

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

EVALUACION DEL EFECTO DEL METODO DEL SOLARIZADO EN EL PROCESO DE LA
MICORRIZACION Y CONTROL DEL MAL DE TALLUELO A NIVEL DE VIVERO EN PLANTAS DE
Pinus oocarpa Schiede.

TESIS

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

POR

MARA NOEMI RUANO GARCIA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERA AGRONOMA

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO DE

LICENCIADA

Guatemala, mayo 1999.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

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

Guatemala, mayo de 1999.

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

Distínguidos miembros:

De la manera más atenta y de acuerdo con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis:

EVALUACION DEL EFECTO DEL METODO DEL SOLARIZADO EN EL PROCESO DE LA MICORRIZACION Y CONTROL DEL MAL DEL TALLUELO A NIVEL DE VIVERO EN PLANTAS DE *Pinus oocarpa Schiede*.

Presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado de Licenciada.

En espera de su aprobación.


MARA NOEMI RUANO GARCIA

ACTO QUE DEDICO

A

DIOS:

SEÑOR TODO PODEROSO,

Que guiaste mi camino a lo largo de toda mi carrera,
iluminando mi mente. Mil gracias.

MIS PADRES:

MELY Y MARIO ANTONIO RUANO

Un millón de gracias, por apoyarme desde el inicio de
mi carrera. Su amor y confianza en mí han sido la
fuerza que ha dirigido todos mis pasos.

MIS HERMANAS:

MARIA ELIZABETH, EVELYN PATRICIA y GLADYS
LORENA

Ustedes han sido durante toda mi vida la principal
fuente de energía; por ello que Dios las bendiga
siempre.

MI FAMILIA,

ESPECIALMENTE A: DOLORES AQUINO, CARLOS HUMBERTO, HAYDEE
CONSUELO, BERTILA CARRANZA, WALDEMAR,
RAMIRO, VILMA y JOSE GARCIA; RONMEL VINICIO,
ANIBAL GARCIA, CYNTHIA MAYTE, NANCY
ELIZABETH

Con amor especial y agradecimiento sincero.

MI CUÑADO:

LUIS ANTONIO LOPEZ

La vida compensó la ausencia de un hermano, a través
de tu presencia en mi familia, te quiero mucho.

MIS AMIGOS:

ARTURO MARTINEZ, CLAUDIA TOLEDO, CLAUDIA
LOPEZ, ANGEL REYES, ADA PALMA, ALAN MATUTE,
MARVIN URIZAR, LUIS F. MENDOZA, EFRAIN SOSA,
MIRIAM DE LA ROCA, HERBERT ACHÉ, EDUARDO
GUDIEL, WILLIAMS NORIEGA, PRUDENCIO CANIL,
MARIO LOPEZ y JOSE CORONADO.

Que sería de la vida sino se contara en ella con amigos
como ustedes, mil gracias por saber compartir con los
demás momentos tan especiales como los que
compartieron con migo. GRACIAS.

AGRADECIMIENTOS

A:

DIOS, TODO PODEROSO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

SUBAREA DE FILOSOFIA Y CIENCIAS SOCIALES, FACULTAD DE AGRONOMIA

Ing. Agr. GUSTAVO ALVAREZ

Ing. Agr. SILVEL ELIAS

Lic. CARLOS QUEZADA

INDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PAGINA
INDICE DE CUADROS	ii
INDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	iv
1. INTRODUCCION	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA	3
3. MARCO TEORICO	4
3.1. MARCO TEORICO CONCEPTUAL	
3.1.1. Descripción de micorrizas	4
3.1.1.1. Tipos de micorrizas	5
3.1.1.2. Tipos de inculo	7
3.1.1.3. Morfología de las Ectomicorrizas	9
3.1.1.4. Anatomía de las micorrizas	10
3.1.1.5. Tipos de estímulos producidos planta-hongo	11
3.1.1.6. Interacción Hongo-planta-medio	12
3.1.1.7. Nutrición de la Planta micorrizada	13
3.1.1.8. Aplicación de las ectomicorrizas en tecnología Forestal	14
3.1.1.9. Presencia de hongos micorrícicos en las tierras Tierras bajas de Pinos tropicales en bosques naturales y plantaciones exóticas	14
3.1.1.10. Pinos tropicales y su medio ambiente	15
3.1.1.11. Ectomicorrizas en bosques tropicales naturales de pino	15
3.1.1.12. Origen de los hongos micorrícicos en plantaciones exóticas	15
3.1.2. Solarizado	16
3.1.2.1. Beneficios del solarizado	16
3.1.2.2. Condiciones adecuadas para una buena solarización	18
3.1.2.3. Preparación del terreno	20
3.1.2.4. Duración del tratamiento	20
3.1.2.5. Temperaturas del suelo	20
3.1.2.6. Producción de calor	21
3.1.2.7. Efecto sobre organismos benéficos del suelo	22
3.2. MARCO REFERENCIAL	
3.2.1. Ectomicorrizas en plantaciones tropicales	22
3.2.2. Cultivos y patógenos en los que se ha empleado el solarizado	23
3.2.3. Localización del lugar donde se realizó el Estudio	24
3.2.4. Descripción general de <i>Pinus oocarpa Schiede</i>	24
3.2.5. Distribución geográfica del <i>Pinus oocarpa Schiede</i>	25
4. OBJETIVOS	27
5. HIPOTESIS	28

6.	METODOLOGIA	29
6.1.	Tratamientos	29
6.2.	Manejo del experimento	29
6.3.	Preparación del sustrato	29
6.3.1.	Aplicación de los tratamientos	30
6.3.2.	Llenado de bolsas	30
6.3.3.	Siembra	31
6.4.	Diseño experimental	31
6.5.	Variables de respuesta	32
6.6.	Análisis de datos	33
7.	RESULTADOS Y DISCUSION	
7.1.	Incidencia de enfermedades	35
7.2.	Porcentaje de incidencia de micorrización	38
7.3.	Grado de micorrización (No. de puntas Micorrizadas)	39
7.4.	Altura de las plantas	46
7.5.	Peso fresco total	47
7.6.	Peso seco total	49
8.	CONCLUSIONES	51
9.	RECOMENDACIONES	52
10.	BIBLIOGRAFIA	53
11.	ANEXOS	56

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1.	Presentación de los diferentes tratamientos.	29
CUADRO 2.	Porcentaje de germinación e incidencia de enfermedades en <i>Pinus oocarpa Schiede</i> por unidad experimental bajo diferentes tratamientos en fase de vivero.	36
CUADRO 3	Prueba de medias de Tukey para el porcentaje de incidencia de enfermedades, en <i>Pinus oocarpa</i> bajo diferentes tratamientos.	37
CUADRO 4.	Porcentaje de incidencia de micorrizas en <i>Pinus oocarpa Schiede</i> por unidad experimental bajo diferentes tratamientos.	38
CUADRO 5.	Porcentaje de severidad de micorrizas en <i>Pinus oocarpa Schiede</i> por unidad experimental bajo diferentes tratamientos en fase de vivero.	44
CUADRO 6.	Prueba de medias de Tukey para el porcentaje de severidad de micorrizas en <i>Pinus oocarpa Schiede</i> bajo diferentes tratamientos.	45
CUADRO 7.	Altura de plantas de <i>Pinus oocarpa Schiede</i> por unidad experimental bajo diferentes tratamientos en fase de vivero.	47
CUADRO 8.	Prueba de medias de Tukey la diferencias en alturas de <i>Pinus</i>	

<i>oocarpa Schiede</i> bajo diferentes tratamientos.	47
CUADRO 9. Peso fresco total en gramos de las plantulas <i>Pinus oocarpa Schiede</i> por unidad experimental bajo diferentes tratamientos.	48
CUADRO 10. Prueba de medias de Tukey el peso fresco en plantulas de <i>Pinus oocarpa Schiede</i> bajo diferentes tratamientos.	49
CUADRO 11. Peso seco total en gramos de las plantulas <i>Pinus oocarpa Schiede</i> por unidad experimental bajo diferentes tratamientos.	50
CUADRO 12. Prueba de medias de Tukey del peso seco en plantulas de <i>Pinus oocarpa Schiede</i> bajo diferentes tratamientos.	50
CUADRO 13A. Análisis de varianza para el porcentaje de enfermedades en <i>Pinus oocarpa Schiede</i> bajo diferentes tratamientos.	58
CUADRO 14A. Análisis de varianza para el porcentaje de severidad de las micorrizas en <i>Pinus oocarpa Schiede</i> bajo diferentes tratamientos.	58
CUADRO 15A. Análisis de varianza para la Altura de plantas de <i>Pinus oocarpa Schiede</i> , bajo diferentes tratamientos.	58
CUADRO 16A. Análisis de varianza para el peso fresco de plantas de <i>Pinus oocarpa Schiede</i> , bajo diferentes tratamientos.	58
CUADRO 17A. Análisis de varianza para el peso seco de plantas de <i>Pinus oocarpa Schiede</i> , bajo diferentes tratamientos.	58

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Comportamiento de la incidencia del mal del talluelo a través del tiempo	37
FIGURA 2. Incidencia de micorrizas en cada tratamiento	39
FIGURA 3. Fotografía estereoscópica del tratamiento de 8 semanas de solarizado	41
FIGURA 4. Fotografía estereoscópica del tratamiento de 7 semanas de solarizado	41
FIGURA 5. Fotografía estereoscópica del tratamiento de 6 semanas de solarizado	42
FIGURA 6. Fotografía estereoscópica del tratamiento de 4 semanas de solarizado	42
FIGURA 7a. Fotografía estereoscópica del tratamiento de 0 semanas de solarizado	43
FIGURA 7b. Fotografía estereoscópica del tratamiento de 0 semanas de solarizado	43
FIGURA 8. Comportamiento de la micorriza con respecto al período de solarizado	45

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL METODO DEL SOLARIZADO EN EL PROCESO DE LA
MICORRIZACION Y CONTROL DEL MAL DEL TALLUELO A NIVEL DE VIVERO EN
PLANTAS DE *Pinus oocarpa Schiede.*

SOLARITATION EVALUATION EFFECT FOR THE MICORRIZATION PROCESS AND THE
DAMPING OFF CONTROL IN A TREE NURSERY LEVEL IN *Pinus oocarpa Schiede.*

RESUMEN

Desde hace mucho tiempo el hombre conoce sobre los beneficios que brindan a las plantas las asociaciones con cierto tipo de microorganismos. Estudios preliminares que se han desarrollado en Costa Rica y Guatemala (12)*, hacen evidente las asociaciones que existen entre hongos micorrícicos con especies forestales como lo es con el *Pinus spp* en forma natural.

También es conocido que plantas no micorrizadas, no crecen bien, hasta que las micorrizas logran infectar a la planta, lo que alarga el período de adaptación de estas al nuevo medio, esto puede ser un factor determinante para su sobrevivencia en el campo definitivo. (12)*

En la presente investigación se evaluó el efecto del solarizado en periodos de 4, 6, 7 y 8 semanas en el control del mal del talluelo y en el proceso de micorrización, fue necesario incluir dentro de los tratamientos un testigo absoluto el cual sirvió de comparador al momento de realizar el análisis de la información. Para asegurar la presencia de hongos micorrícicos en el sustrato se utilizó como inóculo suelo y humus

* Marx, D.H. 1980. Ectomycorrhizal fungus inoculations a tool for improving forestation practices.

obteniéndose en la parte media de la Sierra de las Minas, donde se encuentra creciendo en forma natural el ***Pinus oocarpa Schiede.***

La fase experimental de esta investigación se llevó a cabo en el vivero forestal del Instituto Nacional de Bosques, ubicado en la zona trece de la Ciudad Capital. En la primera fase experimental se llevó a cabo la aplicación del método de solarizado, colocando el plástico ecocontrol en forma escalonada al sustrato, a intervalos de tiempo según los tratamientos establecidos, con el fin de levantar el plástico de todos al mismo tiempo. La segunda fase comprendió el establecimiento del vivero, se realizó el llenado de bolsas y la siembra directa de las plantas en las mismas. Tres meses después de germinada la semilla se procedió a tomar los datos de incidencia de enfermedades, porcentaje y grado de micorrización; altura, peso fresco y seco total de las plantas, información necesaria para determinar las diferentes variables de respuesta planteadas en el experimento.

Las variables evaluadas fueron el porcentaje de incidencia de micorrizas, porcentaje de severidad de las micorrizas, altura, pesos fresco y seco de las plántulas, para el caso de la variable de porcentaje de incidencia de enfermedades fue necesario llevar a cabo chequeos cada 8 días del vivero durante el tiempo que permanecieron las plantas en el mismo.

En las variables de porcentaje de incidencia de enfermedades el tratamiento que presentó mayor porcentaje fue el testigo alcanzando un 17.25%, mostrándose así como el peor tratamiento.

En el porcentaje de micorrización no hubo diferencia significativa en los tratamientos, observándose una media general de 99.75% estableciéndose con ello que el solarizado no inhibe la infección de las micorrizas.

En la grado de micorrización el mejor tratamiento fue el de 7 semanas con un 94.25% de severidad y en las variables de altura, peso fresco y seco de las plántulas, el mejor tratamiento fue el de 7 semanas alcanzando 12.57 cm, 2.63 gr y 1.18gr respectivamente; determinándose con estas variables que la severidad de la infección de los hongos micorrícicos en las raíces influye favorablemente en el crecimiento y desarrollo del *Pinus oocarpa Schiede* en fase de vivero.

1. INTRODUCCION

Una nueva línea de investigación se ha venido desarrollando desde hace años, en donde la evaluación del método del solarizado, como práctica para la desinfección del suelo ha brindado muy buenos resultados para el control de plagas y enfermedades en una gran variedad de especies vegetales. Dentro de éstas nuevas investigaciones también se han publicado algunos resultados en los que se reporta que los hongos nativos micorrícicos del suelo tratado con el método de solarizado no muestran disminuciones significativas en sus poblaciones, por lo que el estudio del efecto del solarizado a diferentes intervalos de exposición contribuye al enriquecimiento de la escasa información que existe acerca del tema.

Siendo el solarizado un método de control físico que de alguna manera tiende a incrementar el período en el proceso de realización de los viveros a través del tiempo que dure el sustrato cubierto con plástico, en esta investigación se realizó siembra directa en bolsa con lo que pudo observarse que en tres meses después de la germinación las plantas alcanzaron el 75% de la altura requerida para pasar a la fase de campo con lo cual se redujo en un 25% el tiempo necesario para el mismo, pudiéndose entonces obviar la fase de semillero, evitando con ello el estrés debido al trasplante del semillero hacia el almácigo y al mismo tiempo, disminuyendo las labores que conlleva aplicar el método del solarizado en la fase semillero y almácigo por separado.

La investigación se desarrolló en el vivero forestal del Instituto Nacional de Bosques, ubicado en la zona 13 de la Ciudad Capital, de junio a noviembre de 1998, período al final del cual pudo determinarse que el solarizado en 7 semanas es un buen

método para el control del mal del talluelo ya que con dicho tratamiento logró reducirse el un 99% el porcentaje de incidencia de la misma. Al mismo tiempo pudo establecerse que el solarizado no afecta la incidencia de hongos micorrícicos ya que todos los tratamientos mostraron en promedio un 99.75% de incidencia; sin embargo si afecta de alguna manera el porcentaje de severidad de las micorrizas, pues que el tratamiento de siete semanas de solarizado presentó un 94.25% de micorrización alto en comparación con el testigo que presentó únicamente un 16%. Las diferencias en altura, peso fresco y seco están asociados a la severidad de micorrización, ya que el tratamiento de siete semanas fue el que presentó mejores resultados en las variables antes mencionadas.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA:

El reto que enfrentan los viveros forestales en forma general, es llegar a producir plantas en forma masiva en donde pueda observarse un desarrollo uniforme de las plantulas, considerándose que todas se encuentran bajo las mismas condiciones. La muerte por mal del talluelo y por escasez de propágulos de micorrizas capaces de infectar es evidente en los viveros forestales, ya que es común esperar al final de la etapa de vivero plántulas con diferentes grados de desarrollo; reduciéndose además el número de plantas debido a la mortandad provocada por agentes fitopatógenos causantes del mal del talluelo. La heterogeneidad de éstos es preocupante, ya que aunque se obtenga un buen porcentaje de germinación y supervivencia en la fase de vivero, aquellas plantas que no presenten un buen desarrollo es seguro que al salir al campo definitivo perecerán, al no soportar las condiciones bajo las que se encontraran.

3. MARCO TEORICO

3.1. MARCO TEORICO CONCEPTUAL

3.1.1. Descripcion De Micorrizas

Las micorrizas (hongos de las raíces), son estructuras resultantes de la asociación simbiótica entre raíces finas nutridoras de las plantas verdes y micelio de hongos altamente especializados que habitan las raíces. (12)

Cada componente en la asociación depende del otro en algún grado para su existencia. Esta asociación resulta altamente beneficiosa para las plantas por el incremento en la absorción de agua y nutrientes del suelo, así como por la protección que recibe contra patógenos y por las hormonas sintetizadas en el sistema simbiótico. Actualmente es de gran importancia el uso de micorrizas en programas de reforestación y forestación con coníferas en algunas regiones del mundo y en la introducción de las mismas. (13)

El proceso de micorrización se lleva a cabo mediante la infección de las raíces secundarias de una planta por las hifas de una o más especies de hongos. Las hifas externas de la raíz micorrizada son las responsables de la mayor absorción de agua y nutrimentos del suelo, mientras que las internas intervienen más directamente en el intercambio nutricional y metabólico de la relación hongo-planta. (20)

En el proceso de micorrización, la raíz formada por los pelos radiculares serán sustituidos por las hifas del hongo, lo que implica un menor gasto energético de la planta y una mayor área de absorción por la longitud de la hifas externas desarrolladas. Las micorrizas pueden tomar variadas formas dependiendo de la naturaleza de la planta y del hongo. (20)

La mayoría de todas las plantas verdes en el mundo tiene micorrizas, las cuales pueden beneficiarse a través del incremento de:

- A. La absorción del agua y nutrientes, y por lo tanto, el ciclo nutritivo.
- B. La sanidad y longevidad de las raíces nutridoras.
- C. La tolerancia a la sequía, a las altas temperaturas, toxinas y pH extremos del suelo.
- D. Producción de hormonas estimulantes del crecimiento (auxinas, citoquininas, giberelinas y tiaminas) que benefician al huésped.
- E. Almacenamiento en su manto fungoso de elementos como el nitrógeno, fósforo, potasio, cobre, zinc, aluminio y boro. (20)

La mayoría de los árboles deben tener micorrizas para sobrevivir, otras plantas pueden solamente necesitarlas para un máximo crecimiento en suelos naturales. (17)

Con la excepción de las acuáticas, de algunas halofitas y algunas otras plantas, la mayoría de las plantas con flor del mundo forman ecto o endomicorrizas en suelos naturales. (17)

3.1.1.1. Tipos de micorrizas

A. Ectomicorrizas: Estas viven naturalmente en muchas especies de importancia forestal en todo el mundo. Las plantas hospedantes de estos hongos son predominantemente árboles que pertenecen a las familias Pinaceae, Fagaceae; Betulaceae; Salicaceae; Juglandaceae o Myrtaceae (Eucaliptus), Ericaceae y otras familias. (17)

La infección de hongos ectomicorrícicos se inicia por esporas o hifas (propágulos) de los simbiontes fúngicos que habitan la rizósfera de las raíces nutridoras. Los propágulos son estimulados por exudaciones de la raíz y crecen sobre la superficie de

las raíces nutritoras y forman una capa de hongos. Las hifas se desarrollan alrededor de las células corticales de la raíz y forman lo que se llama la **red de Hartig**. Que es uno de los rasgos principales que distinguen las ectomicorrizas, que puede ser simples, bifurcadas o multibifurcadas (coraloide), nodular, o de otras formas. El color de una ectomicorriza está normalmente determinado por el color de la hifa del hongo simbionte y pueden ser: castañas, negras, blancas, rojas, amarillas o mezcla de estos colores. La hifa individual, cordones de hifas o rizomorfos, radian desde la capa de hongos en el suelo hasta la base de los cuerpos de fructificación de los hongos.(17)

La mayoría de los hongos que forman ectomicorrizas con los árboles forestales mejor conocidos y probablemente los más importantes son los basidiomicetos, que producen setas (cuerpos de fructificación) y ciertos ascomicetos.(12)

La necesidad que presentan muchas especies de árboles forestales de ectomicorrizas fue inicialmente observada cuando los esfuerzos para establecer plantaciones de pinos exóticos en partes del mundo deficientes de hongos asociados fallaban continuamente hasta que se introdujeron los hongos esenciales. (17)

Plantas de pino no micorrizadas no sobreviven ni crecen bien hasta que los hongos nativos forman ectomicorrizas sobre sus raíces. (12)

B. Ectendomicorrizas:

Esta clase de micorrizas es la más extendida en plantas verdes del mundo y comprende tres grupos. Las micorrizas Ericalaen que viven sobre cuatro o cinco familias de las Ericaceae en géneros tales como **Galluna, Vaccinium, Rhododendrum, Erica, Arbustus, y Pernettya**. Las micorrizas Orchidaceous son un grupo distinto que vive solamente en la familia Orchidaceae y las micorrizas vesicular-arbusculares (VA), que forman el tercer grupo y que han recibido mucha atención de investigación. (20)

A causa de su amplio rango de hospedantes, los hongos micorrízicos VA se encuentran en todos los suelos naturales del mundo. No se ha mencionado en ninguna parte del mundo deficiencias de hongos micorrízicos vesicular-arbusculares en suelos naturales, como lo han sido los hongos ectomicorrízicos.

Ya que los hongos micorrízicos vesicular-arbusculares no pueden ser cultivados en laboratorios, se consigue la producción de inóculo en cultivos de macetas. (17)

El valor principal de las micorrizas vesicular-arbusculares aparentemente viene de su capacidad de proveer a la planta más fósforo, cobre y zinc, los cuales son relativamente inmóviles en el suelo. En suelos de viveros fumigados, deficientes en hongos micorrízicos vesicular-arbusculares, se han demostrado beneficios con micorrizas vesicular-arbusculares para cítricos, aguacate y varias especies frondosas. (24)

C. Micorrizas arbutoides: Están provistas de manto, hifas de proyección externa y normalmente, red de Hartig bien desarrollada con penetración intracelular. Las plantas hospedadoras pertenecen a los géneros ***Arbutus*** y ***Arctostaphylos***. (13, 20)

4.1.1.3. Tipos de inóculo

Existen varias clases de inóculos, naturales y producidos en laboratorios, así como varios métodos de aplicación se han utilizado a través de los años, algunas técnicas han tenido éxito y otras no, a continuación se describen algunas de ellas:

A. Inóculo de suelo:

Es el inóculo natural más utilizado, especialmente en países en desarrollo, es suelo o humus colectado en áreas con plantaciones establecidas de pino o roble. Este inóculo de suelo puede ser mezclado con el medio de enraizamiento (normalmente un volumen del 5 al 10%).

Uno de los mayores inconvenientes del inóculo de suelo o humus es que no se pueden controlar las especies de hongos ectomicorrízicos en el suelo. No hay ninguna seguridad de que este tenga los hongos más deseables para las especies de árboles a producir ni para el lugar donde las plantas van a ser establecidas de asiento. El inóculo de suelo también puede tener además microorganismos peligrosos y malas hierbas nocivas para los hongos ectomicorrízicos, de los cuales algunos de ellos, pueden ser potencialmente peligrosos. (20)

B. Inoculo de esporas:

Se han usado los cuerpos de fructificación y esporas de varios hongos como inóculos. Los cuerpos de fructificación enteros o cortados se secan antes de su uso. Siendo esencialmente inóculos de esporas, ya que la matriz vegetativa del cuerpo de fructificación se mata por desecación durante el secado o por descomposición cuando es añadido al suelo. (13)

La técnica más simple y efectiva de inoculación es espolvoreando las esporas secas de hongos hipogeos como *Pisolithus tinctorius*, aplicándolas al suelo alrededor de las plantas jóvenes y lixiviándolas en las zonas de las raíces con agua de irrigación. Este procedimiento ha tenido éxito en plantas de pino a raíz desnuda y en contenedores. (20)

Inóculo compuesto de esporas, mezclado con un portador humedecido, tal como la vermiculita, caolín o arena, puede ser esparcido sobre el suelo y mezclado en los viveros. (13, 15, 20)

Todas las colecciones de Basidiosporas de *P. tinctorius* obtenidas de cuerpos de fructificación maduras contienen levaduras, bacterias y una mezcla de hongos saprofiticos,. El Captan y el Thiran incrementaron el desarrollo de ectomicorrizas de *Pisolithus* sobre plantitas de *P. taeda*. (20)

Existen ventajas e inconvenientes al utilizar las esporas de hongos ectomicorrízicos para la inoculación. La mayor ventaja es que las esporas no requieren una fase de crecimiento extensa bajo condiciones asépticas como el inóculo vegetativo, otra ventaja es que éste es muy ligero y que por lo menos las esporas de ciertos hongos, poseen habilidad para sobrevivir almacenadas de una estación a otra. (8, 12, 13)

C. Inoculo vegetativo:

Este método de inoculación es biológicamente mas seguro, y consiste en utilizar el micelio puro. Lamentablemente los hongos ectomicorrízicos son un grupo difícil de cultivar en el laboratorio. Muchas especies nunca han sido aisladas ni han crecido en cultivo puro. Algunas especies crecen lentamente, otras mueren a menudo después de unos meses en cultivo. (20, 14)

3.1.1.4. *Morfología De Las Ectomicorrizas*

Esta varia según el hongo simbiote y el género al que pertenezca la planta hospedante. Uno de los principales caracteres morfológicos que definen una ectomicorriza es el tipo de ramificación. (28)

Es conocido que las ectomicorrizas que aparecen en las especies de género ***Pinus*** estan ramificadas dicotómicamente una o varias veces dando lugar incluso a sistemas coraloides. Las formas más típicas de las ectomicorrizas son las siguientes (28):

- A. No ramificadas: El sistema micorrícico consiste en micorrizas simples, no ramificadas, el manto envuelve solo raices simples. Ejemplo de este tipo son las desarrolladas en el género ***Picea***.
- B. Monopodial-pinnadas: El sistema posee un eje desde el cual se originan ramas laterales más cortas que el eje. Estas ramas se sitúan más o menos en un solo plano.

- C. Monopodial – piramidal: Posee un eje central, donde las ramas laterales se originan desde el eje en varios planos (3-4 ó más).
- D. Dicotómicas: El meristemo de la raíz se divide dicotómicamente, las dos ramas laterales crecen con la misma longitud, estas ramificaciones pueden aparecer repetidamente, siendo entonces dicotómicas de primer, segundo orden. Este tipo de ramificación es típico en el género ***Pinus***. (20)
- E. Irregular – Pinnadas: (Con ramificaciones dicotómicas). En algunos casos las ramificaciones dicotómicas pueden no distinguirse porque uno o dos ápices micorrízicos crecen más rápido que otros. (17)
- F. Coraloides: Sistemas micorrízicos dicotómicamente ramificados o pinnados, con ejes cortos que están densamente ramificados causando una apariencia de coral, un ejemplo de este tipo son las ectomicorrizas desarrolladas entre ***Rhizopogon y Pinus***.
- G. Tuberosas: Las micorrizas están muy densamente ramificadas y unidas por una densa capa de hifas que les confiere forma de tubérculos. Este tipo de ramificación aparece en micorrizas formadas entre algunas especies de ***Suillus y Pinus***. (20)

3.1.1.5. Anatomía de las micorrizas:

- A. Superficie del manto: El manto de hifas que rodea a la raíz puede estar a menudo cubierto por hifas emergentes, cistidios, gránulos, papilas, etc, o bien simplemente formado por hifas entrelazadas en la parte más externa. En algunos casos el manto es muy delgado y es posible distinguir las células corticales de la raíz. La superficie del manto puede ser:
- a. Lisa: superficie bien definida con unas pocas o ninguna hifa emergente. (20)

- b. Reticulada: Las ectomicorrizas lisas pueden ser reticuladas si poseen tubos laticíferos, como en el caso de las micorrizas formadas por especies del género *Lactarius*. (20)
- c. Granulosa: La superficie de la ectomicorriza esta cubierta por pequeños tuberculos, papilas o gránulos. (20)
- d. Lanosa: Las micorrizas están rodeadas por hifas emergentes, gruesas, rizadas, formando una especie de trenza de lana. (20)
- e. Algodonosa: Las micorrizas están rodeadas por hifas emergentes delgadas muy difíciles de reconocer individualmente. (20)
- f. Fibrosas: Las hifas están dispuestas en pequeños haces. (20)
- g. Espinosas: La superficie está cubierta por cistidiós o hifas emergentes rígidas y conspicuas, pueden ser de tamaño de un cuarto de diámetro de la micorriza. (20)

B. Rizomorfos:

Se incluyen aquí los cordones miceliares que son rizomorfos primitivamente organizados donde las hifas pueden estar ligeramente interconectadas. En estos las hifas se organizan de manera que se forma un haz central con hifas de gran diámetro, rodeado por una capa de hifas de diámetro inferior pero de paredes más gruesas y/o pigmentadas. (20)

C. Red de Hartig:

La red de Hartig es otra característica importante para la determinación de ectomicorrizas, puede desarrollarse solo al nivel de la primera capa de células corticales. (28)

En sección transversal, el tipo más común de red de hartig es la formada por una sola fila de hifas entre las células del cortex, pero ocasionalmente pueden existir varias filas (28)

3.1.1.6. Tipos de estímulos producidos planta - hongo

- A. **Estímulo radical:** Se ha comprobado ampliamente que las raíces vivas estimulan el crecimiento en virtud del micelio de algunos hongos ectomicorrícicos. Fries et. al., identificaron el ácido abietico como factor liberado por *Pinus silvestris*, el cual puede estimular la germinación de esporas en *Suillus granalatus*, *S. Grevillei*, *S. Luteus* y *S. Variegatus* pero no en *Hebeloma mesophaeum*, *Paxillus involutus* y *Telephora terrestris*, siendo todas ellas especies fungicas micorrícicas de dicha conífera. (20)
- B. Estímulos fúngicos: Los reguladores del crecimiento de la planta producidos por el hongo no solo pueden alterar el nivel de exudados radicales, sino también pueden influir en la morfogénesis de la raíz y en la proliferación de raíces secundarias. (Palmer, Slankis, Ulrich, Gogala, Gar y Debaud). La proliferación de raíces incrementa el número de lugares disponibles de colonización, mientras que el aumento de exudados radicales estimula el crecimiento fungico. (28)

3.1.1.7. Interacción planta – hongo – medio:

A. Papel de la planta:

Aunque la morfología y disposición interna de las células radicales son características inherentes del hospedante, son modificadas por la interacción del hongo. El tipo de ramificación del sistema micorrícico, varía muy poco o no varía entre especies arbóreas del mismo género. (28)

La estructura interna de la raíz se modifica por la carencia de epidermis y pelos radicales. (28)

B. Papel del hongo:

El hongo simbiote es el que directa o indirectamente produce cambios en la raíz, hasta transformarla en una ectomicorriza. Rodea a la raíz con sus hifas formando un manto bien diferenciado. Las hifas penetran entre las células corticales formando la Red de Hartig. La interacción con la raíz provoca un cambio en las dimensiones de la células corticales, estimulando también un crecimiento diferencial de la raíz, como la formación de dicotomías en el género *Pinus*, la cual puede estar condicionada por la producción de auxinas por el hongo simbiote. (20)

Las diferencias morfológicas de las micorrizas están dadas por las estructuras reproductoras y no por caracteres del micelio vegetativo y forman por lo tanto ectomicorrizas completamente idénticas. (28)

C. Papel del medio:

Los factores del medio pueden influir en la morfología y anatomía de las ectomicorrizas, sin embargo sólo son responsables de pequeños cambios. Como el caso del pH que en algunas ocasiones provoca cambios en el color de la ectomicorriza. (28)

3.1.1.8. *Nutricion de la planta micorrizada*

Melin y Nilsson(24) demostraron que existe un transporte de carbohidratos desde el huésped hacia el hongo. Así mismo las hifas absorben nitrógeno, fósforo, potasio y calcio que transportan hacia el huésped.

La eficiencia de la absorción de nutrientes es incrementada por la presencia de ectomicorrizas, la capacidad de captar amonio es importante en los bosques con suelos

de bajo pH y bajas tasas de nitrificación, la gran cantidad de hifas y cordones miceliares capacitan a las ectomicorrizas para captar cantidades suficientes de amonio, a pesar de la considerable inmovilidad de este elemento.

La absorción de fósforo depende de la tasa de respiración y no puede ser intensificada por la tasa de transpiración. El potasio se absorbe con facilidad y se acumula en el manto, por otro lado el calcio y potasio en puntos calcáreos es reducida por la micorrización. Entre los efectos no nutricionales de las ectomicorrizas se encuentra el control biológico potencial contra patógenos. Entre los mecanismos de protección implicados se encuentra la barrera física producida por las micorrizas, producción de antibióticos, producción de compuestos fungistáticos como isobutanol, ácido isobutírico, terpenos, fenoles y etileno, cambio en los exudados de las raíces micorrizadas, dificultad en el establecimiento de patógenos en la rizosfera. (6)

3.1.1.9. Aplicaciones de las ectomicorrizas en tecnología forestal

La Función del sistema radicular es la de proporcionar un soporte estructural y la captación de nutrientes y agua por que resulta de vital importancia para determinar el estado fisiológico de la planta. La mejora del sistema radicular incrementa la supervivencia y el crecimiento de las plantas posteriormente al trasplante en campo definitivo (37), la calidad del sistema radicular depende de la ramificación y la abundancia de raíces cortas fisiológicamente capaces de establecer un contacto rápido con el suelo de la plantaciones. (37)

En suelos naturales todos los árboles forestales forman simbiosis mutualística entre las raíces y hongos especializados del suelo. El órgano mixto hongo - raíz resultante se denomina MICORRIZA. (22)

3.1.1.10. *Presencia de hongos micorrícicos en las tierras bajas de pinos tropicales en bosques naturales y plantaciones exóticas*

Todos los pinos forman asociaciones con ectomicorrizas, aún en los trópicos donde muchos otros árboles forman asociaciones con endomicorrizas. Muchos estudios se han hecho de pinos micorrizados, en regiones templadas, pero pocos en las regiones tropicales. (20)

3.1.1.11. *Pinos tropicales y su medio ambiente:*

Muchos pinos se encuentran naturalmente en las zonas templadas del Norte o igualmente en las zonas tropicales o subtropicales de latitudes altas, sin embargo unas pocas especies son verdaderamente tropicales y habitan las tierras bajas tropicales. Estos pinos regularmente se encuentran en suelos infértiles, mal drenados y ácidos en regiones con climas húmedos o subhúmedos. La precipitación es baja (650 a 4000 mm por año) y se encuentran en el verano períodos de sequía frecuentemente, los cuales provocan incendios severos en las colinas. (11, 20)

Ocasionalmente los pinos tropicales se encuentran en suelos fértiles, alcalinos, pobremente drenados o en un clima superhúmedo. Frecuentemente se encuentran asociados a otro tipo de micorrizas de plantas de bosques como los *Quercus sp.* (11)

3.1.1.12. *Ectomicorrizas en bosques tropicales, naturales de pino:*

Los bosques naturales de los trópicos incluyendo los pinos han recibido poca atención por lo micólogos. Esporádicamente se han hecho colecciones de macromicetos terrestres, pero éstos usualmente son utilizados para propósitos taxonómicos, haciendo pequeñas menciones de sus grandes asociaciones con plantas. (11)

Actualmente se buscan en Thailandia, Indonesia y Filipinas hallazgos sobre la asociación natural entre los hongos y el *P. kesiya* y *P merkusii*. (20)

3.1.1.13. *Origen de los hongos micorrízicos en plantaciones exóticas:*

Los hongos micorrízicos se encuentran sobre las especies tropicales en casi un 5%, especialmente en las familias Caesalpiniaceae, Dipterocarpaceae y Myrtaceae. En pocos casos estos hongos nativos pueden infectar a los pinos, sin embargo en la mayoría de los casos no es así, debido a que en muchas áreas estos no son capaces de sobrevivir y formar una fuente significativa de inóculo de micorrizas para infectar las plantas. (20)

Los hongos exóticos probablemente fueron introducidos, junto con sus hospedantes nativos o en semillas ornamentales. (26)

Esta deficiencia fue observada al querer introducir pinos en nuevas áreas a gran escala a partir de semillas, sin embargo, estas deficiencias fueron salvadas por la introducción de suelo fresco de pino o de brosa a las camas de vivero. (20, 26)

3.1.2. Solarizado

La técnica del solarizado consiste en cubrir el suelo húmedo con plástico transparente delgado, durante el verano, a fin de incrementar las temperaturas que permitan destruir a la mayoría de los fitopatógenos, insectos y malas hierbas. La radiación solar pasa a través del plástico transparente, transformándose en calor, e induciendo a cambios físicos, químicos y biológicos en el suelo. Un manejo satisfactorio depende de la duración del tratamiento, intensidad de la radiación solar y de la conductividad térmica del suelo. (23)

3.1.2.1. *Beneficios de la solarización:*

La técnica de solarización es uno de los descubrimientos más importantes que han surgido para el control de patógenos, malas hierbas e insectos del suelo. Las plantas desarrolladas en los suelos solarizados son con frecuencia más vigorosas.

A. Control de patógenos:

A partir del primer reporte que se posee sobre solarizado, se ha demostrado que la solarización controla efectivamente muchos patógenos del suelo, como son: *Alternaria*, *Dydimella*, *Fusarium spp.*, *Phymatotrichum*, *Plamodiophora*, *Pyrenochaeta spp.*, *Pythium spp.*, *Bipolaris*, *Rhizoctonia*, *Rosellinia*, *Sclerotinia*, *Sclerotium spp.*, *Thieleloopsis*, *Verticillium*, *Agrobacterium*, *Streptomyces*, *Orobanche* y nemátodos.

En algunos casos, el control de patógenos ha durado más de un año, en otros, se han logrado efectos sinérgicos cuando se ha combinado la solarización con residuos de plantas o fumigantes del suelo. Su efectividad también se ha incrementado mediante el uso de plástico avejentado o con utilización de dos capas de película de polietileno.

(30)

B. Control de malezas:

Las malas hierbas son más susceptibles que los patógenos a la solarización. En general, la mayoría de las especies de malezas anuales y perennes pueden controlarse por medio de la solarización del suelo, pero difieren respecto a la susceptibilidad al calor así pues, éstas se pueden clasificar como 1) susceptibles, 2) moderadamente susceptibles, 3) moderadamente resistentes y 4) resistentes. (7)

C. Estimulación del desarrollo de las plantas:

En suelos solarizados, fumigados o artificialmente calentados, las plantas tienen un mejor crecimiento en comparación con las plantas desarrolladas en los suelos no tratados, aunque éstos no hayan sido infestados por patógenos antes de solarizarlos. (9)

Se han sugerido diferentes mecanismos no relacionados con el control de patógenos, para explicar la estimulación del desarrollo de las plantas en suelos desinfectados como son: (10)

- Eliminación de patógenos menores desconocidos.
- Cambios químicos en el suelo. Las concentraciones del nitrógeno en forma de nitratos (NO_3) y amoniacal (NH_4) se han incrementado hasta seis veces, comparado con los suelos no solarizados. Dicho incremento ha durado hasta nueve meses. También, el calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}) y otros elementos están más disponibles para las plantas en suelos solarizados. (23)
- Destrucción de sustancias fitotóxicas en el suelo.
- Estimulación de microorganismos benéficos, como hongos micorrízicos, ***Thichoderma***, ***Aspergillus***, ***Actinomycetos***, bacterias como ***Bacillus***, y especies fluorescentes de ***Pseudomonas***, los cuales sobreviven al proceso de solarización y recolonizan el suelo rápidamente. Estos pueden contribuir al control biológico de patógenos o estimular el desarrollo de las plantas. (29)

3.1.2.2. Condiciones adecuadas para una buena solarización

Las recomendaciones para llevar a cabo la técnica de solarización, siempre y cuando las condiciones climáticas lo permitan, son las siguientes:

- A. El área por solarizar debe estar bien preparada, libre de terrones grandes, residuos de cosecha y malezas, los cuales podrán levantar el plástico o romperlo. El plástico debe ser transparente para que permita el paso de la mayor parte de la radiación solar que calentará el suelo. (30)
- B. El plástico transparente debe formularse con inhibidores ultravioleta (UV) para evitar el deterioro rápido del polietileno, permitiendo que el suelo se pueda solarizar por más tiempo. El polietileno es ideal ya que deja pasar mejor la radiación solar que otros materiales a base de acetato de etileno vinílico o cloruro de polivinil. (10, 30)

- C. El plástico debe ser lo más delgado posible (0.025 – 0.050 mm = 25-50 micras) ya que es más económico y efectivo para calentar el suelo y porque hay mejor transmisión de radiación solar que en los plásticos más gruesos. El plástico transparente grueso refleja más energía solar que el delgado y provoca temperaturas ligeramente más bajas. (9, 10, 30)
- D. El suelo debe cubrirse con la película de plástico durante el período de temperaturas altas, días largo y radiación solar intensa. La solarización del suelo funciona mejor en la estación cálida del año. En Cuba la solarización ofrece un buen control de malezas cuando se desarrolla de julio-agosto, época en la cual las temperaturas predominantes durante el día oscilan de 30-34°C y en la noche de 27-28°C. (22, 30)
- E. El suelo puede cubrirse total o parcialmente en bandas sobre las camas o surcos. La solarización en bandas es más económica que la solarización total, sin embargo existe un gran riesgo de que el suelo tratado pueda re infectarse más rápidamente. (22)
- F. Las altas temperaturas se logran cuando la humedad del suelo es suficiente. Por lo que debe mantenerse húmedo el suelo durante el período de tratamiento para incrementar la sensibilidad de los patógenos, ya que la actividad de varios organismos (patógenos y malezas) se ve favorecida por la humedad y esto a su vez, eleva la susceptibilidad de los mismos a las altas temperaturas; y también con el propósito de mejorar la conductividad térmica del mismo. (30)
- G. El tiempo de tratamiento debe ser lo suficientemente prolongado. Por lo general de cuatro a seis semanas, ya que las temperaturas en las capas profundas son más bajas que en la superficie. (22, 30)

- H. El plástico debe removerse después del tratamiento de solarización. El suelo puede plantarse con un cultivo o dejarse hasta la siguiente temporada. Otra alternativa es no remover el plástico y dejarlo como acolchado. (30)
- I. Si el suelo tiene que prepararse después del proceso de solarización, la labranza debe ser superficial, es decir, a una profundidad menor de 5 centímetros para evitar el movimiento de propágulos y semillas de malezas que puedan emerger a la superficie. (22)

3.1.2.3. *Preparación del terreno:*

El solarizado inicia con las actividades de preparación del suelo ya sea en forma manual o mecánica para la eliminación de terrones hasta obtener una superficie lisa. La solarización es más efectiva cuando las hojas de plástico son selladas hasta donde sea posible, lo que es mejor cuando son removidas las rocas o malas hierbas que puedan rasgar o romper el plástico. El plástico debe ser lo suficientemente grande para que cubra el suelo y para que los bordes puedan ser enterrados alrededor de toda el área tratada. El suelo bajo el plástico debe estar húmedo para que la solarización sea efectiva. (5)

3.1.2.4. *Duración del tratamiento:*

Las hojas de plástico deben estar colocadas en el suelo a tratar de cuatro a seis semanas para permitir que el calor del suelo alcance la mayor profundidad posible. El plástico puede ser removido o dejarse ahí para la siguiente temporada. (9)

Entre más largo sea el tratamiento de calentamiento mejor es el control de enfermedades. Aunque algunos organismos dañinos mueren en algunos días, para lo cual los tratamientos de cuatro a seis semanas son muy recomendados, para exposición al sol durante el verano. Algunos otros organismos son relativamente resistentes al

calor, por lo que quizá requieren períodos más largos de solarizado para el

3.1.2.5. *Temperatura del suelo*

El efecto del calentamiento de la solarización del suelo es más grande sobre la superficie y disminuye con la profundidad. Las temperaturas máximas del suelo solarizado en áreas de campo son comúnmente entre 42-55°C a los 5 cm de profundidad y rangos de 32-36°C sobre los 45 cm de profundidad. El control de malas hierbas y enfermedades del suelo es mejor usualmente arriba de los 10-30 cm. del suelo. La mayoría de los patógenos y malas hierbas de las cuales se tienen estudios en suelos solarizados son controlados por encima de los rangos de 10-30 cm. Temperaturas más altas en el suelo y calentamiento a profundidades más grandes son alcanzadas en el interior de invernaderos o cuando doble plástico es utilizado.(5)

3.1.2.6. *Producción de calor:*

En lo que a la producción de calor se refiere, esta se determina de acuerdo a la temperatura del suelo que está en función de diferentes factores como: Tiempo de exposición, frecuencia de radiación, temperatura de la superficie del suelo y de la intensidad de la radiación. Estos factores pueden variar según el ciclo diurno y anual de la radiación solar. (5)

El calor se produce gracias a la capa de polietileno por eliminación de la evaporación, convección de calor durante el día y el efecto de invernadero que ésta proporciona. Por la condensación de la capa de polietileno, la transmisión de radiación de onda larga es reducida en gran medida, resultando un mejor calentamiento debido al incremento en el efecto del invernadero. (9)

En términos generales, una onda de temperatura viaja en el suelo de 2 a 3 centímetros por hora y con una difusión termal de 0.1-0.01 centímetros cuadrados por

segundo. En promedio en un área de un centímetro cuadrado de la atmósfera de la tierra paralela a la superficie del suelo, recibe dos cal/cm²/minuto (constante solar) de energía en forma de radiación solar pero únicamente cerca de la mitad alcanza la tierra.

(9)

El suelo almacena el calor que ha sido introducido en él y en la noche que baja la gradiente termal, sujeto al régimen de temperatura a cierta profundidad es invertido, éste se pierde otra vez, dando como resultado un ciclo reversible en la dirección del flujo de calor. (4)

La radiación de onda corta y onda larga. Es la fuente primaria de energía para el calentamiento de los suelos. Este calentamiento incluye en adición a la intensidad de la radiación solar, factores como: temperatura y humedad del aire, velocidad del viento y las características del suelo como color, humedad y textura.(4)

3.1.2.7. Efecto sobre los organismos benéficos del suelo:

Afortunadamente aunque muchos organismos dañinos mueren con los ligeros calentamientos del suelo, muchos otros organismos son capaces de una u otra manera de sobrevivir a la solarización o de recolonizar el suelo muy rápidamente después del tratamiento. Dentro de estos organismos importantes están las micorrizas, hongos y bacterias que parasitan los patógenos del suelo. El cambio en la población a favor de estos organismos antagónicos hace a los suelos solarizados más resistentes al establecimiento de patógenos en comparación con los que no han sido solarizados o fumigados. (5)

3.2. MARCO REFERENCIAL:

3.2.1. *Ectomicorrizas en plantaciones tropicales:*

Ensayos con especies de pinos tropicales se han establecido en muchas partes de los trópicos, sin embargo solamente *P. caribae*, *P. merkusii* y *P. oocarpa* tienen extensas plantaciones en las áreas bajas. Muchos reportes generales han sido publicados acerca de las micorrizas de pinos en países tropicales, pero pocas brindan detalles de las especies hospedantes, morfología de las micorrizas y hongos asociados. (9)

Las micorrizas pueden sintetizarse a través de síntesis aséptica adicionando inóculo en *P. oocarpa* con cultivos de *Amanita rubescens*, *Stropharia granulata*, *S. liteus*, *Rhizopogon luteolus*, *R. roseolus*, *Russula emetica* y *Cenococcium geophilum* en Costa Rica, y en Guatemala existen reportes iniciales de micorrizas en *P. cubensis*. (20)

3.2.2. Cultivos y patógenos en los que se ha empleado el solarizado

El proceso de solarizado como desinfección de suelos ha sido utilizado para patógenos del suelo con diferentes resultados, como los que a continuación se muestran:

Katan como pionero del proceso, en su primera publicación sobre el solarizado en 1976 señala buenos resultados en el control de verticiliosis en berenjenas y tomate, producidos por *Verticillium dahliae*. (9)

Verticillium dahliae ha sido controlado también en los cultivos de nuez, papa, tabaco, algodón y repollo; con reducciones de incidencia en porcentajes que van de 25 hasta 100%. (11, 20)

Plasmodiophora brassicae se ha controlado en crucíferas, en combinaciones con dazomet o combinaciones con bromuro de metilo al 98% y cloropicrina al 2L%. (30)

Phythium spp, se ha controlado en la nuez, deciduos, algodón y repollo con reducción de 58 a 98%. (22)

Rhizoctonia solani, ha sido combatido en algodón y café, con una cobertura de 21 a 28 días, donde también se obtuvo una mayor altura y vigor de la plántula. (30)

Suetotium rolsfii, ha sido controlada en cultivos de papa, cebolla, algodón, arveja china, repollo y arroz, obteniéndose una reducción de la incidencia de 80 a 100%. (11, 20, 30)

3.2.3. Localización del lugar donde se realizó el estudio:

El estudio se realizó en el vivero forestal del Instituto Nacional de Bosques (INAB) ubicado en la zona 13 de la Ciudad de Guatemala.

La ciudad de Guatemala está situada en el altiplano central del país, a 1502.32 m.s.n.m., en la Latitud Norte de 14°35'11" y Longitud Oeste de 90°31'58", con una temperatura promedio de 23°C.

3.2.4. Descripción general de *Pinus oocarpa Schiede*

Es un árbol de 14-25 m de altura, tronco tan recto como a veces encorvado, de 50-88 cm de diámetro en su base, corteza hendida, formando estrechas placas longitudinales, escamosa en la parte superior, moreno grisáceo desde el oscuro hasta el claro en las placas exteriores, moreno amarillento, a veces con breves tonalidades verdosas en el fondo de las grietas, ásperas, escamosas moreno rojiza o brevemente grisácea en las ramas, mientras que en los renuevos y partes cubiertas por las hojas se presentan con coloración no-bien acentuada moreno-violáceo, siendo en general un tanto más oscura en la forma de pequeños conos, ramaje desde liviano hasta tosco, encorvadas, sinuosas, ascendentes, horizontales, de las que las inferiores se tornan colgantes en árboles leñosos, ordinariamente las inferiores más espaciadas que las

superiores; copa ordinariamente amplia, redondeada en árboles adultos, un tanto más reducida y más alargada, cónica en ejemplares jóvenes, simétrica o asimétrica, desde poca densa hasta muy densa, follaje de 2 a 3 años, formando penacho en la cúspide de las ramas, notablemente ralo y corto en las colonias que vegetan en terrenos áridos, progresivamente denso y largo a medida que se adentran en terrenos más viables y húmedos. Posee cinco ascúsculas de 17 a 29 mm de largo y de 0.9 a 1.00 mm de espesor, aglomeradas, anchamente triangulares, verde claro, brillantes, tiesas y ásperas. Los tres brotes son finamente aserrados. (2)

Los conos son serotinosos y numerosos, anchamente ovoides, cónicos, hasta globulosos, fuertes y pesados de 5.5 a 9 cm de largo y de 4.5-7.5 cm de ancho. Su color es ocre con tinte largo verdoso, brillante. Se presentan solitarios y sus escamas son gruesas y duras, los conos son caracterizados porque no se abren sus escamas a un mismo tiempo sobre la rama. (2)

Según Niembro (19) las semillas están provistas de una ala delgada, translúcida, membranosa o papirácea de tamaño variado la cual favorece su dispersión. Las alas son articuladas, estas llevan en la base dos ganchos formados por tejido higroscópico que abrazan y sujetan a la semilla.

3.2.5. Distribución geográfica del *Pinus oocarpa* Schiede

Su distribución es amplia, que va de México hasta Nicaragua. Crece entre los 500-2400 m sobre el nivel de mar. Son tan grandes las áreas que ocupa en el país esta valiosa y abundante especie, que para mencionar los parajes donde se ha observado es difícil, por lo que en forma general se describen los bosques de *Pinus sp.* que se encuentran en las alturas antes mencionadas en los departamentos de Huehuetenango, Quetzaltenango, Totonicapan, Quiché, Sololá, Chimaltenango, Baja Verapaz, Guatemala,

Chiquimula y Jalapa, en donde será raro no encontrar por cada kilómetro por lo menos un ejemplar, ya que aparece formando rodales puros y en otras ocasiones se encuentra asociado con otras especies de *Pinus* o especies de hoja ancha. (2)

Según Peters, citado por Villalpudua (30), puede ser utilizado en trabajos de carpintería, fabricación de puertas y ventanas, para forrar y construcciones en general. Se utiliza también para postes telegráficos y para cercos. Su corteza es rica en taninos y los indígenas lo usan para teñir lana. Se le ha exportado en grandes cantidades, con muy buena aceptación a Cuba y los Estados Unidos de Norte América. (2)

. **OBJETIVOS:**

4.1. GENERAL:

Establecer los efectos del método del solarizado en el control de agentes causantes del mal del talluelo y en el proceso de micorrización en plántulas de *Pinus oocarpa Schiede*, en la etapa de vivero.

4.2. ESPECIFICOS:

4.1.1. Determinar el período de solarizado más eficiente para el control del mal del talluelo, en fase de vivero en *Pinus oocarpa Schiede*.

4.1.2. Determinar el efecto de cuatro períodos de solarizado en el proceso de micorrización en plántulas de *Pinus oocarpa Schiede*, en la fase de vivero.

4.1.3. Determinar el grado de micorrización en cada uno de los períodos de solarizado, en *Pinus oocarpa Schiede*, en la fase de vivero.

5. HIPOTESIS:

- 5.1. El solarizado disminuye la incidencia de hongos causantes del mal de talluelo.
- 5.2. Por lo menos uno de los tratamientos de solarizado permitirá el desarrollo de las micorrizas en plántulas de *Pinus oocarpa Schiede* , en fase de vivero.

6. METODOLOGIA:

6.1. TRATAMIENTOS:

Los tratamientos consistieron en exponer el suelo que fue utilizado para el llenado de bolsas para el establecimiento de plantas de *Pinus oocarpa Schiede*, en la fase de vivero, a diferentes periodos de solarizado. Partiendo de la información recopilada de investigaciones anteriores y de las experiencias compartidas por personas dentro de esta rama de investigación, se evaluaron cuatro periodos de solarizado, incluyéndose además un testigo absoluto, que fue utilizado como comparador. A continuación se describen en cuanto a su período de exposición al sol, los diferentes tratamientos:

CUADRO 1. Presentación de los diferentes tratamientos:

PERIODO DE SOLARIZADO
8 SEMANAS
7 SEMANAS
6 SEMANAS
4 SEMANAS
0 SEMANAS (TESTIGO)

El solarizado fue instalado antes de la siembra según el tiempo de exposición establecido para cada tratamiento. En el presente experimento se utilizó polietileno de color transparente.

6.2. MANEJO DEL EXPERIMENTO:

6.2.1. Preparación del sustrato:

Como componentes del sustrato se utilizaron humus, arena y suelo en las proporciones de 1:2:1, de donde el humus fue recolectado de áreas en donde se encuentran plantaciones establecidas de *Pinus oocarpa Schiede*, el suelo y la arena que se utilizaron procedían de las fuentes que originalmente utilizan en el Instituto Nacional de Bosques para la elaboración de los viveros.

La mezcla necesaria para el llenado de 2000 bolsas de polietileno de 10.2 x 15.2 cm. se realizó dentro del área de viveros forestales del INAB, posteriormente se separaron cinco tablonces de proporciones iguales, para iniciar con cada uno de los tratamientos.

Debido a que el experimento se desarrolló en la época seca se regó el suelo constantemente, para que al iniciar con el primer tratamiento, la humedad del suelo estuviera a Capacidad de Campo.

6.2.2. Aplicación de los tratamientos:

La cobertura del suelo con en el polietileno se realizó en forma escalonada para lograr uniformizar la fecha de la siembra, es decir, que primero se colocó el tratamiento de ocho semanas, una semana después el de siete semanas, y así sucesivamente hasta alcanzar cubrir los cuatro tratamientos, y el testigo el cual no se cubrió, de tal manera que al finalizar el solarizado se descubrieran todos los tratamientos el mismo día y proceder a llenar las bolsas y sembrar una semana después.

Luego de colocadas las cubiertas plásticas, se cubrieron los bordes con tierra, para asegurar el hermetismo dentro del área en tratamiento. Se utilizó plástico Ecocontrol de 0.3125 cm. de grosor.

6.2.3. Llenado de bolsas:

Al realizar la aplicación de los tratamientos en forma escalonada, se logró retirar las cubiertas de polietileno, el mismo día como se mencionó anteriormente. Se llenaron un total de 400 bolsas por sustrato, y fueron colocadas dentro del área enmarcada con anticipación con cada uno de los tratamientos, considerándose que cada repetición estuvo constituida por 100 bolsas que alcanzaron a cubrir aproximadamente un metro cuadrado.

6.2.4. Siembra:

La siembra se efectuó en forma manual depositando tres semillas por bolsa, la semilla procedía del banco de semillas del Instituto Nacional de Bosques. Ocho días después de la germinación se procedió a realizar un raleo de plantas, con el fin de dejar solamente una planta por bolsa, para ayudar a su buen desarrollo. Las prácticas culturales que se realizaron dentro de esta fase se hicieron de la misma forma en que las llevan a cabo regularmente dentro de la institución, es decir que no se fertilizó debido al corto período que permanecieron las plantas en el vivero. El control de plagas y enfermedades se hizo en forma manual y el riego se llevó a cabo cada dos días, o según lo requirieron las plántulas ante las condiciones de temperatura que se presentaron.

6.3. DISEÑO EXPERIMENTAL:

Para la realización de la investigación en el campo, se utilizó un diseño de bloques al azar, ya que en la fase de vivero los tratamientos estuvieron en un área con cierto grado de pendiente, la cual fue necesario bloquear y así tratar de disminuir el error que podía haberse generado a partir de ésta gradiente.

El experimento constó de cinco tratamientos y cuatro repeticiones cada uno, con un tamaño de 1 m^2 por unidad experimental, área que ocuparon 100 bolsas de polietileno, dejando 0.25 m de calle entre unidad experimental. En total se tuvieron 20 unidades experimentales que ocuparon un área de 7.5 m de largo por 5.25 m de ancho.

6.4. VARIABLES DE RESPUESTA:

A los 90 días de germinada la semilla se procedió a levantar el experimento, tiempo prudente para el desarrollo de las micorrizas. Con lo cual se procedió al cálculo de:

6.4.1. Incidencia de enfermedades:

Se realizaron dos lecturas de incidencia de la enfermedad a los 19 y 25 días después de la siembra, momento en que se consideró que había concluido la germinación, para el efecto se contaron el total de plantas enfermas que presentaron características del mal del talluelo (volcamiento, marchitez, clorosis, estrangulamiento, pudrición del tejido y muerte). Para determinar el porcentaje de incidencia de enfermedad se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{\text{Número total de plantas enfermas}}{\text{total de plantas/unidad experimental}} \times 100$$

6.4.2. Porcentaje de Mortandad:

Para la determinación del porcentaje de mortandad, se realizaron lecturas a cada 14 días a partir de la siembra, de donde se extrajeron las plantas muertas; con este dato y a través de la aplicación de la fórmula, se pudo conocer el porcentaje de mortandad, el cual se acumuló hasta el momento del levantamiento del experimento. La fórmula utilizada fue:

$$\text{Porcentaje de mortandad} = \frac{\text{Número de plantas muertas}}{\text{Número. de plantas por unidad experimental}} \times 100$$

6.4.3. Porcentaje de incidencia de micorrizas:

Se contaron las plantas de cada unidad experimental que presentaron micorrizas, y se calculó el porcentaje de plantas micorrizadas a través de la ecuación, considerándose para este caso el total de plantas que se encontraron en cada unidad experimental

$$\text{Porcentaje de incidencia} = \frac{\text{Número de plantas micorrizadas}}{\text{Número de plantas por Unidad experimental}} \times 100$$

6.4.4. Grado de micorrización

En este caso se tomó una muestra comprendida por el 20% del total de las plantas por cada unidad experimental, a las cuales se les contó el número de raíces secundarias micorrizadas en la parte media de la misma, tomando como total de raíces el número de raíces secundarias que fueron observadas, con lo que se calculó el índice de severidad a través de la ecuación de:

$$\text{Grado de Micorrización} = \frac{\text{Número de raíces secundarias micorrizadas}}{\text{Número de raíces secundarias observadas por planta}} \times 100$$

6.4.3. Altura promedio de la planta: Fue tomada para cada tratamiento, al momento de concluido el experimento, para ésta se consideró la altura de las plantas desde el nivel del cuello de la raíz hasta la copa de la plántula, dato expresado en centímetros.

6.4.4. Peso fresco y seco total: Al terminar el experimento se prepararon las plantas completas para poder ser pesadas en una balanza analítica, el peso seco se obtuvo luego de el secado de las mismas al horno a 30°C durante un período de 3 días .

6.5. ANALISIS DE DATOS:

6.5.1. Modelo Estadístico:

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

De donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta (porcentaje de incidencia, porcentaje de mortandad y porcentaje severidad) del i -ésimo tratamiento de solarizado y la j -ésima repetición.

μ = Valor de la media general del experimento (porcentaje severidad, porcentaje incidencia y porcentaje de mortandad)

T_i =Efecto del i-ésimo tratamiento de solarizado

B_j = Efecto del j-ésimo bloque

E_{ij} =Error experimental asociado a la i-j-ésima unidad experimental.

6.5.2. Se realizó el análisis de varianza para:

6.5.2.1. Porcentaje de incidencia de enfermedades

6.5.2.2. Porcentaje de incidencia de micorrizas

6.5.2.3. Porcentaje de severidad de micorrizas

6.5.2.4. Porcentaje de mortandad

6.5.2.5. Altura de la planta.

6.5.2.6. Peso seco y fresco de la planta

6.5.3. Se realizó una prueba de Medias de Tukey, para el caso donde se encontró diferencia significativa.

6.5.3. Análisis Gráfico:

6.5.3.1. Incidencia de enfermedades

6.5.3.2. Incidencia de micorrizas

6.5.3.3. Infeccion micorrícica.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION:

Uno de los principios básicos del solarizado es el incremento de la temperatura del suelo a través de la cobertura del mismo con plástico transparente delgado para la destrucción o disminución de la mayoría de los organismos fitopatógenos. Partiendo de tal hecho se inició la presente investigación en junio y finalizándose en noviembre de 1998 y del cual se obtuvieron los siguientes resultados:

7.1. INCIDENCIA DE ENFERMEDADES:

Se tomaron datos a los 19 y 28 días después de la siembra y a lo largo de toda la fase de campo donde se pudo obtener la incidencia de la enfermedad. En el cuadro 2 se pueden observar los porcentajes de germinación e incidencia de enfermedades a través del tiempo.

El tratamiento que presentó menor porcentaje de germinación fue el testigo, dicha disminución en el porcentaje de germinación puede deberse a la aparición del mal del talluelo pre-emergente que ocasiona daño directo a la semilla provocando la pudrición del tejido y la posterior muerte de la misma, en adición a esto la cantidad de plantulas vivas fue disminuído posteriormente a la germinación por el desarrollo del mal de talluelo. Este tratamiento fue el que presentó mayor porcentaje de plántulas muertas debido a la presencia y desarrollo del dicha enfermedad. Sin embargo para poder establecer si existía diferencia entre los tratamientos fue necesario realizar el análisis de varianza, en el cual se logró determinar que existía diferencia significativas. En el cuadro 13A se muestra el análisis de varianza realizado y sus datos básicos.

En base a que sí existían diferencias significativas se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey, obteniéndose al finalizar la misma que los tratamientos de 6, 7 y 8 semanas fueron los mejores; según se muestra en el cuadro 3.

Efectivamente los tratamientos de 6, 7 y 8 semanas de solarizado, controlando eficientemente el mal del talluelo presentando características estadísticamente similares, mientras que el tratamiento de 4 semanas de solarizado se presenta como un tratamiento intermedio, ya que presentó una media de 2.5% de incidencia de mal del talluelo y el peor tratamiento es el testigo que presentó en promedio un 17.25% de incidencia de mal del talluelo, con lo que puede revalidarse la necesidad que plantea Agrios(1) de la aplicación de métodos de control de la incidencia del mal del talluelo debido a la susceptibilidad que presentan las plátulas recién emergentes y del carácter irreversible de la enfermedad; de la misma manera puede confirmarse una vez más que el solarizado es un buen método físico de control de los patógenos que causan el mal del talluelo. Dichos resultados se pueden observar en forma más clara en la figura 1.

CUADRO 2. PORCENTAJE DE GERMINACION E INCIDENCIA DE ENFERMEDADES EN *Pinus oocarpa Schiede* POR UNIDAD EXPERIMENTAL BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS EN FASE DE VIVERO.

TRATAMIENTO	PORCENTAJE DE GERMINACION	INCIDENCIA DE ENFERMEDADES (PORCENTAJE) /REPETICION			
		1	2	3	4
SOLARIZADO 8 SEMANAS	75	0.57	0.57	0.57	0.57
SOLARIZADO 7 SEMANAS	70	0.57	0.57	0.81	0.57
SOLARIZADO 6 SEMANAS	68	0.57	0.57	0.81	0.81
SOLARIZADO 4 SEMANAS	60	0.99	0.99	0.81	0.81
TESTIGO (0 SEMANAS)	56	2.43	2.29	2.56	2.21

CUADRO 3: PRUEBA DE MEDIAS DE TUKEY PARA PORCENTAJE DE INCIDENCIA DE ENFERMEDADES, EN *Pinus oocarpa Schiede* BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS.

TRATAMIENTO	MEDIA (PORCENTAJE)	AGRUPAMIENTO DE TUKEY AL 5%
TESTIGO (0 SEMANAS)	17.25	A
SOLARIZADO 4 SEMANAS	2.50	B
SOLARIZADO 6 SEMANAS	1.5	C
SOLARIZADO 7 SEMANAS	1.25	C
SOLARIZADO 8 SEMANAS	1	C

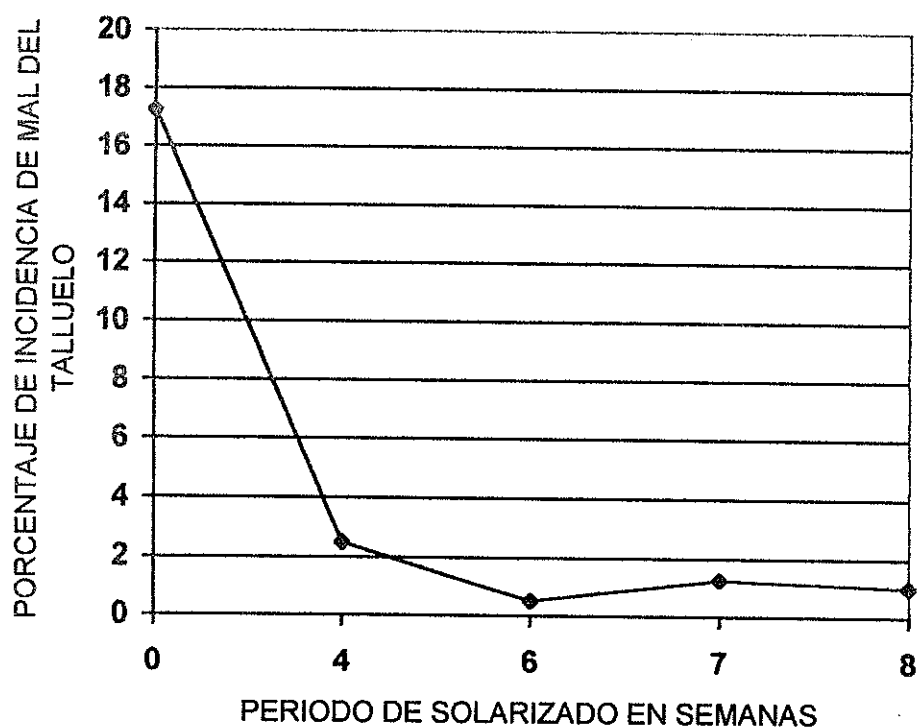


FIGURA 1. COMPORTAMIENTO DE LA INCIDENCIA DEL MAL DEL TALLUELO A TRAVES DEL TIEMPO

7.2. PORCENTAJE DE INCIDENCIA DE MICORRIZAS

Para el caso de esta variable fue necesario realizar al final del experimento el conteo por unidad experimental de las plantas que presentaban micorrizas, observándose los resultados del porcentaje de micorrización por tratamiento como se muestra en el cuadro 4.

Con dicha información se realizó el análisis de varianza en donde pudo establecerse que no existe diferencia significativa entre los tratamientos ya que en todos pudo observarse una media general de 99.75% de incidencia de micorrizas, estableciéndose con ello que el solarizado no inhibe el poder infeccioso de los hongos micorrícicos; ya que a pesar de encontrarse el proceso de simbiosis entre las raíces y el hongo en diferentes estados de desarrollo si pudo determinarse la presencia de micorrizas. La figura 2 muestra la tendencia de la incidencia de las micorrizas en cada uno de los tratamientos.

CUADRO 4. PORCENTAJE DE INCIDENCIA DE MICORRIZAS EN *Pinus oocarpa Schiede* BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS.

TRATAMIENTO	INCIDENCIA DE MICORRIZAS (Porcentaje)/REPETICION			
	1	2	3	4
Solarizado 8 semanas	100	100	100	100
Solarizado 7 semanas	98	100	100	100
Solarizado 6 semanas	100	99	100	100
Solarizado 4 semanas	100	100	98	100
Solarizado 0 semanas	100	100	100	98

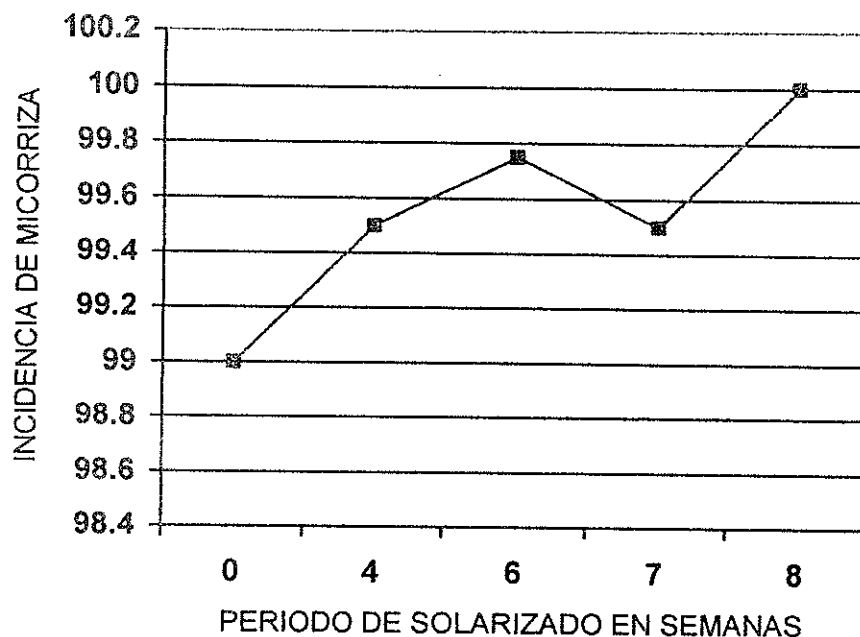


FIGURA 2. INCIDENCIA DE MICORRIZAS EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS.

7.3. GRADO DE MICORRIZACION: (NUMERO DE PUNTAS MICORRIZADAS)

Se tomó el 20% de las plantas micorrizadas y posteriormente se observaron al microscopio para realizar el conteo de las puntas micorrizadas y las no micorrizadas. En el cuadro 5 se muestra los datos obtenidos de esta variable.

Según el cuadro 5, se puede apreciar que existe cierta tendencia del testigo a tener menor cantidad de puntas micorrizadas, para poder determinar si existe diferencia entre tratamientos se procedió a realizar el análisis de varianza, el cual se muestra en el cuadro 14A el cual indica que si existen diferencias significativas.

Estadística y anatómicamente pudo determinarse que si existían diferencias significativas entre tratamientos, por lo que fue necesario realizar la prueba de medias

de Tukey cuyos resultados se muestra en el cuadro 6, el cual indica que los mejores tratamientos lo constituyen el solarizado de 7 y 8 semanas.

Estadísticamente los mejores tratamientos son los de 7 y 8 semanas de solarizado, el solarizado de 7 semanas mostró diferencias morfológicas en relación a el tratamiento de 8 semanas y a los otro tratamiento, ya que las raíces de las plantas bajo este tratamiento se presentaban con una mayor proliferación de raíces secundarias (ver figura 3,4,5,6, 7a Y b), que según Torres (26), se debe a la producción de reguladores del crecimiento de las plantas por parte de los hongos, los cuales son capaces de alterar el nivel de exudados en las raíces e influir en la morfogénesis y proliferación de raíces secundarias. Aumento en el área de exposición de las raíces, según Torres (27), las raíces micorrizadas aumentan significativamente el área de absorción debido a la longitud de las hifas externas, en comparación con una raíz no micorrizada. Por otro lado este tratamiento presentaba una gran cantidad de micelio que permitía ver la agresividad con que el hongo infectó la raíz, y basándose en la teoría planteada a través de los pocos estudios realizados se debe a la *ausencia de organismos antagónicos que inhiban el buen desarrollo de los hongos micorrícicos* y a la estimulación de microorganismos benéficos como lo son las micorrizas, el cual es uno de los beneficios que ofrece el solarizado (Villapudua, 30). Sin embargo en contraposición a lo presentado por Barillas(3), en este estudio pudo determinarse que en el período de exposición del suelo a la solarización de 8 semanas puede ser perjudicial para el desarrollo de las micorrizas, partiendo de la expuesto por Villapuda (30), quien indica que las altas temperaturas logradas en un período de exposición largo puede disminuir la cantidad de inóculo primario y afectar con ello la velocidad de recolonización del hongo. Por otro lado el tratamiento de 8 semanas ofrece una media de grado de micorrización



FIGURA 3. FOTOGRAFIA ESTEREOSCOPICA DEL TRATAMIENTO DE OCHO SEMANAS. SE OBSERVA CLARAMENTE EL DESARROLLO DEL MICELIO Y LOS CORDONES MICELIARES.



FIGURA 4. FOTOGRAFIA ESTEREOSCOPICA DEL TRATAMIENTO DE SIETE SEMANAS.

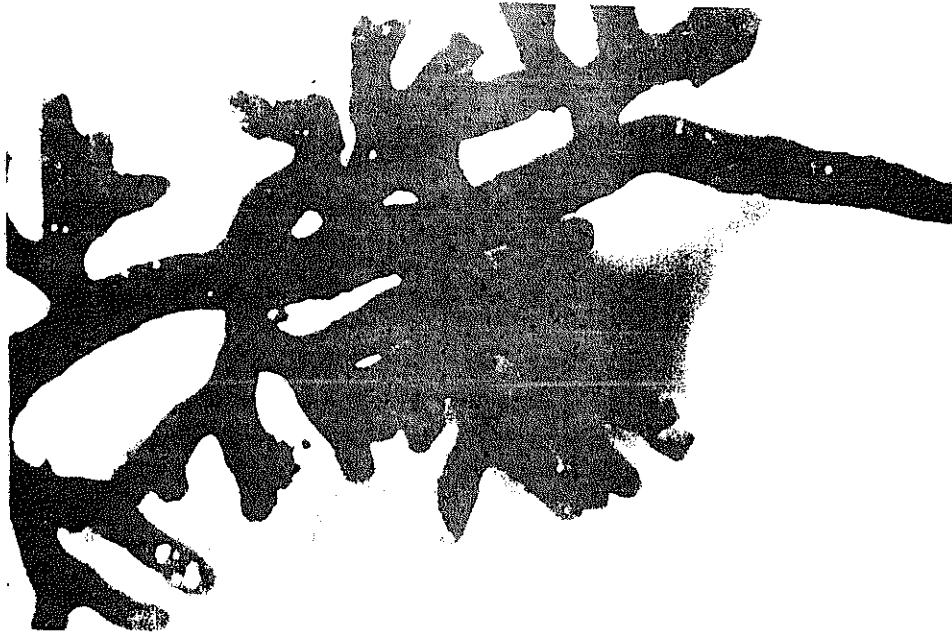


FIGURA 5. FOTOGRAFIA ESTEREOSCOPICA DEL TRATAMIENTO DE SEIS SEMANAS. CLARA OBSERVACION DE LAS DICOTOMIAS PRODUCIDAS POR LA ASOCIACION DEL HONGO Y LA RAIZ.



FIGURA 6. FOTOGRAFIA ESTEREOSCOPICA DEL TRATAMIENTO DE CUATRO SEMANAS. ES OBSERVABLE EL INCREMENTO DEL AREA.



FIGURA 7a y b. FOTOGRAFIA ESTEREOSCOPICA DE RAICES DEL TRATAMIENTO DE CERO SEMANAS. PRESENTANDO DESARROLLO INCIPIENTE DE LA MICORRIZA.



intermedia entre la del mejor tratamiento y la de los demás debido quizá a la alta reducción y/o eliminación de agentes patógenos del suelo .

El tratamiento de 4 semanas de exposición a la solarización no presenta diferencias significativas con el tratamiento testigo con lo cual se establece que el período de 4 semanas de solarizado no beneficia el desarrollo de las micorrizas.

El tratamiento de 6 semanas brinda una mayor posibilidad de desarrollo de las micorrizas sin embargo tampoco puede considerarse como bueno en comparación con los resultados obtenidos con los tratamientos de 7 y 8 semanas.

Tomando en cuenta la importancia de la presencia de micorrizas en las plantas de pino así como su desarrollo en las raíces para el favorecimiento de la absorción de agua y nutrientes, que influirá indiscutiblemente en el desarrollo de la planta se considera que el solarizado de siete semanas es el mejor. En la figura 8, se muestra el comportamiento de la micorriza con respecto al período de solarizado, en cada uno de los tratamientos evaluados.

CUADRO 5. GRADO DE MICORRIZACION, EN *Pinus oocarpa Schiede* BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS.

TRATAMIENTO	INCIDENCIA DE MICORRIZAS (Porcentaje)/REPETICION			
	1	2	3	4
Solarizado 8 semanas	5.06	5.13	5.19	5.16
Solarizado 7 semanas	5.73	5.47	5.62	5.44
Solarizado 6 semanas	4.76	4.17	4.58	3.84
Solarizado 4 semanas	2.86	3.62	3.24	2.86
Testigo (0 Semanas)	1.4	2.06	2.49	2.92

CUADRO 6. PRUEBA DE TUKEY PARA EL GRADO DE MICORRIZACION PRESENTADO POR LAS PLANTAS MICORRIZADAS EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.

TRATAMIENTO	MEDIA (Porcentaje)	AGRUPAMIENTO DE TUKEY AL 5%
SOLARIZADO 7 SEMANAS	94.25	A
SOLARIZADO 8 SEMANAS	80.25	AB
SOLARIZADO 6 SEMANAS	57.75	B
SOLARIZADO 4 SEMANAS	30.5	C
SOLARIZADO 0 SEMANAS	16	C

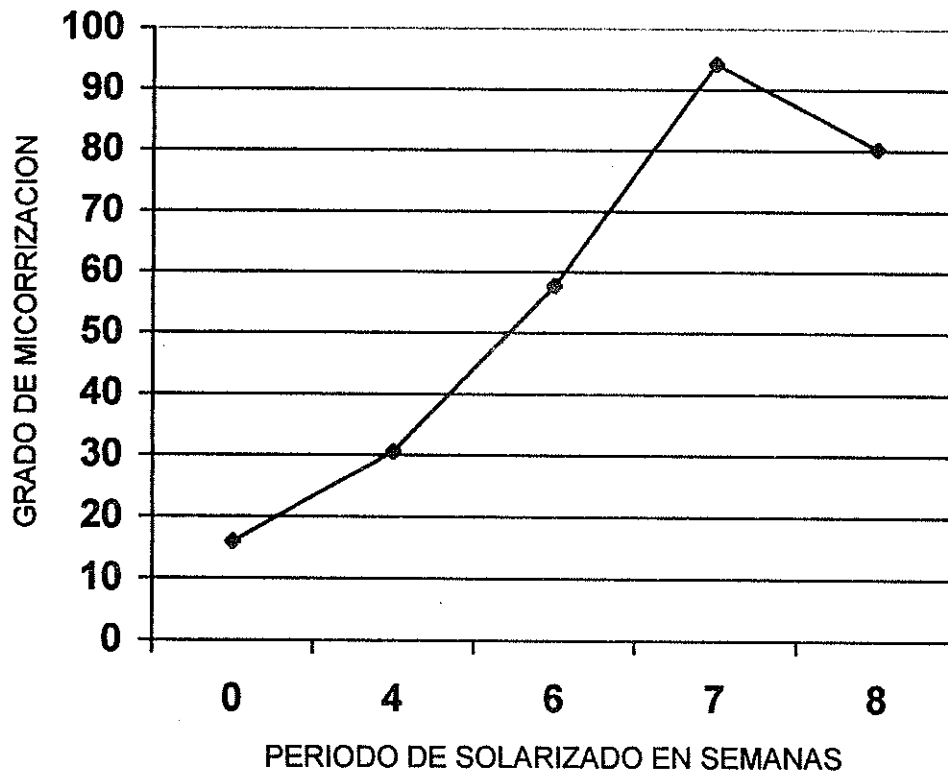


FIGURA 8. COMPORTAMIENTO DE LA MICORRIZA CON RESPECTO AL PERÍODO DE SOLARIZADO

Para poder validar el presente análisis se plantea la necesidad de considerar las variables como altura de la plántula, peso fresco y seco total de la misma indispensables de evaluar con el fin de determinar el efecto que pueda tener la severidad de la micorrización de las raíces en el desarrollo de la planta.

7.4. ALTURA DE LAS PLANTULAS:

La altura de plantas una de las principales variables tomadas en cuenta para determinar el momento adecuado para el traslado de las plantas de vivero al campo definitivo. Se consideró indispensable conocer su comportamiento bajo los diferentes tratamientos. En el cuadro 7 se puede observar que los mejores tratamientos son del solarizado de 6, 7 y 8 semanas. Al realizar el análisis de varianza el cual se muestra en el cuadro 15A se constató que existen diferencias significativas, por lo que se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey que se muestra en el cuadro 8.

Según Napier (19), las plantas cuando alcanzan de 15-20 cm de altura están listas para salir a campo definitivo, puede indicarse que el tratamiento de siete semanas es el mejor, partiendo del hecho que en solamente cuatro meses las plantas alcanzaron casi el 75% del crecimiento requerido para pasar a la fase de trasplante a campo definitivo, ya que el período normal en un vivero para obtener plantas en condiciones de crecimiento adecuado para salir al campo definitivo es de seis meses, reduciéndose así un 25% del tiempo. Dicho incremento en altura respecto al testigo sin duda alguna esta asociada al grado de severidad de infección del hongo bajo el tratamiento de 7 semanas, mientras los tratamientos de 6, 4 y 0 semanas de solarizado presentan medias diferentes, muestran una reducción en altura provocada por la baja infección del inóculo del hongo a nivel radicular. Estadísticamente pudo establecerse además que el

tratamiento de 8 semanas se encuentra en valores intermedios de altura entre el mejor tratamiento y los demás.

CUADRO 7. ALTURA DE LAS PLANTULAS DE *Pinus oocarpa Schiede* BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS EN FASE DE SEMILLERO.

TRATAMIENTO	ALTURA PLANTA(cm.)/REPETICION			
	1	2	3	4
Solarizado 8 semanas	10.08	10.5	11.4	11.85
Solarizado 7 semanas	11.3	12.5	13.5	13
Solarizado 6 semanas	10	10.5	9.7	9
Solarizado 4 semanas	7	6	7.5	8.7
Testigo (0 Semanas)	5	6	4.5	5.8

CUADRO 8. PRUEBA DE MEDIAS DE TUKEY PARA LA DIFERENCIA EN ALTURA DE *Pinus oocarpa Schiede*, BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS.

TRATAMIENTO	MEDIA (Centímetros)	AGRUPAMIENTO DE TUKEY AL 5%
SOLARIZADO 7 SEMANAS	12.575	A
SOLARIZADO 8 SEMANAS	10.958	AB
SOLARIZADO 6 SEMANAS	9.800	B
SOLARIZADO 4 SEMANAS	7.300	C
TESTIGO (O SEMANAS)	5.325	D

7.5. PESO FRESCO TOTAL:

Indudablemente el peso fresco total de las plantulas debe ser directamente proporcional a la altura de las mismas y para determinar el comportamiento de éste, se realizó la toma de datos que se muestra en el cuadro 9.

Para poder establecer si existían diferencias entre tratamientos fue necesario realizar el Análisis de Varianza, el cual se muestra en el cuadro 16A.

Determinándose estadísticamente que existen diferencias significativas, se hizo necesario realizar la prueba de medias de Tukey, obteniéndose los resultados que se muestran en el cuadro 10.

Con lo cual queda demostrado estadísticamente que al brindar un mejor ambiente para la infección y desarrollo de los hongos micorrícicos se ve favorecido el peso fresco de las plantulas, ya que es notable la diferencia en peso que se manifestó entre el tratamiento 7 semanas de solarizado el cual es el mejor tratamiento y el testigo, comprobándose que el incremento en peso fresco es uno de los resultados metabólicos que ofrecen las micorrizas a las plantas a través de la producción de reguladores del crecimiento que como hemos dicho anteriormente, intervienen en la morfogénesis y proliferación de raíces secundarias en el sistema radicular, sin dejar a un lado por supuesto el hecho de que beneficia la absorción de agua y nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, cobre y sodio.

CUADRO 9. PESO FRESCO TOTAL EN GRAMOS, DE LAS PLANTULAS DE *Pinus oocarpa Schiede* BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS.

TRATAMIENTO	PESO FRESCO (gr)/ REPETICION			
	1	2	3	4
Solarizado 8 semanas	2.02	2.06	1.98	2.04
Solarizado 7 semanas	2.39	3.03	2.36	2.77
Solarizado 6 semanas	1.82	1.75	1.68	1.89
Solarizado 4 semanas	1.6	1.51	1.47	1.62
Testigo (0 Semanas)	0.87	1.19	1.25	1.37

CUADRO 10. PRUEBA DE MEDIAS DE TUKEY PARA EL PESO FRESCO EN PLANTULAS DE *Pinus oocarpa Schiede* BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS EN FASE DE VIVERO.

TRATAMIENTO	MEDIA (Gramos)	AGRUPAMIENTO DE TUKEY AL 5%
SOLARIZADO 7 SEMANAS	2.63	A
SOLARIZADO 8 SEMANAS	2.02	B
SOLARIZADO 6 SEMANAS	1.78	C
SOLARIZADO 4 SEMANAS	1.55	C
TESTIGO (0 SEMANAS)	1.17	D

7.6 PESO SECO TOTAL:

Al igual que el peso fresco el peso seco indudablemente está asociado al crecimiento y desarrollo de las plantulas los cuales en la presente investigación se ven afectados favorablemente con la severidad de las micorrizas, para determinar su comportamiento se muestra a continuación en el cuadro 11 los datos extraídos del campo.

Determinándose estadísticamente que existen diferencias significativas cuadro 17A, se hizo necesario realizar la prueba de medias de Tukey , obteniéndose los resultados que se muestran en el cuadro 12.

La utilización de micorrizas en la producción de plantas de *Pinus oocarpa Schiede* indudablemente favorece el crecimiento y desarrollo de las mismas, contribuyendo al mismo tiempo al incremento de la biomasa de las plantas infectadas. Nuevamente podemos observar que el tratamiento siete es el mejor presentado una media en peso de 1.19 gr y que comparado con el testigo que alcanzo 0.30gr, alcanzó un incremento en biomasa de más del 50%.

CUADRO 11. PESO SECO TOTAL EN GRAMOS, DE LAS PLANTULAS DE *Pinus oocarpa Schiede* BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS.

TRATAMIENTO	PESO SECO (gr.)/REPETICION			
	1	2	3	4
Solarizado 8 semanas	0.90	1.00	0.87	0.91
Solarizado 7 semanas	1.20	1.15	1.24	1.18
Solarizado 6 semanas	0.80	0.83	0.87	0.85
Solarizado 4 semanas	0.80	0.81	0.79	0.83
Testigo (0 Semanas)	0.30	0.35	0.37	0.33

CUADRO 12. PRUEBA DE MEDIAS DE TUKEY PARA EL PESO SECO EN PLANTULAS DE *Pinus oocarpa Schiede*, BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS EN FASE DE VIVERO.

TRATAMIENTO	MEDIA (Gramos)	AGRUPAMIENTO DE TUKEY AL 5%
SOLARIZADO 7 SEMANAS	1.19	A
SOLARIZADO 8 SEMANAS	0.92	B
SOLARIZADO 6 SEMANAS	0.83	C
SOLARIZADO 4 SEMANAS	0.80	C
TESTIGO (0 SEMANAS)	0.33	D

8. CONCLUSIONES

1. El solarizado es efectivo como método físico de control del mal del talluelo en viveros de *Pinus oocarpa Schiede*.
2. El solarizado de ocho semanas muestra mejores resultados en el control del mal del talluelo en plántulas de *Pinus oocarpa Schiede* en fase de vivero, sin embargo el tratamiento de siete semanas de solarizado es el mejor para el desarrollo de las micorrizas, ya que en éste se observó incremento en el número de raíces secundarias y del área de las mismas.
3. El Solarizado en cualquiera de los tratamientos evaluados no afecta la incidencia de micorrizas en *Pinus oocarpa Schiede* en la fase de vivero, ya que todos los tratamientos muestra una media de 98.75% de incidencia.
4. Los diferentes períodos de solarizado del suelo para vivero de plantulas de *Pinus oocarpa Schiede* influye en el grado de micorrización, a través de la eliminación parcial y/o total de los agentes fitopatógenos que inhiban su crecimiento y desarrollo.
5. La altura de las plantas se ve influenciada por la severidad de la micorriza, siendo el tratamiento de siete semanas de solarizado el que presentó la mayor media igual a 12.57 cm., equivalente a un 75% de la altura necesaria para trasladar las plántulas a campo definitivo.
6. La estimulación del crecimiento de las plantas observable en las variables de altura y peso fresco total, comparadas con el testigo es evidente; por lo que se concluye que en la fase de vivero a través de la siembra directa en bolsa, el método de solarizado con siete semanas de aplicación al sustrato es el mejor tratamiento en la presente investigación.

9. RECOMENDACIONES

1. Utilizar el solarizado en períodos de siete semanas para el control del mal del talluelo en la realización de viveros forestales en *Pinus* sp.
2. Realizar estudios de la misma naturaleza, orientados hacia la revalidación de la información obtenida en la presente investigación en cuanto al proceso de micorrización en otras especies de pino.
3. Evaluar el efecto del solarizado en la micorrización en otras especies de *Pinus* utilizando el mismo método de inoculación, pero diferente fuente de origen del inóculo.
4. Realizar un estudio de adaptabilidad de las plantas producidas en viveros tratados con solarizado e inoculadas con humus proveniente de zonas naturales de las diferentes especies de pino.

1. AGRIOS, G.N. 1998. Fitopatología. Trad. por Manuel Guzmán Ortiz. México, Limusa. 756 p.
2. AGENCIA INTERNACIONAL DEL DESARROLLO. 1985. Manual de especies forestales para viveros. s.l. 89 p.
3. BARILLAS M., M. R. 1998. 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* sp.) en el municipio de Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 58 p.

Sin Publicar.
4. CENIS, J.L. 1989. Temperature evaluation in solarizae soils by fourier analysis. *Phytopathology* (EEUU) 79(5):506-510.
5. CHEN, Y; KATAN, J. 1980. Effect of solar heating of soils by transparent polyethileno mulching on their chemical properties. *Soil Science* (EEUU) 130(5):271-273.
6. GAYTAN RAMOS, J.M. 1994. Evaluación del solarizado para el control de patógenos del suelo en el cultivo de arveja china (*Pisum sativum* L.), durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, en el municipio de Santa Lucia Milpas Altas, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 66 p.
7. HERRERA, F. 1995. La solarización en Costa Rica. In: Taller Regional de Solarización del Suelo (1995, Honduras). Informe. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. p. 1-3
8. HILE, H.; HENNEN, J. F. 1969. *In vitro* culture of *Pisolithus tinctorius*, mycelium. *Mycologia* (EEUU) 61:195-198.
9. KATAN, J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control, status and prospects. *Plant Disease* (EEUU) 64(5):450-454.
10. ----- . 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. *Annual Review of Phytopathology* (EEUU) 19:211-223.
11. LAMBS, R.J.; RICHARDS, B.N. 1974. Inoculation of pine with mycorrhizae fungi; Effect of density and Time of application of inoculam and Phosphorus Amendment on Mycorrhizal infeccion. *Soil Biol. Biochemycal.* (EEUU) 6:167-171.
12. MARX, D.H. 1980. Ectonycorrhizal fungus inoculations a tool for improving forestation practices. London, Oxford University Press. 270 p.

13. -----; BARNETT, J.P. 1974. Mycorrhizae and containerized forest tree seedling. Great Plains Agric. Council Public. 689 p

Citado por: PARLADE IZQUIERDO, X. 1992. Técnicas de inoculación de abeto de Douglas (*Pseudotsuga menziensis* (Mirb) Franco) con hongos ectomicorrícicos y su aplicación en reforestación. Tesis Ph. D. España, Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Biología. p. 35
14. MARX, D.H.; BRYAN, W.C.; CORDEL, C.E. 1976. Growth and ectomycorrhizal development of pine seedlings. Forest Sci. (EEUU) 22:91-100
15. MARX, D.H.; RUEHLE, J.L.; KENNEDY, D.S. 1982. Commercial vegetative inoculum of *Pisolithus tinctorius* and inoculation techniques for development of ectomycorrhizae on container-growth tree seedlings. Forest Sci. (EEUU) 28:195-198.
16. MEYER, F.H. 1975. Distribution of ectomycorrhizae in native and man-made forest. p. 79-105

Citado por: PARLADE IZQUIERDO, X. 1992. Técnicas de inoculación de abeto de Douglas (*Pseudotsuga menziensis* (Mirb) Franco) con hongos ectomicorrícicos y su aplicación en reforestación. Tesis Ph. D. España, Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Biología. P. 56
17. MIKOLA, P. 1973. Application of mycorrhizal symbiosis. New York, Academic Press. 444 p.
18. NAPIER, I. 1985. Técnicas de viveros forestales con referencia especial a Centroamérica. Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales de Honduras. 295 p.
19. NIEMBRO, R.A. 1986. Mecanismos de Reproducción sexual en el pino. México, Limusa.. 130 p.
20. PARLADE IZQUIERDO, X. 1992. Técnicas de inoculación de abeto de Douglas (*Pseudotsuga menziensis* (Mirb) Franco) con hongos ectomicorrícicos y su aplicación en reforestación. Tesis Ph. D. España, Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Biología. 202 p.
21. PETERS, R. 1977. Tablas de volumen para las especies de coníferas de Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 162 p.
22. RAMIREZ, J. 1996. La solarización del suelo. Culiacan, México. s.n. 48 p.
23. STANDLEY, P.C. 1946. Flora of Guatemala. Chicago, Estados Unidos, Natural History Museum. v. 24, pte. 1, p. 51-53.
24. STEPLETON, J.J.; DE VAY, J. E. 1980. Thermal components of soil solarization as Related to Change. Phytopathology (EEUU) 24:255-259.
25. -----, 1982. Effect of soil solarization on populations of selected soilborne microorganism and growth of deciduous fruit tree seedlings. Phytopathology (EEUU) 72:323-326.

26. TORRES HERRERA, J.A. 1989. Aislamiento, identificación y evaluación de hongos ectomicorrícicos de *Pinus* sp. de la cuenca del río Villa Lobos, Depto. de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 43 p.
27. TORRES MARTINEZ, P. 1992. Estudio de los ectomicorrizas de pino carrasco (*Pinus halapensis*. Miller). Tesis Ph. D. España, Universidad de Murcia, Facultad de Biología. 71 p.
28. VOLKART, C.M. 1964. Formation mycorrhizae on Central American pines under controlled conditions. Turrialba (C.R.) 14:203-205.
29. VOZZO, J.A.; HACSKAYLO, E. 1971. Inoculation of *Pinus caribaea* with ectomycorrhizal fungi in Puerto Rico. Forest Sci. (EEUU) 17:239-245.
30. 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.

Uo. Bc.
P. Quialle



ANEXOS

CUADRO 13A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PORCENTAJE DE INCIDENCIA DE ENFERMEDADES EN *Pinus oocarpa Schiede*, BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS.

	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICANCIA
TRATAMIENTO	7	9.2706	1.3243	99.52	0.0001
ERROR	12	0.1597	0.0133		
TOTAL	19	9.4303			

C.V. =11.17%

CUADRO 14A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PORCENTAJE DE SEVERIDAD DE LAS MICORRIZAS, EN *Pinus oocarpa Schiede* BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS.

	GL	SC	CM	FC	FT
TRATAMIENTO	7	31.09103	4.441575	25.94	0.0001
ERROR	12	2.054770	0.171230		
TOTAL	19	33.14580			

CUADRO 15A. ANALISIS DE VARIANZA PARA ALTURA DE *Pinus oocarpa Schiede* BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS.

	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICANCIA
TRATAMIENTO	7	136.4567	19.4938	27.62	0.0001
ERROR	12	8.4687	0.7057		
TOTAL	19	144.9254			

CUADRO 16A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PESO FRESCO TOTAL EN PLANTULAS DE *Pinus oocarpa Schiede*, BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS.

	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICANCIA
TRATAMIENTO	7	4.9867	0.7123	26.11	0.0001
ERROR	12	0.3274	0.027		
TOTAL	19	5.3142			

CUADRO 17A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL PESO SECO TOTAL EN PLANTULAS DE *Pinus oocarpa Schiede*, BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS.

	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICANCIA
TRATAMIENTO	7	1.57	0.39	1.72	0.0001
ERROR	12	2.73	0.228		
TOTAL	19	4.31			



FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

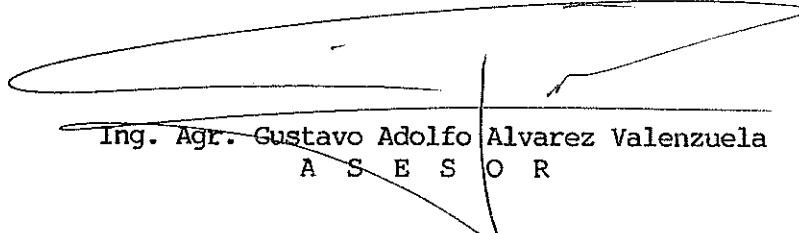
LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DEL EFECTO DEL METODO DEL SOLARIZADO EN EL PROCESO DE LA MICORRIZACION Y CONTROL DEL MAL DEL TALLUELO A NIVEL DE VIVERO EN PLANTAS DE Pinus occarpa Schiede."

DESARROLLADA POR LA ESTUDIANTE: MARA NOEMI RUANO GARCIA

CARNET No.: 9210114

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera
Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada


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.