable incidencia de micorriza en *P. caribaea var. hondurensis* bajo diferentes tratamientos en bolsa.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	216.95	72.32	0.93	3.86
TRAT.	3	4,331.43	1,443.81	18.50	6.99
ERROR EXP.	9	702.21	78.02		
TOTAL	15	5,250.58			
C.V. =			12.85		

**Cuadro 51 "A". Análisis de varianza para la variable peso seco en *P. maximinoi* H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en bolsa.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	710.99	237.00	3.11	3.86
TRAT.	3	658.85	219.62	2.88	6.99
ERROR EXP.	9	685.89	76.21		
TOTAL	15	2,055.73			
			C.V. =	8.10	

**Cuadro 52 "A". Análisis de varianza para la variable peso seco en *P. oocarpa* Schiede bajo diferentes tratamientos en bolsa.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	826.08	275.36	1.83	3.86
TRAT.	3	1,824.41	608.14	4.03	6.99
ERROR EXP.	9	1,356.91	150.77		
TOTAL	15	4,007.40			
			C.V. =	8.68	

**Cuadro 53 "A". Análisis de varianza para la variable peso seco en *P. pseudostrobis* Lindley bajo diferentes tratamientos en bolsa.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	1,144.00	381.33	1.31	3.86
TRAT.	3	3,878.09	1,292.70	4.44	6.99
ERROR EXP.	9	2,621.06	291.23		
TOTAL	15	7,643.15			
			C.V. =	7.47	

**Cuadro 54 "A". Análisis de varianza para la variable peso seco en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* bajo diferentes tratamientos en bolsa.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	5,836.83	1,945.61	6.23	3.86
TRAT.	3	4,364.02	1,454.67	4.66	6.99
ERROR EXP.	9	2,808.97	312.11		
TOTAL	15	13,009.82			

C.V. = 5.23

**Cuadro 55 "A". Análisis de varianza para la variable altura en *P. maximinoi* H. E. Moore bajo diferentes tratamientos en bolsa.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	0.58	0.19	0.38	3.86
TRAT.	3	0.06	0.02	0.04	6.99
ERROR EXP.	9	4.67	0.52		
TOTAL	15	5.32			

C.V. = 12.98

**Cuadro 56 "A". Análisis de varianza para la variable altura en *P. oocarpa* Schiede bajo diferentes tratamientos en bolsa.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	3.66	1.22	3.92	3.86
TRAT.	3	0.46	0.15	0.49	6.99
ERROR EXP.	9	2.80	0.31		
TOTAL	15	6.92			

C.V. = 8.26

**Cuadro 57 "A". Análisis de varianza para la variable peso seco en *P. pseudostrobis* Lindley bajo diferentes tratamientos en bolsa.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	1,144.00	381.33	1.31	3.86
TRAT.	3	3,878.09	1,292.70	4.44	6.99
ERROR EXP.	9	2,621.06	291.23		
TOTAL	15	7,643.15			

C.V. = 7.47

**Cuadro 58 "A". Análisis de varianza para la variable peso seco en *P. caribaea* var. *hondurensis* bajo diferentes tratamientos en bolsa.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	FT
BLOQUES	3	4.38	1.46	0.87	3.86
TRAT.	3	1.58	0.53	0.31	6.99
ERROR EXP.	9	15.13	1.68		
TOTAL	15	21.09			

C.V. = 12.22



FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

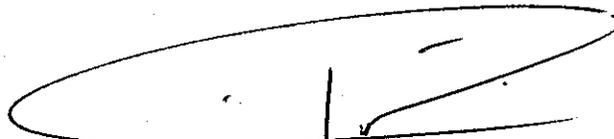
LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DEL SOLARIZADO PARA EL CONTROL DE PATOGENOS DEL SUELO Y EL EFECTO EN LA MICORRIZACION A NIVEL DE VIVERO EN CUATRO ESPECIES DE PINO (Pinus spp.) EN EL MUNICIPIO DE GUATEMALA, GUATEMALA".

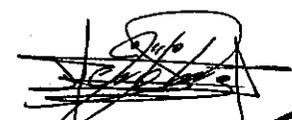
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: MYNOR RENE BARILLAS MUÑOZ

CARNET No: 8310094

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Boris A. Méndez Paiz  
Ing. Agr. Víctor M. Alvarez Cajas  
Ing. Agr. Walter E. García Tello

El asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

  
~~Ing. Agr. Gustavo Adolfo Alvarez Valenzuela~~  
A S E S O R

  
Ing. Agr. Fernando Rodríguez B.  
DIRECTOR DEL IIA.  


I M P R I M A S E

  
Ing. Agr. Rolando Lara Alecio  
D E C A N O  


cc:Control Académico  
Archivo  
FR/prr.

APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C. A.  
TELEFONO 476-9794 § FAX (502) 476-9770  
E-mail: [lia@usac.edu.gt](mailto:lia@usac.edu.gt) § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>