

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



EVALUACION DE TRES SUBSTRATOS ORGANICOS Y DOS ESPECIES DE HONGOS MICORRIZICOS, *Laccaria bicolor* e *Inocybe* sp EN LA FORMACION DE ECTOMICORRIZAS EN (*Abies guatemalensis* Rehder) y (*Pinus ayacahuite* Ehr), EN CONTENEDOR.

TESIS

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

POR:

LIZARDO LEONEL MENDEZ FUENTES

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA. FEBRERO DEL 2,002.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

RECTOR

Ing. Agr. EFRAÍN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. EDGAR OSWALDO FRANCO RIVERA
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. WALTER ESTUARDO GARCÍA TELLO
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MANUEL DE JEUS MARTINES OVALLE
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. ERBERTO RAUL ALFARO ORTIZ
VOCAL CUARTO	Prof. ABELARDO CAAL ICH
VOCAL QUINTO	Br. AXEL AURELIO HERRERA PÉREZ
SECRETARIO	Ing Agr. EDIL RENÉ RODRÍGUEZ QUEZADA

Guatemala, Febrero del 2,002

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de agronomía

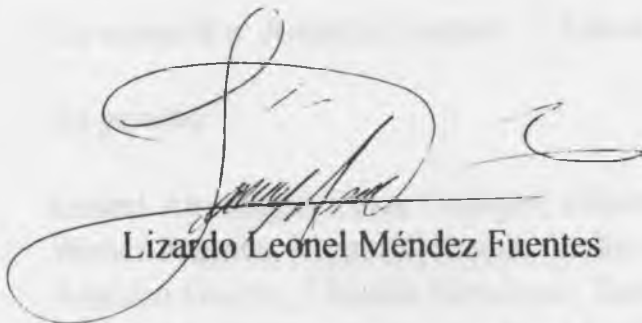
Señores Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar a vuestra consideración, el trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE TRES SUBSTRATOS ORGÁNICOS Y DOS ESPECIES DE HONGOS MICORRÍDICOS, *Laccaria bicolor* e *Inocybe* sp EN LA FORMACIÓN DE ECTOMICORRÍZAS EN (*Abies guatemalensis* Rehder) y (*Pinus ayacahuite* Ehr). EN CONTENEDOR.

Como requisito, previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola en el Grado Académico de Licenciado.

Atentamente



Lizardo Leonel Méndez Fuentes

ACTO QUE DEDICO

- A:
- DIOS: Porque fortalece my alma
- LA NATURALEZA: Por brindarme el sustento de my cuerpo
- MI ABUELO: Clemente Fuentes, por ser ejemplo de sabiduría, siempre estará en mis recuerdos (Q.E.P.D)
- MIS PADRES: En especial a my Madre Alicia Delfina Fuentes Consuegra, por brindarme su apoyo en el trayecto de my vida, esforzándose cada día para desearme lo mejor, hoy dedico este triunfo como recompensa a todos sus esfuerzos.
- MI COMPAÑERA DE HOGAR: Rosa Mirían García Pérez
- MIS HIJOS Ingrid Deyanira, Mazyni Gabriel, Yordi Lizardo y Edy Mardoqueo
- MIS HERMANOS Fabiola, Clemencia, Yuri, Vyki, Marisol, Ingrid y Alicia
- MIS CUÑADOS Blanca, Nestor, Juan, Jerónimo y Kim Seok
- MIS AHIJADOS Magdalena e Inmer
- MIS SOBRINOS Como ejemplo y sabiduría
- MIS PRIMOS En especial a Roberto Fuentes y Silvia fuentes
- MI FAMILIA En general
- MIS AMIGOS Leonel Almengor, Cesar Godines, Gilberto Pérez, Fredy Mendoza, Wener Fuentes, Mynor Ochaeta, Guillermo Díaz, Saúl Guerra, Antonio Guerra, Claudia Ixmucane, Boris Avila, Maucelio Mérida, David Ajbal, Gerardo García, Raul Cedillo, Marvin Vidal. Marcotulio Guerra.

TESIS QUE DEDICO

A: Personal Docente, Administrativo y trabajador de la Facultad De Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala

Entidades e instituciones que velan por la restauración del ambiente en Guatemala

Al pueblo de Guatemala

AGRADECIMIENTOS

A:

MIS ASESORES:

Ing. Agr. MSc. Edil Rodríguez Quezada y Lic. Roberto Flores Arzu
Por su apoyo y asesoría en la realización de este trabajo y su amistad.

MIS PADRINOS

Lic. Fredy Mendoza e Ing. Agr. Saúl Guerra Por su amistad.

Los ingenieros y Licenciados

Bayron González, Roderico Muy y Osber por su colaboración en la
Realización del trabajo.

AL PERSONAL DEL LABORATORIO DE MICOLOGIA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA. Por el apoyo brindado en la fase de laboratorio.

CONTENIDO

TITULO	PAGINAS
INDICE DE CUADROS	X
INDICE DE TABLAS	XI
INDICE DE FIGURAS	XI
1. INTRODUCCION	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEORICO.	4
3.1 MARCO CONCEPTUAL.	4
3.1.1 TAXONOMIA DE <u>Abies guatemalensis</u> Rehder.	4
3.1.2 DESCRIPCION BOTANICA DEL <u>Abies guatemalensis</u> Rehder.	4
3.1.3 DESCRIPCION BOTANICA DE L <u>Pinus ayacahuite</u> Ehr	5
3.1.4 GERMINACION DE LAS SEMILLAS DE <u>Abies guatemalensis</u> Rehder y <u>Pinus ayacahuite</u> .Ehr.	6
3.1.5 DEFINICION Y FUNCION DE MICORRIZAS	7
3.1.6 PRODUCCION DE MICORRIZAS	11
3.1.7 TECNICAS DE PRODUCCION DE PLANTA FORESTAL EN VIVERO	13
3.1.8 DESCRIPCION DE LOS SUSTRATOS Y CEPAS DE HONGOS EMPLEADOS EN EL ESTUDIO	14
A) Substrato de fibra de <u>Coccus nucifera</u>	14
B) Substrato de fibra de <u>Luffa cylindrica</u> "Pashte"	15
C) Substrato Vermiculita	15
D) Substrato Turba ó "Peat moss"	16
E) Seta <u>Laccaria bicolor</u>	17
F) Seta <u>Inocybe</u> sp.	18
3.1.9 CONTENEDORES Y SUS VENTAJAS	18
3.1.9.1 BENEFICIOS DE LOS CONTENEDORES	19
3.2 MARCO REFERENCIAL.	21
3.2.1 DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE <u>Abies guatemalensis</u> Rehder y <u>Pinus ayacahuite</u> Ehrenberg	21
3.2.2 IMPORTANCIA Y USO DE <u>Abies guatemalensis</u> Rehder, <u>Pinus ayacahuite</u> Ehr EN GUATEMALA.	23

3.2.3	DESCRIPCION DEL AREA EXPERIMENTAL	24
3.2.3.1	DESCRIPCION GEOGRAFICA	24
4.	OBJETIVOS	25
5.	HIPOTESIS	26
6.	METODOLOGIA	27
6.1	COLECTA DE LOS CUERPOS FRUCTIFEROS	27
6.2	PRODUCCION DE INOCULO MICELIAR EN SUSTRATO "PEAT MOSS" - VEMICULITA	27
6.3	GERMINACION DE LAS SEMILLAS	28
6.4	DOSIFICACION DE INOCULO	28
6.5	DISEÑO EXPERIEMTAL	29
6.6	TRATAMIENTOS	29
6.7	MODELO ESTADISTICO	31
6.8	MANEJO DEL EXPERIMENTO	31
6.9	VARIABLES DE RESPUESTA	33
6.10	ANALISIS DE DATOS	34
7.	RESULTADOS	35
7.1	CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS Y ANATOMICAS DE LAS MICORRIZAS FORMADAS	35
7.1.1	<u>Laccaria bicolor</u> (micelio), En <u>Pinus ayacahuite</u>	35
7.1.2	<u>Inocybe sp.</u> (esporas), En <u>Abies guatemalensis</u> Rehder,	36
7.2	PORCENTAJE DE MICORRIZACION	37
7.3	CRECIMIENTO DE PLANTAS	40
7.3.1	ALTURA DE PLANTULAS INOCULADAS CON <u>Laccaria bicolor</u> e <u>Inocybe sp.</u>	41
7.3.2	LONGITUD RADICULAR DE PLANTULAS	44
7.4	DESARROLLO DE LAS PLANTULAS	47
7.4.1	PESO FRESCO FOLIAR OBTENIDOS DE LOS TRATAMIENTOS	48
7.4.2	PESO FRESCO RADICULAR	50
7.4.2	ANALISIS ECONOMICO	51
8.	CONCLUSIONES	53
9	RECOMENDACIONES	54
10	BIBLIOGRAFIA	55
11	ANEXOS	61

INDICE DE CUADROS

No. ORDEN	TITULO	PÁGINA
1	Distribución geográfica de <i>Abies guatemalensis</i> y <i>Pinus ayacahute</i> .	22
2	Descripción de los factores a estudiar.	30
3	Resumen del ANDEVA, de porcentaje de micorrización.	36
4	Prueba de TUKEY, diferencias en porcentaje de micorrización en sustratos.	39
5	Prueba de TUKEY, en porcentajes de micorrización en cepas.	40
6	ANDEVA para altura en <i>Pinus</i> y <i>Abies</i>	42
7	Prueba de TUKEY, en diferencias en altura en interacción (especie x cepa).	42
8	Prueba de TUKEY, variable altura en sustratos.	43
9	Resumen del ANDEVA, variable longitud radicular.	42
10	Prueba de TUKEY, diferencias longitud radicular en cepas.	45
11	Resumen del ANDEVA, variable peso fresco foliar.	48
12	Prueba de TUKEY, variable peso fresco en interacción (sustrato x cepa).	49
13	Prueba de TUKEY, diferencia en variable peso fresco foliar en especie forestal.	50
14	Resumen ANDEVA, variable peso radical.	52
15	Prueba de TUKEY, variable peso fresco radical en sustrato.	52
16	Resumen de la ANDEVA, variable peso seco foliar.	54
17	Prueba de TUKEY, variable peso seco foliar, interacción sustrato x hongo.	55
18	Prueba de TUKEY, Variable peso seco foliar, interacción sustrato x especie.	56

INDICE DE TABLAS

Número		PÁGINA
1	Porcentaje de micorrización en plántulas en contenedor inoculados con dos Cepas de hongos en tres sustratos	37
2	Altura de plantas inoculadas con dos cepas de hongos en tres sustratos en dos especies forestales.	41
3	Longitud radical, en mm.	44
4	Número de raíces, en plantas inoculadas	46
5	Peso fresco foliar en gr.	47
6	Peso fresco radical.	51

INDICE DE FIGURAS

1	Micorrizas de <i>Laccaria bicolor</i> formada en raíces de plántula de <i>Pinus ayacahuite</i>	35
2	Micorriza de <i>Inocybe sp.</i> formada en raíz de <i>Abies guatemalensis</i>	35

EVALUACION DE TRES SUSTRATOS ORGANICOS Y DOS ESPECIES DE HONGOS MICORRICICOS, *Laccaria bicolor* e *Inocybe* sp EN LA FORMACION DE ECTOMICORRIZAS EN *Abies guatemalensis* Rehder y *Pinus ayacahuite* Ehr, EN CONTENEDOR.

RESUMEN

EVALUATION OF THREE ORGANIC SUBSTRATES AND OF TWO KINDS OF MYCORRHIZAL FUNGI, *Laccaria bicolor* and *Inocybe* IN THE FORMATION OF ECTOMICORRHIZAL . *Abies guatemalensis* Rehder and *Pinus ayacahuite* Ehr IN CONTAINERS.

Actualmente Guatemala cuenta con un 62 % de su territorio con vocación forestal según (SEGEPLAN, INAB, IGM. 1999). Sin embargo el 34 % se encuentra con bosques.

Sin embargo la necesidad del consumo de leña, material para la elaboración de árboles de Navidad, madera, avance agrícola y mantenimiento de fuentes de agua obliga a aumentar el área boscosa del país. Una alternativa que favorecería el establecimientos de bosques energéticos y el aumento del área boscosa es el empleo de planta micorrizada, Actualmente es muy poco el uso de estas técnicas en nuestro país, en la producción de planta en vivero en contenedor donde se limita a la aplicación de sustratos orgánicos alternos y no depender de los sustratos comerciales, ni el empleo de cepas fúngicas idóneas.

En este trabajo se evaluó: La inoculación de micelio de hongo *Laccaria bicolor* y esporas de *Inocybe* sp, los anteriores hongos se inocularon en *Abies guatemalensis* Redher y *Pinus ayacahuite* Ehr.

El trabajo consistió en dos etapas: la primera a nivel de laboratorio. En la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia; y la segunda en el invernadero de la Facultad de Agronomía (USAC).

Los hongos aislados se pusieron a crecer en cajas petrí con medio nutritivo MMN y PDA (30 días). Crecido el micelio, se transfirió a medio líquido MMN en un beaker de 100 ml (25 días). Luego que el crecimiento fue uniforme, el hongo fue transferido a frascos de vidrio estériles de 2 lt, conteniendo 1100 ml de vermiculita, 100 ml de turba y 600 ml de solución de MMN (60 días). Se determinó la dosis 1:8 v/v inoculación con micelio de *Laccaria bicolor* , el inoculo de esporas se obtuvo mediante el conteo del número de esporas en 0.8 gr. de la masa esporal seca de *Inocybe* sp, se determino la concentración de (1×10^5) aplicando 10 ml de solución esporal a cada contenedor llenados con la combinación de sustratos orgánicos. siguiendo la información de los resultados óptimos para estos hongos en otros lugares (19).

El tiempo de permanencia en vivero fue de 6 meses. La aplicación de los fertilizantes se realizó cada 15 días a partir de un mes después de la siembra, aplicando (N 25- P 18-K14 + EM). Se dispersaron 7 ml por planta o sea 1.86 gr / 0.40 lt de agua.

La aplicación de los hongos micorrizicos al ser inoculados en plantulas de *Pinus ayacahuite* Ehren y *Abies guatemalensis* Rehder, indujeron simbiosis, dándose una formación y un incremento claro y definitivo en las variables de respuesta estudiadas.

Los resultados indicaron que mayor % de micorrización lo proporciono el sustrato *Luffa cylindrica* + broza 28.48 % con micelio de *Laccaria bicolor* y el sustrato Peat moss + vermiculita con 27.56 % utilizando esporas de *Inocybe* sp.

Los resultados indicaron una altura de 191.00 mm en *Pinus ayacahuite* con micelio de *Laccaria bicolor*, y para *Abies guatemalensis* con altura de 177.55 mm con esporas de *Inocybe* sp respectivamente.

Se evaluó el peso fresco y seco de la parte aérea y radical, como también una descripción microscópica de las micorrizas formadas, para demostrar secundariamente los beneficios de la formación de micorrizas en las dos especies forestales evaluadas.

1. INTRODUCCION

Guatemala es un territorio predominantemente de vocación forestal (SEGEPLAN, INAFOR, IGN.1999). Por su posición geográfica, el país se encuentra en un área subtropical, pero su clima se encuentra modificado por razones altitudinales y/o topográficas, su sistema orográfico con cadenas de montañas y volcanes que se elevan hasta más de 3,500 metros sobre el nivel del mar -msnm- lo que genera niveles bioclimáticos y alta biodiversidad biológica. Según el INAB (1999) el territorio cuenta con un 62% de vocación forestal, pero solo el 34 % se encuentra con bosque.

El consumo de leña y el avance de la frontera agrícola, el sobrepastoreo, los incendios forestales, a tala irracional, las plagas y enfermedades, han provocado una acelerada disminución de áreas boscosas, pérdida de suelo, por fuertes inundaciones en la costa sur e infertilidad de suelos en la parte alta del país.

Esta situación obliga a buscar técnicas que favorezcan la repoblación forestal y la conservación de especies nativas, especialmente aquellas especies con potencial maderero y de leña como *Pinus ayacahuite* Ehr y *Abies guatemalensis* Rehder y que beneficien a las comunidades campesinas, sobre todo aquellas en áreas de alta montaña. En Guatemala, la producción masiva de árboles para la reforestación en áreas dañadas por tala inmoderada, y por el establecimiento de cultivos y pastoreo, se está realizando bajo diversos enfoques: incentivos fiscales, inversión social, protección de aguas, recursos económicos, etc. Sin embargo, se ha descuidado la garantía de ofrecer plantas de calidad forestal.

Una de las razones principales del fracaso de las reforestaciones en nuestro país es la carencia de micorriza en plantas de vivero y la baja disponibilidad de hongos micorrícicos adecuados en el suelo de las plantaciones. En este trabajo se evaluó la capacidad infectiva de dos cepas de hongos; *Laccaria bicolor* e *Inocybe sp.* en plántulas de *Abies guatemalensis* y *Pinus ayacahuite*, con tres sustratos asociados como medios de cultivo Vermiculita, Peat moss, Broza, *Luffa cylindrica*. *Coccus nucifera*, en contenedor. Luego de 6 meses en invernadero de la facultad de Agronomía se procedió a extraer las plantas, a las cuales se analizo porcentaje de micorrización y otras variables como altura, peso fresco de la parte aérea y radical.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

Abies guatemalensis Rehder y Pinus ayacahuite Ehren. Son especies nativas y distribuidas en las montañas altas de San Marcos, Totonicapán, Huehuetenango, ElQuiché, Quetzaltenango, Sololá, y Jalapa. Abies guatemalensis Rehder actualmente está considerada como una especie forestal en peligro de extinción (5,7). Esta especie se ve afectada no solo por consumo para madera sino para la elaboración de árboles de Navidad, porque de ellos se cortan las ramas que son las portadoras de los conos. Este hecho impide que se finalice su ciclo reproductivo. Según GREENPEACE (1998) el consumo de pinabete ascendió a 130,000 arbolitos cuyas ramas fueron provenientes de la depredación de los bosques nativos, esta demanda tiende a su crecimiento de no adoptarse medidas adecuadas y severas.

Sin embargo, el sobre pastoreo en áreas endémicas, el avance de la frontera agrícola, y en especial la tala inmoderada para la elaboración de árboles de Navidad, unido al bajo porcentaje de germinación, son factores determinantes que han producido la reducción de los rodales (4).

En Guatemala no existe ningún vivero que produzca planta micorrizada con cepas de hongos, La selección de los 2 hongos utilizados se deben a que ambos se asocian perfectamente a plántulas de Abies guatemalensis Rehder y Pinus ayacahuite Ehren, son nativas y recolectados en área natural (Sierra de los Cuchumatanes, rodal de la puerta del cielo) del departamento de Huehuetenango.

Pinus ayacahuite Ehren especie forestal con potencial comercial, sin embargo no ha sido cultivado como tal, se ha visto que presenta algunos problemas de crecimiento a nivel de plántula. Realizar esta investigación es un hecho importante, ya que permitirá aportar una técnica con la utilización de substratos alternos logrando plantúlas de mejor calidad, y como el uso de hongos idoneos para el crecimiento de las plantúlas en su fase inicial. Se ha comprobado que plantando semillas de árboles forestales micorrizados en tubetes plásticos e inoculadas con cepas de hongos micorrizicos, las plántulas alcanzan un mejor crecimiento y desarrollo (19).

Al momento de la siembra definitiva en el campo, las plantas son beneficiadas por las cepas micorrizógenas de muchas formas, como un aumento en la producción de hormonas del crecimiento, mayor acción radical para la absorción del agua y nutrimentos, almacenamientos en su manto fungoso de macronutrientes (N, P, K, Mg, Na, Si, Zn, Al, B), resistencia a cambios ambientales, tolerancia a sequías y resistencia a altas temperaturas del suelo y valores extremos de pH, además el estudio de plantas micorrizadas se facilita con el uso de estos contenedores (27). Con la planta inoculadas se puede lograr incrementos en los porcentajes de sobrevivencia y el crecimiento inicial en plantaciones forestales. Para estas circunstancias se realizó este trabajo con el fin de contribuir a la mejora de la situación forestal del país utilizando substratos de cada región.

3 MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Taxonomía de Abies guatemalensis Rehder.

Para el género Abies, el doctor C.L. Lundell propuso una nueva especie para Guatemala en 1940, Abies tacanensis Lundell. En 1963 esta especie fue transformada al rango de variedad por el profesor Máximo Martínez, Abies guatemalensis var. tacanensis (Lundell) Martínez (2).

Los criterios básicos para hacer esta nueva clasificación al nivel de variedad, se fundamentaron en que Abies guatemalensis en Guatemala, "porta sus hojas con el ápice marginado, la hendidura longitudinal del limbo de la cara superior está levemente marcada y los haces fibrovasculares se ven contiguos en los cortes transversales, características que no presenta la especie original" (2).

Anteriormente se aseguraba que el Abies religiosa (HBK) Schl. ed. Cham. Linnae v. 11.1830, existía en Guatemala; sin embargo, se comprobó que esto no es posible debido a que solamente crece en regiones latitudinales más al norte.

Dicha afirmación provino de la confusión que ambas especies supuestamente se presentaban, porque incluso se les ha considerado sinónimas, según Holdrige (2), lo que tampoco se ha justificado científicamente.

3.1.2 Descripción botánica Del Abies guatemalensis Rehder.

Abies guatemalensis Rehder, según el sistema Cronquist (5), pertenece a la división Pinophyta, clase Pinopsida, Orden Pinales y Familia Pinaceae. Posee hojas lineales dispuestas helicoidalmente con órganos femeninos que se convierten en estróbilos leñosos (21).

Estos árboles aciculifolios tienen sus hojas verdes todo el año y son más o menos xeromorfas. En el pinabete las hojas viven, según las circunstancias, entre 5 y 9 años, raramente más (21). En cuanto a su reproducción, ésta es básicamente sexual, (producción por semilla) El cono o piña mide en su madurez entre 8.5 y 11.5 cm de largo y entre 4.5 y 5.0 cm de diámetro y además es cilíndrico y resinoso (21).

Los órganos femeninos siempre se encuentran "orientados hacia lo alto cuando están a punto de ser polinizados" (21), ésta posición la conservan hasta llegar a la madurez de los estróbilos, y entonces las escamas se desprenden aisladamente del raquis. Las semillas miden entre 8 y 10 milímetros de largo; son de color castaño claro, están provistas de un ala abovada y membranosa, como órgano de vuelo que mide hasta 15 milímetros de ancho. La época de producción de semillas en bosques del país es durante los meses de noviembre, diciembre y enero (2,4).

Esta especie tiene corteza ligeramente surcada y de color gris-moreno en árboles adultos, mientras que en los árboles jóvenes, corteza lisa y color gris - blanquecino. **Las raíces crecen asociadas en forma congénita con determinadas especies de hongos que se encuentran en el suelo, formando ectomicorrizas** (2, 24, 26). Estos árboles llegan a medir hasta 50 metros de altura, con diámetros a la altura del pecho -DAP- de 1.6 metros (4, 18, 22).

3.1.3 Descripción Botánica del *Pinus* *avacahuite* Ehren.

El *Pinus avacahuite* (Pino blanco o curtidor) y es un elemento conspicuo de las tierras altas de Guatemala en altitudes mayores de los 2,400 m. Es nativo de Guatemala y México donde se encuentra asociado a otras especies de coníferas y latifoliadas. Es muy fácil de distinguir esta especie porque sus ramas son cortas, su follaje tiene un tinte azulado y la corteza es relativamente lisa. Los conos son grandes, cilíndricos y miden de 20 a 40 cm. Su madera es muy excelente fácil de trabajar; Como todas las especies de su grupo el árbol alcanza dimensiones de 1.5 metros de diámetro (5,6, 8).

3.1.4 Germinación de las semillas de Abies

guatemalensis Rehder y Pinus ayacahuite Ehren.

La germinación de las semillas de pinabete Abies guatemalensis y Pinus ayacahuite es epígea, siguiendo el patrón típico de germinación de casi todas las coníferas (22). Sus semillas almacenan relativamente pocos nutrientes, de modo que los cotiledones, por medio de la fotosíntesis y el pericarpio (pared del fruto), se elevan sobre la superficie de elongación del hipocótilo. Según Marshall y Kozlowski, 1977 (22,17), se conocen cuatro etapas de desarrollo del cotiledón.

Almacenamiento. En las células del cotiledón están distribuidas reservas alimenticias (grasas, carbohidratos y proteínas) y nutrientes minerales.

Las reservas y los nutrientes se utilizan durante los primeros días del crecimiento.

Transición. Cuando son expuestos a la luz, los cotiledones sufren producen cambios que empiezan con el desarrollo cloroplástico y la síntesis clorofílica; se desarrollan los estomas, se expanden las células epidérmicas y se forman los espacios intercelulares en el mesófilo.

Fotosíntesis. Ésta contribuye en forma importante al desarrollo de las yemas del ápice y laterales. En algunas especies forestales comienza una fotosíntesis apreciable a los 4 ó 6 días después de emerger la radícula. Los picos de actividad fotosintética aparecen de 8 a 15 días después y continúan durante 4 semanas.

Senectud. El peso seco se reduce y algunos nutrientes minerales son trasladados dentro de la planta de semillero a medida que declina la función del cotiledón.

Los cotiledones son extremadamente importantes para el desarrollo de las plántulas durante las primeras semanas. Cualquier daño que sufran causados por animales, heladas, etc., inhibirán el crecimiento de la planta (22).

3.1.5. Definición y Función de micorrizas

Una de las primeras descripciones de las micorrizas, como estructuras reconocibles, fue realizada por Frank en 1885, (myco = hongo; rhiza = raíz) indicando las relaciones de los componentes de la simbiosis mutualista (14).

Según Harley (1983) (11), las micorrizas son órganos complejos resultantes de las simbiosis mutualistas entre raíces de plantas vasculares y hongos del suelo. El hongo invade el córtex de la raíz, mientras que el meristemo apical y el cilindro vascular quedan intactos. Esta asociación juega un papel importante en los ecosistema naturales y en los sistemas biológicos creados por el hombre.

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 con coníferas en algunas regiones del mundo y en la introducción de las mismas en zona ausentes de ellas Nigeria Uganda, Venezuela, Australia (11).

En el reino vegetal las micorrizas son comunes ya que se encuentra presentes en gran diversidad de plantas, excluyendo las acuáticas, crucíferas, quenopodaceas y ciperaceas.

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 fúngicas. En algunos casos pueden ser invadidas algunas raíces primarias. 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.

En el proceso de micorrización, los pelos radicales serán sustituidos por las hifas del hongo, lo que implicará un menor gasto energético para la planta y una mayor área de absorción, por la longitud de las hifas externas

desarrolladas. Las micorrizas pueden tomar variadas forma, en colores y textura dependiendo de la naturaleza de la planta y del hongo.

En la relación simbiótica los árboles micorrizados se pueden beneficiar de diversas formas, tales como:

1. Producción de hormonas estimulantes del crecimiento vegetal (Auxinas, Citoquininas, Giberelinas y Vitaminas).
2. Una mayor absorción radicalular de agua y nutrimentos, ya que el micelio fúngico se prolonga más en el suelo.
3. Almacenamiento en el manto fungoso compuestos de , N, P, K, Mg, Cu, Na, Si, Zn, Al, y B.
4. Tolerancia a sequía y resistencia a altas temperaturas del suelo. 5. Valores extremos de pH (24,3).

Todas las micorrizas son estructuras dinámicas que cambian desde un estado juvenil a la madurez y la senescencia. Desaparecen tras un período de actividad, el cual es siempre mayor a la longevidad de una raíz trófica no micorrizada o se pueden adaptar a ciclos de crecimiento.

En los estadios iniciales de la infección, las hifas se desarrollan alrededor de células corticales diferenciadas y metabólicamente activas, formando la red de Hartig. En estadios de madurez, las células corticales de la raíz, activas metabólicamente, se hallan rodeadas de un sistema de hifas prácticamente en su totalidad.

El estadio de latencia se caracteriza por la formación del metacutis, consistente en una capa protectora constituida por suberificación de las paredes celulares y acumulación de polifenoles en las células del ápice radical. De este modo, el meristemo radical queda protegido y separado del hongo. La zona distal de los sistemas de hifas que constituyen la red de Hartig contiene un citoplasma denso, rico en ribosomas, retículo endoplasmático rugoso y mitocondrias, que frecuentemente recubren las paredes de las hifas. En la zona próxima, se sitúan grandes vacuolas ésta

estructura indica la localización de un transporte de nutrientes metabólico y bidireccional.

El manto fúngico está formado por un plecténquina de hifas. En muchas ectomicorrizas se encuentran cordones miceliarios y rizomorfas, con estructura dependiente de la especie de hongo implicada. La función de los cordones miceliarios es el transporte de agua y nutrientes (27).

La eficiencia de la absorción de nutrientes es incrementada por la presencia de ectomicorrizas. En las micorrizas que no poseen cordones miceliarios, el manto es el responsable de la absorción de nutrientes desde el suelo. La capacidad de captar amonio es importante en los bosques con suelos de bajo pH y bajas tasas de nitrificación.

La gran superficie explorada por las hifas y cordones miceliarios, capacita a las ectomicorrizas para captar cantidades suficientes de amonio, a pesar de la considerable inmovilidad de este elemento. Las micorrizas también aumentan la absorción de elementos más móviles como el nitrato, especialmente en zonas con bajo nivel de nitratos del suelo (19,21).

La especialización va a depender parcialmente de sí el hongo puede disponer de enzimas para aprovechar las fuentes de carbono insolubles (ejemplo: almidón, celulosa, lignina), o si es capaz de utilizar sólo sustancias carbonadas solubles. Así mismo, la fuente de nitrógeno puede actuar selectivamente, (Müller y Wolfgang, 1976) (14). Los hongos micorrícicos pueden asimilar el N de los nitratos, lo cual significa poseer un grado más elevado de dependencia nutritiva (autotrófica), que tener posibilidad de utilizar sólo N del amonio de las aminas unidas a compuestos orgánicos.

Las vitaminas son necesarias para todos los seres vivos; a este respecto, muchos hongos se comportan como plantas verdes y las sintetizan, a diferencia de los animales; sin embargo algunos las necesitan obtener de otras fuentes.

La mayoría de los hongos ectomicorrícicos, si bien producen vitaminas, necesitan de algunas como Biotinas (vitamina H) Acido pantoténico y Tiamina

(vitaminas B-12) para su crecimiento, principalmente en medios de cultivo.

Entre los factores climáticos, muchos hongos no necesitan la luz solar; ésta no es precisa en ningún caso para el crecimiento de las hifas. El hecho que el micelio de muchos bejines, hongos de sombrerillo y clavarias, y Basidiomicetos, crezcan en el interior del suelo, depende parcialmente de su fotofobia (por otra parte, participan de reacciones dirigidas hidro, geo, y quimiotrópicamente) (Muller y Wolfgan 1976, (14).

En la nutrición de la planta micorrizada, los macro nutrientes, necesarios para los hongos micorrícicos son el C, N, K, S y Mg; que deben de estar disponibles y en trazas lo suficientemente altas para la subsistencia de los mismos; También se requieren los siguientes micro nutrientes Cu, Zn, Mn, Mo, y Fe, en cantidades menores pero disponibles. Según Melin y Nilsson (1950, 1952, 1954, 1955) (16), se demostró 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. Años después, Reid (1971) y Finlay & Read (1986) citados por Strasburger (21), demostraron que los carbohidratos pueden ser transportados a largas distancias a través de los cordones miceliars inter- conectados con otras raíces. De esta manera, se suministran carbohidratos a otras micorrizas en formación a partir de micorrizas preexistentes.

El nitrógeno es absorbido preferentemente por las ectomicorrizas y pueden utilizar nitratos tan eficientemente como el amonio para su nutrición y su normal desarrollo. Los hongos implicados en la simbiosis también son capaces de captar aminoácidos, como glutamato y glutamina entre otros compuestos químicos (21). La absorción de fosfatos y su transporte por el simplasto en ectomicorrizas) fue de mostrado por Finlay y Read (1986) (21).

La tasa de absorción de fosfatos depende de la tasa de respiración y no puede ser intensificada por la tasa de transpiración. El fósforo se almacena como polisfosfatos en las vacuolas fúngicas de los cordones miceliars y el manto. Los polifosfatos se acumulan en forma de gránulos

metacromáticos y se movilizan cuando es necesario.

La transferencia de fósforo al huésped se supone que está interconectada con la transferencia de carbohidratos al hongo; en el caso del fósforo, en medios artificiales, se utiliza fosfato inorgánico de potasio, pero en su hábitat normal, el humus del suelo, el fosfato puede estar presente como fosfato orgánico.

El potasio se absorbe con facilidad y se acumula en el manto (21). El calcio se puede encontrar en los gránulos de polifosfatos. Pera, (1972) (19), explica que la excesiva absorción de calcio y potasio en suelos calcáreos es reducida por la micorrización.

3.1.6 PRODUCCION DE MICORRIZAS

Los hongos micorrícicos necesitan un pH óptimo, entre 4.5 a 5.0, aunque toleran desde 2 hasta 6 para su normal desarrollo y crecimiento. Las temperaturas óptimas para ellos oscilan entre 18 y 25 grados centígrados. Son organismos obligadamente aeróbicos y fotoinactivos (13).

La introducción artificial de hongos micorrícicos es utilizada para asegurar una buena micorrización en plantas producidas en viveros: Se deben desarrollar procedimientos para la inoculación con hongos específicos, y perfeccionar el suministro de nutrientes y agua para adaptar el manejo del vivero a las condiciones necesarias para el mantenimiento de la simbiosis **planta-hongo** (19).

La utilización del micelio es uno de los métodos más sanos biológicamente usados en inoculación. La utilización de inóculo vegetativo o miceliar fue iniciada en Australia por Moser (1958), citado por Molina (15), a partir de cultivos líquidos de especies de Suillus plorans, mantenidos bajo aireación y transferidos, posteriormente, a un substrato sólido de turba humedecida con solución nutritiva fresca.

Esta metodología ha sido la base para investigaciones posteriores sobre la producción de inóculo. (Marx y Bryan 1975; Marx et al. 1978;

Mitchel et al. 1984; Le Tacón y Bouchard 1986) citados Molina (16).

Existe una gran variedad de técnicas para la síntesis in vitro de ectomicorrizas, Melin (1921, 1922), citado por Molina. (16), fue el primero en utilizar equipo para obtener la síntesis de micorrizas. Básicamente consistía en frascos que contenían arena como sustrato y que eran mantenidos en condiciones estériles mediante el uso de tapones de algodón. en su interior se introducía una semilla germinada asépticamente y un cultivo fúngico. Fueron necesarios varios meses para que se produjera la asociación y el mayor problema fue mantener la humedad del sustrato. Posteriormente se modificó y perfeccionó el método utilizando el uso de mica expandida (**vermiculita**) como sustrato, lo que incrementó la retención de agua y mejoró la aireación de las raíces.

Marx y Zak (1965), logran la estabilidad el pH del sustrato mediante la adición de Peat moss (turba) finamente dividida.

Molina y Palmer (15), en 1982, diseñaron un sistema que ofrece excelentes resultados. Como recipientes se utilizan tubos de vidrio de 300 x 38 mm en los que se añade un sustrato compuesto por vermiculita y turba, humedecido con medio nutritivo MMN líquido y tapado con un vaso invertido de vidrio. El conjunto se autoclavea a 120°C durante 15 minutos. Durante este proceso, el líquido queda incorporado totalmente al sustrato permitiendo la existencia de numerosas cavidades que mantienen aireadas la mezcla (19).

El sustrato de crecimiento a partir de una mezcla de turba y vermiculita tiene ventajas económicas y funcionales, tales como:

1. Ligereza de peso, lo que permite facilidad de operación.
2. Uniformidad en la composición, precio relativamente bajo y fácilmente disponible.
3. Relativamente libre de plagas y enfermedades.
4. Elevada capacidad de intercambio catiónico.
5. Elevada capacidad de almacenamiento de agua, con lo cual menor frecuencia de irrigación.

6. pH ácido
7. Buena aireación y drenaje, lo que favorece el desarrollo de las raíces cortas.
8. La producción de plantas es más rápida con estos métodos que cultivos a raíz desnuda(19).

3.1.7. Técnicas de producción de plantas forestales en vivero

Suchini (20), menciona que la producción de plantas en viveros forestales puede realizarse a raíz desnuda y en contenedor. Ambos tipos presentan ventajas e inconvenientes.

La producción de plantas en contenedor se refiere a viveros en los que las plantas crecen en un substrato dentro de un contenedor especialmente diseñado. Los contenedores pueden mantenerse al aire libre en climas templados, aunque en climas rigurosos se sitúan en invernaderos o umbráculos donde se puede controlar el ambiente. Las principales características de este tipo de producción son:

- a) Montaje en tierras con poco valor agrícola.
- b) No se requiere una gran cantidad de agua.
- c) Las plantas no están expuestas a situaciones climáticas extremas, por lo que la producción es más segura.
- d) La producción puede ajustarse a la demanda con más facilidad que en la producción a raíz desnuda, ya que cada unidad de producción funciona de manera independiente con sus propios costos.
- e) Utiliza gran cantidad de energía que se consume para incrementar la velocidad y seguridad en la producción.
- f) Los contenedores son voluminosos para embalar y enviar, sin embargo,

el mantenimiento de las plantas en buen estado es más fácil que en las plantas producidas a raíz desnuda.

- g) El ambiente controlado del vivero dificulta la aparición de enfermedades y plagas, aunque su diseminación e incidencia suele ser mayor que en viveros a raíz desnuda.
- h) La producción de plantas en contenedores es más rápida que a raíz desnuda (19).

3.1.8 Descripción de los substratos y especies de hongos empleadas en el estudio

a) Substrato de Fibra de Coco (Estopa)

En Viveros de países tropicales se ha estado usando la corteza de coco de agua *Coccus nucifera* (fibra del Mesocarpo) como un componente de substrato.

La compañía Scotts ha introducido una línea de substrato con esta fuente que es completamente renovable.

El musgo esfagnineo (peat moos o turba) ha sido usado tradicionalmente como el estándar para todos los suelos artificiales, pero pruebas efectuadas en las Universidades estatales de Michigan y Carolina del Norte, EEUU, han demostrado resultado similares o superiores en cubierta de coco (estopa) llegando a proponer su uso por ser el tratamiento de menor costo respecto a substratos comerciales a nivel de vivero.

Éste se hidrata más rápido y completamente, ya que su fibra inicial no repele el agua como lo hacen las fibras de musgo y se contrae menos que los elaborados con musgos. Además permite mejor porosidad y mayor crecimiento y formación del sistema radicular. La capacidad de intercambio catiónico de substratos con mezclas de cáscara de coco es igual o mayor que el substrato típico a base de turba - vermiculita, otro factor importante es que la además la cáscara de coco está inherentemente libre de impurezas en

comparación con el musgo y el llenado de contenedores es más rápido.

Los viveristas reportan también menos problemas con algas y hongos cuando han utilizado sustratos a base de cáscara de Coco (25,26).

b) Substrato de fibra de Pashte

El "Pashte " *Luffa cylindrica* (L) Roem, es un cultivo de importancia económica y ecológica en latino América, que produce un excelente tejido fibroso, utilizado desde hace muchos años en la confección de artículos valor ornamental e industrial (como estropajo, filtros de barcos, basados en la idoneidad de la malla, piezas de soporte, amortiguadores, cosméticos y medicinal).

En Guatemala, se encuentra en forma natural y cultivado en matorrales húmedos o bosques abiertos, usualmente en altitudes menores a los 900 msnm. Es una planta herbácea exuberante, liana perenne o anual, a menudo de varios metros de largo, profundamente ramificado. Se cultiva todo el año y se cosecha a los 7 meses después de la siembra, sus frutos poseen una longitud de 20 a 60 cm, y una producción promedio de 36,000 frutos/ hectárea.

El cultivo de pashte requiere del establecimiento de un tapesco después de ser transplantado cuando posee 30-50 cm de altura, con 12 cortes de cosecha a intervalos de 10-13 días del primer corte (25).

c) Vermiculita

Es un mineral de tipo mica explotada en los Estados Unidos de Norte América. El mineral se calienta sobre los 1,400°F (760°C) haciéndose estéril; El calor causa que se expanda en partículas en forma de acordeón capaces de retener grandes cantidades de aire, agua y nutrientes disponibles en la planta. La Vermiculita tiene capacidad muy alta para retener el agua, buena característica de resorte y capacidad adecuada de intercambio

comparación con el musgo y el llenado de contenedores es más rápido.

Los viveristas reportan también menos problemas con algas y hongos cuando han utilizado sustratos a base de cáscara de Coco (25,26).

b) Substrato de fibra de Pashte

El "Pashte " *Luffa cylindrica* (L) Roem, es un cultivo de importancia económica y ecológica en latino América, que produce un excelente tejido fibroso, utilizado desde hace muchos años en la confección de artículos valor ornamental e industrial (como estropajo, filtros de barcos, basados en la idoneidad de la malla, piezas de soporte, amortiguadores, cosméticos y medicinal).

En Guatemala, se encuentra en forma natural y cultivado en matorrales húmedos o bosques abiertos, usualmente en altitudes menores a los 900 msnm. Es una planta herbácea exuberante, liana perenne o anual, a menudo de varios metros de largo, profundamente ramificado. Se cultiva todo el año y se cosecha a los 7 meses después de la siembra, sus frutos poseen una longitud de 20 a 60 cm, y una producción promedio de 36,000 frutos/ hectárea.

El cultivo de pashte requiere del establecimiento de un tapesco después de ser transplantado cuando posee 30-50 cm de altura, con 12 cortes de cosecha a intervalos de 10-13 días del primer corte (25).

c) Vermiculita

Es un mineral de tipo mica explotada en los Estados Unidos de Norte América. El mineral se calienta sobre los 1,400°F (760°C) haciéndose estéril; El calor causa que se expanda en partículas en forma de acordeón capaces de retener grandes cantidades de aire, agua y nutrientes disponibles en la planta. La Vermiculita tiene capacidad muy alta para retener el agua, buena característica de resorte y capacidad adecuada de intercambio

catiónico, además de capacidad de absorción para el abono. Este mineral en sí contiene potasio, magnesio y calcio que se van desprendiendo lentamente.

Estas partículas entre más pequeñas sean mayor retención de humedad ofrecerá a la plántula. Posee excelente calidad de drenaje, atrapando aire y agua al mismo tiempo. Con una densidad seca en masa de 4-6 libras/pie cúbico, y un pH de 6.0 a 8.0 puede ser usado sólo o en combinación con otros sus tratos como medio de propagación, para cubrir semillas y mezclas con o sin tierra (26).

Su uso es más efectivo en contenedores obteniéndose un peso menor al de otros minerales utilizados en viveros.

d) Turba ó "Peat moss"

La turba está formada por diversos componentes de plantas, especialmente musgo *Sphagnum* spp, a través de procesos metabólicos y descomposición o con grandes temperaturas y largos períodos de tiempo con la presencia de oxígeno. Proporciona componentes con nutrientes minerales a las plantas a las que se apliquen. La turba funciona como una estructura unicelular porosa, para un buen intercambio con agua.

La turba es un controlador de nemátodos por su contenido de humatos y ácidos húmicos en medio acuosos, con un potencial de minerales que permiten la disponibilidad de elementos menores.

La formación de turba se debe principalmente por la compactación y acumulación de los residuos orgánicos a través del tiempo. Se obtienen de países de clima frío en suelo pantanosos y agua alcalina.

Los principales productores son Canadá, Estados Unidos y países del norte de Europa (25,13).

e. descripción del hongo Laccaria bicolor

Son del orden agaricales, genero Laccaria, familia tricholomataceae, setas con el pie cilíndricos corticado longitudinalmente fibroso y granulado, de gris rosa violeta su carne blanca a rozada violeta de distintos tamaños con esporas blancas, cremas, crema rozada. Láminas escotada o decurrente, su habita es donde se encuentra bastante broza y humus en el suelo, con un sombrero amplio acampunalado plano posee una base en el pie de color violeta claro y laminas teñidas de lila azulado finamente escamosos de diámetro de 6mm.

El píleo tiene un diámetro de 20-45 mm, convexo a plano convexo, de color naranja a café rojizo pálido (28), aunque en ejemplares adultos manifiestan un color café naranja pálido, en ejemplar más jóvenes el color es más pálido, la cutícula es desprendible, El contexto es de color blanco violeta bajo ésta; el margen recto a decurvado, con borde ondulado, entero y la superficie seca y fibrosa.

Posee un contexto delgado de hasta 3 mm de grosor, de consistencia carnosa, olor afrutado con sabor a hongo. Láminas de color rosado violeta, que en los adultos cambian a naranja pálido, adnadas con bordes lisos, muy juntas y gruesas que se torna onduladas, con superficies lisas y lamélulas truncadas. El espite tiene 40-50mm de longitud de 4-6 mm diámetro en el ápice y 6-9 mm diámetro en la base. Cilíndrico a un poco ensanchado en la base, superficie fibrosa, de color café naranja igual al píleo. Contexto lleno, fibroso de color beige, con sabor y olor afrutado.

Micelio basal de color blanco- violeta, al aplicar hidróxido de potasio manifiesta un cambio de color café oscuro en el contexto del píleo y estipe (28). Se encuentra frecuentemente en bosques de coníferas y de fronda es de importancia para la formación de ectomicorrizas en los bosques (14,15,27).

f. Descripción del del hongo Inocybe sp:

Orden Agaricales, familia Coprinaceae, Género Inocybe, Láminas de joven blancas, superficie del pelo fibroso radicalmente, laminas de joven blancas, pálidas, amarillas después a pardos avellana en adultos blancos pero enseguida de color arcillas; algo festonadas, Pie blanco, sin bulbo; Carne banca con olor a masa de harina. Esporas de color pardo rojo a pardo oscuro a menudo verrugosas, sombrero ovado, luego acampunalado y mamenolado con margen agrietado; la mayoría de las veces pardusco o violeta; de hasta 3cm de diámetro. Lamina: blancas pero enseguida de color arcilla; Presencia en bosques de fronda y coníferas, principalmente en los caminos; muy frecuente a causa de su elevado contenido de muscarina es muy venenosa, hasta el punto de causar la muerte. (14,15,27).

3.1.9 Contenedores y sus ventajas

El uso de contenedores se inició en 1957 por Matkin en Europa la siembra de coníferas, especialmente la elaboración de semilleros plásticos, manufacturados con polietileno de alta densidad (HDPE), tipo inyectado, de color negro. Actualmente se producen y utilizan en varias partes del mundo, especialmente en Canadá, Estados Unidos y Europa, para la producción forestal en gran escala.

El interés por la producción de plantas en contenedor se extendió desde principios de la década de los 50 para acortar el período de producción, y hacer más eficiente el uso de semilla mejorada genéticamente. Desde entonces se han realizado múltiples mejoras técnicas que han incrementado la producción y mejorado la respuesta en campo de planta. Entre los primeros contenedores utilizados se encuentran las bolsas perforadas de polietileno, que han tenido buena aceptación por su bajo precio. Sin embargo, este tipo de contenedores provoca el crecimiento circular de las raíces que hace problemático el sostenimiento de las planta en campo, provocando pérdidas importantes en las plantaciones.

Este problema llega a ser mucho peor cuando las plántulas no son plantadas en el tiempo adecuado y son dejadas en las bolsas. Generalmente las bolsas de polietileno se colocan una al lado de la otra en el suelo, lo que permite que las raíces más agresivas se desarrollen en el mismo; al momento del traslado al campo, muchas raíces son cortadas o destruidas. Esto ocasiona que las plantas no sobrevivan o no crezcan bien después de plantadas.

La mayoría de los contenedores actuales tienen una capacidad entre 65 y 175 c.c. La forma del contenedor es importante para el correcto crecimiento de la raíz de la planta. Los contenedores de plástico más adecuados tienen nervios longitudinales a lo largo de la parte interna del contenedor y un agujero en la base, lo que permite a la raíz crecer correctamente y auto podarse al llegar al final del contenedor (26).

3.1.9.1 Beneficios de Los Contenedores

El uso de los contenedores y substratos de vermiculita y turba, proporcionan una mayor retención de humedad, propicia microsporos de aire de 60 a 80 % del total del volumen del contenedor (25).

Las venas verticales en cada tubete o contenedor contribuyen a un excelente desarrollo radical con bastante raicillas secundarias sin espirulización pues las raíces al chocar con la vena del tubete se dirigen hacia el final del contenedor. Este comportamiento de la raíz previene el espirulamiento o que el árbol se ahogue entre sus raíces (como sucede en la bolsa plástica). La raíz con buen desarrollo vertical, sujeta y ancla muy bien la plantula en terrenos montañosos y erosionados. Al colocar los semilleros sobre camas de alambre, se evita que los contenedores toquen el suelo, y provocan la poda natural, mejor drenaje y no requieren de control de malezas. De esta manera se tiene la disponibilidad permanente de material de siembra y se incrementa la vida útil del mismo; Las plantas pueden

permanecer almacenadas indefinidamente en los contenedores semilleros plásticos hasta el momento del trasplante.

Generalmente cada plántula recibe la misma cantidad de sustrato, agua, y luz se produce además un desarrollo uniforme de las plántulas sembradas. El llenado de los contenedores con estos sustratos por su diseño compacto y rígido, es más fácil y rápido, ahorrándose una mayor cantidad de sustrato por su diseño en cono comparado con la bolsa plástica tradicional.

El uso de contenedores permite ahorro en el transporte al campo al momento de trasplante por su diseño y tamaño.

Además facilita la remoción de la plántula en el campo al momento del trasplante y produce muy escaso daño radical al momento de la extracción.

El contenedor es un artículo higiénico, esterilizable con soluciones de hipoclorito de sodio o por medio de vapor de agua y económico por su reutilización, además los contenedores son apilables durante el almacenamiento y por su fabricación con polietileno, es resistente a la intemperie.

Finalmente, las ventajas de contenedores permiten el uso de sustratos orgánicos de cada país (15,25).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Distribución geográfica del abies guatemalensis Rehder y Pinus ayacahuite Ehr.

A) Abies guatemalensis Rehder.

La cooperativa de Recursos de Coníferas de Centroamérica y México - **CAMCORE-** (7), reporta la presencia de Abies guatemalensis Rehder en el Sur de México, Guatemala, Honduras. A nivel mundial, Spurr y Barnes (22) indican que el género Abies, es reportado en las montañas altas del este y oeste de Norteamérica, las montañas del centro de Europa y en dirección sur hasta los Pirineos, así también en los Himalaya, en las montañas del Cáucaso y la región del Mar Negro de Turquía, en las de Africa del Norte, Asia Menor y del norte de Indochina.

En Guatemala, de acuerdo con Holdrige, de las ocho zonas de vida donde se localizan las coníferas de Guatemala, son 3 las más importantes en donde se circunscribe la presencia de Abies guatemalensis Rehder y Pinus ayacahuite Ehr; Bosque Muy Húmedo Montano Sub-Tropical, Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Sub-Tropical y Bosque Húmedo Montano Bajo Sub-Tropical (1,6).

Esta especie generalmente se encuentra asociada con Pinus hartwegii Lindl en los Cuchumatanes, en María Tecún de Totonicapán, San Marcos y Quetzaltenango; siempre en áreas donde la temperatura llega a ser menor a los 12°C. También se puede hallar en bosques con Cupressus lusitanica Miller, Pinus pseudostrabus Lindl , Pinus rudis Endl y se asocian con especies latifoliadas de clima frío (1,6).

CUADRO 1 DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL *Abies guatemalensis* Rehder y * *Pinus ayacahuite* Ehr (por encima de 2,400 m) EN GUATEMALA

-DEPARTAMENTO	MUNICIPIOS
*San Marcos	Tacaná, Ixchiguán, Tajumulco (volcan), San Lorenzo, Tejutla, Comitancillo, San Marcos (astillero municipal) y San Pedro Sacatepéquez astillero municipal).
*Quetzaltenango	San Carlos Sija, San Francisco La Unión, San Miguel Siguilá, San Martín Sacatepéquez, Palestina, San Juan Ostuncalco, Sibilia, Cabricán, (Cumbres de Calel), Cantel y Zunil (Volcán de Zunil).
*Huhuetenango	San Juan Ixcoy, Todos Santos Cuchumatán, San Juan Atitlán, San Mateo Ixtatán, Santa Cruz Barillas, Chiantla, San Rafael Petzal, San Pedro Soloma, Santa Eulalia y Aguacatan.
*El Quiché	Nebaj y prolongación de la Sierra de los Cuchumatanes.
*Sololá	Nahualá, Santa Catarina Ixtahuacán, S, J. Chacayá.
*Totonicapán	Montañas de María Tecún Chimaltenango Tecpán
*Jalapa	Mataquescuintla, Miramundo.
Chiquimula	Ipala
Zacapa	Sierra de las Minas

Fuente: Aguilar, J.; Ponciano, I. ; Dary, J. 1988 (1), Coc, A.; Girón, C. 1989 (4), Donahue, J. at al 1985 (7), García, G.1989 (9), González, J. 1979 (10), Suchini, A. 1990 (9).

3.2.2 Importancia y usos de Abies guatemalensis Rehder y Pinus ayacahuite Ehren, en Guatemala.

EL pinabete Abies guatemalensis Rehder es un componente natural, de los bosques mas altos de Guatemala, especialmente del altiplano occidental del país.

Conforme transcurre el tiempo el número de individuos va siendo cada vez menor. La madera del pinabete, llamado también abeto o pashaque tiene gran demanda, pues se le explota principalmente por su buena apariencia y aroma como árbol navideño.

La madera generalmente se utiliza para forros, teja manil, construcciones, muebles, cajas para embalaje, artesanías, fabricación de papel y obtención de oleorresina; los conos, brotes y hojas se usan para medicina, decoración y condimentos (4, 10, 18).

La madera es de color blanco en la zona de albura, rojiza en la zona medular; con olor fuerte; el hilo es recto; es medianamente dura y altamente resistente al ataque del gorgojo del pino (Dendroctonus spp).

Pinus ayacahuite Ehren es un componente natural de la parte alta de Guatemala se desarrolla en topografía ondulada a accidentada. Con pendientes pronunciadas se asocia con Abies; Su madera posee buena apariencia y calidad; se extrae resina, ocote y se utiliza la corteza en los curtiembres. Se le llama pino curtidor y/o pino blanco; crece en el bosque muy húmedos mántanos Sub - Tropical templado.

3.2.3 Descripción del área experimental

3.2.3.1 Descripción Geográfica

Ubicación:

El experimento se realizó en el invernadero de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Este se encuentra ubicado en las coordenadas 14°35'11" latitud Norte y 90° 35' 58" longitud Oeste. (6, 8, 12,).

Altitud: 1,502 msnm (8, 6).

Insolación promedio: 6.65.horas/día

Radiación : 0.33 cal/cm²/min.

Precipitación media anual: 1,216.2 mm 110 días/mayo a junio

Temperatura media anual: 18.30 °C (6, 23).

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la capacidad infectiva de los inóculos Laccaria bicolor e Inocybe sp, en la formación de ectomicorriza y su efecto en diversos sustratos orgánicos, sobre plántulas de Abies guatemalensis Redher y Pinus ayacahuite Ehren.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Determinar la capacidad infectiva de los hongos Laccaria bicolor e Inocybe sp en plántulas de Abies guatemalensis Rehder y Pinus ayacahuite Ehren para la formación de ectomicorrizas.
2. Determinar la eficiencia micorrícica de los hongos de Laccaria bicolor e inocybe sp, sobre el crecimiento y desarrollo en plántulas de Abies guatemalensis Rehder y Pinus ayacahuite Ehren empleando combinaciones de sustratos orgánicos.

5. HIPOTESIS

La inoculación con micelio de Laccaria bicolor y esporas de Inocybe sp, producirá micorrizas, en plántulas de Abies guatemalensis Rehder y Pinus ayacahuite Ehren cultivadas en contenedores y con diferentes substratos organicos.

6. METODOLOGIA

6.1 Colecta de cuerpos fructíferos

Los cuerpos fructíferos de los hongos micorrizicos Laccaria bicolor e Inocybe sp a ensayar se colectaron durante la estación lluviosa, observándose su crecimiento en los bosques de las montañas de Huehuetenango (Tzichim). Éstos fueron extraídos teniendo el cuidado de no fragmentar ninguna parte del hongo para evitar alguna contaminación, los hongos fueron colocados dentro de papel encerado para protegerlos de la desecación y transportados en hieleras con el fin de mantener vivo el micelio.

6.2 Producción de inóculo miceliar en sustrato

Peat moss - Vermiculita.

La producción de inóculo miceliar se realizó en el laboratorio de Micología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, según la técnica descrita por Molina (15). A partir de fragmentos de cuerpos fructíferos del hongo Laccaria bicolor, se obtuvo un cultivo puro en medio Melin Norkasn Modificado (MMN) incubado a 25°C durante 30 días. Para obtener inóculo miceliar se utilizó frascos con tapón de rosca de 2 Lts de capacidad, los cuales contienen 1100 ml de vermiculita grado dos (2 mm de tamaño de la partícula) mas 100 ml de turba de Sphagnum (Peat Moss), tamizada a (2 mm de tamaño de partícula) y 600 ml de medio líquido MMN, mezclado homogéneamente. Una vez crecido el micelio en el frasco, el inóculo estuvo listo para su incorporación al sustrato combinado en los contenedores.

6.3 Germinación de las semillas

Las semillas de Abies guatemalensis y Pinus ayacahuite se limpiaron por agua corriente en circulación durante 12 horas; transcurridos este tiempo se eliminaron las semillas que permanecieron flotantes (vanas), y se procedió a la desinfección superficial mediante la inmersión de en H₂O₂ al 30 % durante 2 minutos, luego se pasaron en agua destilada estéril para eliminar el exceso de desinfectante; luego se sembraron asépticamente en los contenedores desinfectados en inmersión con agua caliente. Cada bandeja sé colocada en un sistema de suspensión de semillero, sobre una cama de alambre y madera a 40-50 cm (17).

6.4 Dosificación de Inóculo

A-Inóculo miceliar

Para evaluar el efecto de Laccaria bicolor en Abies guatemalensis y Pinus ayacahuite se utilizo la dosis 1:8 del inóculo obtenido en los frascos de tapón con rosca con peat moss(turba) y vermiculita, después de dos meses en el laboratorio se preparo cinco contenedores por dosis y sembrando una planta por contenedor, distribuyendo los tratamiento totalmente al azar (19).

B- Inoculo con Esporas

Tras la recolección en la época lluviosa de los esporocarpos sé limpiaron cuidadosamente con un pincel de cerdas gruesas y Posteriormente se desecaron en una estufa de circulación de aire. Mediante raspados, se recolectaron basidiosporas de Inocybe sp; recolectando 0.8 gramos, luego se mezclo con H₂O destilada más 5 gotas de Tween 20, agitando por 10 minutos y posteriormente se procedió al conteo de esporas mediante un hematocitómetro.

La dosis a utilizar para la inoculación con esporas fue de 1×10^5 sé prepararon cinco contenedores por dosis, inoculando 10 ml de Solución por contenedor (19).

6.5 Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue un factorial con arreglo combinatorio, con cinco repeticiones por tratamiento.

6.6 Tratamientos:

De acuerdo al arreglo combinatorio con 3 sustratos Orgánicos, 2 especies de hongos y 2 especies de coníferas (cuadro 2) se tienen 12 tratamientos, y cada tratamiento con 5 repeticiones para un total de 60 contenedores con una planta por cada unidad experimental, los tratamientos fueron asignados a las unidades experimentales aleatoriamente (al Azar). Se utilizó el diseño factorial debido a que las condiciones del experimento fueron homogéneas.



CUADRO 2 Descripción de los factores a evaluar

FACTOR	NIVELES
A (Sustratos)	A1 (Peat moss + Vermiculita) relación 1:1
	A2 (Vermiculita + <i>Coccus nucifera</i>) rel. 1:1
	A3 (<i>Luffa cylindrica</i> + broza) relación. 1:1
B (Cepas, hongos)	B1 (<i>Laccaria bicolor</i>) miceliar
	B2 (<i>Inocybe</i> sp) esporas
C (Especies)	C1 (<i>Abies guatemalensis</i> Rehder)
	C2 (<i>Pinus ayacahuite</i> Ehren)

TRATAMIENTO	CLAVE	DESCRIPCION
T1	A1+B1+C1	Peat moss + Vermiculita + <i>Laccaria bicolor</i> + <i>Abies guatemalensis</i> .
T2	A1+B1+C2	Peat moss + Vermiculita + <i>Laccaria bicolor</i> + <i>Pinus ayacahuite</i>
T3	A1+B2+C1	Peat moss + Vermiculita + <i>Inocybe</i> sp + <i>Abies guatemalensis</i> .
T4	A1+B2+C2	peat moss + Vermiculita + <i>Inocybe</i> sp + <i>Pinus ayacahuite</i>
T5	A2+B1+C1	Vermiculita + <i>Coccus nucifera</i> + <i>Laccaria bicolor</i> + <i>Abies guatemalensis</i>
T6	A2+B1+C2	Vermiculita + <i>Coccus nucifera</i> + <i>Laccaria bicolor</i> + <i>Pinus ayacahuite</i> .
T7	A2+B2+C1	Vermiculita + <i>Coccus nucifera</i> + <i>Inocybe</i> sp + <i>Abies guatemalensis</i>
T8	A2+B2+C2	Vermiculita + <i>Coccus nucifera</i> + <i>Inocybe</i> sp + <i>Pinus ayacahuite</i> .
T9	A3+B1+C1	<i>Luffa cylindrica</i> + Broza + <i>Laccaria bicolor</i> + <i>Abies guatemalensis</i> .
T10	A3+B2+C2	<i>Luffa cylindrica</i> + Broza + <i>Laccaria bicolor</i> + <i>Pinus ayacahuite</i>
T11	A3+B1+C1	<i>Luffa cylindrica</i> + Broza + <i>Inocybe</i> sp + <i>Abies guatemalensis</i> .
T12	A3+B2+C2	<i>Luffa cylindrica</i> + Broza + <i>Inocybe</i> sp + <i>Pinus ayacahuite</i>

6.7 Modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = U + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + E_{ijkl}$$

$i = 1, 2, 3, 4, 5 \dots\dots\dots a$
 $j = 1, 2, 3, 4, 5 \dots\dots\dots b$
 $k = 1, 2, \dots\dots\dots C$

Donde:

- Y_{ij} = Variable de respuesta en la ij -ésima unidad experimental
 U = Efecto de la media general
 A_i = Efecto del i -ésimo Substrato
 B_j = Efecto de la j -ésima Cepa de hongo
 C_k = efecto de la k -ésima especie forestal.
 AB_{ij} = Efecto de la interacción entre el i -ésimo substrato y la j -ésima cepa de hongo.
 AC_{ik} = Efecto de la interacción entre el i -ésimo substrato y la k -ésima especie Forestal.
 BC_{jk} = Efecto de la interacción entre el j -ésimo cepa y la k -ésima especie forestal.
 ABC_{ijk} = Efecto de la interacción entre el i -ésimo substrato j -ésimo cepa de hongo y k -ésimo especie Forestal.
 E_{ijk} = Error experimental en la ij -ésima unidad experimental

6.8 MANEJO DEL EXPERIMENTO

SEMILLERO

La semilla, se sometió a refrigeración a 4 °C para no perder su % de germinación ya que requiere de horas frío para completar su madurez fisiológica germinativa. Se colocaron 1,000 semillas de *Abies guatemalensis* Redher Y 100 semillas de *Pinus ayacahuite*, en tres cajas de duropor de 40 cm largo, 25 cm de ancho, 15 cm alto, colocando broza esterizada y arena tamizada de 3 a 5 milímetros para una relación de 1:3 V/V se utiliza por ser un sustrato ideal para la germinación de las semillas de Abies a nivel de vivero(17).

SUSTRATO PARA CONTENEDOR El sustrato de crecimiento se ha elaborado a partir de una mezcla de:

- * Peat moss (Turba comercial) más vermiculita con una relación 1:1 V/V.
- * Coccus nucifera más Vermiculita con una relación 1:1 V/V de 1 a 3 milímetro.
- * Luffa cylindrica (Pashte) más Broza con una relación 1:1 V/V 1 a 3 mm. Broza= conjunto de hojas y ramas y despojos de plantas que se depositan en el bosque.
- * Posteriormente se les adiciono las especies de hongos en forma miceliar en turba y vermiculita como medio de transporte para el caso de Laccaria bicolor y solución líquida de esporas para Inocybe sp.
- * En Los hongos ectomicorrícicos están adaptados a condiciones de bajas fertilización típica en suelos forestales, la aplicación del fertilizante se ha realizado cada dos semanas a partir de un mes después de transplante. Aplicando fertilización foliar con fertilizante orgánico soluble agua (N 25-P18- K14 + EM) aplicando 7 ml/planta o sea 1.86 gr/ 0.40 lts de agua.
- * El riego se ha realizado de forma manual en función de los requerimientos y época de crecimiento.

6.9 Variables de respuesta

Luego de transcurridos 24 semanas las plántulas en el invernadero, se midieron las siguientes variables: Porcentajes de micorrización, altura de planta, peso fresco foliar y radicular, y además se efectuó una descripción macroscópica de las micorrizas formadas. Se tomaron tres plantas al azar por tratamiento para un total de 36 lecturas por variable.

A. Variable Porcentaje (%) de micorrización

El porcentaje de micorriza, se obtuvo mediante el conteo del número de raíces cortas formadas en las raíces laterales micorrizadas y no micorrizadas, utilizando la siguiente fórmula para calcular el porcentaje por planta.

$$\% M = (rm/rc) \times 100$$

% M = Porcentaje de micorrización

rm = Número de raíces cortas micorrizadas

rc = Número de raíces cortas.

B. Variable de respuesta de crecimiento.

.- ALTURA DE PLANTA Y LONGITUD RADICAL

La altura de las plántulas se obtuvo desde el hipocotilo hasta la copa, mientras que la longitud radicular se realizó desde el hipocotilo hasta la cofia, con la ayuda de una regla graduada en milímetros.

C. Variable de respuesta de desarrollo.

.- PESO FRESCO FOLIAR Y RADICAL

Luego de finalizado en experimento se tomó por separado el peso del área foliar de las plántulas y el peso del sistema radicular, comparando el peso producidas por plántulas inoculadas con dos hongos, con la ayuda de una balanza analítica.

D. Descripción Microscópica de las micorrizas.

Formadas las micorrizas en las plántulas se procedió a la descripción mediante el uso de un microscopio y estereoscopio utilizando una guía descriptiva de morfología micología (37), anotando características tales como: estado, color, aspecto, superficie y lugar de formación en la radicular.

6.10 ANALISIS DE DATOS.

Para las variables de respuesta cuantitativas, se les efectuó un análisis de varianza auxiliados del programa (SAS) y así determinando las diferencias significativas entre las especies de hongos y substratos orgánicos evaluados en las dos especies forestales, posteriormente se realizó una prueba múltiple de medias TUKEY al 5% de significancia, con el propósito de determinar la efectividad micorrícica, como también su análisis de costo.

7. RESULTADOS

7.1. Características morfológicas y anatómicas de las micorrizas formadas

7.1.1 Laccaria bicolor (micelio) en Pinus ayacahuite.

Ectomicorrizas juveniles y adultas bien desarrolladas, claramente engrosadas con respecto a las raíces no micorrizadas de color blanco a violeta pálido, después de varios minutos cambiaron a una coloración beige blanquecino. Hubo micorrizas simples y con ramificaciones dicotómicas simples, con una superficie lisa y con micelio de aspecto lanoso compacto, en la parte baja de las raíces abundante micelio algodonoso.

La longitud de las micorrizas formadas en Pinus ayacahuite variaron de 1.8 a 3.5 mm, con un diámetro cercano a 1.2 a 1.8 mm en la base con ramificaciones de 1.1. a 1.3 mm, mientras que para Abies guatemalensis la longitud alcanzó 1.2 a 3 mm, el diámetro de las micorrizas cercano a 1.2 en la base, 1.4 mm.

La raíz principal y laterales siempre estuvo recubierta por micelio de color blanquecino pálido traslucido; La mayor parte de las micorriza se formaron en la parte media y baja de las raíces secundarias en la dosificación de 1:8, ver figura 1.



Figura 1: Micorrizas de Laccaria bicolor formadas en raíces de planta de pinus, en (Luffa cylindrica más broza).

7.1.2 Inocybe sp (esporas) en Abies guatemalensis Rehder.

Se obtuvieron micorrizas juveniles y adultas no bien desarrolladas, de color blanquecino amarillento hasta un beige amarillento, con ramificaciones de tipo caraloide, de aspecto liso recubierto de micelio lanoso fibroso, con escasos cordones miceliales interconectados entre las raíces secundarias.

La longitud de las micorrizas alcanzó 1.2 mm hasta 3 mm. Con diámetros que variaron entre 1.2 a 1.4 mm en la base y 2 mm en las ramificaciones.

La raíz principal, poco cubierta por micelio de aspecto fibroso a lanoso de color blanquecino, Las micorrizas formadas en la parte media de las raíces laterales y algunas en la parte baja de la raíz.

En las agrupaciones del manto siempre se observó poco micelio recubrente. Ver Figura 2.



Figura 2: Micorriza de Inocybe sp formada en raíz de Abies guatemalensis, sobre el substrato (Luffa cylindrica más broza) en contenedor.

7.2 PORCENTAJE DE MICORRIZACIÓN

La tabla 1 presenta los valores de las medias de porcentajes de micorrización.

TABLA 1: Porcentaje de micorrización inoculando dos hongos, en tres substratos orgánicos sobre dos especie Forestales.

Substrato	<u>Laccaria bicolor</u>		<u>Inocybe sp</u>	
	<u>Pinus ayacahuite</u>	<u>Abies guatemalensis</u>	<u>Pinus ayacahuite</u>	<u>Abies guatemalensis</u>
Peat moos + vermiculita	31.81	30.48	18.09	23.55
<u>Coccus nucifera</u> + vermiculita	23.42	18.33	26.28	19.85
<u>Luffa cylindrica</u> + broza	31.85	26.95	24.36	27.09

Los números de las columnas representan la media de los porcentajes de micorrización total.

La simbiosis mutualista entre la raíz y hongo da como resultado la micorriza, estas se forman principalmente en las raíces cortas y absorbentes del sistema radicular (19).

El porcentaje de micorrización aumenta al inocular con Laccaria bicolor (micelio), mostrando los valores más altos en cuanto en los tres substratos tabla 1.

Las plantas inoculadas con Laccaria bicolor mostraron un máximo de 31.85 % en Pinus ayacahuite utilizando el sustrato Luffa cilíndrica más broza.

Las plantas inoculadas con el hongo Inocybe sp (esporas) mostraron un porcentaje de 18.09 en Pinus ayacahuite, que es él más bajo con el substrato Coccus nucifera más vermiculita.

Las dos especies de hongos probadas formaron micorrizas con un máximo de 31.85 % y mínimo de 18.09 %. Mostrándose más efectiva Laccaria bicolor sobre Inocybe sp.

A continuación el Cuadro 3, muestra el resumen de los porcentajes de micorrización producidas por Laccaria bicolor e Inocybe sp. En el Cuadro 4 muestra la Prueba de TUKEY de micorrización usando substratos y el Cuadro 5 se muestra prueba de TUKEY de micorrización usando cepas de hongos.

CUADRO 3 ANDEVA, VARIABLE PORCENTAJE DE MICORRIZACIÓN DE Pinus ayacahuite y Abies guatemalensis INOCULADAS CON Laccaria bicolor e Inocybe sp.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculada	Significancia
Substrato	2	963.41	502.62	7.37	0.00048
Especie	1	81.12	81.12	1.48	0.06168
Cepa	1	232.32	232.32	3.40	0.00650
SustratoX especie	2	8.23	4.11	0.065	0.43300
Sustrato X Cepa	2	19.46	9.72	0.144	0.35700
Especie X Cepa	1	51.24	51.24	0.75	0.01094
SustraXEspeXCepa	2	91.70	45.85	0.67	0.12720
Error	24	785.28	32.71		
Total	35	2233.48			

Coeficiente de variación 22.59

CUADRO 4 PRUEBA DE TUKEY, DIFERENCIAS ENTRE LOS PORCENTAJES DE MICORRIZACION EN SUSTRATOS

SUBSTRATOS	MEDIAS %	GRUPO TUKEY AL 5 %
<u>Luffa cylíndrica</u> + broza	28.48	A
Peat moss + Vermiculita	27.56	A
Vermiculita + <u>Coccus nucifera</u>	19.99	B

Los sustrato Luffa cilíndrica más broza y Peat moss más vermiculita manifiestan una mejor efectividad en la producción de micorrizas en las plantas de Abies guatemalensis y Pinus ayacahuite en contenedor.

La dosis de inóculo miceliar de Laccaria bicolor fue de 1:8, con porcentaje de 28.48 y 27.56 en Pinus ayacahuite. Sin embargo estadísticamente los tratamientos con la misma letra son iguales para el sustrato Luffa cilíndrica más broza y Peat moss más vermiculita, la efectividad de los dos sustratos está relacionado a la aportación de los micro y macronutrientes que son aportados para la formación de micorrizas.

La aplicación de esporas ha resultado menos efectiva con un porcentaje de 19.99 % con la dosis 1×10^5 esporas por planta al sustrato vermiculita más Coccus nucifera.

Para el sustrato Vermiculita más Coccus nuccifera su efectividad en cuanto al porcentaje es más bajo con (19.99 %).

CUADRO 5 PRUEBA DE TUKEY, DIFERENCIAS ENTRE PORCENTAJE DE MICORRIZACIÓN EN DOS HONGOS.

TRATAMIENTOS	MEDIAS %	AGRUPAMIENTO DE TUKEY AL 5 %
<i>Laccaria bicolor</i>	27.11	A
<i>Inocybe sp</i>	23.61	B

La aplicación de inóculo miceliar de *Laccaria bicolor* sp resulta efectivo en la formación de micorriza con 27.11 % lo que ofrecerá mayores expectativas en la formación de simbiosis permitiendo a la planta una mejor adecuación y comportamiento a condiciones de ser transportada al campo definitivo.

La inoculación con esporas de *Inocybe* sp, es más bajo el porcentaje comparado con él inóculo miceliar de *Laccaria bicolor*, esto explica que deberán experimentarse dosis más altas para aumentar el porcentaje de micorrización con este hongo.

7.3 CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

El efecto beneficioso del hongo ectomicorrícico se manifiesta principalmente en el campo, donde la planta se ve sometida a condiciones diversas y a veces adversas (19).

7.3.1 Altura de plántulas inoculadas con Laccaria bicolor e Inocybe sp.

La tabla 2 muestra la altura media en las plantas micorrizadas.

Tabla 2. Altura de plántulas micorrizadas, inoculadas con dos inóculos y tres sustratos sobre dos especie Forestales.

Substrato	<u>Laccaria bicolor</u>		<u>Inocybe sp</u>	
	<u>Pinus ayacahuite</u>	<u>Abies guatemalensis</u>	<u>Pinus ayacahuite</u>	<u>Abies guatemalensis</u>
Peat moss + vermiculita	220.00	184.00	179.00	207.00
<u>Coccus nucifera</u> + vermiculita	162.00	136.66	100.00	143.66
<u>Luffa cylindrica</u> + broza	190.00	175.66	182.66	181.66

Los números de las columnas representan la media de alturas en planta micorrizada.

La efectividad de la inoculación en substrato Peat moss más vermiculita lograron infestar con los dos hongos, el grado de colonización del sistema radicular para las dos especies alcanzo una altura mayor de 220.00 mm para Pinus ayacahuite inóculado con Laccaria bicolor y 207 mm con Inocybe sp inóculado en Abies guatemalensis.

Se observaron diferencias entre los tratamientos de sustratos en plántulas de Pinus ayacahuite y Abies guatemalensis, el análisis de varianza para la variable altura en el Cuadro 6.

CUADRO 6 ANDEVA, ALTURA DE PLANTA *Pinus ayacahuite* Ehren y *Abies guatemalensis* Rehder INOCULADO CON DOS HONGOS MICORRICICOS Y TRES SUBSTRATOS.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. Calculada	SIGNIFICANCIA
Sustrato	2	24945.72	12472.86	45.16	0.0001
Especie	1	13.44	13.44	0.05	0.8272
Cepa	1	1344.44	1344.44	4.87	0.0372
Sustrato X Especie	2	467.05	233.52	0.85	0.4417
Sustrato X Cepa	2	1142.38	571.19	2.07	0.1484
Especie X Cepa	1	5476.00	5476.00	19.83	0.0002
Sustrato X Especie X cepa	2	1462.16	731.00	2.65	0.0915
Error	24	6628.66	276.19		
Total	35	41479.88			

Coefficiente de variación 9.66

En el anterior análisis se observó que existieron diferencias entre los tratamientos evaluados, por lo que se procedió a efectuar la prueba de TUKEY, Cuadro 7.

CUADRO. 7 PRUEBA DE TUKEY, PARA LA DIFERENCIA ENTRE ALTURAS, DE LA INTERACCION (ESPECIE X CEPAS).

TRATAMIENTOS	Medias en mm	Agrupamiento de TUKEY al 5%
<i>Pinus ayacahuite</i> X <i>Laccaria</i> b.	191.00	A
<i>Abies guatemalensis</i> X <i>Inocybe</i>	177.55	B
<i>Abies guatemalensis</i> X <i>Laccaria</i>	165.11	C
<i>Pinus ayacahuite</i> X <i>Inocybe</i>	154.11	D

Existe diferencia marcadas en la altura de Pinus ayacahuite inoculado con dos hongos; se observó que al utilizar Laccaria bicolor (micelio) se logra una mejor altura, Inocybe sp manifestó una altura de 177.55 mm en Abies guatemalensis. Y el más bajo en altura lo manifestó Pinus ayacahuite con esporas de Inocybe sp.

El efecto del inóculo miceliar de Laccaria bicolor proporcionó altura de 191.00 mm al usar el sustrato Peat moss más vermiculita en pinus ayacahuite existe una diferencia marcada sobre esporas de Inocybe sp.

La altura más baja 154.11 mm para Pinus ayacahuite en sustrato Coccus nucifera más vermiculita inoculando con esporas de Inocybe sp.

Se obtuvo diferencia en la altura de las plántulas de Abies guatemalensis inoculados con ambos hongos. Se observó que al utilizar inóculo esporal de Inocybe sp, se dio mayor incremento en altura (207 mm) usando el sustrato combinado de Peat moss más vermiculita en Abies guatemalensis comparado con los otros sustratos que es bajo, el cuadro 8 nos muestra la prueba de TUKEY entre diferencias de alturas.

CUADRO 8 PRUEBA DE TUKEY, DIFERENCIAS ENTRE ALTURAS, EN Pinus ayacahuite y Abies guatemalensis INOCULADAS CON DOS CEPAS DE HONGOS Y TRES SUSTRATOS COMBINADOS

TRATAMIENTOS	MEDIAS mm	Agrupamiento de TUKEY AL 5 %
Paet moss(turba)+Vermiculita	197.58	A
<u>Luffa cylindrica</u> + broza	182.50	B
Vermiculita + <u>Coccus nucifera</u>	135.75	C

La altura de planta es un factor que determina la edad ideonea para el transplante a campo definitivo.

Usando peat moss más vermiculita se dio mayor incremento en altura (197.58 mm), en Pinus ayacahuite respecto a los otros sustratos.

Los otros substratos también fueron efectivos pero en menor grado, y el sustrato Luffa cylindrica más broza dio una altura de 182.50 mm, es favorable la altura respecto al utilización de del sustrato vermiculita más Coccus nucifera con promedio (135.75 mm) de alto que es él mas bajo.

7.3.2 LONGITUD RADICAL DE PLANTULAS DE Pinus ayacahuite Ehren y Abies guatemalensis Rehder INOCULADAS CON DOS CEPAS DE HONGOS Y TRES SUBSTRATOS.

El crecimiento de la raíz es importante para su anclaje y absorción de nutrientes, factores que contribuyen a la adaptabilidad después del transplante y determina su desarrollo en campo definitivo.

En este trabajo se midió la raíz desde el hipocótilo hasta el merístemo radical (cofia) de cada una de las plántulas para determinar el efecto que pudo ejercer la micorrización en su crecimiento y desarrollo (tabla 3) y el cuadro 9 presenta el resumen del ANDEVA en longitud radical.

Tabla 3 Longitud radical en mm, de plántulas micorrizadas en contenedor inoculadas con dos distintos inóculos y tres sustratos en dos especie forestales.

Substrato	<u>Laccaria bicolor</u>		<u>Inocybe</u> sp	
	<u>Pinus ayacahuite</u>	<u>Abies guatemalensis</u>	<u>Pinus ayacahuite</u>	<u>Abies guatemalensis</u>
Peat moos + vermiculita	98.33	66.33	88.33	102.33
<u>Coccus nucifera</u> + vermiculita	136.66	128.33	95.00	101.66
<u>Luffa cilindrica</u> + broza	143.00	141.33	130.00	138.33

Los números de las columnas representan la media de Longitud radicular.

CUADRO 9. RESUMEN DEL ADEVA, VARIABLE LONGITUD RADICAL EN Pinus ayacahuite y Abies guatemalensis INOCULADAS CON DOS CEPAS DE HONGOS Y TRES SUBSTRATOS

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculada	SIGNIFICANCIA
Substratos	2	3593.33	1796.77	2.86	0.0770
Especie	1	1144.69	1144.69	1.82	0.1898
Cepa	1	6916.69	6916.69	11.01	0.0029
Substrato*Especie	2	3136.88	1568.44	2.50	0.1036
Substrato * Cepa	2	3642.88	1821.44	2.90	0.0746
Especie*Cepa	1	330.02	330.02	0.53	0.4757
Sustr*Espe*Cepa	2	3819.55	1909.77	3.04	0.0666
Error	24	15084.00	628.50		
Total	35	37668.30			

Coefficiente de Variación = 22.86

En el cuadro anterior se nota que existe diferencia significativa entre los tratamientos cepas micorrícicas, por lo que se procedió a efectuar la prueba de TUKEY que se muestra en el cuadro(10).

CUADRO 10 PRUEBA DE TUKEY, DIFERENCIAS EN LONGITUD RADICULAR EN PLANTULAS DE Pinus ayacahuite y Abies guatemalensis CON DOS CEPAS DE HONGOS Y TRES SUSTRATOS.

TRATAMIENTO	MEDIAS mm	AGRUPAMIENTO DE TUKEY AL 5 %
<u>Laccaria bicolor</u>	117.92	A
<u>Inocybe sp</u>	115.42	B

En las plantas de *Pinus ayacahuite* inoculado con micelio de *Laccaria bicolor*, la longitud de la raíz estuvo entre los 117.92 y en menor grado la utilización de esporas de *Inocybe* sp con 115.42 mm de longitud radical. El incremento en el sustrato de *Luffa cylindrica* más broza, su elongación radical influyó por parte de la micorriza, tipo de sustrato, mientras que las plántulas inoculadas con esporas de *Inocybe* sp alcanzaron una longitud radical más baja, la tabla 4 nos presenta el número de raíces.

Tabla 4 Números de raíces, de plántulas micorrizadas en contenedor inoculadas con dos distintos inóculos y tres sustratos en dos especies Forestal.

Sustrato	<i>Laccaria bicolor</i>		<i>Inocybe</i> sp	
	<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Abies guatemalensis</i>	<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Abies guatemalensis</i>
Peat moss + vermiculita	45,49,39	45,35,50	38,36,37	47,51,35
<i>Coccus nucifera</i> + vermiculita	35,36,37	39,37,35	39,30,34	36,30,35
<i>Luffa cylindrica</i> + broza	42,47,41	51,52,43	47,37,42	39,37,42

Las columnas representan los números de raíces de 36 lecturas.

El sistema radicular de las plantas consiste en raíces morfológicamente funcionales, las raíces cortas constituyen la zona del establecimiento principal de los hongos.

La expectativa de vida de las raíces cortas oscila pocos días en raíces no micorrizadas y varios años en raíces micorrizadas.

7.4 Desarrollo de las plantulas de Pinus ayacahuite Ehren y Abies guatemalensis Rehder

Según Hatch, citado por Pera (19), la utilización de micorrizas en plantas forestales proporciona mejores resultados en el campo que las no micorrizadas, ya que contienen mayor cantidad de nutrientes por unidad de masa debido a la simbiosis mutualista que presentan hongo-planta.

Algunas plantas inoculadas manifestaron diferencias en cuanto a su crecimiento, sin embargo el peso de las plantas son similares de tamaño, fue necesaria valuar el desarrollo de las mismas, la tabla 5 muestra las diferencias en peso fresco foliar de plantas inoculadas.

Tabla 5 Peso fresco foliar en gr, plántulas micorrizadas en contenedor inoculadas con dos distintos inóculos y tres sustratos en dos especie forestal.

Substrato	<u>Laccaria bicolor</u>		<u>Inocybe sp</u>	
	<u>Pinus ayacahuite</u>	<u>Abies guatemalensis</u>	<u>Pinus ayacahuite</u>	<u>Abies guatemalensis</u>
Peat moos + vermiculita	1.26	2.66	1.20	0.84
<u>Coccus nucifera</u> + vermiculita	1.03	0.41	1.56	1.56
<u>Luffa cylindrica</u> + broza	1.92	1.50	2.11	1.61

Los números de las columnas representan la media en gr. peso fresco del área foliar

Los efectos en la producción de biomasa estuvieron significativamente relacionados con la presencia de hongos y sustratos inductores de la producción de raíces cortas y el desarrollo de la planta.

El mayor peso fresco del área foliar lo proporciona el sustrato Peat moss más Vermiculita, con valor de 2.66 en *Abies guatemalensis* inoculado con *Laccaria bicolor*, Y 2.11 gr de seso fresco, para *Pinus ayacahuite* utilizando *Luffa cylindrica* más broza con esporas de *Inocybe* sp.

7.4.1 Peso fresco foliar obtenidos de los tratamientos.

El Cuadro 11 presenta el resumen del ANDEVA de la variable peso fresco foliar.

CUADRO 11 RESUMEN DEL ANDEVA, VARIABLE PESO FRESCO FOLIAR DE PLANTAS INOCULADAS CON DOS CEPAS Y TRES SUSTRATOS EN DOS ESPECIES DE CONIFERAS.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculada	SIGNIFICANCIA al 5 %
Substratos	2	2.506	1.250	7.27	0.0034
Especies	1	0.980	0.980	5.69	0.0254
Cepas	1	0.003	0.003	0.02	0.8926
Substrato X especie	2	0.092	0.046	0.27	0.7669
Substrato X Cepa	2	4.797	2.398	13.92	0.0001
Especie X Cepa	1	0.0160	0.0160	0.09	0.7629
Subtr X Espe X Cepa	2	0.3376	0.1688	0.98	0.3900
Error	24	4.1369	0.172		
Total	35	12.8702			

Coefficiente de variación = 20.27

El cuadro 11 muestra significancia en la interacción de sustrato X cepa, por lo que se procede a prueba de TUKEY, para la variable peso fresco foliar (Cuadro 12).

CUADRO 12 PRUEBA DE TUKEY, DIFERENCIAS DE LA VARIABLE PESO FRESCO FOLIAR EN LA INTERACCION SUSTRATO X CEPA EN Abies guatemalensis y Pinus ayacahuite.

TRATAMIENTOS	MEDIAS gr.	AGRUPAMIENTO DE TUKEY AL 5%
Peat moss + Vermiculita + <u>Laccaria</u> b.	1.95	A
<u>Luffa cilindrica</u> + broza + <u>Inocybe</u>	1.86	B
<u>Luffa cilindrica</u> + broza + <u>Laccaria</u>	1.71	C
Vermiculita + <u>Coccus nucifera</u> + <u>Inocybe</u>	1.56	E
Peat moss + Vermiculita + <u>Inocybe</u>	1.02	D
Vermiculita + <u>Coccus nucifera</u> + <u>Laccaria</u>	0.72	C

El cuadro 12 muestra que el sustrato Peat moss más vermiculita inoculados con Laccaria bicolor proporciona una media de 1.95 gr, en Abies guatemalensis el valor mas alto.

Para Luffa cylindrica más broza podemos ver que tenemos una media de 1.86 gr de peso promedio, inoculando con esporas de Inocybe sp donde económicamente es factible su uso, el tratamiento más bajo vermiculita más Coccus nucifera.

En algunos casos hubo una ganancia de 1.23 gr, en el caso del tratamiento *Peat moss* más Vermiculita inoculados con *Laccaria bicolor*, sobre el tratamiento (Vermiculita + *Coccus nucifera*) con inóculo *Laccaria bicolor*.

En esta prueba se encontró que la concentración de inóculo fue proporcional a la ganancia del peso fresco aéreo de las plantulas, lo que significa que al haber una mayor concentración de inóculo y luego de micorrizas se aumenta paralelamente la absorción de agua y nutrientes por parte de la planta, el Cuadro 13 muestra la prueba de TUKEY de la variable peso fresco foliar de las dos especies evaluadas.

Cuadro 13 PRUEBA DE TUKEY, DIFERENCIAS DE LA VARIABLE PESO FRESCO FOLIAR EVALUADAS EN ESPECIES.

TRATAMIENTOS	MEDIAS gr.	AGRUPAMIENTO DE TUKEY AL 5 %
<u><i>Pinus ayacahuite</i></u>	1.63	A
<u><i>Abies guatemalensis</i></u>	1.30	B

Podemos ver que al inocular *Pinus ayacahuite* tenemos una media de 1.63 gr, con el tratamiento de *Peat moss* más Vermiculita lo cual afirma que el efecto se marca para la especie de *Pinus ayacahuite* sobre el crecimiento de *Abies guatemalensis* en el tratamiento del sustrato Vermiculita más *Coccus nucifera*.

Los mejores resultados con tratamiento de *Peat moss* más Vermiculita con la utilización del micelio de *laccaria bicolor*, han demostrando que estadísticamente los resultados son más favorables para este tratamiento pero la utilización de las esporas de *Inocybe* sp, en el tratamiento de *Luffa cylindrica* más broza son aceptables para las dos especies estudiadas.

7.4.2 Peso fresco radical en Abies guatemalensis y Pinus ayacahuite inoculadas con dos cepas de hongos aplicados en tres substratos combinados.

La tabla 6 presenta los datos del peso fresco radicular de las plántulas micorrizadas en contenedor.

Tabla 6 Peso fresco radicular en gr, de plántulas micorrizadas en contenedor inoculadas con dos distintos inóculos y tres sustratos en dos especie Forestales.

Substrato	<u>Laccaria bicolor</u>		<u>Inocybe sp</u>	
	<u>Pinus ayacahuite</u>	<u>Abies guatemalensis</u>	<u>Pinus ayacahuite</u>	<u>Abies guatemalensis</u>
Peat moos + vermiculita	0.14	0.48	0.46	0.24
<u>Coccus nucifera</u> + vermiculita	0.42	0.14	0.41	0.38
<u>Luffa cylindrica</u> + broza	0.67	0.54	0.59	0.53

Los números de las columnas representan la media del peso fresco radicular.

El peso fresco de la parte radical de cada una de las plántulas esta condicionada por el substrato, calidad y cantidad de agua y de la presencia de hongos como de la cantidad de nutrientes aportados y disponibles, en el cuadro 14 se presenta el resumen del ANDEVA de la variable peso fresco radicular.

CUADRO 14 RESUMEN DEL ANDEVA DE LA VARIABLE PESO FRESCO RADICULAR EN LA APLICACIÓN DE DOS CEPAS DE HONGO Y TRES SUBSTRATOS EN DOS ESPECIES FORESTALES.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medio	F Calculada	Significancia 5 %
Substratos	2	0.283	0.119	4.77	0.0018
Especies	1	0.031	0.031	1.27	0.2703
Cepas	1	0.000	0.000	0.02	0.9837
Sustrato X Especie	2	0.000	0.000	0.03	0.8756
Sustrato X Cepa	2	0.058	0.029	1.17	0.3273
Especie X Cepa	1	0.000	0.000	0.03	0.8592
Sustr X Espe x Cepa	2	0.105	0.052	2.12	0.1423
Error	24	0.599	0.024		
Total	35	1.035			

Coeficiente de variación =35.22

El peso fresco radical presenta significancia en los sustratos con la inoculación de las dos cepas de hongos evaluadas efectuado la prueba de TUKEY en el cuadro 15.

CUADRO 15 PRUEBA DE TUKEY, VARIABLE PESO FRESCO RADICULAR PARA LAS DIFERENCIAS APLICANDO SUBSTRATOS.

TRATAMIENTOS	MEDIAS gr.	AGRUPAMIENTO DE TUKEY 5 %
<u>Luffa Cylindrica</u> + Broza	0.559	A
Peat moss + Vermiculita	0.420	A B
Vermiculita + <u>Coccus nucifera</u>	0.365	B

La calidad del sistema radical es importante para incrementar la supervivencia y el crecimiento de las plántulas después de su transplante al campo, dependen de la forma de la raíz, del número de raíces laterales y de abundante raíces cortas fisiológicamente activas.

En este estudio se tomó en cuenta el peso radicular fresco de las plantas experimentales para determinar las diferencias entre el efecto de los sustratos con la aplicación de las dos cepas de hongos para determinar la eficacia y poder comparar los sustratos evaluados.

En el cuadro 14 presenta la significancia que se obtuvo, el peso fresco radical, comprendió la raíz principal con las raíces laterales y cortas inoculadas.

El peso del sustrato Luffa cylindrica más Broza con la cepa Laccaria bicolor proporciono un rango de 0.67 a 0.14 gramos sobre Pinus ayacahuite y Abies guatemalensis de la tabla 6.

Con la cepa Inocybe sp con un rango de peso 0.59 a 0.53 gramos, inoculando a Pinus ayacahuite y Abies guatemalensis tabla 6.

En Pinus ayacahuite y Abies guatemalensis en sustrato Coccus nucifera más vermiculita con 0.14 y 0.38 gramos que fue él mas bajo.

Se asume que el hongo micorrícico, sustratos y fertilización estimuló la producción de raíces laterales y raíces cortas, propiciando una mayor altura de planta, mas elongación en la raíz, mayor porcentaje de micorrización.

7.4.3 Peso seco aéreo de plántulas

El análisis de varianza para la variable peso seco aéreo de Plántulas de Abies guatemalensis y pinus ayacahuite se presentan en el cuadro 16.

CUADRO 16 RESUMEN DEL ANDEVA, VARIABLE PESO SECO FOLIAR EN LA APLICACIÓN DE DOS HONGOS EN TRES SUBSTRATOS SOBRE DOS ESPECIES FORESTALES

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA 5%
Substrato	2	0.116	0.5815	10.06	0.0007
Especie	1	0.300	0.0300	5.20	0.0318
Cepa	1	0.098	0.0081	1.40	0.2481
SubstratoX espe	1	1.482	0.0741	12.83	0.0002
Substrato x Cepa	1	0.124	0.0620	10.73	0.0005
Especie X cepa	1	0.011	0.0113	1.97	0.1734
Subst XespeXCepa	1	0.011	0.0059	1.02	
Error	24	0.138	0.0057		
Total	35	0.588			

Coeficiente de variación = 20.27

En el cuadro 16 se nota que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos de la interacción de sustratos, por lo se procedió a efectuar la prueba de TUKEY que se muestra en el Cuadro 17.

CUADRO 17 PRUEBA DE TUKEY, PESO SECO AEREO DE Pinus ayacahuite Y Abies guatemalensis EN LA INTERACCION DE SUBSTRATO X CEPA, INOCULADOS CON DOS HONGOS EN TRES SUBSTRATOS ORGANICOS.

TRATAMIENTOS	MEDIAS EN gr.	GRUPO TUKEY AL 5 %
(Peat moss + vermiculita) + <u>Laccaria</u> b	0.5383	A
(<u>Luffa cylindrica</u> + broza) + <u>Inocybe</u> sp.	0.3833	B
(<u>Luffa cylindrica</u> + broza) + <u>Laccaria</u> b.	0.3716	B
(Peat moss + vermiculita) + <u>Inocybe</u> sp.	0.3483	C
(Vermiculita + <u>Coccus nucifera</u>) + <u>Inocybe</u> sp	0.3483	C
(Vermiculita + <u>Coccus nucifera</u>) + <u>Laccaria</u>	0.2600	D

Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el Cuadro 17 se puede observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos formando cuatro grupos. Los tratamientos con medias más altos son los que proporcionaron mayor peso aéreo (micorrizados).

Para el caso del sustrato Peat moss más vermiculita con el inóculo micelial Laccaria bicolor nos proporcionó él más alto con 0.5383 gr, ganando 0.2783 gramos respecto al sustrato Vermiculita más Coccus nucifera respectivamente.

Para el caso del tratamiento de Luffa cylindrica más broza nos presenta 0.3833 y 0.3716, estadísticamente se pueden utilizar cualquiera de los dos sustratos con los hongos Laccaria bicolor e Inocybe sp.

Experimentalmente las plántulas de Abies guatemalensis presentaron un mejor desarrollo y crecimiento con los dos hongos micorrizicos evaluados.

En la inoculación micelial de Laccaria bicolor en sustrato Vermiculita más Coccus nucifera proporciona el peso aéreo más bajo de los tratamientos debido a que no aporta los nutrientes necesarios para su crecimiento inicial

en plántulas de Abies guatemalensis, el Cuadro 18 muestra la prueba de TUKEY del peso seco aéreo en la interacción de sustrato X especies.

CUADRO 18 PRUEBA DE TUKEY, PESO SECO AEREO EN LA INTERACCION DE SUSTRATO X ESPECIE

TRATAMIENTO	MEDIAS EN GRAMOS	GRUPO TUKEY AL 5 %
Paet moss+ vermiculita + <u>Abies guatemalensis</u>	0.4983	A
<u>Luffa cylindrica</u> + broza + <u>Pinus ayacahuite</u>	0.4783	A
Peat moss + vermiculita + <u>Pinus ayacahuite</u>	0.3883	B
<u>Coccus nucifera</u> + Vermiculita+ <u>Pinus ayacahuite</u>	0.3450	C
<u>Luffa cylindrica</u> + broza + <u>Abies</u> g.	0.2766	D
<u>Coccus nucifera</u> + Vermiculita + <u>Abies</u> g.	0.2633	D

Los tratamientos con las mismas letras son estadísticamente iguales.

En esta caso la prueba de TUKEY forma cuatro grupos de tratamientos. Los tratamientos con medias más altas son los que formaron mayor peso aéreo en gramos, la aplicación de los inocúlos ha resultado eficaz, en los sustratos (Paet moss + vermiculita)inoculados en Abies guatemalensis y sustrato (Luffa cylíndrica + broza) inoculados en Pinus ayacahuite estadísticamente los dos son iguales, el sustrato Luffa cylíndrica más broza se pone a disponibilidad a nivel de vivero.

La aplicación de inocúlos miceliar y esporas en el sustrato Coccus nucifera más Vermiculita se observa el valor de 0.2633 gr, que es él más bajo de los tratamientos.

ANALISIS DEL COSTO/EFECTIVO DE PRODUCCION EN 100 PLANTAS, Pinabete y Pino EN CONTENEDOR, DOS CEPAS Y TRES SUSTRATOS.

COSTOS FIJOS UTILIZANDO INOCULO MICELIAR CON *Laccaria bicolor*.

RUBROS	CANTIDAD	UNIDADES	Q	<u>Luffa cilíndrica</u> + Broza	Turba + vermiculita	Vermiculita + <u>Coccus nucifera</u>	
SEMILLA	25	gramos	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
CONTENEDORES	100	175 CC	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
BROZA	5	lbs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARENA	10	lbs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESTOPA DE COCO	5	lbs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PAHSTE	25	pahstes	7.50	7.50	0.00	0.00	0.00
TURBA	500	gramos	7.00	0.00	7.00	0.00	0.00
VERMICULITA	500	gramos	5.00	0.00	5.00	5.00	5.00
<i>Laccaria bocolor</i>	500	gramos	125.00	125.00	125.00	125.00	125.00
fertilizante org	0.5	Lbs	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50
Costo variable 10 % del valor de cada tratamiento				20.50	20.90	20.40	20.40
TOTAL				225.50	230.40	222.90	

COSTOS FIJOS UTILIZANDO INOCULO DE ESPORAS *Inocybe sp*

RUBROS	CANTIDAD	UNIDADES	Q	<u>Luffa cilíndrica</u> + Broza	Turba + Vermiculita	Vermiculita + <u>Coccus nucifera</u>	
SEMILLA	15	gramos	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
CONTENEDORES	100	175.00 cc	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
BROZA	5	lbs	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARENA	10	lbs	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESTOPA DE COCO	5	lbs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PAHSTE	25	pahstes	7.50	7.50	0.00	0.00	0.00
TURBA	500	gramos	7.50	7.50	7.50	0.00	0.00
VERMICULITA	500	gramos	5.00	0.00	5.00	5.00	5.00
<i>Inocybe sp</i>	500	gramos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
fertilizante org.	0.5	Lbs	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50
Costo Variable, 10 % del valor de cada tratamiento.				8.70	8.45	7.70	7.70
TOTAL				95.20	93.45	86.20	

La utilización del Inóculo micellar de *Laccaria bicolor* con el sustrato turba más vermiculita en cuanto a su costo nos proporciona un valor de Q 2.30 por cada planta producida en vivero, los resultados son buenos indicadores en cuanto a su crecimiento y desarrollo por cada planta, tratamiento más caro que los demás.

El costo más bajo lo proporciona el sustrato(vermiculita más *Coccus nucifera*) con un valor de Q 0.85 por cada planta, vemos que los parametros de crecimiento y desarrollo no son favorables para las plantulas .

El menor costo efectivo lo proporciona el tratamiento (*Luffa cilíndrica* más broza), con la inoculación de esporas de *Inocybe sp*. Con un valor de Q 0.96 por planta, mostrando valores de crecimiento y desarrollo favorables en cuanto a la producción a nivel de vivero.

8. CONCLUSIONES

1. Se demostró la capacidad infectiva de los dos inóculos en micelio de Laccaria bicolor y esporas de Inocybe sp, sobre raíces de Pinus ayacahuite y Abies guatemalensis en contenedores con los tres distintos tipos de sustratos.
2. La utilización de inóculos miceliares de Laccaria bicolor, produjo mayor altura, peso fresco de la parte aérea, radical y porcentaje de micorrización.
3. El sustrato de corteza de coco(estopa)más vermiculita produjo baja infectividad sobre las plantas evaluadas, produciendo disminución en crecimiento y desarrollo inicial, lo cual pudo deberse al no aportar los nutrientes que la planta requiere
4. La utilización del sustrato Luffa cylindrica más Broza con esporas es el más económico del experimento, y su respuesta comparado con "Peat moss" más vemiculita, los parámetros de crecimiento y desarrollo se consideran buenos indicadores de su respuesta.
5. El crecimiento y desarrollo de las plantas de Pinus ayacahuite inoculadas con el hongo Laccaria bicolor fue determinado por el inóculo miceliar, y la combinación de sustrato, aumentando una mejor respuesta de crecimiento y desarrollo sobre las plantas de Abies guatemalensis.

9. RECOMENDACIONES

1. Evaluar el caso de esporas de Inocybe sp y Laccaria bicolor a nivel de vivero en la producción de plántulas de Pinus ayacahuite y Abies guatemalensis.
2. Para la inoculación en viveros en campo se recomienda la utilización de esporas de Inocybe sp, ya que es un método de inoculación fácil y barato. Del cual se obtuvieron buenos resultados, con el sustrato Luffa cylíndrica mas broza. Ya que son más económico que los sustratos comerciales a demás, se recomienda por la contribución a generar mejores fuentes de trabajo en áreas donde podría cultivarse extensivamente las plántulas de Abies guatemalensis (pinabete, pashaque, Abeto) y Pinus ayacahuite(pino blanco, pino curtidor).
3. Realizar experimentos de transplante de contenedor a campo definitivo que se demuestre la capacidad simbiótica mediante la inoculación con esporas para que se mantenga presentes en el sistema radical de las plántulas transplantadas.

9. BIBLIOGRAFIA

- 1 AGUILAR, C.A.; BARCA, J.M. 1980. Micorrizas. Revista Investigación y Ciencia. (España). 47:8-16.7
2. AGUILAR CUMES, J.M.; PONCIANO GÓMEZ, I.; DARY FUENTES, J .M. 1988. Las coníferas de Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación. Colección de Cuadernos de Investigación no.12-87. 80 p.
3. ALVAREZ, i.s.f. Aislamiento y cultivo de hongos ectomicorrícicos. Asturias, España, Centro de Experimentación Agraria 7 p.
- 4 COC, A.; GIRON, C. 1988. Diagnostico preliminar sobre el estado actual del pinabete (Abies guatemalensis Rehder), en el altiplano occidental del país; informe técnico. Guatemala, Dirección General de Bosque y Vida Silvestre. 78 p.
- 5 CRONQUIST, A. 1981. An integrated sistem of clasificación of flowering plantas. New York, EE.UU., Columbia University Press. 1262 p.
- 6 CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
- 7 DONAHUE, J. K. et al. 1985. Abies guatemalensis: a two status report. EE.UU, North Carolina State University. Bulletin on Tropical Forestry No.3. 17 p.
- 8 FAO (Gua). 1977. Estudio para la reforestación nacional Guatemala, FAO. Documento de Trabajo No. 25. 69 p.
- 9 GARCIA RODRIGUEZ, C. R. 1988. Respuesta de semilla de tres especies forestales (Abies guatemalensis Rehder, Tectona grandis Linneo y Juglams guatemalensis Manning) a varios tratamientos pregerminativos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 80 p.
- 10 GONZALES MARTINEZ, J.H. 1979. Caracterización ecológicas de las comunidades de Pinabete (Abies guatemalensis Rehder) en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 80 p.

- 11 GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1988. Atlas climatológico de la república de Guatemala. Guatemala. 213 p.
- 12 HAREY, J.L.; S.E. Smith; S.E 1983. Mycorrhizal symbiosis. London, Academic Press. 483 p.
- 13 LANDIS, T. D. 1997. Forest nursery notes. EE.UU., USDA, Forest Service. 59 p.
- 14 MULEER, E.; LOEFFLER, E. 1976. Micología. Trad. Dr. Xavier Llimona Pagés. Barcelona, España, Omega. 345 p.
- 15 MITTAK, W.L. 1978. Manual 2 para la recolección de semillas forestales. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. Documento de Trabajo no. 4. 43 p.
- 16 MOLINA, R. 1980. Ectomycorrhizal inoculation of containrized western conifer seedlings. EE.UU, USDA, Forest Service. 12 p.
- 17 MOLINA, R.; Trappe, J.M 1982. Técnicas de inoculación de abeto Douglas con hongos ectomicorrícicos y su aplicación en reforestación. España, Universidad de Barcelona. 203 p.
- 18 PEÑALONZO, R.; ZANOTTI, J.R. 1989. El pinabete Abies guatemalensis, su producción para árbol de Navidad. Guatemala, Dirección General de Bosque. 21 p.
- 19 PERA ALVAREZ, J.I 1992. Selección de hongos ectomicorrícicos de Pinus pinaster Ait, para su crecimiento y aplicación en reforestación. Tesis. Ph. D. España, Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Biología. 202 p.
- 20 PURR, S.H.; Barnes, B.V. 1982 Ecología forestal. Trad. Carlos Luis Raigorodsky Z. México, Universidad de Guanajuato. p. 221-225.
- 21 SIMMONS. CH. S.; Tarano, J. M.; Pinto, J. H 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Ed. José Pineda Ibarra. 1,000 p.
- 22 STRASBURGER, E.; Noll, F.; Schimper, A.F.W. 1953. Tratado de botánica. Trad. Por Oriol de Blós. España, Universidad de Barcelona. p. 436-440.

- 23 SUCHINI FARFAN, A. E. 1990. El pinabete (Abies guatemalensis Rehder), una especie en peligro de extinción. Informe de E.P.S.A Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 59 p.
- 24 TORRES HERRERA, J.A. 1989. Aislamiento, identificación y evaluación de hongos ectomicorrizios de Pinus sp. de la cuenca del río Villalobos, departamento de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 43 p.
- 25 TORRES MARTINES, P. 1992. Estudio de las ectomicorrizas de pino Carrasco (Pinus halapensis. Miller) Tesis Ph. D. España, Barcelona, Universidad de Murcia, Facultad de Biología. 71 p.
- 26 V - J GROWER INC. 1989. Catálogo en español. Florida, EE.UU. v.8, p. 35-38,61.
- 27 VARMA, A. 1992 Mycorrhiza, structure, function molecular biology and biotechnology. Germany, Ed. Epringer Verlag. 730 p.
- 28 WANSCHER, J; KORNERUP, A. 1989. Methuen, handbook of colour. Great Britain, Ed Richard Clayd. 251 p.

V. 130
Petrucci

11. A N E X O

SAS

General Linear Models Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: PSFRRD

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 24 MSE= 0.024975
Critical Value of Studentized Range= 3.532
Minimum Significant Difference= 0.1611

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	SUSTRATO
A	0.5592	12	pa
A			
B A	0.4208	12	pm

SAS

General Linear Models Procedure

Tukey Grouping	Mean	N	SUSTRATO
B			
B	0.3658	12	ve

SAS

General Linear Models Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: MICORR

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 24 MSE= 68.16667
Critical Value of Studentized Range= 3.532
Minimum Significant Difference= 8.4174

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	SUSTRATO
A	28.48	12	pa
A			
A	427.56	12	pm

SAS

General Linear Models Procedure

Tukey Grouping	Mean	N	SUSTRATO
B	19.99	12	ve

SAS
General Linear Models Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: ALTURA

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 24 MSE= 276.1944
Critical Value of Studentized Range= 2.919
Minimum Significant Difference= 11.434

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	CEPA
A	178.056	18	1a
B	165.833	18	1b

SAS
General Linear Models Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: MICORR

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 24 MSE= 68.16667
Critical Value of Studentized Range= 2.919
Minimum Significant Difference= 5.6804

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	CEPA
A	27.111	18	1a
B	23.610	18	1b

SAS
General Linear Models Procedure

SAS
General Linear Models Procedure

Dependent Variable: MICORR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	3102.888889	282.080808	4.14	0.0018
Error	24	1636.099000	68.166667		
Corrected Total	35	4738.888889			
	R-Square	C.V.	Root MSE	MICORR Mean	
	0.654771	18.95582	8.256311	43.5555556	

SAS
General Linear Models Procedure

Dependent Variable: MICORR

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SUSTRATO	2	963.40111	502.624	7.37	0.00048
ESPECIE	1	81.20000	81.120	1.48	0.06168
SUSTRATO*ESPECIE	2	232.20000	232.200	3.40	0.00653
CEPA	1	8.23400	4.110	0.65	0.42300
SUSTRATO*CEPA	2	19.46040	9.720	0.14	0.35700
ESPECIE*CEPA	1	785.28004	51.247	0.75	0.10940
SUSTRAT*ESPECIE*CEPA	2	2224.44665	32.718	0.67	0.12720

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SUSTRATO	2	963.40111	502.624	7.37	0.00048
ESPECIE	1	81.20000	81.120	1.48	0.05158

SAS
General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PSSCFO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.44996667	0.04090606	7.08	0.0001
Error	24	0.13673333	0.00578056		
Corrected Total	35	0.58870000			
	R-Square	C.V.	Root MSE	PSSCFO Mean	

0.764340

20.27466

1.076030

0.3750000

SAS
General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PSSCFC

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SUSTRATO	2	0.11631667	0.13515833	10.06	0.0007
ESPECIE	1	0.03004444	0.13004444	5.20	0.0318
SUSTRATO*ESPECIE	2	0.14827222	0.17413611	12.83	0.0002
CEPA	1	0.00810000	0.16100000	1.40	0.2481
SUSTRATO*CEPA	2	0.12401667	0.16206833	10.73	0.0005
ESPECIE*CEPA	1	0.01137778	0.1137778	1.97	0.1734
SUSTRAT*ESPECIE*CEPA	2	0.01183889	0.11691944	1.02	0.3743

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SUSTRATO	2	0.11631667	0.13515833	10.06	0.0007
ESPECIE	1	0.03004444	0.13004444	5.20	0.0318

SAS
General Linear Models Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: ALTURA

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWC.

Alpha= 0.05 df= 24 MSE= 276.1944
Critical Value of Studentized Range= 3.532
Minimum Significant Difference= 16.943

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	SUSTRATO
A	197.583	12	pm
A	182.500	12	pa

SAS
General Linear Models Procedure

Tukey Grouping	Mean	N	SUSTRATC
B	135.750	12	ve

SAS

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: LONRD

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SUSTRATC	2	3593.555556	1796.777778	2.86	0.0770
ESPECIE	1	1144.694444	1144.694444	1.82	0.1898
SUSTRATC*ESPECIE	2	3136.888889	1568.444444	2.50	0.1036
CEPA	1	6916.694444	6916.694444	11.01	0.0029
SUSTRATC*CEPA	2	3642.888889	1821.444444	2.90	0.0746
ESPECIE*CEPA	1	330.027778	330.027778	0.53	0.4757
SUSTRAT*ESPECIE*CEPA	2	3819.555556	1909.777778	3.04	0.0666

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SUSTRATC	2	3593.555556	1796.777778	2.86	0.0770
ESPECIE	1	1144.694444	1144.694444	1.82	0.1898

SAS

126

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: RAICESL

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	1684.750000	153.159091	15.71	0.0001
Error	24	234.000000	9.750000		
Corrected Total	35	1918.750000			

R-Square	C.V.	Root MSE	RAICESL Mean
0.878046	15.94468	3.122499	19.5833333

SAS

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PSFRFOL

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	8.73326667	0.79393333	4.61	0.0009
Error	24	4.13693333	0.17237222		
Corrected Total	35	12.87020000			

R-Square	C.V.	Root MSE	PSFRFOL Mean
0.678565	28.17946	0.415177	1.47333333

SAS
General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PSFRFOL

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SUSTRATO	2	2.50621667	1.25310833	7.27	0.0034
ESPECIE	1	0.98010000	0.98010000	5.69	0.0254
SUSTRATO*ESPECIE	2	0.09251667	0.04625833	0.27	0.7669
CEPA	1	0.00321111	0.00321111	0.02	0.8926
SUSTRATO*CEPA	2	4.79750556	2.39875278	13.92	0.0001
ESPECIE*CEPA	1	0.01604444	0.01604444	0.09	0.7629
SUSTRAT*ESPECIE*CEPA	2	0.33767222	0.16883611	0.96	0.3900

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SUSTRATO	2	2.50621667	1.25310833	7.27	0.0034
ESPECIE	1	0.98010000	0.98010000	5.69	0.0254

SAS

131

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PSFRFOL

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SUSTRATO*ESPECIE	2	0.09251667	0.04625833	0.27	0.7669
CEPA	1	0.00321111	0.00321111	0.02	0.8926
SUSTRATO*CEPA	2	4.79750556	2.39875278	13.92	0.0001
ESPECIE*CEPA	1	0.01604444	0.01604444	0.09	0.7629
SUSTRAT*ESPECIE*CEPA	2	0.33767222	0.16883611	0.96	0.3900

SAS

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PSFRRD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.43643056	0.03967551	1.59	0.1656
Error	24	0.59940000	0.02497500		
Corrected Total	35	1.03583056			

R-Square	C.V.	Root MSE	PSFRRD Mean
0.421334	35.22757	0.158035	0.44261111

SAS

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PSSCFC

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.44996667	0.04090606	7.08	0.0001
Error	24	0.13873333	0.00578056		
Corrected Total	35	0.58870000			
	R-Square	C.V.	Root MSE		PSSCFC Mean
	0.764340	20.27466	0.076030		0.37500000

SAS

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PSSCFC

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SUSTRATO	2	0.11631667	0.05815833	10.06	0.0007
ESPECIE	1	0.03004444	0.03004444	5.20	0.0318
SUSTRATO*ESPECIE	2	0.14827222	0.07413611	12.63	0.0002
CEPA	1	0.00810000	0.00810000	1.40	0.2481
SUSTRATO*CEPA	2	0.12401667	0.06200833	10.73	0.0005
ESPECIE*CEPA	1	0.01137778	0.01137778	1.97	0.1734
SUSTRAT*ESPECIE*CEPA	2	0.01183689	0.00591944	1.02	0.3743
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SUSTRATO	2	0.11631667	0.05815833	10.06	0.0007
ESPECIE	1	0.03004444	0.03004444	5.20	0.0318

SAS

General Linear Models Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: PSSCFO

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 24 MSE= 0.005761
Critical Value of Studentized Range= 2.919
Minimum Significant Difference= 0.0523

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	ESPECIE
A	0.4039	18	pi
B	0.3461	18	ab

SAS

General Linear Models Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: ALTURA

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 24 MSE= 276.1944
Critical Value of Studentized Range= 2.919
Minimum Significant Difference= 11.434

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	CEPA
A	178.056	18	1a
B	165.833	18	in

SAS
General Linear Models Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: MICORR

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 24 MSE= 68.16667
Critical Value of Studentized Range= 2.919
Minimum Significant Difference= 5.6604

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	CEPA
A	47.222	18	1a
B	39.869	18	1b

SAS
General Linear Models Procedure
Least Squares Means

Least Squares Means for effect SUSTRATO*ESPECIE
Pr > |T| H0: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)

Dependent Variable: ALTURA

i/j	1	2	3	4	5	6
1	.	0.4321	0.0924	0.0359	0.0005	0.0001
2	0.4321	.	0.3664	0.1672	0.0001	0.0001
3	0.0984	0.3664	.	0.6190	0.0001	0.0001
4	0.0359	0.1672	0.6190	.	0.0001	0.0001
5	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001	.	0.3664
6	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.3664	.

SAS
General Linear Models Procedure
Least Squares Means

SUSTRATO	CEPA	PSFRFOL LSMEAN	LSMEAN Number
pa	in	1.86166667	1
pa	la	1.71666667	2
pm	in	1.02166667	3
pm	la	1.95333333	4
ve	in	1.56500000	5
ve	la	0.72166667	6

SAS

General Linear Models Procedure
Least Squares Means

Least Squares Means for effect SUSTRATO*CEPA
Pr > |T| H0: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)

Dependent Variable: PSFRFOL

i/j	1	2	3	4	5	6
1	.	0.5509	0.0018	0.7055	0.2278	0.0001
2	0.5509	.	0.0079	0.3333	0.5329	0.0004
3	0.0018	0.0079	.	0.0007	0.0327	0.2228
4	0.7055	0.3333	0.0007	.	0.1183	0.0001
5	0.2278	0.5329	0.0327	0.1183	.	0.0018
6	0.0001	0.0004	0.2228	0.0001	0.0018	.

SAS

General Linear Models Procedure
Least Squares Means

ESPECIE	CEPA	ALTURA LSMEAN	Pr > T H0: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)				
			i/j	1	2	3	4
ab	in	177.555556	1	.	0.1253	0.0063	0.0990
ab	la	165.111111	2	0.1253	.	0.1731	0.0030
pi	in	154.111111	3	0.0063	0.1731	.	0.0001
pi	la	191.000000	4	0.0990	0.0030	0.0001	.

ESPECIE	CEPA	LONRD LSMEAN	Pr > T H0: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)				
			i/j	1	2	3	4
ab	in	87.111111	1	.	0.0067	0.1554	0.0030
ab	la	120.888889	2	0.0067	.	0.1768	0.0025
pi	in	104.444444	3	0.1554	0.1768	.	0.0792
pi	la	126.111111	4	0.0030	0.0025	0.0792	.

SAS
General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PSFRRD

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SUSTRATO	2	0.23815556	0.11907778	4.77	0.0180
ESPECIE	1	0.03180278	0.03180278	1.27	0.2703
SUSTRATO*ESPECIE	2	0.00082222	0.00041111	0.02	0.9837
CEPA	1	0.00062500	0.00062500	0.03	0.8756
SUSTRATO*CEPA	2	0.05846667	0.02923333	1.17	0.3273
ESPECIE*CEPA	1	0.00080278	0.00080278	0.03	0.8592
SUSTRAT*ESPECIE*CEPA	2	0.10575556	0.05287778	2.12	0.1423

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SUSTRATO	2	0.23815556	0.11907778	4.77	0.0180
ESPECIE	1	0.03180278	0.03180278	1.27	0.2703

SAS
General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PSFRRD

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SUSTRATO*ESPECIE	2	0.00082222	0.00041111	0.02	0.9837
CEPA	1	0.00062500	0.00062500	0.03	0.8756
SUSTRATO*CEPA	2	0.05846667	0.02923333	1.17	0.3273
ESPECIE*CEPA	1	0.00080278	0.00080278	0.03	0.8592
SUSTRAT*ESPECIE*CEPA	2	0.10575556	0.05287778	2.12	0.1423

SAS

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PSSCFO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.44996667	0.04090606	7.08	0.0001
Error	24	0.13873333	0.00578056		
Corrected Total	35	0.58870000			
	R-Square	C.V.	Root MSE	PSSCFO Mean	
	0.764340	20.27466	0.076030	0.37500000	

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PSSCFO

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SUSTRATO	2	0.11631667	0.05815833	10.06	0.0007
ESPECIE	1	0.03004444	0.03004444	5.20	0.0318
SUSTRATO*ESPECIE	2	0.14827222	0.07413611	12.83	0.0002
CEPA	1	0.00810000	0.00810000	1.40	0.2481
SUSTRATO*CEPA	2	0.12401667	0.06200833	10.73	0.0005
ESPECIE*CEPA	1	0.01137778	0.01137778	1.97	0.1734
SUSTRAT*ESPECIE*CEPA	2	0.01183889	0.00591944	1.02	0.3743
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SUSTRATO	2	0.11631667	0.05815833	10.06	0.0007
ESPECIE	1	0.03004444	0.03004444	5.20	0.0318

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PSSCFO

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SUSTRATO*ESPECIE	2	0.14827222	0.07413611	12.83	0.0002
CEPA	1	0.00810000	0.00810000	1.40	0.2481
SUSTRATO*CEPA	2	0.12401667	0.06200833	10.73	0.0005
ESPECIE*CEPA	1	0.01137778	0.01137778	1.97	0.1734
SUSTRAT*ESPECIE*CEPA	2	0.01183889	0.00591944	1.02	0.3743

General Linear Models Procedure

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 24 MSE= 0.005781
 Critical Value of Studentized Range= 3.532
 Minimum Significant Difference= 0.0775

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	SUSTRATO
A	0.4433	12	pm
A			
B	0.3775	12	pa
	165		

General Linear Models Procedure

Tukey Grouping	Mean	N	SUSTRATO
B			
B	0.3042	12	ve

pm	pi	200.000000	4		
	ve	ab	140.166667	5	
	ve	pi	131.333333	6	



FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: " EVALUACION DE TRES SUSTRATOS ORGANICOS Y DOS ESPECIES DE HONGOS MICORRICICOS, Laccaria bicolor e Inocybe sp. EN LA FORMACION DE ECTOMICORRIZAS EN Abies guatemalensis - Rehder y pinus ayacahuite Ehr. EN CONTENEDORES"

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: LIZARDO LEONEL MENDEZ FUENTES

CARNET: 8310179

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Vicente Martínez
Ing. Agr. José Calderón

Los Asesores 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. Edil René Rodríguez Quezada
A S E S O R

Lic. Roberto Arzu
A S E S O R

Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
D I R E C T O R D E L I I A

I M P R I M A S E

Ing. Agr. M Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera
D E C A N O



AOL/nm
c.c. Control Académico
IIA
Archivo