

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**



**EFFECTO DE SUSTRATOS CON MICORRIZAS VESÍCULO ARBUSCULARES
EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE CUATRO ESPECIES FORESTALES EN
FASE DE VIVERO, TARAPOTO**

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MENCIÓN: FORESTALES

LIVINSTON RENGIFO GONZALES

Promoción 2007 - I

Tingo María - Perú

2011



F01

R41

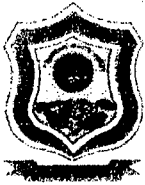
Rengifo Gonzales, Livinston

Efecto de Sustratos con Micorrizas Vesículo Arbusculares en el Crecimiento Inicial de Cuatro Especies Forestales en Fase de Vivero, Tarapoto. Tingo María, 2010

56 h.; 27 cuadros; 6 fgrs.; 40 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables.

1. MICORRIZAS VESICULO ARBUSCULARES 2. CRECIMIENTO 3. FASE-VIVERO
4. ESPECIES FORESTALES 5. INOCULO 6. DESARROLLO RADICULAR 7. PERU.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

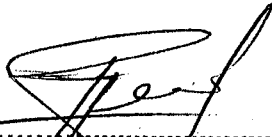
Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 01 de Julio de 2010, a horas 06:30 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:


“EFECTO DE SUSTRATOS CON MICORRIZAS VESÍCULO ARBUSCULARES EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE CUATRO ESPECIES FORESTALES EN FASE DE VIVERO EN TARAPOTO”

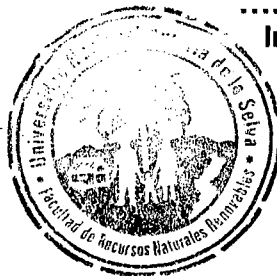
Presentado por el Bachiller: **LIVINSTON RENGIFO GONZALES**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de “BUENO”.

En consecuencia el sustentante queda apto para optar el Título de INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES, mención FORESTALES, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

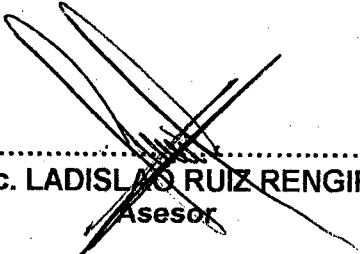
Tingo María, 10 de Junio de 2011


.....
Ing. RAÚL ARAUJO TORRES
Presidente


.....
Ing. MSc. LUIS A. VALDIVIA ESPINOZA
Vocal




.....
Ing. JAIME TORRES GARCÍA
Vocal


.....
Ing. MSc. LADISLAO RUIZ RENGIFO
Asesor

DEDICATORIA

A Dios padre, por darme la oportunidad de existir, y a la memoria de mis abuelitos Presentación Campos, Gregorio Gonzales, Sergio Rengifo y de manera muy especial a mi abuelita Elisa Huamán Tafur.

A mis queridos padres Pedro Rengifo Huamán, María R. Gonzales Campos, y mis hermanos Lenard, Edwin, Maily, Pedro, Kiaro y a Marcel por la motivación, inspiración y apoyo brindado en el desarrollo de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por la formación académica que me brindaron.

Al Ing. M.Sc. Ladislao Ruiz Rengifo, por asistir en calidad de asesor académico de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, en el desarrollo de mi tesis.

De manera especial al Ing. M.Sc. Orlando Chipana Quispe, Investigador de la Estación Experimental Agraria El Porvenir por todo el apoyo brindado en el desarrollo de mi tesis y por asistir en calidad de coasesor de la presente investigación.

Al Ing. M.Sc. Alindor Chuquipoma Díaz, Coordinador del Programa Nacional de Investigación Forestal de la Estación Experimental Agraria El Porvenir, por todo el apoyo brindado en el desarrollo de mi tesis y por asistir en calidad de coasesor institucional.

A los obreros del Programa Nacional de Investigación Forestal de la E.E.A. El Porvenir, Pervis Paredes, Astolfo Paredes, Fernando Dávila y Miguel Huansi, por su apoyo en las actividades de la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Las micorrizas.....	3
2.2. Micorrizas vesículo arbusculares (MVA).....	5
2.3. Formación de las micorrizas vesículo arbusculares (MVA).....	5
2.3.1. Activación de los propágulos del hongo que persisten en el suelo	5
2.3.1.1. Grandes esporas de resistencia de los hongos Vesículo arbusculares	6
2.3.1.2. Fragmentos de raíz micorrizada.....	7
2.3.1.3. Hifas del hongo.....	8
2.3.2. Crecimiento del hongo hacia la raíz y “estimulación rizosférica”.....	9
2.3.3. Unión de la hifa infectiva a la superficie de la raíz y penetración	11
2.3.4. Progresión de la infección en la raíz.....	12
2.3.5. Crecimiento del micelio externo en el suelo que circunda la raíz.....	13
2.4. Efectos de las micorrizas vesículo arbusculares sobre el crecimiento de las plantas	14
2.5. Inoculación de hongos vesículo arbusculares en vivero.....	17
2.6. Dependencia de los hongos vesículo arbusculares.....	18
2.7. Las micorrizas y los sustratos.....	19

2.8. Factores que afectan a las micorrizas	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1. Lugar de ejecución.....	22
3.1.1. Agroecología.....	22
3.1.2. Condiciones climáticas.....	23
3.2. Materiales, herramientas y equipos.....	23
3.2.1. Material biológico.....	23
3.2.2. Materiales de campo, herramientas y equipos.....	23
3.3. Metodología.....	24
3.3.1. Recolección de las semillas de las especies forestales.....	24
3.3.2. Almacigado de las semillas	24
3.3.3. Recolección de suelo con micorriza vesículo arbuscular....	24
3.3.4. Preparación de sustratos.....	25
3.3.5. Repique de las plántulas.....	25
3.3.6. Tratamientos y combinaciones del experimento.....	26
3.3.7. Diseño experimental.....	27
3.3.8. Evaluaciones.....	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1. Incremento de diámetro y altura de las especies forestales.....	31
4.2. Incremento en el índice de biomasa.....	39
V. CONCLUSIONES.....	43
VI. RECOMENDACIONES.....	45
VII. ABSTRACT	46
VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	48
ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Sustratos.....	25
2. Tratamientos y combinaciones del experimento.....	26
3. Análisis de variancia del experimento	28
4. Pruebas de Tukey ($\alpha =0.05$) para las diferencia de medias.....	28
5. Coeficiente de determinación y variación para el incremento en diámetro y altura.....	31
6. Análisis de variancia para el incremento de diámetro y altura.....	33
7. Comparación de medias entre especies forestales.....	35
8. Comparación de medias entre tipos de sustrato.....	36
9. Interacción especie forestal dentro de los sustratos.....	38
10. Coeficiente de determinación y variación parta el incremento del índice de biomasa.....	39
11. Análisis de variancia para el índice de biomasa.....	39
12. Comparación de medias entre las especies forestales.....	40
13. Comparación de medias entre tipos de sustrato.....	41
14. Interacción de especie forestal dentro de los sustratos.....	42
15. Evaluaciones realizadas en el experimento.....	55
23. Análisis de sustrato tierra agrícola.....	63
24. Análisis de sustrato tierra agrícola más compost de madera.....	64
25. Análisis de sustrato tierra agrícola más gallinaza.....	65

26. Identificación de hongo micorrízico.....	66
27. Datos meteorológicos año 2009.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Manera como se procedió a llenar las bolsas con el inóculo de micorrizas	25
2. Croquis de la disposición de los tratamientos y repeticiones	30
3. Vista del experimento en vivero	68
4. Demarcación de los tratamientos	68
5. Medición de diámetro de <i>Simarouba amara</i>	69
6. Medición de altura de <i>Sickingia williamsii</i>	69

RESUMEN

El presente estudio se ejecutó en el vivero agroforestal del Programa Nacional de Investigación Forestal del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Estación experimental Agraria "El porvenir", durante un periodo de siete meses.

Esta investigación tuvo como principal objetivo la evaluación del efecto de sustratos inoculados con micorrizas vesículo arbusculares en el crecimiento inicial de cuatro especies forestales en fase de vivero.

El experimento estaba representado por 16 tratamientos y 4 repeticiones, evaluando 16 plantas por tratamiento, constituidas por 256 plántulas entre las 4 especies forestales.

El diseño estadístico que se utilizó fue un Diseño Completamente al Azar (DCA), con arreglo factorial de 4 x 4 evaluándose tres factores: incremento en altura, incremento en diámetro e incremento en el índice de biomasa. Las variables evaluadas fueron sometidas a la prueba de Tukey con un nivel de 5% de probabilidad.

Como resultado se tiene que la especie forestal que presentó mejor incremento en diámetro, altura y en biomasa fue *Callycophyllum spruceanum* Benth, seguido de *Tabebuia serratifolia* Vahl, *Sickingia williamsii* y menor incremento presento la especie *Simarouba* Aublet.

El sustrato que produjo mejor efecto en el incremento de diámetro y altura de las especies forestales evaluadas es micorriza + compost de madera (S2) ya que las especies forestales *Tabebuia serratifolia* Vahl, *Sickingia williamsii* y *Simarouba amara* Aublet presentaron mejor desarrollo al aplicar este sustrato y sólo *Callycophyllum spruceanum* Benth presentó mejor resultado al usar como sustrato micorriza + tierra agrícola.

I. INTRODUCCIÓN

El uso de hongos micorrízicos en los viveros forestales de la Amazonía es generalmente ignorada, de tal manera que los plántones llegan a campo definitivo desprovistos de su simbiote natural, afectando su establecimiento, supervivencia y crecimiento en suelos degradados.

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA), juegan un papel importante en el crecimiento y la nutrición de las plantas superiores, especialmente las que presentan mayor dependencia de las micorrizas arbusculares como son la mayoría de especies forestales y frutales.

Los beneficios de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares se expresan en una mayor supervivencia de las plántulas, mayor crecimiento en menor tiempo, reducción del tiempo de estadía en vivero, mayor producción y mejor calidad.

La modificación del sistema radicular por la asociación simbiótica con los hongos micorrízicos arbusculares contribuye a mejorar la absorción y transporte de agua y nutrientes del suelo a la raíz, por el incremento en el volumen de suelo explorado por la raíz de la planta lo cual se refleja en un mayor desarrollo vegetal. Por lo general, los sustratos usados en vivero se tratan con biocidas para eliminar los patógenos y las semillas de malezas,

proceso que elimina o reduce los hongos micorrízicos arbusculares nativos afectando la captación de nutrientes especialmente fósforo, por lo cual la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares ha tenido éxito en suelos desinfectados.

La utilización de abonos orgánicos en el sustrato contribuye con el desarrollo de los hongos formadores de micorrizas arbusculares el mejorar la estructura del suelo, favorecen la aireación y aumento de la capacidad de retención de agua.

Por lo anteriormente mencionado esta investigación busca evaluar el efecto en el desarrollo de *Simarouba amara*, *Sickingia williamsii*, *Tabebuia serratifolia* y *Calycophyllum spruceanum*, a través de la inoculación en los sustratos con micorrizas vesículo arbusculares debido a los beneficios que proporcionan a las plántulas, razón por la cual se plantean los siguientes objetivos.

- Determinar el efecto de sustratos inoculados con micorrizas vesículo arbusculares en el incremento de diámetro y altura de cuatro especies forestales.
- Determinar el efecto de sustratos inoculados con micorrizas vesículo arbusculares en el incremento del índice de biomasa de cuatro especies forestales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Las Micorrizas

Simón *et al.* (1993), citados por SOSA (2005) menciona que el nombre de micorriza proviene del griego (*mykes*-hongo, *rhiza*-raíz) a la asociación mutualista existente entre algunos hongos del suelo y las raíces de la mayoría de las plantas. Los registros fósiles más antiguos indican que dicha asociación tiene unos 400 millones de años, lo que ha llevado a considerar la compleja coevolución entre las plantas y sus hongos asociados, que se manifiesta en la amplia distribución del fenómeno (se ha estimado que el 90% de las plantas terrestres están micorrizadas) y en la diversidad de mecanismos morfológicos, fisiológicos y ecológicos, implicados.

STANIER (1984) asegura que la formación de una micorriza comienza con la invasión a la raíz de la planta por un hongo del suelo; el crecimiento del hongo hacia la raíz es estimulado por la excreción al suelo, por parte de la planta, de ciertos compuestos orgánicos. El micelio de los hongos penetra en la célula de la raíz mediante proyecciones denominadas haustorios y se desarrolla intracelularmente. En algunas micorrizas el hongo forma ramificaciones intracelulares llamadas arbúnculos; en otras, forma enroscamientos característicos.

Dependiendo del hospedador, el hongo o bien se mantienen en su estado intracelular o bien sobre una digestión. En este último caso, el micelio del hongo persiste principalmente en forma de hifas intercelulares. En todas las micorrizas, sin embargo, una fracción del micelio permanece en el suelo, tendiendo las formas intercelulares a formar una vaina compacta en torno a la raíz.

Durante la simbiosis, la planta hospedera recibe nutrientes minerales del suelo tomados por el hongo (principalmente fósforo), mientras que éste obtiene compuestos de carbono derivados de la fotosíntesis.

Brundrett *et al.* (1996), citado por SOSA (2005) dice que los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) constituyen micorrizas que colonizan el tejido intrarradical de la planta hospedera, donde desarrollan estructuras características de la simbiosis (arbúsculos y vesículas), así como micelio extrarradical, el cuál interactúa con el ecosistema de la rizósfera y es el encargado de la toma de nutrientes del suelo.

Guerrero *et al.* (1996), citado por SOSA (2005) sostiene que los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) son considerados como un recurso biológico multipropósito cuyo manejo, además de los efectos sobre la productividad vegetal, genera beneficios ambientales al mejorar las condiciones fisicoquímicas y biológicas del suelo.

2.2. Micorrizas vesiculares arbusculares (MVA)

RUIZ (1992) sustenta que las micorrizas predominantes en el bosque son las del tipo vesículo – arbusculares o arbusculares. Este tipo de micorriza está formado por hongos del orden Glomales que incluye alrededor de 150 especies pertenecientes a los géneros *Glomus*, *Gigaspora*, *Scutellospora*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, y *Sclerocystis*. Las diferencias de hongos micorrícicos arbusculares parecen variar en cuanto a su tolerancia a la acidez del suelo, de tal manera que existen especies que toleran suelos ácidos, otros suelos alcalinos y un tercer grupo que tolera ambas situaciones, por otro lado algunos hongos tienen cierta afinidad por algún tipo de plantas ya que algunos hongos son comunes para varias plantas, otros parecen tener cierta afinidad por determinadas plantas.

2.3 Formación de las micorrizas vesículo arbusculares (MVA)

HEPPER (1979) manifiesta que en términos generales se puede decir que existen cinco hechos claves en el proceso de formación de las micorrizas vesículo arbusculares los cuales son:

2.3.1. Activación de los propágulos del hongo que persisten en el suelo

Existe en el suelo tres formas de inoculo, las cuales, aunque se presentan en diferente grado de capacidad de supervivencia y potencial infectivo, pueden originar las condiciones simbióticas. Estas son:

2.3.1.1. Grandes esporas de resistencia de los hongos vesículo arbusculares

Las zigoporas de *Acaulospora* y *Gigaspora*, *Entrophospora* y *Scutellospora*, así como las clamidosporas de *Glomus* y *Esclerocystis* (únicos seis géneros con especies formadoras de micorrizas vesículo arbusculares), son capaces de persistir considerables periodos de tiempo en el suelo, en donde resisten condiciones adversas germinando cuando estas le son favorables (SIQUEIRA, 1987).

TOMMERUP (1983) pone de manifiesto la existencia de un periodo de letargo de las esporas de hongos vesículo arbusculares que, en suelo húmedo y dependiendo de la especie, puede durar varias semanas a partir de la formación de la espora. En suelo seco se reduce significativamente tal periodo de reposo.

Existen pocos estudios acerca del efecto de la “fungistasis general de un suelo” (STOTZKY, 1981) sobre la germinación de esporas vesículo arbusculares y su posterior desarrollo de las hifas, aunque estos estudios evidencian claramente la existencia de tal proceso de amensalismo microbio – microbio.

En este contexto ecológico y de acuerdo con la observación de TOMMERUP (1983) la existencia de una fase de reposo previa a la germinación de esporas, puede tener importancia en el mantenimiento de la capacidad infectiva de un suelo. Este puede ser el caso en hábitats en los que

alterna periodos favorables para el crecimiento vegetal con las condiciones adversas para ello.

2.3.1.2. Fragmentos de raíz micorrizada

POWEL (1976) expresa que desde el punto de vista de la supervivencia se acepta un papel crucial de las esporas como fuente de inóculo, en general, la infección vesículo arbuscular se produce más rápidamente a partir de raíces previamente micorrizadas que a partir de esporas. Esto puede deberse bien a dificultades en la germinación de estos propágulos en el suelo o al escaso vigor del micelio formado.

Es obvio suponer que la viabilidad de este inóculo depende de un lado, de la edad y capacidad metabólica del fragmento de raíz; y de otro lado, del tipo de estructuras fúngicas que poseen esos fragmentos. En este sentido BIERMANN Y LINDERMAN (1983) han demostrado la importancia de las vesículas intrarradicales presentes en un fragmento de raíz, para decidir el potencial de estos inóculos según la observación de estos autores la efectividad derivada de la presencia de tales estructuras se manifiesta especialmente cuando la raíz deja de ser activa. Es más, estos autores también encuentran que raíces infectadas por hongos que no forman vesículas intrarradicales, como es el caso de *Gigaspora*, pierden su potencial como inóculo al dejar la raíz de ser viable, en cambio las vesículas intrarradicales originadas por varias especies de *Glomus*, conservan su infectividad incluso al ser aisladas de la raíz. Todo esto sugiere que las vesículas intrarradicales,

consideradas hasta ahora como simples órganos de reserva, pueden comportarse como esporas, corroborando la hipótesis de (GERDEMANN, 1975) sobre un posible papel de las vesículas internas como órganos de reproducción.

2.3.1.3. Hifas del hongo

De acuerdo con la observación de CLARK (1964) la infectibilidad de un suelo se reduce drásticamente al tamizarlo por una luz de malla de 9.5 mm (que no retienen esporas ni fragmentos de raíz, por ello que cabe suponer que la desinfección del micelio podría ser la causa responsable del descenso de infección del suelo. No obstante, existe un punto clave de la discusión y es así la infección de una hifa depende de su asociación directa con un fragmento de raíz (en este caso tendríamos el tipo anteriormente descrito de forma de propágalo) o bien, agregados de hifas independientes poseen capacidad infectiva.

OCAMPO y HAYMAN (1981) encontraron ciertas apreciaciones que apuntan hacia la existencia de un crecimiento, aunque limitado, de las hifas de hongos vesículo arbusculares en el suelo no dependiente de una raíz. Esto apoyaría al hecho de una capacidad infectiva de los micelios de hongos vesículo arbusculares presentes en el suelo. Con este punto, se plantea de nuevo el problema de conocer el papel real que las vesículas extrarradicales juegan en el suelo. Si éstas evolucionan hacia la formación de nuevas esporas

o si gracias a sus sustancias de reserva son capaces de soportar un cierto crecimiento independiente del hongo.

En este contexto WAGNER Y MOSSE (1980) sugirieron que las partículas de materia orgánica del suelo podrían ser el punto de anclaje y sustrato de mantenimiento para la conservación de la supervivencia y actividad de los hongos vesículo arbusculares en el suelo. De hecho, estudios *in vitro* en un intento de cultivar hongos vesículo arbusculares en ausencia de planta han demostrado la capacidad asimiladora de las hifas de hongos vesículo arbusculares. Asimismo JOHN *et al* (1983) aporta evidencias experimentales que apoyan el papel de las partículas de materia orgánica en la estimulación de crecimiento y ramificación de las hifas de los hongos vesículo arbusculares en el suelo. Estos autores no detectan la existencia de una orientación de las hifas hacia la partícula de materia orgánica. Pero si pone de manifiesto la estimulación del desarrollo de las hifas que llegan a contactar con tales partículas. Aunque no esta claro si la partícula de materia orgánica suministra fuentes de energía o nutrientes, al menos, si proporciona al hongo un nicho fisiológico y ecológico para desarrollarse.

2.3.2. Crecimiento del hongo hacia la raíz y estimulación rizosférica

Los estudios de POWELL (1980) pusieron de manifiesto que ni la germinación de esporas ni la dirección inicial de las hifas son influenciadas por la presencia de las raíces de una planta hospedadora. Los tubos de

germinación no son atraídos por la raíz hasta que, erráticamente, llegan a la rizósfera; e incluso, a veces, raíz e hifa se cruzan ignorándose. Esta misma situación la encuentran MOSSE y HEPPEL (1975) cuando intentan provocar micorrizas en cultivos de órganos de raíz. En contraste con estas observaciones, KOSKE (1982) detectó la producción de una sustancia volátil, por parte de la raíz, que atrae los tubos de germinación aéreos, de *Gigaspora gigantea*.

Un hecho hasta cierto punto generalizable es la existencia de una estimulación de las hifas, especialmente en el caso de las procedentes de esporas de germinación, cuando llegan a la rizósfera. Esto se visualiza por la formación de una estructura de preinfección consistente en una especie de abanico de hifas cortas y gruesas, que se tabican rápidamente si no consiguen infectar a la raíz, aunque normalmente, alguna logra contactar con ella dando lugar a un primer punto de entrada del hongo. Así mismo, POWEL (1976) encontró que si la hifa que llega a la rizósfera de una raíz susceptible, procede de otra raíz infectada, no se forma estructura de preinfección, lo cual hace suponer que esta hifa crece con un apoyo nutritivo, o funcional, que le suministra la raíz de procedencia y no una simple espora. Éste comportamiento diferente sugiere, de acuerdo con MOSSE y HEPPEL (1975) que la estructura de preinfección podría tener la función de absorber nutrientes u hormonas de la rizósfera de la planta a infectar, con lo cual la hifa adquiere el vigor necesario para penetrar a la raíz. Sin embargo, se puede dar otra explicación a la estructura de preinfección. Sencillamente podría tratarse de una forma de incrementar las posibilidades de contacto micelio – raíz.

Con respecto a las causas de estimulación de las hifas del hongo cuando llegan a la rizósfera de una planta sólo hace mención de la influencia que en ello deben tener los exudados radicales (AZCON y OCAMPO, 1981). De cualquier manera, como el efecto de un incremento en la exudación radical sobre la fase de preinfección en micorrizas vesículo arbusculares, suele evaluarse por la estimulación en la formación de la micorriza, no queda claro si lo que produce es una acción directa sobre el micelio del hongo, o si por el contrario, la clave es la alteración de la permeabilidad, y por tanto la penetrabilidad de las células de la raíz. Es posible que los microorganismos del suelo, activados en la rizósfera, jueguen un papel clave en la estimulación de los micelios vesículo arbusculares.

2.3.3. Unión de la hifa infectiva a la superficie de la raíz y penetración

Una vez que una hifa infectiva llega a la superficie de la raíz se forma un apresorio sobre las células de la epidermis (incluyendo los propios pelos radicales). A partir de aquí pueden ocurrir dos tipos de situaciones: a) que se produzca una infección abortiva; y b) que el contacto vaya seguido de una auténtica infección.

Se ignora si la penetración es mecánica o si tiene lugar mediante un mecanismo enzimático. Lo cierto es que el hongo no penetra por heridas ni por lugares en los que la corteza de la raíz está rota por cualquier causa, incluso por la emergencia de una raíz lateral. Esto indica que se necesita un

sitio fisiológicamente funcional para la penetración. De otro lado, se conoce que una vez producida el primer punto de entrada, la raíz se vuelve más propensa a la formación de nuevos puntos de infección (MOSSE y HEPPER, 1975). Este hecho puede deberse a que se haya producido algún cambio fisiológico o bioquímico en la raíz o a que el hongo haya adquirido un vigor conferido por la planta tras el primer contacto íntimo.

El número de puntos de entrada por la longitud de raíz es muy variable, y se han descrito hasta 20 por mm de raíz (RHODES y GERDEMANN, 1980).

2.3.4. Progresión de la infección en la raíz

Con respecto al posterior desarrollo de la micorriza se sabe, que el hongo que ha penetrado en, o entre, las células epidérmicas, colonizan la corteza de la raíz mediante hifas distributivas que se ramifican inter e intracelularmente. La distancia que recorre el hongo en el interior de la raíz a partir de un punto de entrada es lo que se denomina unidad de infección. Suele oscilar entre 0.5 y varios centímetros y puede verse afectada por la especificidad hongo raíz, es decir por la receptibilidad de un hospedero a un determinado hongo vesículo arbuscular. El hecho de que las unidades de infección sean relativamente pequeñas hace que, salvo micorrizas muy bien establecidas, la infección vesículo arbuscular no ofrezca un aspecto continuo.

A los pocos días de iniciada la infección, y por división dicotómica repetida de hifas intracelulares se forman los arbusculos. La función de estos

es el intercambio biotrófico bidireccional de nutrientes. Los arbusculos tienen una vida media de 4 a 14 días, y cuando degenera la célula recuperan su actividad normal, incluso es susceptible de amparar a un nuevo arbusculo cuando el desarrollo de las hifas internas están establecidos se forma las vesículas que, como ya se ha indicado, tienen función de almacenamiento de reservas lipídicas.

2.3.5. Crecimiento del micelio externo en el suelo que circunda la raíz

Simultáneamente al desarrollo intrarradical del hongo, las hifas de penetración se ramifican externamente y dan lugar a una red tridimensional de micelio, sobre la que se forman las esporas de resistencia. Estas son ricas en material lipídico y se acepta que constituyen el final, y principio, del "ciclo de vida" de estos hongos. En ciertas especies las esporas se encuentran agrupadas en esporascarpos.

De acuerdo con BOWEN (1981) la mayor o menor extensión del micelio externo, hecho clave en la respuesta de la planta a su micorriza, depende de la especie de hongo, aunque varía también con la especie de planta y otros factores condicionantes propios del tipo de suelo y medio ambiente.

Los cálculos de TISDALL y DADES (1979) indican que 1 centímetro de raíz micorrizada puede tener hasta 134 centímetros de hifas externas, y en el suelo adyacente a unas raíces micorrizadas se cuantificaron 55 metros de

hifas por gramo de suelo. Estos datos dan una idea cuantitativa del desarrollo del micelio extra radical en micorriza vesículo arbuscular.

Hay que añadir finalmente que la cuantificación de la extensión de una micorriza vesículo arbuscular por los métodos normales de tinción (PHILLIPS y HAYMAN, 1970) puede dar una información errónea en cuanto a que no es operativo todo el micelio que se detecta. En este sentido, se han propuesto técnicas para evaluar la proporción del micelio activo en un momento determinado del desarrollo de una micorriza vesículo arbuscular entre ellas merecen referirse las que usan trazadores isotópicos o técnicas citoquímicas (McDONAL y LEWIS, 1978).

2.4. Efectos de las micorrizas vesículo arbusculares sobre el crecimiento de las plantas

El efecto más importante que producen las micorrizas vesículo arbuscular en las plantas es un incremento en la absorción de nutrientes minerales del suelo, que se traduce en un mayor crecimiento y desarrollo de las mismas. La expansión del micelio externo del hongo por el suelo rizosférico es la causa principal de este efecto, permitiendo la captación de los nutrientes más allá de la zona de agotamiento que se crea alrededor de las raíces, por la propia absorción de la planta (JAKOSEN, 1992). El papel de la simbiosis es fundamental en la captación de elementos minerales de lenta difusión en los suelos, como los fosfatos solubles, el Zn y el Cu (GEORGE *et al.*, 1992).

La absorción de N también se favorece con la micorrización (AZCÓN-AGUILAR y BAREA, 1982) Otros elementos como el K y el Mg se encuentran a menudo en concentraciones más altas en las plantas micorrizadas (SIEVERDING, 1991). La absorción del Ca es estimulada también con la simbiosis micorriza vesículo arbuscular (PLENCHETTE *et al.*, 1983). Con lo que respecta a los microelementos Zn, Cu y Bo, éstos son activamente absorbidos por las hifas del hongo y transportados hasta el hospedador.

Existen otros efectos producidos por la micorriza vesículo arbuscular entre los que destacan un aumento de la resistencia de la planta al estrés hídrico y a la salinidad, un aumento de la resistencia y/o tolerancia a determinados patógenos del suelo, un incremento de la supervivencia al trasplante y un incremento de la fijación del nitrógeno en leguminosas (GERDEMANN, 1968).

En las plantas micorrizadas se produce un aumento del contenido de agua, debido a un aumento de la conductividad hídrica de la planta o a una disminución de la resistencia al flujo de agua a través de ella. También puede ser debido a una mayor absorción a través de la extensa red de hifas externas del hongo, extendidas más allá de la zona a la cual tiene acceso directo el sistema radical. La planta hace un mejor uso del agua y es capaz de recuperarse más rápidamente en caso de estrés hídrico (COOPER, 1984).

Se ha demostrado que los hongos que forman micorrizas arbusculares producen, además, un efecto positivo sobre las características

edáficas. Una planta micorrizada que crece en suelos arenosos es capaz de agregar más partículas de suelo en sus raíces por unidad de masa que una planta no micorrizada (SIEVERDING, 1991). La formación de agregados del suelo puede ser un factor importante para disminuir su erosión. Otra condición limitante del suelo es el exceso de caliza, que contribuye a la fijación de oligoelementos, especialmente el hierro (Fe), cuya deficiencia causa la clorosis férrica. En relación a esta sintomatología, se ha podido observar que plantas de ciruelo micorrizadas acumulan más hierro en sus tejidos foliares que plantas no micorrizadas (PINOCHET *et al.*, 1998).

AZCÓN AGUILAR Y BAREA (1982) demostraron que es capaz de producir compuestos de naturaleza hormonal, aunque se desconoce si estos compuestos son absorbidos por la planta hospedadora. Las micorrizas vesículo arbusculares alteran el nivel de sustancias reguladoras del crecimiento en los tejidos de las plantas y su transporte de unos tejidos a otros. En árboles frutales se ha observado un adelanto en la ruptura de la latencia en los brotes de estacas micorrizadas. En la mayoría de los casos parece existir un efecto hormonal, pero resulta extremadamente difícil diferenciar los efectos producidos por las hormonas del hongo, los producidos por las hormonas vegetales y los producidos indirectamente por el estado nutricional de las plantas como consecuencia de la micorrización.

La citoquinina, además de promover la síntesis de proteínas (especialmente en los retoños), la división y la expansión celular (VAN STADEN y DAVEY, 1979), puede desempeñar un papel importante como

mediador de la correlación entre las concentraciones de fósforo y las funciones de la planta como pueden ser: el desarrollo vegetativo, la fotosíntesis y el almacenamiento de almidón. Se dice que estas fitohormonas son las mediadoras más importantes de la infección con endomicorrizas por ser sintetizadas primariamente en los meristemas radicales. Un aumento en el número y actividad de los primordios, puede inducir un aumento en la producción de citoquinina. La micorrización, al igual que la aplicación de fósforo al suelo, produce un aumento del crecimiento de la planta y de la raíz, y por tanto del número de extremos o primordios radicales.

Se plantea que los niveles de etileno que estimulan la formación y desarrollo de las micorrizas arbusculares pueden estar relacionados con la resistencia de la planta hospedadora a factores de estrés del suelo (ISHII y KADOYA, 1994). Bajos niveles de etileno producidos por estrés en la planta, parecen inhibir temporalmente el crecimiento de las raíces, pero al mismo tiempo se promueve la actividad del hongo micorrízico en la rizósfera, con lo que se minimiza el efecto estresante sobre la planta. La consecuencia de la acción del hongo es una alteración positiva del equilibrio hormonal de la planta que favorece su estado fisiológico y nutricional.

2.5. Inoculación de hongos vesículo arbusculares en vivero

SIEVERDING (1991) manifiestan que el uso de hongos micorrízicos, para la producción de las plantas en la etapa de vivero, se puede considerar como una práctica obligatoria del viverista con posibilidades

económicas y ecológicamente justificables al aumentar la nutrición y calidad del cultivo y así la producción para contribuir a una agricultura más sustentable y menos dependiente de los insumos.

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares, juegan un papel importante en el crecimiento y la nutrición de las plantas superiores, especialmente las que presentan mayor dependencia de las micorrizas arbusculares como son la mayoría de especies frutales y forestales. Los beneficios de la inoculación con estos hongos efectivos se expresan en una mayor supervivencia de las plántulas, mayor crecimiento en menor tiempo, reducción del tiempo de estadía en vivero, ahorro en costos de fertilización, mayor producción y calidad del producto.

La inoculación con hongos vesículo arbusculares se realiza sólo con suelos o raíces infectados, debido a la dificultad de obtener cultivos axénicos en gran cantidad para su comercialización (AZCON AGUILAR y BAREA, 1982).

2.6. Dependencia de los hongos vesículo arbusculares

MOSSE y HEPPER (1975) expresan que los hongos vesículo arbusculares no pueden completar su ciclo de vida más que en asociación con la planta, sin embargo, la germinación de esporas incluso cuando son esterilizadas en superficies, y en condiciones axémicas ocurre con relativa facilidad en ausencia de suelo y de planta hospedera con solo proporcionarles unas condiciones físico - químicas adecuadas. Esto parece paradójico para un

microorganismo simbiote obligado. Simplemente en agar – agua (1%), a un pH próximo a la neutralidad temperatura de 18 - 25 °C se obtiene una germinación generalizadas de las esporas.

Se sabe que la germinación se afecta por una serie de factores como son las esporas o variedad del hongo, la temperatura, el pH, presencia de metales pesados, la concentración de Cl y Na, en cambio, la adición de nutrientes (incluso fósforo), que realmente tiene posterior influencia en el desarrollo del micelio.

2.7. Las micorrizas y los sustratos

Con respecto al efecto de la micorriza y la adición de materia orgánica, AGUDELO y CASIARRA (2004) encontraron un efecto positivo en cuanto a la altura de la planta, área foliar y peso seco de la parte aérea, pero no hubo respuesta de las variables diámetro del tallo, volumen radical y porcentaje de colonización total en especies arbóreas.

En un suelo con alto contenido de materia orgánica, la colonización con micorrizas depende del método de aplicación del hongo micorrízico y del contenido de fósforo en el sustrato. Este último factor está relacionado con el hecho de que las plantas deficientes en fósforo producen exudados que contienen compuestos hidrófobos, los cuales fomentan tanto la formación del apresorio como el crecimiento de las hifas, facilitando así el desarrollo de la micorriza; además, el fomento del desarrollo mediante la inoculación de hongos

micorrízicos está íntimamente relacionado con la producción de una fosfatasa alcalina en las hifas intrarradicales del hongo.

La especie micorrícica utilizada es determinante en la toma de nutrientes; de tal manera, que cuando se inoculan con *Glomus versiforme* presentan un mayor contenido de nitrógeno, fósforo y zinc en sus tejidos, que cuando se inoculan con *Glomus intraradices*.

Las características físico químicas del sustrato influirán en el éxito de la inoculación micorrícica. El tamaño de los poros su distribución su pH (niveles óptimos y tolerancias) influirán en forma directa no solo en la formación de raíces absorbentes y su distribución, también en el desarrollo micorrízico (CASTELLANO y MOLINA, 1989). Un sustrato compacto no sólo inhibirá la formación de raíces absorbentes, sino que también inhibirá la extensión de raíces laterales y activas. De observaciones en campo se refiere que algunos hongos micorrízicos prefieren suelos con altos contenidos de materia orgánica (por ejemplo residuos de madera en descomposición con pH = 4), mientras que otros crecen mejor en suelos minerales con poca materia orgánica (Por ejemplo áreas recientemente incendiadas con pH =7).

2.8. Factores que afectan a las micorrizas

RUIZ (1992) indica que la infección micorrícica puede ser afectada por altos niveles de fósforo en el suelo, los que podrían inhibir la formación de micorrizas. El nivel alto de fósforo puede deberse a aplicaciones de dosis altas de fertilizantes fosfatados o a la acumulaciones resultantes de continuas

aplicaciones de este insumo. Asimismo, el bajo porcentaje de infección puede ser debido al bajo potencial de inóculo de micorriza del suelo como consecuencia de la frecuente mecanización, aplicaciones de herbicidas y la proliferación de malezas que no forman micorrizas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Vivero Agroforestal del Programa Nacional de Investigación Forestal de la Estación Experimental Agraria El Porvenir del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), que se encuentra ubicado en el km.14 de la Carretera Fernando Belaunde Terry tramo Tarapoto - Juanjuí, en el distrito de Juan Guerra, provincia y región San Martín, cuyas coordenadas geográficas son la siguiente:

Latitud sur	:	06° 35' 05"
Longitud oeste	:	76° 20' 05"
Altitud	:	275 msnm

3.1.1. Agroecología

La Estación Experimental Agraria El Porvenir se encuentra ubicada y clasificada ecológicamente de la siguiente manera:

Zona agroecológica	:	Selva alta húmeda
Franja latitudinal	:	Tropical
Grupo ecológico	:	Bosques secos
Zona de vida	:	Bs – T (Bosque seco Tropical)

Cuenca hidrográfica : Mayo-Cumbaza

3.1.2. Condiciones climáticas

Humedad relativa : 78.05%

Precipitación : 1 200 mm/año

Temperatura promedio : 28 °C.

3.2. Materiales, herramientas y equipos.

3.2.1. Material biológico

- Especies Forestal : marupá (*Simarouba amara* Aublet), pucaquiro (*Sickingia williamsii* Standl), tahuari amarillo (*Tabebuia serratifolia* Vahl) y capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth).
- Abonos orgánicos : compost de madera, y gallinaza.
- Inoculante : Suelo con micorriza vesículo arbuscular.

3.2.2. Materiales de campo, herramientas y equipos

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación fue necesario el uso de materiales como libreta de campo, bolsas de polietileno de 1Kg de capacidad, wincha de 10 m, rafia., letreros, regla de 60 cm, pintura y herramientas como machete, palana plana, carretilla; así mismo equipos como balanza analítica de precisión 1 gr, vernier de precisión 0.05 mm y cámara fotográfica digital de 7 MP.

3.3. Metodología

3.3.1. Recolección de semillas de las especies forestales

Las semillas de *Tabebuia serratifolia* Vahl y *Sickingia williamsii* Standl fueron colectados de plantaciones en la Estación Experimental Agraria El Porvenir, las semillas de *Simarouba amara* Aublet y *Calycophyllum spruceanum* Benth fueron colectados de plantaciones ubicadas en el sector Hurahuasha a 11 km del tramo Tarapoto -Yurimaguas.

3.3.2. Almacigado de las semillas

Se realizó en camas almacigueras que contenían un sustrato de tierra agrícola, arena y compost de madera en una proporción 2:1:1., para esta actividad se ha tenido en cuenta el tiempo de germinación de cada especie.

3.3.3. Recolección de suelo con micorriza vesículo arbuscular

La recolección del suelo con micorriza vesículo arbuscular se efectuó de la rizósfera de una plantación en multiestrato (tornillo, shaina, pijuayo, guaba, café, y kudzú), específicamente se colectaron de la rizósfera de plantas de pijuayo de la Estación Experimental Agraria San Ramón que se encuentra ubicado en Yurimaguas capital de la provincia de Alto Amazonas. Luego de coleccionar se procedió a cortar las raicillas colonizadas con micorrizas y se envió una muestra al Centro de Diagnóstico de Sanidad Vegetal del SENASA – Lima, para la identificación del hongo micorrízico (Anexo 2).

3.3.4. Preparación del sustratos

Se realizó el preparado de cuatro tipos de sustrato, estos fueron enviados al laboratorio de análisis de suelo de la Estación Experimental Agraria El Porvenir los reportes se encuentran en el Anexo 2.

Cuadro 1. Sustratos.

Sustrato	Composición
S1	60% tierra agrícola, 30% gallinaza y 10% suelo con micorriza vesículo arbuscular
S2	60% tierra agrícola, 30% compost de madera y 10% suelo con micorriza vesículo arbuscular
S3	90% tierra agrícola, y 10% suelo con micorriza vesículo arbuscular
S4	100% tierra agrícola

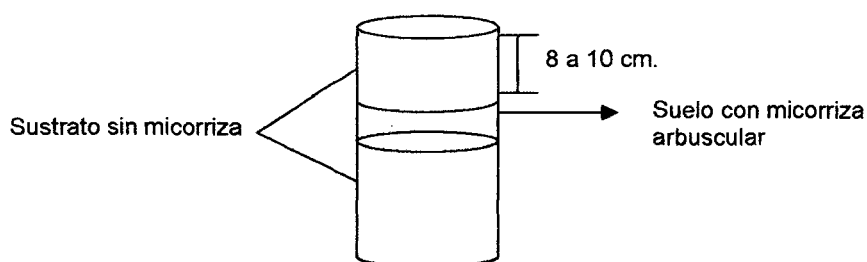


Figura 1. Procedimiento para llenar la bolsa con el inóculo

3.3.5. Repique de plántulas

Una vez llenadas las bolsas con sustrato, se procedió a realizar el repique que consistió en trasladar las plántulas de *Simarouba amara* Aublet, *Sickingia williamsii* Standl, *Tabebuia serratifolia* Vahl y *Calycophyllum spruceanum* Benth de las camas germinadoras a las bolsas con sustrato

haciendo un hoyo pequeño en la parte central de la bolsa e introduciendo la plántula a raíz desnuda, presionando para eliminar los espacios vacíos.

3.3.6 Tratamientos y combinaciones del experimento

Cuadro 2. Tratamientos y combinaciones del experimento.

nº	Clave	Descripción
T1	SaS1	<i>Simarouba amara</i> , 60% tierra agrícola, 30% gallinaza y 10% suelo con micorriza vesículo arbuscular
T2	SaS2	<i>Simarouba amara</i> , 60% tierra agrícola, 30% compost de madera y 10% suelo con micorriza vesículo arbuscular
T3	SaS3	<i>Simarouba amara</i> , 90% tierra agrícola, y 10% suelo con micorriza vesículo arbuscular
T4	SaS4	<i>Simarouba amara</i> , 100% tierra agrícola
T5	SwS1	<i>Sickingia williamsii</i> , 60% tierra agrícola, 30% gallinaza y 10% suelo con micorriza vesículo arbuscular
T6	SwS2	<i>Sickingia williamsii</i> , 60% tierra agrícola, 30% compost de madera y 10% suelo con micorriza vesículo arbuscular
T7	SwS3	<i>Sickingia williamsii</i> , 90% tierra agrícola, y 10% suelo con micorriza vesículo arbuscular
T8	SwS4	<i>Sickingia williamsii</i> , 100% tierra agrícola
T9	TsS1	<i>Tabebuia serratifolia</i> , 60% tierra agrícola, 30% gallinaza y 10% suelo con micorriza vesículo arbuscular
T10	TsS2	<i>Tabebuia serratifolia</i> , 60% tierra agrícola, 30% compost de madera y 10% suelo con micorriza vesículo arbuscular
T11	TsS3	<i>Tabebuia serratifolia</i> , 90% tierra agrícola, y 10% suelo con micorriza vesículo arbuscular
T12	TsS4	<i>Tabebuia serratifolia</i> , 100% tierra agrícola
T13	CsS1	<i>Calycophyllum spruceanum</i> , 60% tierra agrícola, 30% gallinaza y 10% suelo con micorriza vesículo arbuscular
T14	CsS2	<i>Calycophyllum spruceanum</i> , 60% tierra agrícola, 30% compost de madera y 10% suelo con micorriza vesículo arbuscular
T15	CsS3	<i>Calycophyllum spruceanum</i> , 90% tierra agrícola, y 10% suelo con micorriza vesículo arbuscular
T16	CsS4	<i>Calycophyllum spruceanum</i> , 100% tierra agrícola

3.3.7. Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó en este trabajo de investigación, corresponde a un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial de 4 x 4, las características evaluadas de cada uno de los componentes en estudio fueron sometidos al Análisis de Variancia (ANVA) y la significación estadística se determinó por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, el modelo aditivo lineal se representa en la (Ecuación 1).

$$Y_{ijk} = U + R_i + S_j + EF_k + (S*EF)_{jk} + EE_{ijk} \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

Y_{ijk} : Variable respuesta (crecimiento) de la i-esima repetición, con el j-esimo sustrato en el k-esimo especie forestal.

U : Media poblacional.

R_i : Efecto de la i-esima repetición.

S_j : efecto del j-esimo sustrato.

EF_k : Efecto del k-esimo especie forestal

$(S*EF)_{jk}$: Efecto de la interacción sustrato por especie forestal.

EE_{ijk} : Error experimental

Se realizó el Análisis de Variancia (F. tab. = 0.01) (Cuadro 3), Además se determinaron las diferencias de medias con la prueba de Tukey

($\alpha = 0.05$) (Cuadro 4), y se utilizó el software estadístico SAS para el procesamiento de los datos.

Cuadro 3. Análisis de variancia del experimento.

Fuentes de variancia	G. L.
Repetición	3
F	3
S	3
F*S	9
Error experimental	45
Total	63

F: Especies forestales S: Sustratos F*S: Interacción especies forestales con los sustratos

Cuadro 4. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la diferencia de medias.

Trat.	Clave	Prom.	Sig.
1	SaS1		
2	SaS2		
3	SaS3		
4	SaS4		
5	SwS1		
6	SwS2		
7	SwS3		
8	SwS4		
9	TsS1		
10	TsS2		
11	TsS3		
12	TsS4		
13	CsS1		
14	CsS2		
15	CsS3		
16	CsS4		

3.3.8. Evaluaciones

Se evaluaron dos variables (diámetro de tallo, altura de planta) y se determinó el índice de biomasa, a las 256 plantas que formaron parte del experimento, la primera evaluación se realizó después de realizar el repique de las plántulas y posteriormente cuatro evaluaciones más, las evaluaciones se ejecutaron cada 20 días.

- Diámetro (D)

La variable diámetro fue medida a cada una de las plantas ubicadas en el experimento utilizando un vernier, estas mediciones se efectuaron aproximadamente a 1 cm. de la superficie del sustrato.

- Altura total (HT)

La variable altura fue medida con una regla de 60 cm, desde la base del suelo hasta el ápice de la plántula.

- Índice de biomasa (IBIOM)

La determinación de la variable índice de biomasa por planta, se obtuvo a través de las variables de medición DAC y HT, como se muestra en la fórmula (1) y la cual es expresada en cm^3 (THOMPSON, 1998).

$$\text{IBIOM} = (\text{D}^2 \times \text{HT}) \quad (1)$$

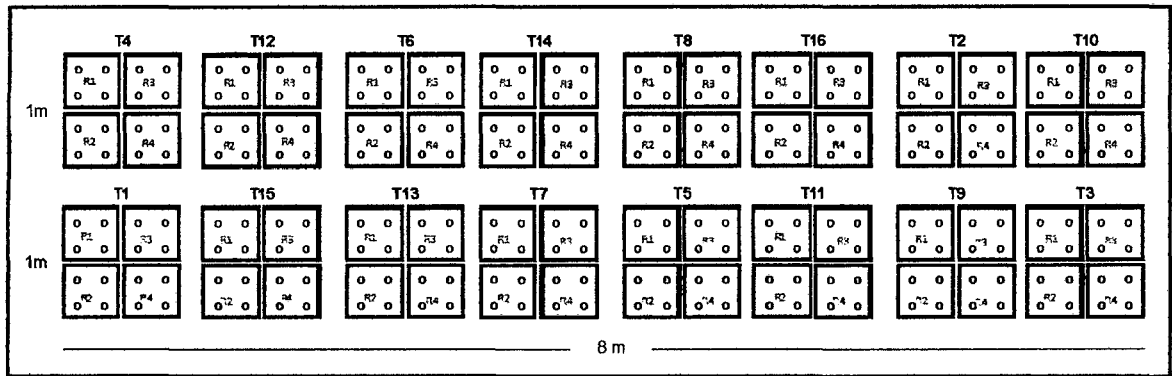


Figura 2. Croquis de la disposición de los tratamientos y sus repeticiones

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Incremento de altura y diámetro de planta de las especies forestales

Del coeficiente de determinación y variación (Cuadro 5), se observa: en el diámetro que el 77.7% de los datos son analizados por este modelo, así lo muestra el coeficiente de determinación muestral (R^2), con un coeficiente de variación (CV) de 11.88%, que indica que el incremento en diámetro es moderadamente bajo y varía menos del 12% del total de los datos registrados.

Para el incremento en altura se observa que el 91.5% de los datos son analizados por este modelo, con un coeficiente de variación de 15.4%, que indica que el incremento en altura es moderadamente bajo y varía menos del 16% del total de los datos registrados.

Cuadro 5. Coeficiente de determinación y variación para el incremento de diámetro y altura.

Variable	R^2	CV
Incremento en diámetro	0.777	11.877
Incremento en altura	0.915	15.44

R^2 : Coeficiente de determinación
CV: Coeficiente de variación

Del análisis de variancia (Cuadro 6), se observa: que el incremento en diámetro, muestra diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre las especies forestales así mismo el diámetro fue afectado por el tipo de sustrato.

El análisis de variancia de la altura de planta mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre las especie forestal, entre los sustratos y entre la interacción de las especies forestales y los sustratos.

Esto indica que las especies forestales *Simarouba amara* Aublet, *Sickingia williamsii* Standl, *Tabebuia serratifolia* Vahl y *Calycophyllum spruceanum* Benth se comportan estadísticamente diferente cuando son sometidas a las micorrizas vesículo arbusculares, así mismo los sustratos con micorrizas vesículo arbusculares se comportan estadísticamente diferentes, al respecto (RUIZ, 1992) menciona que el desarrollo de las plantas forestales varía según la especie forestal y la especie de hongo que forman las micorrizas, ya que algunos hongos son comunes para varias plantas, otros parecen tener cierta afinidad por determinadas plantas.

Cuadro 6. Análisis de variancia para el incremento de diámetro y altura

Fuente de variación	G.L	Diámetro de planta				Altura de planta			
		(mm)			Pr>F	(cm)			Pr>F
		C.M	Fcal	Pr>F		CM	Fcal	Pr>F	
Rep.	3	0.163	0.42	0.7388	Ns	2.103	0.45	0.7191	Ns
F	3	19.571	50.3	<.0001	**	809.860	172.91	<.0001	**
S	3	2.188	5.62	0.0023	**	26.293	5.61	0.0023	**
F*S	9	0.411	1.06	0.4115	Ns	15.590	3.33	0.0034	**
Error	45	0.389				4.683			
Total	63								

Ns: No significativo

** : Altamente significativo

Cuando se analizaron las medias de las especies forestales (Tukey, $\alpha=0.05$), se observa (Cuadro 7) que el incremento en diámetro varía de acuerdo a las especies forestales; así se tiene que la especie con mayor incremento de diámetro es *Calycophyllum spruceanum* Benth con 4,367 mm., seguido de *Tabebuia serratifolia* Vahl con 3,103 mm., *Sickingia williamsii* Standl con 3,103 mm. y el que menos incremento presentó es la especie *Simarouba amara* Aublet con sólo 1,689 mm de incremento.

Para el incremento en altura (Tukey, $\alpha=0.05$); se tiene que la especie que mejor sobresale en incremento de altura es *Calycophyllum spruceanum* Benth con 18.396 cm, seguido de *Tabebuia serratifolia* Vahl y *Sickingia williamsii* Standl con 9.196 cm. y 5.631 cm. y el que menos incremento presentó fue *Simarouba amara* Aublet con sólo 1,759 cm.

Este resultado de incremento tanto en diámetro como en altura fue debido a que durante la simbiosis, la planta hospedera recibe nutrientes minerales del suelo tomados por el hongo, mientras que éste obtiene compuestos de carbono derivados de la fotosíntesis Brundrett *et al.* (1996), citado por SOSA (2005), es así que en el Cuadro 7, se observa que el incremento del diámetro y altura varía de acuerdo a la especie forestal; obteniendo que *Calycophyllum spruceanum* Benth es la especie forestal que presenta mayor incremento tanto en diámetro como en altura y que supera significativamente a las demás especies forestales evaluadas, además el

crecimiento rápido de esta especie se debe a características de su propia constitución genética.

Cuadro 7. Comparación de medias entre especies forestales

Especie forestal	Incremento en diámetro		Incremento en altura	
	(mm)		(cm)	
<i>Calycophyllum spruceanum</i>	4.367	a	18.396	a
<i>Tabebuia serratifolia</i>	3.376	b	9.196	b
<i>Sickingia williamsii</i>	3.103	b	5.631	b
<i>Simarouba amara</i>	1.689	c	1.759	c

Las medias con letra semejante no difieren significativamente (Tukey, $\alpha=0.05$).

Así mismo, al analizar el efecto del tipo de sustrato sobre el incremento de diámetro (Tukey, $\alpha=0.05$) de las especies forestales, mayor incremento de diámetro se observó al utilizar el sustrato micorriza + compost de madera (3.506 mm.), seguido de micorriza + tierra agrícola (3.239 mm.) y tierra agrícola (3.164 mm.), mientras que menor diámetro resultó al utilizar micorriza + gallinaza (2.624 mm) tal como se aprecia en el Cuadro 8.

Para el incremento de altura (Tukey, $\alpha=0.05$), mayor altura se registró al aplicar micorriza + compost de madera (9.996 cm.), seguido de micorriza más tierra agrícola (9.687 cm.) y micorriza más gallinaza (7.846 cm.) mientras que el sustrato sólo tierra agrícola (Testigo) ha incrementado 7.453 cm. (Cuadro 8).

CASTELLANO y MOLINA (1989) mencionan que las características físico químicas del sustrato influyen en el éxito de la inoculación micorrícica ya que muchos hongos micorrízicos prefieren suelos con alto contenido de materia orgánica como residuos de madera en descomposición, esto hace suponer que la micorriza vesículo arbusculares empleado, con buenos niveles de materia orgánica se comporta mejor, cabe mencionar también que la gallinaza debido al lento proceso de descomposición que presentó, no reveló un buen efecto como sustrato para la inoculación con minorizas vesículo arbusculares.

Cuadro 8. Comparación de medias entre tipos de sustrato

Sustrato	Incremento en diámetro		Incremento en altura	
	(mm)		(cm)	
S2	3.506	a	9.996	a
S3	3.239	a	9.687	a b
S4	3.164	a b	7.846	b c
S1	2.624	b	7.453	c

Las medias con letra semejante no difieren significativamente (Tukey, $\alpha=0.05$).

Al analizar los sustratos dentro de las especies forestales (Cuadro 9), los mayores incrementos de diámetro y altura se encuentran al utilizar el sustrato micorriza + compost de madera, en las especies *Tabebuia serratifolia* Vahl, *Sickingia williamsii* Standl y *Simarouba amara* Aublet (3.632, y 3.560, 2.147 mm.) y sólo el sustrato micorriza + tierra agrícola obtuvo buen resultado con *Calycophyllum spruceanum* Benth (4.927 mm.).

El efecto de los sustratos dentro de las especies forestales en el incremento de diámetro y altura (Cuadro 9), muestra un mayor incremento de diámetro en *Calycophyllum spruceanum* Benth el cual fue con el sustrato micorriza + tierra agrícola, mientras que *Simarouba amara*, *Sickingia williamsii* Standl y *Tabebuia serratifolia* Vahl resultaron con mayor diámetro al tener como sustrato micorriza + compost de madera, de estos resultados se puede inferir que *Calycophyllum spruceanum*, bajo las condiciones ambientales ha permitido una infección en sus raíces de micorrizas vesículo arbusculares (*Glomus Sp*), estimulando así un incremento muy significativo en el diámetro y altura, al favorecer su nutrición mineral (SIEVERDING, 1991).

Pero es evidente también que el sustrato compost de madera tiene efectos favorables sobre el incremento de diámetro y altura de las especies forestales como puede apreciarse en el Cuadros 9 cuya acción ha motivado el crecimiento de las raíces de las plántulas a través de las hifas extraradicales y éstas hayan adsorbido mayor nutrimentos minerales que se difunden muy lento en la solución del suelo (VARMA, 1995) y que este efecto es mayor cuando los factores condicionales son mejores, así sustenta SIQUEIRA (1987) al manifestar que los hongos formadores de micorrizas son capaces de persistir considerables periodos de tiempo en el suelo, donde resisten condiciones adversas germinando cuando éstas le son favorables.

Cuadro 9. Interacción especie forestal dentro de los sustratos

Interacción especies forestales * sustrato	Incremento en diámetro	Incremento en altura
	(mm)	(cm)
<i>Calycophyllum spruceanum</i> * S1	3.400	13.895
<i>Calycophyllum spruceanum</i> * S2	4.685	20.190
<i>Calycophyllum spruceanum</i> * S3	4.927	21.885
<i>Calycophyllum spruceanum</i> * S4	4.457	17.617
<i>Simarouba amara</i> * S1	1.122	2.397
<i>Simarouba amara</i> * S2	2.147	2.410
<i>Simarouba amara</i> * S3	1.595	1.235
<i>Simarouba amara</i> * S4	1.890	0.995
<i>Sickingia williamsii</i> * S1	2.710	4.155
<i>Sickingia williamsii</i> * S2	3.560	7.577
<i>Sickingia williamsii</i> * S3	2.895	5.572
<i>Sickingia williamsii</i> * S4	3.245	4.865
<i>Tabebuia serratifolia</i> * S1	3.265	10.582
<i>Tabebuia serratifolia</i> * S2	3.632	9.810
<i>Tabebuia serratifolia</i> * S3	3.540	10.057
<i>Tabebuia serratifolia</i> * S4	3.065	6.335

4.2. Incremento en el índice de biomasa

Se observa que el 89.5% de los datos son analizados por este modelo, y presenta un coeficiente de variación de 26.82% (Cuadro 10), es decir, que el incremento en el índice de biomasa es moderadamente alto.

Cuadro 10. Coeficiente de determinación y variación para el incremento del índice de biomasa.

Variable	R ²	CV
Incremento del índice de biomasa	0.895	26.82

R² : Coeficiente de determinación
CV : Coeficiente de variación

El análisis de variancia del índice de biomasa mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre las especie forestal, el sustrato y entre la interacción de las especies forestales en los sustratos, (Cuadro 11).

Cuadro 11. Análisis de variancia del índice de biomasa (cm³)

Fuente de variación	G.L	S.C	C.M	F.cal	Pr>F
Rep.	3	0.280	0.093	0.19	0.9058 Ns
F	3	133.892	44.630	88.64	<.0001 **
S	3	10.263	3.421	6.80	0.0007 **
F*S	9	19.514	2.168	4.31	0.0004 **
Error	45	22.656	0.503		
Total	63	186.605			

Ns: No significativo

** : Altamente significativo

El Cuadro 12 muestra el incremento en el índice de biomasa de las especies forestales donde *Calycophyllum spruceanum* Benth es el que presenta mayor incremento (3.835 cm³) el cual fue diferente a *Tabebuia serratifolia* Vahl (1.084 cm³), *Sickingia williamsii* Standl (0.633 cm³) y *Simarouba amara* Aublet (0.077 cm³).

Cuadro 12. Comparación de medias entre especies forestales

Especie forestal	Incremento índice de biomasa		
	(cm ³)		
<i>Calycophyllum spruceanum</i>	3.835	a	
<i>Tabebuia serratifolia</i>	1.084	b	
<i>Sickingia williamsii</i>	0.633	b	c
<i>Simarouba amara</i>	0.077		c

Las media con letra semejante no difieren significativamente (Tukey, $\alpha=0.05$).

Así mismo, al analizar el efecto del tipo de sustrato sobre el incremento del índice de biomasa (Tukey, $\alpha=0.05$) de las especies forestales, mayor incremento se observa al aplicar micorriza + tierra agrícola (1.811 cm³), seguido de micorriza + compost de madera (1.761 cm³) y tierra agrícola (1.212 cm³), mientras que menor biomasa al aplicar el sustrato micorriza + gallinaza (0.846 cm³) tal como se aprecia en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Comparación de medias entre tipos de sustrato

Sustrato	Incremento índice de biomasa	
	(cm ³)	
S3	1.811	a
S2	1.761	a
S4	1.212	a b
S1	0.846	b

Las medias con letra semejante no difieren significativamente (Tukey, $\alpha=0.05$).

Cuando se analizaron los sustratos dentro de las especies forestales (Cuadro 14), se observa mayor incremento de biomasa en *Calycophyllum spruceanum* Benth usando sustrato micorriza + tierra agrícola (5.348 cm³), mientras que *Simarouba amara*, *Sickingia williamsii* Standl y *Tabebuia serratifolia* Vahl resultaron con mayor incremento de biomasa al tener como sustrato micorriza + compost de madera (0.131, 1.033 y 1.322 cm³ respectivamente).

La buena repuesta de las variables altura y diámetro en las especies forestales *Calycophyllum spruceanum* Benth, *Sickingia williamsii* Standl, *Tabebuia serratifolia*, y *Simarouba amara*; indican el grado de desarrollo de la parte aérea, por lo que presenta fuerte correlación con el número de hojas y la superficie foliar, que determina los procesos de transpiración (LEYVA, 2000). El diámetro es una medida de la robustez de la planta y se ha considerado como el mejor predictor individual del crecimiento y la supervivencia en campo (THOMPSON, 1998).

Cuadro 14. Interacción especie forestal dentro de los sustratos

Interacción especies forestales * sustrato	Incremento índice de biomasa (cm ³)
<i>Calycophyllum spruceanum</i> * S1	1.837
<i>Calycophyllum spruceanum</i> * S2	4.561
<i>Calycophyllum spruceanum</i> * S3	5.348
<i>Calycophyllum spruceanum</i> * S4	3.595
<i>Simarouba amara</i> * S1	0.038
<i>Simarouba amara</i> * S2	0.131
<i>Simarouba amara</i> * S3	0.081
<i>Simarouba amara</i> * S4	0.058
<i>Sickingia williamsii</i> * S1	0.361
<i>Sickingia williamsii</i> * S2	1.033
<i>Sickingia williamsii</i> * S3	0.543
<i>Sickingia williamsii</i> * S4	0.597
<i>Tabebuia serratifolia</i> * S1	1.147
<i>Tabebuia serratifolia</i> * S2	1.322
<i>Tabebuia serratifolia</i> * S3	1.269
<i>Tabebuia serratifolia</i> * S4	0.598

V. CONCLUSIONES

1. Mayor incremento de diámetro y altura se registró en *Callycophyllum spruceanum* Benth 4.367 mm; 18.396 cm, seguido de *Tabebuia serratifolia* Vahl 3.376 mm; 9.196 cm, *Sickingia williamsii* Standl 3.103 mm; 5.631cm y con menor incremento *Simarouba amara* Aublet 1.689 mm; 1.759 cm.
2. El sustrato que alcanzó mayor incremento en diámetro y altura de las especies forestales es micorriza + compost de madera 3.506 mm. y 9.996 cm., el que menos incremento produjo en diámetro es el sustrato micorriza + gallinaza (S2) 2.624mm y en altura el sustrato a base de sólo tierra agrícola (S4) 7.453 cm.
3. En la interacción del sustrato en las especies forestales, el sustrato micorriza + compost de madera ha reportado mejor incremento de diámetro en *Tabebuia serratifolia* Vahl 3.632 mm., *Sickingia williamsii* Standl 3.560 mm. y *Simarouba amara* Aublet 2.147 mm. y sólo la especie *Callycophyllum spruceanum* Benth presentó mayor incremento al usar como sustrato micorriza + tierra agrícola con 4.927 mm., y en altura el sustrato micorriza + composta de madera reportó mejor incremento en las especies *Sickingia williamsii* Standl 7.577 cm. y *Simarouba amara* Aublet 2.410 cm., micorriza + tierra agrícola en

Calycophyllum spruceanum Benth con 21.885 cm y micorriza + gallinaza
en *Tabebuia serratifolia* Vahl con 10.582 cm.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar inoculaciones al sustrato con micorizas vesículo arbusculares en la producción de plantones en los viveros agroforestales, debido a los beneficios que proporcionan a las plantas.
2. Para la producción de plantones especialmente de *Simarouba amara* Aublet, *Sickingia williamsii* Standl y *Tabebuia serratifolia* Vahl, de buena calidad, se debe aplicar sustratos a base de micorizas vesículo arbusculares + compost de madera.
3. Realizar seguimiento a estas pruebas tanto en la fase de vivero como en la fase de campo. Asimismo, se podría efectuar análisis de contenido de nutrientes foliares, de biomasa radicular y de raíces micorrizadas.
4. Realizar trabajos de investigación a través de inoculación de micorizas vesículo arbusculares en otras especies forestales.
5. Reducir en lo posible el uso de fungicidas y plaguicidas, porque afectan el desarrollo de los hongos micorrízicos.

VII. ABSTRACT

The present study executed in the agroforestral breeding ground of the National Program of Forest Investigation of the National Institute of Agrarian Innovation (INIA), Agrarian experimental Station El Porvenir, during a period of seven months.

This investigation had like main objective the evaluation of the effect of substrates inoculated with micorrizas vesículo arbusculares in the initial growth of four forest species in phase of breeding ground.

The experiment was represented by 16 treatments and 4 repetitions, evaluating 16 plants by treatment, constituted by 256 plants between the 4 forest species.

The statistical design that was used was design completely at random (DCA), with factorial adjustment of 4 x 4 evaluating three factors: increase in height, increase in diameter and increase in the biomass index. The evaluated variables were put under the test of Tukey with a level of 5% of probability.

As result has it forest species that presented/displayed better increase in diameter, height and in biomass was *Callycophyllum spruceanum*

Benth followed of *Tabebuia serratifolia* Vahl *Sickingia williamsii* Standl and minor increase I present display the species *Simarouba amara* Aublet.

The substrate that produced better effect in the increase of diameter and height of the evaluated forest species is micorriza + compost of wood (S2) since the forest species *Tabebuia serratifolia* Vahl, *Sickingia williamsii* Standl and *Simarouba amara* Aublet presented displayed better development when applying this substrate and only *Callycophyllum spruceanum* Benth presented displayed better result when using like micorriza substrate agricultural earth.

VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- AGUDELO, M., CASIARRA, P. 2004. Efecto de la micorriza y gallinaza sobre la producción y la calidad de cebolla cabezona (*Allium cepa* L yellow granex), Tunja, Colombia. 15 p.
- AZCON, R., OCAMPO, J, A. 1981. Factors affecting the vesicular – arbuscular infection and mycorrhizal dependency of thirteen wheat cultivars. *New Phytologist*. 685 p.
- AZCÓN - AGUILAR, C., BAREA, J .M. 1982. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens B an overview of the mechanisms involve. *Micorriza*. p. 457-464.
- BIERMANN, B., LIDERMAN, R, G. 1983. Use of vesicular-arbuscular mycorrhizal roots, intraradical vesicles as inoculum. *New Phytologist* . 105 p.
- BOWEN, G. D. 1981. The of assimilates and the cost of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. In. *Use isotopes studi: Nutrient availability food crops endomycorrhizal*. FAO/IAEA. Consultive, meeting Viena. P. 85 - 102 p.

- BRUNDRETT, M., BOUGHER, N., DELL, B., ARBOLEDA, T., MALAJCZUC, N.
1996. Trabajo con Micorrizas en silvicultura y agricultura. Monografía
De Aciar. Camberra 230 p.
- CASTELLANO, M. A.; MOLINA, R. 1989. Manual de Viveros para la Producción
de Especies Forestales en Contenedor Departamento de Agricultura de
los Estados Unidos, Estación Experimental del Noroeste del Pacífico,
Laboratorio de Ciencias Forestales, Washington Estados Unidos, 674 p.
- CLARK, F. B. 1964. Microorganism and soil structure affect yellow poplar
growth. U.S. Forest Service Research. Paper CS 9. p.4
- COOPER, K. M. 1984. Physiology of VA mycorrhizal association. En: VA
Mycorrhiza. C. L. Powell y D. J. Bagyaraj. (Eds.). CRC Press, Boca
Ratón, Fl., USA. p. 155-186.
- GUERRERO, E., RIVILLAS, C., RIVERA, E. 1996. Perspectivas de manejo de
las micorrizas arbusculares en ecosistemas tropicales. Bogotá,
Colombia, 201. p.
- GERDEMANN, J.W. 1968. Vesicular arbuscular mycorrhiza and plant growth.
Annual Review of Phytopathology p. 396-418.
- GERDEMANN, J.W. 1975. Vesicular arbuscular mycorrhiza. En: The
development and function of roots. Torrey, J. G. y Clarckson, D. T.
(Eds.). Academic Press, London, U. K: p. 575-591.

- GEORGE, E., HAÜSER, K., KOTHARI, S. K., MARSCHNER, H. 1992. Contribution of mycorrhizal hyphae to nutrients and water uptake of plants. En: *Mycorrhizas in Ecosystems*. Read, D. J., Lewis, D. H., A. H. & Alexander, I. J. (Eds.). C.A.B. International. Wallingford. p. 42-47.
- HEPPER, C. M. 1979. Germination and growth of *Glomus caledonius* spores: the effects of inhibitors and nutrientets. *Soil Biology and Biochemistry*. 277 p.
- ISHII, T., KADOYA, K. 1994. Effects of charcoal as a soil conditioner on citrus growth and vesicular arbuscular mycorrhizal development. *Japan Soc. Hort. Sci.* p. 529-535.
- JACONSEN, I. 1992. Phosphorus transport by external hyphae of vesicular arbuscular mycorrhizas. En: *Mycorrhizas in Encosystems*. Read, D. J., Lewis, D. H., Fitter, A. H. & Alexander, I. J. (Eds.). C.A.B. International. Wallingford. p. 48-54.
- JOHN, T. V., COLEMAN, C.O., REID, C. P. 1983. Association of vesicular-arbuscular mycorrhizal hyphae with soil organic particles. *Ecology*. p. 957-959.
- KOSKE, R. E. 1982. Evidence for volatile attraction from plant roost affecting germ tubes of a VA mycorrhizal fungus. *Transactions of the British Mycorrhizal Society*. p. 305-310.

- LEYVA, I. 2000. Producción de plantas de *Eucaliptus grandis* en viveros, mediante la obtención de un sustrato utilizando como elemento principal la cachaza. Guantánamo, Cuba. p. 1 – 10.
- McDONAL, R. M., LEWIS, M. 1978. The occurrence of some acidphosphatases and dehydrogenases in the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. *New phytologist* . p. 135-141.
- MOSSE, B., HEPPEL, C. 1975. Vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in root organ cultures. *Physiology Plant Pathologist* . p. 215-223.
- OCAMPO, J. A., HAYMAN, D. S. 1981. Influence of plant interactions on vesicular- arbuscular mycorrhizal infections. II. Crop rotations and residual effects of non-host plants. *New Phytologist*. P. 333-343.
- PINOCHET, J., TORRENTS, J. Y FELIPE, A. 1998. Portainjertos de ciruelo, cerezo y albaricoquero desde la perspectiva de la replantación. *Fruticultura Profesional* p. 6-10.
- PHILLIPS, J. M., HAYMAN, D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*. p. 158-161.
- PLENCHETTE, C., FURLAN, V., FORTIN, J. A. 1983. Growth simulation of apple trees in unsterilized soil under field conditions with mycorrhiza inoculation. *Can. J. Bot.* 59: 2003-2008.

- POWELL, C. LL. 1976. Development of mycorrhizal infections from Endogone spores and infected root segments. Transactions of the British Mycological Society. p. 439 – 445.
- POWELL, C. LL. 1980. Mycorrhizal infectivity of eroded soils. Soil Biology and Biochemistry. p. 247-250.
- RHODES, I. M., GERDEMANN, J. W. 1980. Nutrient traslocation in vesicular micorriza. In. Celular interections in simbiosis and parasitism. Eds. CB. Cook, P.w. Pappas and E.D: Rudolsph. Ohio State University, Press columbs. 198 P.
- RUIZ, O. 1992. Significado de las micorrizas para la agroforestería en ultisoles de la amazonia. Proyecto suelos tropicales del Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial, Estación Experimental "San Ramón" Yurimaguas, Perú 31 p.
- SIEVERDING, E. 1991. Vesicular - arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Technical Coopertion-Federal Republic of Germany GTZ. 367 p.
- .SIQUEIRA, J. O. 1987. Cultura axénica e monoxénica dos fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. In. Reuniao Brasileira sobre micorrizas. Sao Paulo, Brasil. p. 44-70.
- STANIER, R. 1984 Microbiología 4ta edición Edit. Reverté S.A Barcelona España 834 p.

- STOTZKY, G. 1981. Activity, ecology, and population dynamics of microorganisms in soil. *Critical Reviews in Microbiology* . p. 59-137.
- SOSA, R. 2005. Interacción Micorrizas Arbusculares - *Trichoderma harzianum* (Monimiáceas) y efectos sobre el crecimiento de *Brachiaria decumbens* (Poaceae). *Acta Biológica Colombiana*, Vol. 11(1) p. 43 – 54.
- THOMPSON, B. 1998. Why fall fertilize. Proc. of Western Forestry Nursery Council. Washington, Estados Unidos. p. 85 – 91.
- TISDAL, J. M., DADES, J. M. 1979. Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass. *Australian Journal of Soil Research*. p. 529-441.
- TOMMERUP, I. C. 1983. Spore dormancy in vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Transaction British Mycological Society* . p. 37-45.
- VAN STADEN, J., DAVEY, J. E. 1979. The synthesis, transport and metabolism of endogenous cytokinins. *Plant Cell Environm.* p. 93-106.
- VARMA, A. 1995. *Ecophysiology and application of arbuscular mycorrhizal fungi in arid soils* Springer – Verlag. Berlin 734.
- WAGNER, C. A., MOSSE, B. 1980. Independent spread of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soil. *Transaction of the British Mycological Society*. p. 407-410.

ANEXO

Anexo 1. Datos obtenidos de las evaluaciones realizadas

Cuadro 15. Evaluaciones realizadas en el experimento

Trat.	nº planta	Evaluación 1		Evaluación 2		Evaluación 3		Evaluación 4		Evaluación 5	
		Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)
T1	1	2.40	6.50	2.50	7.00	2.50	7.00	2.90	7.00	M	M
	2	3.00	7.50	3.10	7.50	3.70	8.00	3.90	9.00	5.20	12.00
	3	2.50	6.00	2.40	6.00	2.50	7.00	2.50	7.00	3.50	10.00
	4	2.40	8.50	2.10	9.30	2.00	9.00	2.10	10.50	5.00	18.00
	5	3.10	10.50	3.20	11.50	M	M	M	M	5.00	13.00
	6	2.50	10.00	2.80	10.50	M	M	M	M	5.10	15.00
	7	2.20	5.50	2.20	6.00	2.20	6.50	M	M	6.00	19.00
	8	1.60	7.50	2.90	8.50	2.80	8.00	3.10	9.00	M	M
	9	2.10	6.70	2.50	7.50	2.80	7.40	3.00	8.00	4.10	14.00
	10	2.10	11.80	2.00	12.30	2.70	9.00	3.10	10.00	5.00	15.00
	11	2.20	7.70	2.30	8.00	2.90	8.00	3.00	9.00	M	M
	12	3.00	8.00	3.10	8.30	3.00	9.00	3.10	10.00	4.80	16.00
	13	2.50	8.00	3.00	8.40	3.20	9.00	3.40	9.00	M	16.10
	14	2.20	7.50	2.10	7.80	2.20	10.00	2.80	9.50	6.00	16.20
	15	2.00	10.00	2.20	10.00	2.50	11.00	3.00	12.00	M	16.30
	16	2.00	9.00	3.50	12.30	4.00	13.50	5.00	15.00	6.00	16.40
T2	1	2.20	11.50	2.50	12.50	3.00	14.00	3.00	16.50	5.00	16.50
	2	3.10	12.20	3.00	12.50	3.20	13.00	3.10	12.00	6.00	16.60
	3	2.80	13.00	3.00	13.50	3.10	14.00	3.20	13.50	5.80	16.70
	4	2.10	8.00	2.10	8.50	2.50	8.00	3.00	9.00	4.20	16.80
	5	2.50	8.80	2.50	9.00	2.20	9.00	3.00	13.00	4.50	16.90
	6	2.30	13.00	2.90	13.00	3.00	14.00	3.10	11.50	4.00	16.10
	7	2.10	10.00	2.90	10.50	3.00	11.00	3.20	9.00	4.50	16.11
	8	2.20	9.50	2.10	9.00	2.10	9.00	2.20	9.00	4.00	16.12
	9	1.20	11.00	3.00	11.50	3.50	11.00	4.50	11.50	4.80	16.13
	10	2.80	8.00	2.80	11.50	3.00	12.00	M	M	M	16.14
	11	1.80	10.00	3.00	6.50	3.20	7.00	4.00	8.00	5.00	16.15
	12	2.30	8.50	3.00	9.00	3.50	11.00	3.80	11.00	5.20	16.16
	13	2.80	9.00	2.80	9.00	3.00	9.00	3.20	9.50	6.00	16.17
	14	10.00	8.00	2.20	9.30	2.50	9.00	2.50	9.00	M	16.18
	15	2.50	7.00	2.30	9.50	2.50	9.00	M	M	4.00	16.19
	16	2.00	11.00	2.20	9.00	2.50	11.00	2.20	12.50	7.00	16.20

Cuadro 16. (Continuación).

Trat.	nº planta	Evaluación 1		Evaluación 2		Evaluación 3		Evaluación 4		Evaluación 5	
		Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)
T3	1	2.80	9.30	3.00	9.50	3.00	9.50	3.00	10.00	4.20	12.00
	2	3.00	11.00	3.10	12.00	4.00	13.00	5.00	14.00	4.30	16.00
	3	2.80	11.50	2.70	11.50	3.00	12.00	2.20	12.00	4.00	16.00
	4	2.50	11.70	2.20	11.50	2.80	12.00	2.90	12.00	M	M
	5	1.40	6.30	3.20	10.50	3.80	11.50	4.00	12.00	6.00	15.00
	6	3.00	10.80	3.20	11.00	4.00	11.50	5.00	13.00	6.00	18.00
	7	2.00	7.00	2.00	6.50	2.00	7.50	2.00	7.00	5.00	8.00
	8	2.70	11.00	2.50	11.00	2.50	11..	M	M	M	M
	9	3.40	5.00	2.90	5.00	2.50	5.00	3.90	6.00	5.90	8.00
	10	2.00	7.50	2.00	7.50	2.00	7.50	2.00	7.00	M	M
	11	2.00	7.70	1.90	7.50	2.00	8.00	2.00	8.00	4.00	10.00
	12	2.00	11.50	2.00	11.50	2.00	12.00	2.00	12.50	3.90	15.00
	13	2.20	12.50	3.60	11.00	3.20	12.50	4.80	12.50	6.00	15.00
	14	2.80	12.50	3.50	12.60	2.80	13.00	3.00	13.00	4.00	14.50
	15	2.00	8.50	1.80	8.70	2.00	8.00	2.00	9.00	5.00	14.00
	16	2.20	6.00	2.10	6.00	2.50	6.00	2.70	8.00	6.00	8.00
T4	1	1.90	12.50	2.90	10.00	3.10	11.00	3.50	12.00	6.00	14.00
	2	3.00	11.00	3.00	11.00	3.90	12.00	4.00	13.00	M	M
	3	2.60	8.50	2.40	6.00	M	M	M	M	5.60	16.00
	4	2.00	10.50	2.50	10.00	2.70	10.50	2.20	10.00	4.00	13.00
	5	2.50	9.30	2.30	9.50	2.50	10.00	2.20	8.50	M	M
	6	3.00	8.20	2.00	8.00	2.00	9.50	2.30	9.50	4.00	11.00
	7	3.50	12.00	3.00	12.00	3.90	12.50	4.70	14.00	6.00	16.00
	8	3.00	12.50	3.00	13.00	3.90	12.50	4.60	13.00	6.50	16.00
	9	2.60	11.00	3.80	11.50	4.80	12.00	5.70	13.50	6.00	14.50
	10	3.00	9.80	3.30	10.50	4.80	11.50	5.20	11.00	7.50	13.50
	11	2.20	8.00	3.00	12.00	3.00	12.50	3.00	12.50	M	M
	12	2.50	9.00	3.40	9.50	4.00	9.50	4.50	10.00	6.20	13.00
	13	2.50	6.00	2.90	7.00	33.00	8.00	4.00	9.50	6.00	10.00
	14	2.80	9.50	2.90	10.00	3.00	10.00	3.50	10.00	5.20	11.00
	15	2.80	10.50	3.00	11.00	3.20	11.50	3.50	12.00	5.50	13.00
	16	2.90	11.00	3.00	12.00	3.20	12.00	4.00	13.50	4.50	14.50

Cuadro 17. (Continuación).

Trat.	nº planta	Evaluación 1		Evaluación 2		Evaluación 3		Evaluación 4		Evaluación 5	
		Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)
T5	1	3.00	5.50	3.00	6.00	4.00	7.00	4.80	10.00	8.10	14.00
	2	2.70	7.00	2.30	6.50	2.50	7.00	2.50	7.00	3.70	9.00
	3	2.80	8.50	2.20	9.50	3.90	12.00	4.50	13.50	7.20	16.00
	4	2.00	6.00	3.20	6.50	3.00	7.00	3.00	8.00	5.00	12.00
	5	2.80	7.00	3.00	7.70	3.20	8.00	4.00	10.50	5.50	13.00
	6	2.20	7.00	2.50	8.00	3.80	8.00	3.00	8.00	4.00	10.00
	7	2.20	5.20	2.30	6.20	2.50	6.50	3.00	6.50	4.00	8.50
	8	2.00	5.10	2.20	5.30	2.50	6.00	3.00	7.50	5.00	9.00
	9	2.80	5.40	3.00	5.50	3.70	6.50	3.50	7.00	6.00	11.50
	10	2.80	6.70	3.00	7.30	3.80	7.00	4.00	8.50	7.00	12.00
	11	2.00	4.70	1.90	6.20	M	M	M	M	M	M
	12	3.00	6.60	3.00	8.00	3.00	9.00	3.60	11.00	5.00	14.50
	13	2.90	8.80	3.00	9.50	3.80	12.00	4.00	13.00	7.00	19.00
	14	2.00	6.00	M	M	M	M	M	M	M	M
	15	2.00	7.40	2.30	8.00	3.00	9.00	3.00	10.00	5.00	15.00
	16	1.90	5.40	2.10	5.50	2.80	6.00	3.20	7.00	5.90	11.00
T6	1	2.10	6.50	2.90	8.00	3.00	9.00	3.10	11.00	9.00	16.00
	2	3.10	5.00	3.40	5.50	4.00	6.00	4.00	8.00	7.00	15.00
	3	3.00	4.50	3.90	5.00	5.00	7.00	5.10	8.00	8.00	13.00
	4	2.90	6.00	2.80	6.50	3.00	8.00	3.50	10.50	7.00	15.00
	5	3.50	7.50	4.60	9.50	5.70	11.00	6.90	12.50	9.00	17.01
	6	2.90	5.00	2.80	5.00	3.20	6.00	3.00	6.00	6.00	9.00
	7	3.00	5.50	3.20	6.50	4.20	8.50	5.00	10.00	7.00	14.00
	8	2.80	5.20	3.10	6.50	3.90	9.00	4.20	11.50	6.50	15.00
	9	2.20	3.50	2.20	3.20	3.00	3.50	3.00	5.00	6.00	8.00
	10	3.30	6.00	4.00	8.00	5.00	10.00	6.00	13.00	5.50	19.00
	11	2.70	5.00	3.10	5.50	3.90	7.00	4.00	8.50	5.50	11.00
	12	2.90	5.00	3.20	5.00	3.30	5.00	4.00	7.00	6.00	11.00
	13	2.60	6.00	3.00	5.50	3.00	6.50	2.90	7.00	4.80	8.00
	14	3.10	4.80	3.70	6.00	4.50	8.50	5.90	12.00	8.00	15.00
	15	2.70	5.80	3.00	6.50	3.40	7.00	4.00	9.00	6.00	15.00
	16	2.60	4.50	2.80	5.00	3.00	5.50	3.80	6.00	4.00	9.00

Cuadro 18. (Continuación).

Trat.	nº planta	Evaluación 1		Evaluación 2		Evaluación 3		Evaluación 4		Evaluación 5	
		Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)
T7	1	2.50	7.00	2.60	7.00	3.00	7.50	3.20	9.50	6.00	14.00
	2	3.20	6.00	3.20	6.00	2.00	6.00	2.00	M	M	M
	3	3.00	6.00	3.20	6.00	4.50	7.00	4.00	9.00	7.00	13.00
	4	2.70	8.60	3.00	9.00	3.50	10.00	4.00	10.50	5.00	15.00
	5	2.90	6.00	3.00	6.50	3.50	8.00	4.50	9.50	7.00	13.00
	6	3.00	7.00	3.10	7.00	3.50	7.00	4.00	10.00	6.00	15.00
	7	3.00	6.50	3.10	6.50	3.50	8.50	4.00	10.00	7.00	15.00
	8	3.10	6.80	3.10	7.50	4.00	8.50	4.80	10.00	6.00	13.00
	9	2.40	9.20	2.90	9.50	3.00	10.00	3.00	12.00	5.50	15.00
	10	2.90	8.40	3.00	6.50	3.40	7.50	3.50	9.00	5.00	13.00
	11	2.00	7.00	2.50	7.50	3.00	8.00	3.20	9.00	5.50	13.00
	12	2.30	6.50	2.50	7.00	3.50	7.00	3.50	7.00	5.50	11.00
	13	2.10	6.50	2.30	7.50	3.00	7.50	3.00	8.50	5.80	11.50
	14	2.90	7.50	3.00	8.00	3.80	8.50	3.50	10.00	6.00	14.00
	15	2.00	6.00	2.40	6.50	3.00	7.00	3.20	8.50	6.00	12.50
	16	2.30	5.40	2.20	5.50	2.50	6.00	3.00	6.00	5.30	9.50
T8	1	3.00	5.70	3.20	6.00	3.50	6.50	3.00	6.00	5.00	9.00
	2	2.60	6.50	2.90	7.00	3.00	8.00	3.20	7.00	5.00	9.50
	3	3.20	8.70	3.20	7.00	3.50	7.50	3.50	8.00	6.00	11.50
	4	3.00	8.50	2.50	6.50	3.00	7.00	3.30	7.00	5.00	9.00
	5	3.10	6.00	3.10	6.00	4.00	8.50	4.50	9.00	6.00	11.00
	6	3.00	6.30	2.80	6.50	3.50	8.00	3.50	9.00	6.00	13.50
	7	2.40	5.50	2.10	5.50	3.00	6.00	3.00	7.50	6.00	8.50
	8	3.00	7.00	3.20	7.50	4.00	8.00	4.00	8.50	6.00	11.50
	9	3.60	8.00	3.90	6.50	4.90	7.50	5.00	8.00	7.00	10.50
	10	3.60	8.00	4.00	7.50	5.00	7.00	5.30	10.00	8.00	13.00
	11	3.50	5.50	3.80	7.00	4.50	8.00	5.30	11.00	8.00	13.50
	12	3.30	8.50	4.00	9.00	5.00	9.50	6.20	13.00	8.60	17.00
	13	2.80	8.00	3.10	7.50	4.00	10.00	5.00	11.00	7.00	13.00
	14	3.20	8.80	3.50	9.00	4.00	10.00	4.00	11.00	6.00	15.50
	15	2.20	5.40	2.90	6.00	3.00	5.00	3.00	6.00	5.80	8.00
	16	3.00	5.30	3.40	5.00	5.00	6.00	4.00	11.00	6.50	9.50

Cuadro 19. (Continuación).

Trat.	nº planta	Evaluación 1		Evaluación 2		Evaluación 3		Evaluación 4		Evaluación 5	
		Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)
T9	1	1.10	4.50	1.50	6.00	2.00	6.00	2.20	8.50	5.20	14.50
	2	1.30	5.50	2.00	6.50	2.10	7.00	3.00	10.50	5.00	19.00
	3	1.00	3.50	1.50	4.80	2.00	5.50	2.00	8.50	4.00	10.00
	4	1.10	4.50	1.50	4.70	1.90	5.00	2.20	6.00	4.80	27.00
	5	1.80	4.50	2.00	5.00	2.50	6.00	3.20	10.00	6.00	24.00
	6	1.80	4.00	1.70	5.00	2.00	5.50	3.00	9.00	4.70	15.00
	7	1.90	5.00	2.00	6.00	2.40	6.50	3.00	14.00	4.90	16.00
	8	1.30	3.70	1.30	4.50	2.00	5.50	2.00	7.00	4.00	12.00
	9	1.30	4.20	1.40	4.50	1.50	6.00	2.00	8.00	4.00	14.00
	10	1.60	4.00	1.50	5.00	2.00	6.00	2.50	7.00	4.00	12.50
	11	1.50	4.30	1.50	5.50	2.00	6.00	3.00	11.00	4.00	13.00
	12	1.30	4.00	2.00	4.70	2.20	6.00	3.00	5.00	4.60	16.00
	13	1.40	4.00	1.50	4.00	2.00	5.50	2.20	11.00	4.70	9.00
	14	1.20	4.00	2.00	6.00	2.30	7.00	3.40	8.00	5.20	12.50
	15	1.80	5.00	2.00	6.00	2.40	6.00	3.20	7.00	5.00	12.50
	16	1.20	4.50	1.50	4.50	1.90	5.50	2.00	7.50	4.70	11.50
T10	1	1.50	4.00	1.50	5.00	2.00	5.00	2.40	6.00	4.10	11.00
	2	1.80	5.50	2.00	5.70	2.00	6.50	3.00	9.50	6.00	17.00
	3	1.00	4.30	1.40	5.00	1.70	6.00	2.30	8.00	4.60	14.00
	4	1.00	4.00	1.00	4.70	1.60	5.00	2.00	6.00	4.00	11.00
	5	1.10	3.30	1.30	4.00	2.00	5.00	2.50	6.00	4.10	10.00
	6	1.10	2.80	1.40	3.50	2.00	4.50	2.00	6.00	4.30	9.50
	7	1.20	4.40	1.30	4.70	2.40	6.00	3.00	10.00	5.60	20.00
	8	1.30	4.50	1.50	5.50	1.60	6.00	2.20	8.00	5.10	12.00
	9	1.40	2.90	1.40	3.50	2.00	4.30	2.20	6.00	5.00	10.50
	10	1.30	4.00	1.50	4.50	2.00	5.00	2.20	9.00	4.30	15.00
	11	1.40	4.00	1.30	4.70	2.00	5.50	2.50	7.00	5.00	10.00
	12	1.40	4.00	1.50	4.70	2.30	5.00	3.00	9.00	5.20	18.50
	13	1.00	4.00	1.30	5.00	2.00	5.00	2.20	6.00	4.20	13.50
	14	1.40	3.90	1.50	4.80	2.00	5.00	3.00	7.00	5.10	11.50
	15	1.50	5.80	1.80	6.50	2.20	7.50	3.10	14.00	6.20	29.00
	16	1.30	4.20	1.50	5.00	2.00	6.00	2.20	7.00	6.00	10.00

Cuadro 20. (Continuación).

Trat.	nº planta	Evaluación 1		Evaluación 2		Evaluación 3		Evaluación 4		Evaluación 5	
		Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)
T11	1	1.60	3.30	1.90	3.50	2.00	4.00	2.90	6.00	5.00	11.50
	2	1.30	4.10	1.50	5.00	2.30	6.50	3.00	8.00	5.00	18.50
	3	1.30	4.50	1.50	5.50	2.00	6.50	3.90	10.00	5.10	21.00
	4	1.30	4.50	1.50	5.00	2.10	6.00	2.80	10.00	5.00	18.00
	5	1.20	2.70	1.50	3.50	2.20	4.00	2.80	6.00	5.00	12.00
	6	1.30	3.70	1.20	4.00	2.00	5.00	2.00	7.00	4.60	12.50
	7	1.20	4.50	1.20	4.50	1.90	5.00	1.80	5.00	3.00	8.00
	8	1.20	3.00	1.20	4.00	2.00	4.00	3.00	7.00	4.80	16.00
	9	1.30	3.70	1.50	4.50	2.00	4.00	3.00	9.00	4.80	19.00
	10	1.20	4.00	1.40	4.00	2.00	5.00	3.00	7.00	4.90	13.50
	11	1.30	3.50	1.40	4.00	2.00	4.00	2.80	7.00	5.00	14.00
	12	1.30	3.00	1.50	3.50	2.00	4.00	2.90	7.00	4.80	14.00
	13	1.20	3.70	1.50	4.30	2.00	4.50	2.80	7.50	5.00	11.00
	14	1.40	3.90	1.60	4.00	2.00	4.50	3.00	6.00	5.70	11.50
	15	1.50	4.00	1.50	4.70	2.00	5.50	2.80	7.00	5.20	12.00
	16	1.20	3.00	1.50	3.00	2.00	3.50	2.70	5.00	4.50	7.50
T12	1	1.20	4.40	1.50	4.50	1.50	5.00	2.00	7.00	4.00	11.00
	2	1.30	4.20	1.50	4.50	2.00	4.00	M	M	4.00	11.00
	3	1.20	5.00	2.00	5.00	2.50	5.00	3.00	7.00	4.50	11.00
	4	1.00	3.70	1.30	4.00	1.90	9.00	2.00	5.00	4.10	8.00
	5	1.40	4.50	1.30	4.50	1.80	4.50	2.00	5.00	4.00	9.00
	6	1.10	5.00	1.60	5.50	1.80	5.50	1.90	6.00	4.00	10.00
	7	1.00	3.00	1.30	2.50	1.60	4.00	3.00	5.00	4.00	11.00
	8	1.10	3.70	1.50	4.00	2.00	4.50	2.10	5.00	5.80	7.50
	9	1.00	3.00	1.30	4.00	2.00	4.00	2.40	5.00	4.00	13.00
	10	1.10	3.90	1.10	4.00	1.90	4.00	2.10	5.00	4.70	10.50
	11	1.40	3.20	1.50	3.50	1.70	3.50	2.00	5.00	4.90	7.50
	12	1.40	4.00	1.60	4.00	2.20	6.00	3.00	5.00	4.00	15.00
	13	1.60	4.50	1.20	4.50	1.40	5.00	2.00	7.00	4.00	10.50
	14	1.50	4.00	1.40	4.00	1.30	4.35	2.00	6.00	4.00	13.00
	15	1.10	3.60	1.10	3.50	2.20	4.00	2.10	6.00	4.00	7.00
	16	1.10	3.00	1.20	2.50	1.60	3.50	1.70	5.00	4.50	9.00

Cuadro 21. (Continuación).

Trat.	nº planta	Evaluación 1		Evaluación 2		Evaluación 3		Evaluación 4		Evaluación 5	
		Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)
T13	1	1.80	4.00	2.00	3.00	2.40	8.00	4.00	14.00	6.00	23.00
	2	1.80	4.30	1.00	3.50	2.50	8.40	3.00	11.00	6.00	17.00
	3	1.30	2.50	2.20	7.20	2.00	4.50	1.90	8.00	5.20	19.00
	4	1.40	2.20	2.10	6.50	2.10	5.00	3.30	10.50	6.50	23.00
	5	1.60	3.20	2.00	6.00	2.70	6.00	3.50	12.00	6.50	17.00
	6	1.30	1.60	1.00	4.00	1.20	3.50	2.00	4.50	4.00	18.00
	7	1.30	2.30	1.00	3.00	1.20	3.00	2.00	5.50	4.40	15.00
	8	1.50	3.20	2.00	5.00	2.20	8.00	3.00	13.00	6.00	21.00
	9	2.00	5.00	1.10	1.50	3.00	9.00	4.00	17.00	6.60	26.50
	10	1.20	2.70	M	M	1.50	3.50	2.00	5.50	3.80	10.00
	11	1.50	3.00	1.10	2.30	1.30	3.00	2.00	6.00	4.50	15.00
	12	1.40	2.20	1.20	7.50	M	M	M	M	M	M
	13	1.90	2.50	M	M	3.20	10.00	4.00	21.00	7.00	37.00
	14	2.00	3.00	1.00	2.50	2.00	5.00	2.00	7.00	4.50	13.00
	15	1.40	2.50	1.50	4.00	1.80	3.00	M	M	4.00	7.00
	16	1.20	2.00	2.20	6.50	1.70	3.00	M	M	4.00	7.00
T14	1	2.00	4.00	2.30	7.30	4.00	12.00	5.00	20.00	7.60	26.00
	2	1.40	2.50	1.50	3.00	2.00	5.50	3.00	10.00	4.00	13.50
	3	1.70	2.50	2.00	4.00	2.80	6.00	3.40	9.50	5.50	16.00
	4	1.78	5.00	3.00	8.00	3.90	12.50	5.00	18.00	6.80	17.00
	5	1.80	3.00	2.50	5.00	3.90	9.00	4.80	17.00	6.50	21.00
	6	1.50	3.00	2.20	4.70	2.90	10.00	4.00	17.00	5.90	26.00
	7	1.50	5.20	2.50	7.00	3.00	8.00	4.00	8.50	6.40	25.00
	8	1.30	4.00	2.00	7.00	2.10	10.50	3.00	15.00	5.60	24.00
	9	1.50	3.70	2.00	6.00	2.50	9.00	3.00	13.50	5.30	18.00
	10	1.50	3.30	2.00	6.00	3.00	11.00	4.00	18.50	7.20	20.00
	11	2.10	4.40	2.80	6.20	4.10	12.50	6.00	23.00	8.90	33.00
	12	1.80	2.30	2.00	6.00	3.00	12.00	4.50	22.00	6.70	29.50
	13	1.80	2.30	2.00	4.50	3.00	8.00	3.90	16.00	7.20	29.50
	14	1.70	3.00	2.00	5.00	2.90	9.00	3.90	16.50	6.30	24.50
	15	1.60	3.00	1.90	5.50	3.00	8.00	4.00	18.00	6.60	31.00
	16	1.70	1.80	2.00	2.80	2.80	5.00	3.00	9.00	5.10	14.50

Cuadro 22. (Continuación).

Trat.	nº planta	Evaluación 1		Evaluación 2		Evaluación 3		Evaluación 4		Evaluación 5	
		Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)
T15	1	1.50	2.50	1.90	5.00	3.00	10.00	4.00	19.00	6.90	25.00
	2	1.70	3.00	1.90	5.50	3.50	8.50	4.00	15.00	6.50	24.00
	3	1.30	2.50	1.20	4.00	2.00	7.00	3.00	16.00	6.00	18.00
	4	1.40	2.30	2.00	4.50	3.00	7.00	3.90	15.00	5.00	23.00
	5	1.60	3.50	2.00	4.50	3.00	6.50	3.90	13.00	6.00	26.00
	6	1.50	3.00	2.20	5.00	3.80	9.50	5.00	18.00	9.00	28.00
	7	1.40	2.50	2.00	3.50	2.50	6.00	3.00	14.00	6.00	28.00
	8	1.50	2.70	2.00	4.00	2.80	7.00	6.00	16.00	5.50	27.00
	9	1.60	2.50	1.80	3.50	2.30	6.00	6.00	13.00	6.20	25.00
	10	1.40	3.20	2.00	5.00	3.00	8.50	3.80	18.00	6.00	29.00
	11	1.30	3.00	1.50	2.50	3.30	5.50	2.90	12.00	6.00	22.00
	12	1.80	2.50	2.20	5.50	4.00	11.00	3.90	21.00	7.50	21.00
	13	1.30	1.90	2.00	3.50	3.00	10.00	4.00	22.00	7.50	27.00
	14	1.90	2.40	2.10	5.50	3.50	10.00	5.00	19.00	7.00	25.00
	15	1.50	2.40	2.20	4.50	3.50	8.00	4.00	17.00	6.00	26.00
	16	1.30	2.00	1.90	2.50	2.80	4.00	2.50	9.50	5.70	18.00
T16	1	1.30	3.00	2.40	6.00	2.50	10.00	4.00	18.00	6.00	26.00
	2	1.20	1.30	1.50	3.50	3.00	7.00	4.00	14.00	6.00	24.00
	3	1.20	2.20	2.00	4.50	3.00	7.00	4.00	17.00	6.20	27.30
	4	1.20	2.00	1.50	3.00	2.30	3.50	3.00	8.00	6.00	19.50
	5	1.30	3.00	2.00	4.00	2.90	6.00	3.50	10.00	6.00	17.50
	6	1.30	2.50	1.50	3.50	2.00	3.50	2.90	7.00	5.70	14.00
	7	1.70	2.20	2.00	3.00	2.80	4.00	3.50	9.00	5.90	18.00
	8	1.70	3.00	2.00	4.00	2.70	6.00	4.00	14.00	6.80	27.50
	9	1.70	1.50	2.00	2.00	2.50	4.00	3.50	11.00	6.80	21.00
	10	1.70	3.00	1.50	3.00	2.00	3.00	2.50	15.00	5.00	13.00
	11	2.00	3.20	2.10	3.50	3.30	5.00	4.00	12.00	7.00	22.00
	12	1.90	2.80	2.00	5.00	3.20	7.00	4.00	13.00	6.70	23.00
	13	1.80	2.30	2.20	4.00	2.90	6.00	4.00	12.00	6.70	23.50
	14	1.90	2.00	2.00	3.00	2.70	3.50	3.50	7.00	6.00	16.00
	15	2.00	3.00	2.00	3.50	2.50	4.00	2.80	5.00	4.00	10.00

Anexo 2. Reportes

Cuadro 23. Análisis del sustrato tierra agrícola

**MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA (INIA)
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES
REPORTE DE ANALISIS**

ANALISIS DE SUELOS - CARACTERIZACION

Nº Solicitud	: AS007-10
--------------	------------

SOLICITANTE :	PNI - AGROFORESTERIA -- EEA. "El Porvenir"
PROCEDENCIA:	VIVERO - EEA. "EL PORVENIR"
EXPERIMENTO:	MUESTRA DE TIERRA -- TESTIGO

FECHA DE MUESTREO	15/01/2010
ENTRADA AL LABORATORIO	15/01/2010
FECHA DE REPORTE	01/03/2010

Número de la muestra				pH	C.E dS/m	CaCO ₃ (%)	M.O (%)	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	ANALISIS MECANICO			D.Ap. g/cm ³	CI _{Ce}	CATIONES CAMBIABLES					Acidez Cambiabile %	Bases Cambiabile %			
											Arena	Arcilla	Limo			CLASE TEXTURAL	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺			Acidez		
Codigo Lab.	Usuario														meq/100 g.										
023	02	2010	M 1	8.1	0.23	5.85	1,954	24.43	6.38	132.4	56.42	23.13	20.45	Fra. Arc. Are.	1.42	12.77	10.53	1.91	0.33	0.00	0.00	0.00	100		

METODOLOGIA:

- TEXTURA : HIDROMETRO
- pH : POTENCIOMETRO SUSPENSION SUELO-H₂O RELACION 1:2.5
- CONDUCTIVIDAD ELECTRICA : CONDUCTIMETRO SUSPENSION SUELO-H₂O RELACION 1:2.5
- CARBONATOS : NEUTRALIZACION ACIDA EXTRACTANTE HCl = 0.5 N
- FOSFORO DISPONIBLE : OLSEN MODIFICADO EXTRACTANTE NaHCO₃ = 0.5 M, pH 8.5
- POTASIO DISPONIBLE : ABSORCION ATOMICA EXTRACTANTE NaHCO₃ = 0.5 M, pH 8.5
- MATERIA ORGANICA : WALKLEY Y BLACK
- CALCIO INTERCAMBIABLE : VERSENATO-EDTA EXTRACTANTE KCl 1 N
- MAGNESIO INTERCAMBIABLE : VERSENATO-EDTA EXTRACTANTE KCl 1 N
- ACIDEZ INTERCAMBIABLE : EXTRACTANTE KCl 1 N

Instituto Nacional de Innovación Agraria
Sección Experimentación

JUAN CARLOS LOPEZ UCARIEGUE
 Laboratorio de Aguas y Suelos
 EEA. "El Porvenir"

Cuadro 24. Análisis del sustrato tierra agrícola más compost de madera

**MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA (INIA)
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES
REPORTE DE ANALISIS**

ANALISIS DE SUELOS - CARACTERIZACION

Nº Solicitud : AS007-10

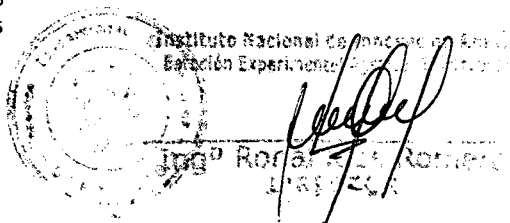
SOLICITANTE :	PNI - AGROFORESTERIA -- EEA. "El Porvenir"
PROCEDENCIA:	VIVERO - EEA. "EL PORVENIR"
EXPERIMENTO:	MUESTRA DE TIERRA + COMPOST DE MADERA


FECHA DE MUESTREO	15/01/2010
ENTRADA AL LABORATORIO	15/01/2010
FECHA DE REPORTE	01/03/2010

Número de la muestra				pH	C.E dS/m	CaCO ₃ (%)	M.O (%)	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	ANALISIS MECANICO			D.Ap. g/cm ³	CICe	CATIONES CAMBIABLES					Acidez Cambiabile %	Bases Cambiiables %			
Codigo Lab.		Usuario	CLASE TEXTURAL								Arena	Arcilla	Limo			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Acidez					
											%												meg/100 g.		
021	02	2010	M 1	7.7	0.61	7.27	4.902	61.27	13.49	133.1	51.65	22.98	25.37	Fra. Arc. Are.	1.41	19.81	16.47	2.99	0.34	0.00	0.00	0.00	100		

METODOLOGIA:

- TEXTURA : HIDROMETRO
- pH : POTENCIOMETRO SUSPENSION SUELO-H₂O RELACION 1:2.5
- CONDUCTIVIDAD ELECTRICA : CONDUCTIMETRO SUSPENSION SUELO-H₂O RELACION 1:2.5
- CARBONATOS : NEUTRALIZACION ACIDA EXTRACTANTE HCl = 0.5 N
- FOSFORO DISPONIBLE : OLSEN MODIFICADO EXTRACTANTE NaHCO₃ = 0.5 M, pH 8.5
- POTASIO DISPONIBLE : ABSORCION ATOMICA EXTRACTANTE NaHCO₃ = 0.5 M, pH 8.5
- MATERIA ORGANICA : WALKLEY Y BLACK
- CALCIO INTERCAMBIABLE : VERSENATO-EDTA EXTRACTANTE KCl 1 N
- MAGNESIO INTERCAMBIABLE : VERSENATO-EDTA EXTRACTANTE KCl 1 N
- ACIDEZ INTERCAMBIABLE : EXTRACTANTE KCl 1 N




 JUAN CARLOS LOPEZ UCARIEGUE
 Laboratorio de Aguas y Suelos
 EEA. "El Porvenir"

Cuadro 25. Análisis del sustrato tierra agrícola más gallinaza

**MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA (INIA)
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES
REPORTE DE ANALISIS**

ANALISIS DE SUELOS - CARACTERIZACION

Nº Solicitud : AS007-10

SOLICITANTE :	PNI - AGROFORESTERIA -- EEA. "El Porvenir"
PROCEDENCIA:	VIVERO - EEA. "EL PORVENIR"
EXPERIMENTO:	MUESTRA DE TIERRA + GALLINAZA

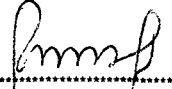
FECHA DE MUESTREO	15/01/2010
ENTRADA AL LABORATORIO	15/01/2010
FECHA DE REPORTE	01/03/2010

Número de la muestra				pH	C.E dS/m	CaCO ₃ (%)	M.O (%)	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	ANALISIS MECANICO				D.Ap. g/cm ³	CICe	CATIONES CAMBIABLES					Acidez Cambiable %	Bases Cambiables %
											Arena	Arcilla	Limo	CLASE TEXTURAL			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Acidez		
Codigo Lab.	Usuario			meq/100 g.																			
020	02	2010	M 1	8.3	0.46	6.02	4.136	51.70	12.56	140.2	53.65	22.98	23.37	Fra. Arc. Are.	1.41	23.05	19.21	3.49	0.35	0.00	0.00	0.00	100

METODOLOGIA:

- TEXTURA : HIDROMETRO
- pH : POTENCIOMETRO SUSPENSION SUELO-H₂O RELACION 1:2.5
- CONDUCTIVIDAD ELECTRICA : CONDUCTIMETRO SUSPENSION SUELO-H₂O RELACION 1:2.5
- CARBONATOS : NEUTRALIZACION ACIDA EXTRACTANTE HCl = 0.5 N
- FOSFORO DISPONIBLE : OLSEN MODIFICADO EXTRACTANTE NaHCO₃ = 0.5 M, pH 8.5
- POTASIO DISPONIBLE : ABSORCION ATOMICA EXTRACTANTE NaHCO₃ = 0.5 M, pH 8.5
- MATERIA ORGANICA : WALKLEY Y BLACK
- CALCIO INTERCAMBIABLE : VERSENATO-EDTA EXTRACTANTE KCl 1 N
- MAGNESIO INTERCAMBIABLE : VERSENATO-EDTA EXTRACTANTE KCl 1 N
- ACIDEZ INTERCAMBIABLE : EXTRACTANTE KCl 1 N




 JUAN CARLOS LOPEZ UCARIEGUE
 Laboratorio de Aguas y Suelos
 EEA. "El Porvenir"

Cuadro 26. Identificación del hongo micorrízicos



SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA
CENTRO DE DIAGNOSTICO DE SANIDAD VEGETAL

SENASA
Servicio Nacional de Sanidad Agraria
PERÚ

MINISTERIO DE AGRICULTURA

Av. La Molina N° 1915, Lima 12 - Perú
Teléfono directo: 313 - 3303
Central telefónica 313 - 3300 Anexo: 1400 - 1401
Pag. Web: www.senasa.gob.pe

Pag. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N° 11103 - 2009 - AG - SENASA-OCDP-UCDSV

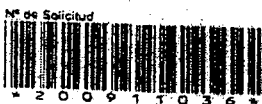
1 Informe del solicitante:		N° de solicitud: 11036 - 2009
Nombre	:PNI - FORESTALES	
Dirección	: E.E.A."EL PORVENIR" - Tarapoto	
2 Informe de la actividad:		
Componente	: Nuevo	
producto	: Notificación de ocurrencia de hongos	
3 Fecha de recepción de la muestra:		Procedencia de la muestra
20/10/2009 9:15		E.E.A "San Ramon" Yurimaguas
		Pais
		PERU
4 Cultivo		
Parcela de pijuayo		
Nombre científico	: Bactris gasipaes	
Nombre común	: Pijuayo	


5 Resultado por metodo de ensayo			
MICOLOGICA	Código de muestra: 200911036010I	Tipo: Hoja	Cantidad: 2Unds
MET-UCDSV/Mic-003 DIAGNOSTICO DE HONGOS			

Fecha de recepción: 21/10/2009

Fecha de termino: 02/11/2009

n°	Resultados	Información
1	Positivo a la presencia de	Glomus Sp
2	Positivo a la presencia de	Gigaspora Sp



6. Muestreo: No Aplica	
7. Información adicional:	
Lugar y Fecha:	
La Molina, 18 de noviembre del 2010	
	
MINISTERIO DE AGRICULTURA CENTRO DE DIAGNOSTICO DE SANIDAD VEGETAL Av. La Molina N° 1915, Lima 12 - Perú	
Nombre y Firma del Director (Sello oficial)	

REG-UCDSV-003 del PRO-UCDSV-003, Vigente.

NOTA: El Centro de Diagnostico y Sanidad Vegetal sólo se responsabiliza por los resultados de la muestra indicada en el punto 4 del presente informe

NOTA: El Centro de Diagnostico y Sanidad Vegetal sólo se responsabiliza por los resultados de la muestra indicada en el punto 4 del presente informe

Anexo 3. Datos meteorológicos.

Cuadro 27. Datos meteorológicos año 2009

Región : San Martín Latitud:6°35'1"
Provincia : Tarapoto Longitud:76°19'1"
Distrito : Juan Guerra Altitud:230 msnm

Mese	T° máxima promedio mensual °C	T° mínima promedio mensual °C	T° media promedio mensual °C	Precipitación promedio mensual mm.
Enero	32.0	21.9	26.5	173.6
Febrero	32.1	21.9	26.8	88.8
Marzo	31.4	21.9	26.2	134.7
Abril	30.8	21.6	25.6	199.9
Mayo	31.8	21.0	26.0	85.4
Junio	31.2	20.1	25.3	97.3
Julio	32.0	20.3	25.7	86.2
Agosto	33.0	20.3	26.3	63.1
Septiembre	33.2	21.0	26.6	203.0
Octubre	33.7	21.7	27.2	96.6
Noviembre	34.3	22.9	28.2	62.2
Diciembre	34.2	22.3	28.0	44.6

Fuente: Estación Meteorológica "El Porvenir"

Anexo 4. Panel fotográfico.

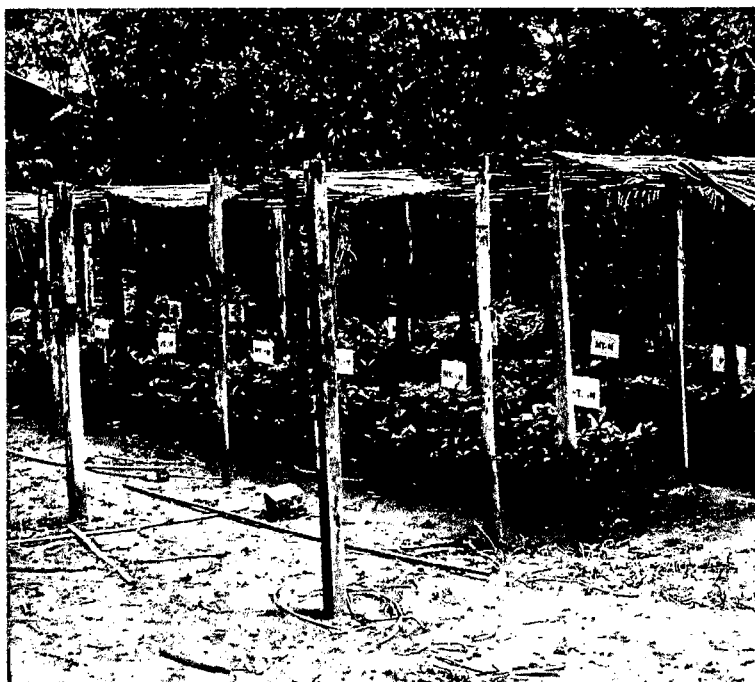


Figura 3. Vista del experimento en vivero



Figura 4. Demarcación de los tratamientos



Figura 5. Medición de diámetro en plántulas de *Simarouba amara*



Figura 6. Medición de altura en plántulas de *Sickingia williamsii*