



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

## **T E S I S**

**PRODUCCIÓN DE PLANTONES DE PINO (*Pinus radiata D. Don*)  
CON CUATRO TIPOS DE MICORRIZACIÓN, EN EL DISTRITO DE  
SAN MARCOS, PROVINCIA DE HUARI, REGIÓN ANCASH.**

**PRESENTADO POR**

**BACHILLER ROBERTO DONATO MELGAREJO CAMONES**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**MOQUEGUA – PERÚ**

**2017**

## CONTENIDO

	Pág.
PORTADA	
Página de jurados .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras .....	ix
Índice de fotografías.....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática.....	01
1.2. Definición del problema.....	03
1.3. Objetivo de la investigación.....	05
1.4. Justificación .....	06
1.5. Alcances y Limitaciones.....	07
1.6. Variables.....	08
1.7. Hipótesis de la investigación.....	11

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de la investigación.....	12
2.2. Bases teóricas.....	15
2.3. Definición de términos.....	47

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

3.1. Tipo de investigación.....	50
3.2. Diseño de investigación.....	51
3.3. Población y muestra.....	55
3.4. Descripción de instrumentos de recolección de datos.....	56
3.5. Conducción del experimento.....	61
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	63

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1. Presentación de resultados.....	66
4.2. Contratación de hipótesis.....	105
4.3. Discusión de resultados.....	105

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones.....	107
5.2. Recomendaciones.....	108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109

APÉNDICE.....	113
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	139

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Localización y superficie ocupada por el pino en su área.....	16
Tabla 2. Distribución de Tratamiento del trabajo de investigación.....	52
Tabla 3. Análisis de varianza.....	54
Tabla 4: ANVA altura de plantas de pino a los 30 días después de repique.....	66
Tabla 5. ANVA altura de plantas de pino a los 60 días después del repique .....	68
Tabla 6. Prueba de Tukey para altura de plantas de pino a los 60 días después de repique..	68
Tabla 7. ANVA altura de plantas de pino a los 90 días después del repique.....	70
Tabla 8. Prueba de Tukey para altura de plantas de pino a los 90 días después de repique...70	
Tabla 9. ANVA altura de plantas de pino a los 120 días después del repique.....	72
Tabla 10. Prueba de Tukey para altura de plantas de pino a los 120 días después de repique.....	72
Tabla 11. ANVA altura de plantas de pino a los 150 días después del repique.....	74
Tabla 12. Prueba de Tukey para altura de plantas de pino a los 150 días después de repique .....	74
Tabla 13: ANVA diámetro de tallo de pino a los 30 días después del repique.....	76
Tabla 14. Prueba de Tukey para diámetro de tallo de pino a los 30 días después.....	76
Tabla 15: ANVA diámetro de tallo de pino a los 60 días después del repique.....	78
Tabla 16: Prueba de Tukey para diámetro tallo de pino a los 60 días después de repique...78	
Tabla 17. ANVA diámetro de tallo de pino a los 90 días después del repique.....	80
Tabla 18: Prueba de Tukey para diámetro de tallo para pino a los 90 días.....	80
Tabla 19. ANVA diámetro de tallo de pino a los 120 días después del repique.....	82
Tabla 20. Prueba de Tukey para diámetro de tallo a los 120 días después de repique.....	82
Tabla 21. ANVA diámetro de tallo de pino a los 150 días después de repique.....	84
Tabla 22. Prueba de Tukey para diámetro de tallo a los 150 días después de repique.....	84

Tabla 23: ANVA número de hojas de plantas de pino a los 30 días después de repique...	86
Tabla 24: Prueba de Tukey para número de hojas de plantas de pino a los 30 días después del repique.....	86
Tabla 25. ANVA número de hojas de plantas de pino a los 60 días después del repique...	88
Tabla 26. Prueba de Tukey para número de hojas de plantas de pino a los 60 días después del repique.....	88
Tabla 27. ANVA número de hojas de plantas de pino a los 90 días a los 90 días después del repique .....	90
Tabla 28. Prueba de Tukey para número de hojas de plantas de pino a los 90 días después del repique.....	90
Tabla 29. ANVA número de hojas de plantas de pino a los 120 días después del repique..	92
Tabla 30. Prueba de Tukey para número de hojas de plantas de pino a los 120 días después del repique .....	92
Tabla 31. ANVA número de hojas de plantas de pino de pino a los 150 días después del repique .....	94
Tabla 32. Prueba de Tukey para número de hojas de plantas de pino a los 150 días después del repique.....	94
Tabla 33. Nivel de micorrización de plantas de pino a los 150 días después del repique...	96
Tabla 34. Nivel de vigor de plantas de pino a los 150 días después del repique.....	97
Tabla 35. ANVA tamaño de raíz de plantas de pino a los 150 días después del repique....	97
Tabla 36. ANVA Plantas muertas de pino a los 150 días después del repique.....	99
Tabla 37. Prueba de Tukey para plantas muertas de pino a los 150 después del repique.....	99
Tabla 38: ANVA plantas vivas de pino a los 150 días después de repique.....	101
Tabla 39. Prueba de Tukey para plantas vivas de pino a los 150 días después del repique.	101
Tabla 40. ANVA plantas de pino a campo definitivo a los 150 días después del repique..	103
Tabla 41. Prueba de Tukey para plantas de pino a campo definitivo a los 150 días.....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Croquis experimental.....	53
Figura 2. Altura de plantas a los 30 días con diferentes tratamientos.....	67
Figura 3. Altura de plantas de pino a los 60 días con diferentes tratamientos.....	69
Figura 4. Altura de plantas a los 90 días con diferentes tratamientos.....	71
Figura 5. Altura de plantas a los 120 días con diferentes tratamientos.....	73
Figura 6. Altura de plantas a los 150 días con diferentes tratamientos.....	75
Figura 7. Diámetro de tallos a los 30 días con diferentes tratamientos.....	77
Figura 8. Diámetro de tallos a los 60 días con diferentes tratamientos.....	79
Figura 9. Diámetro de tallos a los 90 días con diferentes tratamientos.....	81
Figura 10. Diámetro de tallo a los 120 días con diferentes tratamientos.....	83
Figura 11. Diámetro de tallo a los 150 días con diferentes tratamientos.....	85
Figura 12. Número de hojas a los 30 días con diferentes tratamientos.....	83
Figura 13. Número de hojas a los 60 días con diferentes tratamientos.....	89
Figura 14. Número de hojas a los 90 días con diferentes tratamientos.....	91
Figura 15. Número de hojas a los 120 días con diferentes tratamientos.....	93
Figura 16. Número de hojas a los 150 días con diferentes tratamientos.....	95
Figura 17. Tamaño de raíz con diferentes tratamientos después de 150 días de repique....	98
Figura 18. Plantas muertas con diferentes tratamientos después de 150 días de repique...	100
Figura 19. Plantas vivas con diferentes tratamientos después de 150 días de repique....	102
Figura 20. Plantas para campo definitivo con diferentes tratamientos después de 150 días de repique.....	104

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Foto 1. Preparación de cama de repique para el inicio del Trabajo de Investigación.....	130
Foto 2. Arena lavada de río para la composición de sustrato.....	130
Foto 3. Tierra agrícola sarandeadó para la composición del sustrato.....	131
Foto 4. Composición de sustrato (arena 1/3 + tierra agrícola 2/3).....	131
Foto 5. Composición de sustrato (1/4 arena + 2/4 de tierra agrícola y Turba 1/4).....	132
Foto 6. Mezcla de los componentes del sustrato (tierra agrícola + arena + turba).....	132
Foto 7. Mezcla de sustrato para embolsar (mezcla es homogéneo).....	133
Foto 8. Proceso de embolsado y enfilado de bolsas en cama de repique... ..	133
Foto 9. Cuatro tipos de micorrizas usadas en el trabajo de investigación.....	134
Foto 10. Plántulas de pino listo para el proceso de repicado.....	134
Foto 11. Repicado de plantulas de pino por tratamientos y bloques. ....	135
Foto 12. Primera evaluación de las variables altura, número de hojas micorrización... ..	135
Foto 13. Evaluación de las variables como: altura, número de hojas micorrización,....	136
Foto 14. Evaluación intermedia de altura de las plantas de pino .....	136
Foto 15. Micorrización inicial de <i>Pinus radiata</i> en la investigación.....	137
Foto 16. Evaluación del tamaño de raíz de las plantas ... ..	137
Foto 17. Raíz de pino con abundante manto fungoso (hifas) de tratamientos con tierra tierra micorrizada.....	138
Foto 18. Visita del jurado Ing. Urbano Fermín Vásquez Espino .....	138

## RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en el distrito de San Marcos, Provincia de Huari, Región Ancash, a una altura de 3 240 msnm presentando un clima de templado a frío. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de cuatro tipos de micorrización (*Boletus edulis*) en la producción de plantones de *Pinus radiata* D. Don en el distrito de San Marcos, provincia de Huari, Región Ancash. El diseño experimental utilizado fue el Diseño completamente al Azar (DCA); con cuatro tratamientos más el testigo que representa neutro: con hongo molido (*Boletus edulis*), con hongo fresco (*Boletus edulis*), tierra micorrizada (tierra de pino) y con raicillas de *Pinus radiata* (molidos). Como huésped se ha utilizado plantas de *Pinus radiata* D. Los resultados nos indican, que los tratamientos de *Pinus radiata* con tierra micorrizada han logrado el mayor resultado en cuanto a efectos de micorrización, obteniéndose como resultado en las variables en 150 días, Altura de plantas: 25,20 cm, diámetro de tallo 4 mm, 41,40 hojas fasciculares, nivel de micorrización MB (muy bueno), nivel de vigor muy bueno (MB), tamaño de raíz 48,90 cm, plantas vivas 82,63 unidades y plantas para campo definitivo de 82,63 unidades con tierra micorrizada, seguido por hongo fresco, hongo micorrítico molido y finalmente con raicilla de pino. El tratamiento con mejores resultados en la producción de *Pinus radiata* fue con tierra micorrizada.

Palabras clave: Micorrización; plantas; pino; sustrato

## ABSTRACT

The investigation was carried out in the district of San Marcos, Province of Huari, Ancash Region, at a height of 3 240 meters above sea level, presenting a temperate to cold climate. The objective of the research was to evaluate the effect of four types of mycorrhization (*Boletus edulis*) on the production of *Pinus radiata* D. Don seedlings in San Marcos district, Huari province, Ancash region. The experimental design used was completely Random Design (DCA); with four treatments plus the witness that represents neutral: with ground fungus (*Boletus edulis*), with fresh fungus (*Boletus edulis*), mycorrhizal soil (pine soil) and *Pinus radiata* (ground) rootlets. As a guest, *Pinus radiata* D plants have been used. The results indicate that the treatments of *Pinus radiata* with mycorrhizal soil have achieved the highest result in terms of mycorrhization effects, obtaining as a result in the variables in 150 days, Height of plants : 25,20 cm, stem diameter 4 mm, 41,40 fascicular leaves, MB mycorrhization level (very good), very good vigor level (MB), root size 48,90 cm, live plants 82,63 units and plants for final field of 82,63 units with mycorrhized soil, followed by fresh fungus, ground mycorrhizal fungus and finally pine rootlets. The treatment with the best results in the production of *Pinus radiata* was with mycorrhized soil.

Keywords: mycorrhization; plants; Pine tree; substratum

## INTRODUCCIÓN

La tala indiscriminada de los arboles tanto nativos y exóticos en nuestro país ha traído problemas ambientales que en la actualidad el ser humano sufre las consecuencias de ello, como el cambio climático y la desaparición de algunas especies tanto en la flora y fauna. A razón de ella a partir de 1993 el gobierno ha creado proyectos e instituciones que se dediquen directamente a la reforestación en la sierra altoandina de nuestro país. Los resultados de estos proyectos es fácil apreciar a lo largo de la sierra tanto en las comunidades campesinas o a nivel de privados, pero aún insuficientes para cubrir todas las áreas con potencial forestal. De igual forma los gobiernos regionales, provinciales y distritales a partir del año 2008 han empezado dirigir presupuestos para la forestación en sus ámbitos de competencia con resultados insatisfactorios en muchas de las veces. Y para la reproducción de algunas especies sobre todo de pino se requiere indispensablemente de hongo micorrízico; porque ambas están relacionados entre sí, y esta asociación simbiótica es conocida como MICORRÍZA. Esta asociación de ninguna manera es una casualidad por el contrario es un hecho ecológico de gran importancia, ya que la mayoría de las plantas dependen de la presencia de esta simbiosis. De esta forma la formación micorrizal es de particular importancia en los lugares donde se quiere introducir coníferas con el propósito de reforestación.

Actualmente en la producción de *Pinus radiata* D. Don los hongos micorrízicos se aplican inadecuadamente ya que esta actividad es realizado por personas no preparadas adecuadamente, así como también no se toma en cuenta los

demás factores paralelos a la producción de plantones, como resultado de ello se obtiene plantas no adecuados y de poco crecimiento por lo cual muchos proyectos fracasan en su intento.

Es indispensable recalcar que la micorrización en plantas forestales sobre todo en pino cumple un rol importante en la producción de plantones de buena calidad en fase de vivero, influyendo en el crecimiento de su etapa inicial de la planta.

En la presente investigación se ha empleado hongos micorríticos disponibles en la zona con el fin de establecer comparaciones en los resultados, aplicándose tipos de inoculaciones sencillas que puedan ser utilizados por los campesinos y personas que se dedican a la producción de plantas forestales de pino.

Para la ejecución de la investigación se ha elegido como factor micorrizal o inoculante el hongo *Boletus edulis* y como huésped plantas de *Pinus radiata* D. Don.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Descripción de la realidad del problema**

La forestación y reforestación es una actividad que se realiza con la finalidad de recuperar los espacios deforestados o ampliar su cobertura. Sin embargo en los últimos años esta actividad se ha convertido en una necesidad imprescindible a nivel sectorial como políticas de desarrollo social y económico, asimismo como un medio de mitigación del cambio climático y recuperación hídrica en cabeceras de cuencas (PRONAMACHCS 2004).

A nivel mundial las plantaciones forestales han aumentado en área de manera acelerada en las últimas décadas en unos 3,6 millones de hectáreas a partir de 1990 y representan aproximadamente el 10 % de la superficie forestal mundial. Dicho esto en Perú hasta la década del 90 los proyectos forestales han sido tradicionalmente incorporadas como componentes de programas agrícolas con visión a corto plazo y es de difícil precisar con certeza cuanta área forestal se encuentra

bajo cobertura de plantaciones forestales. Se estima el área potencial disponible para desarrollar plantaciones forestales en 13 millones de hectáreas, de los cuales 5,2 millones de hectáreas incluyen tierras de vocación forestal, hasta la actualidad tiene forestado 824 310 hectáreas de bosques plantados a nivel nacional principalmente con las especies de eucaliptos y pinos; en el año 2016 el Perú ha forestado 13 913,50 hectáreas (MINAGRI- 2016).

En la región Ancash en el año 2016 se ha instalado 2 394.75 hectáreas de plantaciones forestales (MINAGRI), en la provincia de Huari, distrito de San Marcos donde se ubica el proyecto de investigación, se han ejecutado proyectos forestales que han promovido la producción e instalación de miles de hectáreas de diferentes especies forestales y en mayor cantidad la producción de *Pinus radiata* y *pátula*.

Los proyectos ejecutados no han dado resultados esperados, al contrario han ocasionado costos con poco beneficio y el incumplimiento de metas programadas, a pesar de todo ello aún se sigue invirtiendo millones y millones de soles a nivel de gobierno nacional, regional, provincial y distrital en todo el país y específicamente en la provincia de Huari seguirán haciendo porque todos los candidatos presentan dentro de sus propuesta y planes de gobierno, referente a los proyectos forestales con el pretexto de mitigar la contaminación del medio ambiente. Las intenciones están dadas y son buenas, pero los resultados son negativos; debido a que se instalan plantas de pino no aptas para campo definitivo producto del uso inadecuado de micorrizas en la producción de pinos a nivel de

viveros y ello ocasiona la mortandad de plantas en cantidades considerables (Experiencias propias de campo 2015).

Es por esta razón se hace necesario realizar esta investigación con la finalidad de demostrar cual es el tipo de micorrización más eficiente en la producción de pino radiata a nivel de vivero y de esta manera contribuir en el logro de los objetivos de los futuros proyectos forestales.

## **1.2. Definición del problema**

El problema principal de los proyectos forestales en la zona de San Marcos ha sido el desconocimiento del uso de la micorríza en la producción de pino, ello ha ocasionado que las metas y objetivos propuestos no se han logrado durante el periodo programado. El uso inadecuado de la micorriza ha ocasionado los siguientes problemas técnicos:

Retraso del crecimiento de plantas de pino.

No se realiza los manejos técnicos adecuados en vivero por falta de tamaño y como consecuencia de ello se tiene plantas débiles.

Muchas veces se realiza las fertilizaciones químicas localizadas o globales para acelerar el crecimiento. Dicho que esta técnica no es recomendable en producción forestal, debido a que las plantas se tornan vigorosos, ocasionando mortandad en

campo definitivo.

Se instalan plántones de tamaño no recomendable, fuera del calendario forestal de plantaciones y ello ocasiona mortandad por secamiento.

Según evaluaciones de campo realizado por el mismo proyecto se han encontrado hasta un 60 % de plantas muertas de pino en áreas forestadas, la mayoría de ellos por secamiento.

### **1.2.1. Problema general**

El problema principal es la mortandad y crecimiento lento de plántulas de pino en vivero por el deficiente uso de micorriza y en porcentaje mínimo por mal repique.

¿Cuál de los cuatro tipos de micorrización tendrá mayor efecto en la producción de plántones de pino en el distrito de San Marcos, Provincia de Huari, Región Ancash?

### **1.2.2. Problemas derivados o específicos**

Los problemas a consecuencia del uso deficiente de micorrizas también implican a cambios en el porcentaje de insumos, concentración de sustratos, diversidad en los tamaños de envases para reproducción, cubiertas variadas, así como criterios de riego y otras actividades adversas al tema (Experiencias propias de campo 2015).

Por lo cual con este trabajo de investigación se pretende contribuir a los proyectos forestales que se ejecutan en la zona de los Conchucos específicamente en San Marcos, para que produzcan plantas de *Pinus radiata* de buena calidad y de esta forma logren sus metas y objetivos programados. Con la investigación se demostrara cual es el tipo de micorrización más eficiente en la producción de *Pinus radiata* en vivero y hacer conocer los resultados con la finalidad de que los proyectos tengan en consideración; y de esta forma resolverán el poco crecimiento y mortandad de plantas. Asimismo se disminuirían los niveles de riesgo – inversión, el costo – beneficio será equilibrado y se mejoraran los resultados en la producción de plantas de *Pinus radiata* en la zona de los Conchucos.

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de cuatro tipos de micorrización en la producción de plantones de pino en el distrito de San Marcos, provincia de Huari, Región Ancash.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

Evaluar el crecimiento inicial de la especie *Pinus radiata* D. Don con cuatro tipos de micorrización y un testigo en fase de vivero.

Determinar las características agronómicas (longitud de raíces, altura de planta,

número de hojas, diámetro de tallo, nivel de micorrización, vigor) y fenológicas (% de prendimiento y % de plantas para campo definitivo)

#### **1.4. Justificación**

Los motivos que nos llevaron a investigar: cuál de los tipos de micorrización es el más eficiente en la producción de pino radiata a nivel de vivero; es con la finalidad de determinar el tipo más adecuado y económico de micorrizar, sobre todo que esté al alcance en las zonas donde se ejecutan los proyectos forestales. El uso deficiente y técnicas inadecuadas de la micorrización han permitido fracasos en los proyectos forestales, incumplimiento del calendario forestal, entre otros; producto de ello se instalan plantones con tamaños inapropiados y el prendimiento de estas plantas en campo definitivo es mínimo (Experiencias propias de campo 2015).

El problema principal es la mortandad y crecimiento lento de las plántulas en viveros forestales; y ello da lugar al incumplimiento de metas y objetivos planteados, mayormente se reforesta las áreas consideradas como eriazos o terrenos marginales dándoles un valor agregado y en su mayoría son de condición seco. Para obtener mayor cantidad de sobrevivencia de plantones de pino se requiere plantas de buen tamaño y técnicamente manejadas en viveros forestales (Experiencias propias de campo 2015).

Es por ello que se hace importante determinar cuál es el tipo más adecuado de micorrizar los pinos y los resultados de esta investigación contribuirán a los futuros

proyectos forestales y profesionales que se dedican a esta actividad. Es muy necesario difundir los resultados a nivel local, regional y nacional; y con esta contribución de los resultados se evitaran los fracasos en la producción de *Pinus radiata* en viveros forestales y sobre todo en campos definitivos.

## **1.5. Alcances y limitaciones**

### **1.5.1. Alcances**

En el presente estudio se plantea evaluar cuatro tipos de micorrización para la producción de plántones de pino en el distrito de San Marcos, de acuerdo a la realidad que se encuentran las áreas que cubre la investigación.

Los resultados servirán para proponer futuras investigaciones que se requieran a futuro para mejorar la producción de especies forestales como el pino. Así como para las mejoras de los proyectos forestales que se ejecutan en el área de estudio.

### **1.5.2. Limitaciones**

Banco de datos incompletos y no actualizados sobre bibliografía y antecedentes del tema de investigación.

El periodo de recolección de datos debido a la existencia de pocos

profesionales con conocimiento sobre el tema en la región y ello dificultó encontrar consultas para enriquecer a profundidad sobre la investigación.

## **1.6. Variables**

### **1.6.1. Operacionalización de variables**

#### ***1.6.1.1. Características agronómicas.***

##### ***a. Longitud de raíz (cm).***

Se registrará al momento del repique y a los 150 días después de repique cuya medida será en cm.

##### ***b. Altura de planta (cm).***

Se irá registrando la altura de planta a intervalos de 30 días después de la emergencia de la plántula. La medición se realizará desde el cuello de planta hasta el ápice con el uso de una wincha.

##### ***c. Número de hojas (Und.).***

Se irá registrando el número de hojas a intervalos de 30 días después de la emergencia de la plántula.

***d. Diámetro del tallo (mm).***

Se irá registrando el diámetro del tallo a intervalos de 30 días después de la emergencia de la plántula. La medición se realizará en el punto medio de entre el cuello de planta y el ápice.

***e. Nivel de micorrización.***

Se registrara los niveles de micorrización a los 150 días después de ser repicadas las plántulas, mediante la técnica de observación de; presentación de sintomatología de coloramiento.

***f. Vigor de los plantones.***

Se registrara los niveles de vigor a los 150 días después de ser repicadas las plántulas mediante la técnica de observación de; presentación de sintomatología de coloramiento.

***g. Costo de producción S/.***

Los costos de producción se evaluarán al final del proceso a precio del mercado nacional, con la finalidad de poder determinar el mejor tratamiento si es rentable realizar la propagación de pino (ver anexo).

### ***1.6.1.2. Fases Fenológicas.***

#### ***a. Porcentaje de prendimiento (%).***

Se registrara cuando se observó el prendimiento de las plántulas una vez repicados en la bolsa; aproximadamente entre los 30 a 150 días después de repique. Para determinar plantas vivas y muertas, se utilizó la metodología de contar y anotarlo en una libreta para su posterior cuantificación y determinar si hay diferencia significativa entre los tratamientos.

#### ***b. Porcentaje de plantas para campo definitivo (%).***

Se evaluaron al momento de seleccionar las plantas que están aptas para ser llevadas al campo definitivo (época de plantación).

## **1.6.2. Identificación de variables**

### ***1.6.2.1. Variables Independientes.***

Aplicación de un tipo de micorrización en la producción de pino

### ***1.6.2.2. Variables dependientes.***

Las variables dependientes para este trabajo de investigación fueron los siguientes: Longitud de raíz (cm), Altura de planta (cm), Número de hojas (Und.), Diámetro del tallo

(mm), Nivel de micorrización, Vigor de los plantones, Costo de producción (S/.), Porcentaje de prendimiento (%), Porcentaje de plantas para campo definitivo (%)

### ***1.6.2.3. Variables intervinientes.***

Vivero forestal distrito de San Marcos de la provincia de Huari departamento de Ancash

## **1.7. Hipótesis de la investigación**

### **1.7.2. Hipótesis general**

La aplicación adecuada de un tipo de micorrización en la producción de pino, nos permitirá obtener plantones de desarrollo óptimo para una plantación en campo definitivo.

### **1.7.2 Hipótesis estadísticas**

- ✓ **Ho:** Ningún tipo de micorrización influirá en la producción de plantas de pino.
  
- ✓ **Ha:** Al menos uno de los tipos de micorrización influirá en la producción de pino.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Según Vergara, 2004 en su trabajo de investigación titulado “Respuesta del inóculo Micorrizal de hongos *Scleroderma verrucosum* en la Producción de Plántulas de *Pinus radiata* D. Don en Jauja” se planteó como objetivos: Evaluar el crecimiento de las plantas de *Pinus radiata* con tres tratamientos de inoculación y uno sin inocular durante la fase de vivero, Comparar el peso seco a los 9 meses de los pinos inoculados y sin inocular y Evaluar el porcentaje de infección de los tipos de ectomicorrizas en las plántulas de *Pinus radiata* inoculadas en el hongo micorrítico *Scleroderma verrucosum* durante 3, 6 y 9 meses. La metodología que utilizó fue seguir algunas técnicas de la práctica normal empleada en los viveros forestales de la sierra Peruana según PRONAMACHS.

Elección de lugar de ensayo, Topografía y limpieza de terreno, Área de almacigado, elección del lugar del ensayo, topografía y limpieza del terreno, área

de almacigo, preparación del sustrato para el almacigo, Almacigado, Preparación del sustrato para el repique, Repicado, Inoculación de las plantas, Adquisición de los insumos, Disposición de camas para el repique, Evaluación, Duración de los ensayos y Trabajo en gabinete. Obteniendo los siguientes resultados: Existe diferencia significativa en el peso seco de las plantas sometidas a los distintos tratamientos y es testigo destacado las inoculadas con granos de trigo. Esto se vio reflejado en el tamaño y grosor de las ectomicorrizas, en el caso de las plantas inoculadas con *Scleroderma verrucosum* tenían mayor tamaño y grosor, mientras en las plantas testigo eran delgadas y más pequeñas, Según el análisis de alturas de las plantas podemos concluir que no se encontraron diferencias significativas entre las plantas inoculadas y el testigo. Los resultados de las evaluaciones del diámetro no muestran diferencias significativas entre las plantas inoculadas con *Scleroderma verrucosum* y el testigo, En las evaluaciones al 3er, 6to y 9no mes que se realizaron para el análisis de porcentaje de ectomicorrizas, se encontró a las monopodiales en mayor cantidad, En los tres casos de inoculación de *Scleroderma verrucosum* las características morfológicas de las micorrizas eran muy similares y Comparativamente la inoculación con granos de trigo fue relativamente más favorable que la inoculación con esporas directamente y esta superó a la de musgos micorrizada.

Según Peña (2010) en su trabajo de investigación titulado “Ensayos de micorrización en *Pinus radiata* D. Don, utilizando el hongo *Tuber magnatum* Pico” se planteó como objetivos: Investigar a través de ensayos de micorrización, si el hongo *T. magnatum* establece la relación simbiótica con la especie arbórea

producida en Chile, pino insigne (*Pinus radiata*) e identificar diferencias morfológicas de raíces y parte aérea, entre plántulas inoculadas y no inoculadas con el hongo. Determinar la relación entre la calidad de las plántulas y la presencia de simbiosis con *T. magnatum*. Este ensayo se realizó en un invernadero perteneciente al Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias ubicado en Isla Teja, Valdivia, Región de Los Ríos. El diseño contempla dos tratamientos: T1 correspondiente a plántulas testigo y T2 a plántulas inoculadas con el hongo *T. magnatum*. La siembra se llevó a cabo el día 15 de abril de 2009 en vasos plásticos transparentes de 500 cc de capacidad. La emergencia se registró el día 25 de mayo de 2009, utilizando como criterio el 50 % de las plántulas emergidas. Se destinaron 77 plántulas al tratamiento testigo T1 y 66 plántulas al tratamiento T2, las cuales fueron inoculadas una vez que alcanzaron una altura de tallo media de 9 cm. Obteniendo los siguientes resultados: Las plántulas de *Pinus radiata* responden en forma positiva a la inoculación artificial del inóculo de *Tuber magnatum*, determinándose diferencias significativas en parámetros de calidad de plántula, En un 27 % de las plántulas de *Pinus radiata* que fueron inoculadas artificialmente con *Tuber magnatum* a nivel de pelos radicales se observaron hifas de hongo, presumiblemente correspondientes a *T. magnatum*, Si bien el porcentaje de inoculación es bajo, los resultados en cuanto a parámetros morfológicos y calidad de plántula avalan que existe influencia de un agente externo, ya que la única diferencia entre tratamientos fue la presencia o no del hongo y Se rechaza la hipótesis nula ya que si bien se probó que existe presencia de hongos en las raíces de las plántulas inoculadas, no es posible asegurar con certeza que se trate de *Tuber magnatum*.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Origen y ecología del *Pinus radiata* D. Don**

Mc. Donald (s.f.) dice llamado comúnmente pino de Monterrey posiblemente es el pino más extensamente plantado en el mundo. Es de crecimiento rápido y su madera es requerida para la construcción y para pulpa. La especie fue observada por primera vez por Thomas Coulter en Monterrey en 1830. El nombre científico refiere a las marcas fuertes en las escalas del cono y el nombre común a la península en la cual crece extensivamente. Otros nombres comunes son pino insigne y pino radiata. Las características del *Pino radiata* han hecho que sea la especie introducida más importante en Australia, Nueva Zelanda y España, existiendo también plantaciones importantes en Argentina, Chile, Uruguay, Kenia y república de Sudáfrica. En estos países el pino de Monterrey es apoyo principal de la economía del bosque, existiendo mercados interiores que sirven y generando reservas valiosas de la moneda extranjera como exportaciones, reduciendo la presión de corte en bosques nativos. Los bosques nativos de pino de Monterrey se encuentran en 3 áreas distintas de California central – costera en San Mateo, Santa Cruz, Monterrey y condados de San Luis Obispo y en el territorio Mejicano.

Limache (1985) afirma que el *Pinus radiata* es oriundo de una zona meridional de California (EE.UU) situado a 160 km. Al sur de San Francisco donde cubre una extensión de 4 000 ha. El clima de su hábitat es de tipo Mediterráneo muy uniforme, con una precipitación total de 425 a 825 mm anuales con lluvias de

invierno y verano. La temperatura media estival es de 21 a 27 °C, el periodo anual libre de heladas es largo, presentándose las más fuertes en meses invernales cuando el árbol se encuentra en estado de latencia. Añade que no prospera en suelos arcillosos poco profundos ni en los mal drenados; prefiere suelos de textura ligera (arena, franco o franco arenoso), especialmente en aquellas de buena fertilidad.

**Tabla 1**

*Localización y superficie ocupada por el Pinus radiata en su área natural*

Localidad	Latitud	Altitud (m)	Superficie (“ha”)
Swanton (California)	37 <sup>0</sup> N	0 -224	400
Monterrey (California)	36 <sup>0</sup> N	0 – 300	4 000
Cambria (California)	35 <sup>0</sup> N	0 – 91	1 200
Isla Guadalupe (México)	29 <sup>0</sup> N	400 -1600	100
Isla Cedros (México)	28 <sup>0</sup> N	300- 640	100
TOTAL			5 800

Fuente: Dans, Fernández & Romero (s.f.)

### 2.2.2. Taxonomía, según Limache (1985) clasificó botánicamente al pino:

Reino	: Vegetal
Sub reino	: Cormofito
División	: Cormofito embrionario
Sub división	: Gimnosperma
Clase	: Coníferas
Orden	: Pinales

Familia	: Pinaceae
Sub familia	: Pinoidea
Género	: <i>Pinus</i>
Especie	: <i>radiata</i>

### **2.2.3. Morfología y anatomía**

#### **2.2.3.1. Forma.**

Árbol entre 15 y 50 m de altura, raramente 60 m, con un diámetro de 30 a 90 cm. El fenotipo es muy variable, en el mundo se han observado desde individuos vigorosos con fuste recto, copa densa, redondeada e irregular, hasta poblaciones de árboles bifurcados, encorvados, con madera nudosa y otros defectos (Sierra, Vázquez-Soto & Rodríguez. 1994).

Limache (1985) dice que su lugar de Origen alcanza 40 m de alto y un diámetro de 0,6 a 1,2 m. En un lapso de 80 a 90 años. Plantado en otros lugares donde las condiciones son menos apropiadas alcanza una vida corta.

#### **2.2.3.2. Hojas.**

Sierra, Vázquez-Soto y Rodríguez (1994) mencionan que las hojas son persistentes, aciculares reunidas en fascículos de 3 a 5 hojas que nacen de un corto eje de tallo llamado braquioplasto, cubierto por escamas membranosas triangulares.

#### **2.2.3.3. Frutos.**

Presenta inflorescencias masculinas y femeninas, conos verticilados, sésiles asimétricos, ovoides, castaños. En la base de cada hoja carpelar, posee 2 óvulos, estróbilos masculinos amentiformes constituidos de numerosas hojas polínicas, cada una de las cuales lleva 2 sacos polínicos. (Sierra, Vázquez-Soto & Rodríguez, 1994).

#### **2.2.3.4. Semillas.**

Sierra, Vázquez-Soto y Rodríguez (1994) mencionan que puede ser de 5 a 7 mm de largo por 3 a 5 mm de ancho con ala estrecha y larga, con 8 cotiledones, pudiendo variar de 5 a 12. Fructifica a los 10 años, puede contener entre 20 000 a 35 000 semillas/kg, con poder germinativo de 60 a 80 % (4 años de almacenamiento), todas las semillas de pino tienen una ala que debe ser retirada antes de ser plantada y una de las formas de sacar las alas son poniéndolas en una bolsa y frotarlas para que se desprenda

#### **2.2.3.5. Raíces.**

Presenta un sistema radicular bastante extenso, profundo cuando el suelo lo permite, es robusto, bien distribuido y se desarrolla en forma general en los primeros 50 cm de profundidad. Las raicillas se remontan en la materia orgánica, no tiene raíz principal, salvo en su estado joven. (Sierra, Vázquez-Soto & Rodríguez, 1994).

## **2.2.4. Labores culturales**

### ***2.2.4.1. Fertilización.***

Aplicar fertilizantes foliares en dosis 20-20-20 (N-P-K) cada quince días, en tres ocasiones. Se recomienda aplicar fertilizantes de liberación lenta (picomódulos 30-15-10); además de micorrizas. La aplicación de esporas al sustrato puede ser a través del riego, o con la adición de raíces jóvenes de pino maceradas (Arteaga, 1983).

### ***2.2.4.2. Deshierbes.***

El deshierbe continuo de pasillos y al interior de los envases que contienen las plantas evitará problemas de competencia por luz, agua y nutrientes; además favorecerá condiciones de sanidad. Es importante tener cuidado con el número de plántulas que se encuentran en los envases, lo más recomendable es mantener solamente una planta por envase, la más vigorosa, eliminando las restantes (Arteaga, 1983).

### ***2.2.4.3. Acondicionamiento de la planta previo al trasplante definitivo.***

Arteaga (1983) menciona por lo menos un mes antes de su traslado al sitio de plantación se deberá iniciar el proceso de endurecimiento de las plantas, éste consiste en suspender la fertilización, las plantas deberán estar a insolación total los

riegos se aplicarán alternadamente de retirarlos durante uno o dos días.

Esto favorecerá que las plantas presenten crecimiento leñoso en el tallo y ramas. Para estimular el crecimiento radicular se recomienda la poda de raíces 15 días antes del transporte de las plantas al sitio de plantación.

#### **2.2.4.4. Riego.**

Proyecto FAO (S/f) manifiesta que debido a sus requerimientos de agua se debe proveer obras de cosecha de agua para el establecimiento de la plantación. Realizar podas frecuentes para la producción de Madera de calidad, hacer raleos para evitar competencia.

#### **2.2.5. Principales enfermedades y plagas**

Según, Sierra, Vázquez- Soto y Rodríguez (1994) las principales enfermedades y plagas son las siguientes:

##### **2.2.5.1. Principales enfermedades.**

En el vivero se tiene la chupadera fungosa, enfermedad muy común en del genero *Pinus*. En el Perú se ha comprobado que los causantes de esta enfermedad son los hongos:

- Marchitez de los brotes (*Diplodia pinea*)

- Banda Roja. (*Dothistroma pini*)
- Chancro Resinoso (*Fusarium circinatum*).

#### **2.2.5.2. Principales plagas.**

Las plantaciones recién establecidas están expuestas a daños ocasionados por las condiciones meteorológicas, insectos, hongos y virus, así como incendios, animales salvajes y domésticos e inclusive el hombre.

- La "Procesionaria del pino" (*Thaumetopoea pityocampa*)
- Polilla del pino (*Rhyacionia buoliana*)

#### **2.2.6. Propagación sexual**

##### **2.2.6.1. Obtención y manejo de la semilla.**

Las semillas a utilizar deben provenir de individuos sanos (libres de plagas y enfermedades), vigorosos, con buena producción de frutos, y preferentemente de fuste recto sin ramificaciones a baja altura (Arriaga, Cervantes & Vargas-Mena, 1994).

##### **2.2.6.2. Recolección.**

Constatar la madurez fisiológica de las semillas. La obtención de conos puede realizarse escalando el árbol y haciendo el corte manualmente, o con

garrochas especiales de corte; esta actividad debe realizarse de tal forma que las ramas y meristemas de crecimiento no se dañen, de lo contrario la producción de frutos de la próxima temporada se verá afectada (Jensen, Christensen, Baadsgaard & Stusbsgaard, 1996).

Los conos se depositan en sacos, cuidando de mantenerlos a la sombra y debidamente etiquetados, posteriormente se transportan al vivero lo más rápido posible (Arriaga, Cervantes & Vargas-Mena, 1994).

#### ***2.2.6.3. Obtención de las semillas de los frutos en el vivero.***

En el vivero los frutos se ponen a secar con el fin de disminuir su contenido de agua y concluir con la maduración, lo que propiciará la apertura de los conos. Los métodos de secado pueden ser al aire libre, por una corriente de aire seco a través de ellos, o bien secados al horno. En el caso de las especies con conos seróticos es recomendable que estos se sumerjan en agua caliente (entre 40 y 60 °C) previo al secado, esto con la finalidad de favorecer su apertura. También pueden sumergirse los conos en agua caliente de 1 a 2 minutos, con secado en estufa a 49 °C, durante 48 a 72 horas o bien de 3 a 7 días al aire libre para la realización de investigaciones (Sierra, Vázquez- Soto & Rodríguez, 1994).

Una vez que las semillas se han liberado el siguiente paso es el desalado; éste se realiza manualmente, en húmedo, o por métodos mecánicos, en seco. La limpieza se realiza por métodos mecánicos, para removerlas impurezas y semillas

vanas, los propágulos se colocan en tamices vibratorios, con diferentes tamaños de malla, y son expuestos a corrientes de aire; otra opción es la flotación en agua (Arriaga, Cervantes & Vargas-Mena, 1994).

#### ***2.2.6.4. Método de selección de la semilla.***

La selección se puede realizar por diferentes métodos, una vez que se ha concluido el proceso de limpieza las semillas llenas (controlar condiciones físicas de la semilla), son seleccionadas por tamaños, utilizando la flotación por aire o cajas especiales con diferentes tamaños de apertura para realizar el tamizado (Arriaga, Cervantes & Vargas-Mena, 1994).

#### ***2.2.6.5. Número de semillas por kilogramo.***

Varía de 22 707 a 34 612 semillas/kg; de un 1 kg de conos se obtienen aprox. 408 g de semillas (Sierra, Vázquez-Soto & Rodríguez, 1994).

#### ***2.2.6.6. Características de las semillas.***

Las semillas son ortodoxas (Hong, Linington & Ellis, 1996).

Este tipo de semillas puede almacenarse con contenidos de humedad de 6 a 7 % y temperaturas  $\leq 0$  °C; tales condiciones permiten mantener la viabilidad por varios años. Generalmente las semillas ortodoxas presentan algún tipo de latencia (Arriaga, Cervantes & Vargas-Mena, 1994).

#### ***2.2.6.7. Condiciones para mantener la viabilidad de las semillas.***

Almacenamiento en congelamiento  $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con un contenido de humedad de 5 a 10 %. En las condiciones de almacenamiento arriba descritas se reporta una viabilidad del 50 % de las semillas al cabo de 21 años (Sierra, Vázquez- Soto & Rodríguez, 1994).

#### ***2.2.6.8. Tratamientos pre germinativos.***

Se recomienda la estratificación a una temperatura entre  $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , de 1 a 7 días para semillas frescas, y para semilla almacenada de 7 a 21 días. Porcentaje de germinación obtenido de 70 a 80 %. Tiempo necesario para la germinación de las semillas de 5 a 6 semanas (Sierra, Vázquez-Soto & Rodríguez, 1994).

#### ***2.2.6.9. Método de siembra.***

La siembra puede realizarse directamente en envases individuales, o por almácigo, cuando la siembra es directa se sugiere sembrar 2 semillas por envase. Cuando el cultivo parte de almácigos el repique a los envases se realiza cuando las plántulas alcancen 3 a 4 cm de altura y tengan lo que se conoce como “cabeza de cerillo”, antes de que aparezcan las hojas o acículas primarias. Si no se tiene cuidado, el trasplante del semillero al envase puede producir daños severos a la planta, especialmente deformaciones a la raíz (Arriaga, Cervantes & Vargas-Mena, 1994).

La siembra puede realizarse al aire libre o en invernadero, el uso de este

último reporta un adelanto de varias semanas en el desarrollo de la planta, pero a cambio de una deuda temporal en vigor, por lo que la planta debe ser aclimatada antes de su plantación en campo (Sierra, Vázquez-Soto & Rodríguez, 1994).

#### **2.2.6.10. Características del sustrato.**

El sustrato debe presentar consistencia adecuada para mantener la semilla en su sitio, el volumen no debe variar drásticamente con los cambios de humedad, textura media para asegurar un drenaje adecuado y buena capacidad de humedad. Fertilidad adecuada, libre de sales y materia orgánica no mineralizada. Cuando el sustrato es inerte una mezcla 2:1:1 de turba, vermiculita y perlita o agrolita, es adecuada para lograr buen drenaje (Arriaga, Cervantes & Vargas-Mena, 1994).

Se ha utilizado con éxito una mezcla de tierra de monte, rica en micorrizas, con arena de río en una proporción 7:3:2, respectivamente (Sierra, Vázquez-Soto & Rodríguez, 1994).

Pérez & Moreno et al. (2008) dicen adicionalmente diversas investigaciones han utilizado especies del genero *Laccaria* para la aplicación en la Micorrización controlada de planta de vivero, debido a que se han registrado efectos benéficos en las plantas inoculadas de términos de crecimientos aéreo, radical y contenido nutrimental, por ejemplo *Laccaria laccata* con *Pinus pinaster*.

Abarca & Díaz-Sala S/f sugieren que en hipocótilos de plántulas de 60 a 90

días factores dependientes del desarrollo impiden que este gen responda ante posibles variaciones en los niveles de auxina. Dado que los hipocótilos de plántulas de 60 días alcanzan porcentajes de enraizamiento que superan el 80 % es probable que las vías de señalización para responder a auxina e inducir raíces adventicias sean reversibles en el tiempo antes de alcanzar una determinada edad.

Por lo que es posible que PrSCLI esté involucrado tanto en la formación de raíces adventicias como el desarrollo de las yemas caulinares, quizá como consecuencia de funciones relacionadas con la formación de meristemas. También en *Arabidopsis* el gen AtSCR además de su papel principal en identidad celular y patrón radial de la raíz parece presentar funciones en órganos aéreos en relación con las divisiones celulares asimétricas (Greb et al, 2003).

Wysocka & Diller et al (2000) mencionan que pueden apoyar la posible función de PrSCLI en relación con la formación y/o actividad de meristemas en la planta.

#### **2.2.7. Usos de *Pinus radiata***

Limache (1985) menciona en cuanto a los usos de la madera de *Pinus radiata*, los autores coinciden en señalar múltiples aplicaciones, así por ejemplo, lo consideran como materia prima para envases, pisos, parquet, puertas, ventanas, vigas, pilotes, muelles, carrozado de vagones, durmientes, postes telefónicos de alta y baja tensión, cercos, mangos de herramientas, partes de máquinas industriales y

agrícolas, zócalos, cielos rasos, pasta para papel, alimento ganadero, artículos torneados, etc. A ellos se agrega los subproductos que se obtiene como aceites, resinas, etc.

#### **2.2.8. Manejo**

Proyecto FAO S/f manifiesta que debido a sus requerimientos de agua se debe prever obras de cosecha de agua para el establecimiento de la plantación. Realizar podas frecuentes para la producción de madera de calidad, prever raleos para evitar competencia.

Limache (1985) añade que para producir plántones de pino en viveros se debe prestar atención al proceso de micorrización, puesto que esta especie forestal no desarrolla satisfactoriamente cuando carece de la asociación respectiva.

#### **2.2.9. Plantaciones de *Pinus radiata* en el Perú**

La primera plantación de pinos en el Perú (5 “ha”. de *Pinus radiata* D. Don) fue realizada en Huánuco y ejecutada por la familia Torne en el predio Mitotambo, distrito de Kichki. Este predio de 114 hectáreas. Al ser afectado por la reforma agraria en 1977 fue cedido a favor de la ex dirección Gral. Forestal y de Fauna del ministerio de agricultura. Luego se declaró como rodal semillero Mitobamba (Karim Vergara Altamirano, tesis 2004).

Semiabobio (2003) menciona en el Perú existen varias plantaciones con *Pinus radiata* y así como de otras especies de pino, habiendo sido introducidas al país mediante semillas. Estas plantaciones varían en cantidad de hectáreas y de edad, siendo difícil establecer exactamente la cantidad a nivel nacional. En Cajamarca existen muchas plantaciones en menor escala pero hay dos predios en donde sí se puede establecer la cantidad de áreas y edad, así tenemos “el predio Granja Porcón” de la cooperativa Atahualpa – Jerusalén, la que tiene unas 8 000 “ha”. De las cuales el 99 % son de bosques de pino de diferentes variedades, así como *Pinus pátula* de 6 400 “ha”. (79,98 %), de 20 años de edad. *Pinus radiata* de 1 040 “ha”. (13 %) de 15 años, *Pinus michoacana* de 160 “ha”. (2 %) con 18 años, *Pinus pseudostrobus* de 240 “ha”. (3 %) con 18 años y *Pinus montezumae* de 160 “ha”. (2 %) con 18 años de edad. Actualmente se viene explotando la madera de pino procedente del raleo selectivo que se efectúa en los bosques.

Tenemos también las plantaciones de pino de la SAIS Sunchubamba en donde se han introducido varias especies de pino de las cuales no existe una información oficial ni completa de la cantidad de hectáreas. Siendo esta aproximadamente de 8 000 a 9 000 y la especie predominante es *Pinus radiata*.

#### **2.2.10. Concepto general de hongos**

PRONAMACHS (1998) dice los hongos son plantas que no pueden producir su propio alimento, porque son incapaces de convertir la luz del sol en energía requerida para producir azúcares. Consecuentemente, los hongos deben adquirir sus

alimentos de otras plantas incluyendo arboles forestales. Algunos hongos son perjudiciales al desarrollo de los arboles mientras que otros los favorecen al parasitar sus órganos al adquirir los alimentos que necesitan.

#### **2.2.11. Hongos micorríticos**

PRONAMACHS (1998) menciona los hongos micorrizales o micorrítico colonizan las raíces de las plantas, formando extensos hilos fungosos en forma de raíz, llamados hifas. Estas penetran el suelo, incrementando el área de las superficies de absorción.

Muchos autores de investigadores indican que estos hongos se desarrollan de preferencia en suelos ácidos y que el pH óptimo varía con las diferentes especies de hongos. A mayor humedad del suelo las micorrizas son más abundantes. Además se ha comprobado que el desarrollo de las micorrizas varía inversamente con la fertilidad del suelo. Las micorrizas ocurren normalmente en suelos que tienen deficiencia en uno o más minerales. Asimismo se indica que la presencia de ciertas vitaminas y aminoácidos son factores que influyen en la distribución y actividades de los hongos micorrizales.

Semiabobio (2003) ha realizado estudios de la flora fungosa micorrítica en la sierra peruana habiendo identificado los hongos y ubicados por departamento las plantaciones donde han sido recolectados los cuerpos fructíferos.

##### **2.2.11.1. Función de los hongos micorríticos.**

El micelio de los hongos que se encuentran en las raíces micorrizadas desempeña un papel importante en la nutrición. Se explica que este micelio, al ocupar un mayor volumen del suelo permite a las raíces micorrizadas competir con mayor ventaja por los nutrientes del suelo en relación a los otros microorganismos. Se ha comprobado que los hongos micorrízicos producen un antibiótico antibacteriano natural llamado “diatreynadepoliacetileno” el cual actúa como un controlador biológico en combinación de sustratos óptimos y con pH ligeramente ácido para el caso de los hongos que producen la enfermedad conocida como “Damping off” o chupadera fungosa en almacigo y en las plantas repicadas (Semiabobio, 2003).

#### **2.2.11.2. Beneficios de los hongos micorrízicos (IDEMA – 1990).**

- Incremento notable en la superficie de absorción de los pelos radiculares más la que se produce por la cobertura producida por el hongo.
- Mejoramiento de la absorción iónica y acumulación más eficiente y selectiva especialmente en el caso del fósforo.
- Solubilización de minerales que se encuentran en el suelo, facilitando su absorción por las raíces de las plantas.
- Incremento de la vida útil de las raíces absorbentes, las raíces micorrizadas persisten durante mayor tiempo que las raíces no micorrizadas.
- Resistencia de raíces a infecciones causadas por hongos patógenos, tales como: *Phytophthora spp.*, *Pythium spp.*, *Fusarium spp.* Y *Rhizoctonia*, especialmente en coníferas en época de lluvia.

- Incremento de la tolerancia del árbol a las toxinas del suelo (orgánicas e inorgánicas), con valores extremos de acidez del suelo y mayor resistencia a las sequias.

Por otra parte debe mencionarse que algunas especies de hongos micorríticos son más beneficiosos que otras para el desarrollo de determinada especie forestal, así como algunas especies arbóreas en especial del genero *Pinus*, tienen necesidad obligada de esta asociación para desarrollar bien, esta característica no parece ser importante para otras especies de árboles.

#### **2.2.12. Características taxonómicas de hongo *Boletus edulis***

Verpa (1998) dice es un hongo robusto y macizo. El sombrero mide hasta 25 cm de diámetro y el pie, grueso y panzudo, de 5 a 12 cm de longitud y hasta 7 cm de grueso. El color de la superficie del sombrero es pardo claro o canela. Los poros al principio son blancos, más tarde amarillentos y terminan de color verdoso, siempre fáciles de separar del sombrero. El pie es de color pardo con un fino retículo. Las esporas son amarillentas y la esporada aceitunada. De forma general en montes de pinos, robles y hallas desde el verano a principios del invierno, en terrenos silíceos y no muy secos de más de 550 mm de precipitación anual. Es más abundante en sustratos procedentes de la degradación de areniscas y conglomerados de cuarcitas con areniscas, así como granitos y gneis. Los suelos deben ser ácidos o subácidos.

En España las mayores producciones de este hongo se cifran entre 100 y

400 kg/ha y años muy favorables. A nivel general en comarcas enteras con hábitat adecuado se alcanzan medias corrientes cercanas a los 30 kg/ha y año sobre areniscas con 650 a 850 mm de precipitación anual y hasta los 1 500 m de altitud.

Limache (1985) indica que la ubicación del espécimen en estudio queda comprendida dentro de los hongos superiores de la siguiente manera:

División : Basidiomycota  
Subdivisión : Basidiomycotina  
Clase : Homobasidiomycetes  
Subclase : Agaricomycetidae  
Orden : Boletales  
Familia : Boletaceae

### **2.2.13. Definición de micorrizas**

Barea (1990) dice Botánicamente, micorrizas es la asociación mutualista (no atogénica) entre un hongo del suelo y las plantas superiores, la palabra Mycorriza (raíz – hongo) del griego Mikes (hongo) y rhiza (raíz) fue reconocido por Frank (1855) para describir la unión de dos organismos diferentes que forman un solo órgano microbiológicamente, donde ambos se benefician (Sieverding,

1991). Basándose en las características morfológicas de la infección, se distinguen cinco tipos de micorrizas: formadoras de manto (ectomicorrizas), vesículo-arbusculares (endomicorrizas), arbutoides (ecten domicorriza), ericoides (endomicorriza), y orquidoides (endomicorriza).

Harley & Smith (1983) dice los hongos ectomicorríticos difieren en gran medida en sus efectos sobre el hospedador. La diversidad fisiológica de las diferentes especies influye en el grado de desarrollo de la micorriza y en la respuesta de crecimiento de la planta hospedadora. Más aun, las actividades metabólicas de estos hongos y sus requerimientos nutritivos manifiestan una adaptación a la vida simbiótica que puede resultar de alguna forma limitante en condiciones de vida libre.

La mayor proporción de fosforo total presente en el suelo se encuentra en forma orgánica. La presencia en los simbioses fúngicos de fosfatasas acidas de superficie, capaces de hidrolizar cierta cantidad de los compuestos de fosforo orgánico hace suponer que la micorriza puede contribuir a la nutrición de fosforo de la planta hospedadora, además aumentando la superficie de absorción radical, mediante la producción de enzimas extracelulares, que permiten a la planta este (pool) de fosforo, contribuyendo a movilizar una fracción importante del fosfato presente en el suelo a otras fácilmente asimilables (Doumas & al. 1986; Ho y Zak, 1979).

Servicio Forestal, Caza y Pesca Español (2004) manifiesta que se ha

llegado a la conclusión de que la inoculación de hongos debe ser una práctica habitual en cualquier vivero, comercial o no, como factor de calidad de las producciones y como elemento corrector de desequilibrios producidos por inadecuadas prácticas culturales, teniendo en cuenta siempre que la especie fúngica a utilizar sea adecuada para el destino definitivo de las plantas. Además es de destacar que existen muchas especies de hongos generadores de ectomicorrizas, que son a su vez productores de setas comestibles, las cuales representan una importante fuente de ingresos.

Deschamps (2002) dice la planta micorrizada presenta un mayor valor de adaptación al ambiente, desarrollando un crecimiento vigoroso, aumento considerable de su sistema radicular, mayor resistencia a los organismos patógenos y adaptaciones importantes ante un stress de tipo climático. Por otra parte los hongos que se asocian simbióticamente, presentan una baja potencialidad de descomposición de la materia orgánica por lo que resulta que sus requerimientos nutricionales son fácilmente satisfechos con el consumo de los productos elaborados por el árbol en el proceso de fotosíntesis. De esta forma compiten con los hongos saprofitos en suelos con bajo contenido de carbono orgánico, estimulando de esta forma la estabilización de suelos.

Smith, Read (1996) & Turnau et al. (1997) mencionan la planta aporta al hongo azúcares y otros productos derivados de la fotosíntesis, mientras que el hongo permite, por medio del micelio, hifas externas o rizomorfos, un aumento en la absorción de agua y macronutrientes por parte del vegetal, lo cual incrementa la resistencia de las plantas en zonas con estrés hídrico y nutricional. Además, algunos

tipos de simbiosis permiten amortiguar la toxicidad debida a metales pesados.

Miyasaca citado por Molina (2004) menciona que en la asociación mutualista que se establece con la micorriza, el hongo coloniza biotroficamente la corteza de la raíz, sin causar daño a la planta, llegando a ser fisiológicamente y morfológicamente, parte de dicho órgano. A su vez la planta hospedera proporciona al hongo simbionte (heterótrofo), compuestos carbonados procedentes de la fotosíntesis, y un hábitat ecológico protegido, se sabe que algunas micorrizas juegan un papel muy importante en el desarrollo de las plantas y en el ciclo de nutrientes en el ecosistema, se encuentran prácticamente en todos los suelos y climas de la tierra y solo en unas pocas familias botánicas hay especies que no forman micorrizas.

#### **2.2.14. Historia de las micorrizas**

Carbaye J. & otros (1988) comenta que las micorrizas fueron descritas por Theodore Hartig en coníferas, pero no investigo. Un alemán llamando Frank publicó en 1885 los resultados sobre la relación de la micorriza con el crecimiento de las plantas y el hongo en los bosques; quien a su vez invento el término de “micorriza” Melinn y Bjorkman en Suecia, Harley en Gran Bretaña y Hatch & Doak en EEUU. Han explorado mediante investigaciones la función de las micorrizas en los árboles.

Raisman (2004) afirma que en 1990 el francés Bernard puso de manifiesto su importancia estudiando las orquídeas, las primeras que despertaron interés

fueron las micorrizas de los árboles forestales y aunque de las plantas cultivadas comenzaron a estudiarse en 1910, es recién después de los trabajos de Mosse en Inglaterra en 1955 cuando se empieza a reconocer la importancia y la generalidad de esta simbiosis.

#### **2.2.15. Importancia de la simbiosis**

Miguel (S.f) describe esta simbiosis como un sistema de absorción que se extiende por el suelo y es capaz de proporcionar agua y nutrientes (nitrógeno fosforo principalmente) a la planta, y proteger a las raíces contra algunas enfermedades. El hongo por su parte recibe de la planta azúcares provenientes de la fotosíntesis. Existen miles de especies de hongos micorrízicos que forman esta simbiosis con los árboles.

Rodríguez (s.f.) dice que la asociación micorrízica es uno de los factores que contribuyen en crecimiento y desarrollo del género *Pinus* y otras especies forestales.

Mecinas (1952) añade que las micorrizas son importantes para la nutrición mineral, crecimiento y sobrevivencia de las plantas.

#### **2.2.16. Importancia económica de la micorriza**

Vozzo (1984) indica que el fracaso en los proyectos de reforestación con coníferas en diferentes países como el Puerto Rico, Costa Rica, Filipinas y algunas praderas

al centro de los estados unidos, ha sido atribuido a la ausencia de hongos micorrizales. La introducción de humus de plantaciones o cultivos de hongos micorrizales fueron para facilitar a los arboles a crecer en estas áreas. En Florida, la siembra directa de coníferas en pantanos recuperados hubiera fracasado sino se agregaba humus de micorrizas en las semillas.

### **2.2.17. Formación de las micorrizas**

Garbaye & otros (1988) comentan que la infección del huésped por las ectomicorrizas empieza en la primavera cuando empiezan el crecimiento de la planta. El inóculo consiste de elementos activos como esporas, raíces micorrizadas trozadas, micelios en el suelo y ocasionalmente rizomorfos. Las raíces largas son infectadas primero y las raíces alimenticias cortas son infectadas antes que emergen del córtex. El número de raíces cortas es casi el doble en las plantas infectadas comparadas con las no infectadas y la presencia del hongo retrasa la absorción o pérdida de las raíces cortas. El desarrollo radicular está en relación a la presencia o deficiencia de nitrógeno, fosforo y posiblemente potasio. Si los pinos son bien fertilizados con nutrientes, pocas micorrizas van desarrollar. Así las plantas en suelo fértil normalmente tienen pocas micorrizas que aquellas en suelos infértiles. El desarrollo de las micorrizas pueden reducirse con poca cantidad de luz *Conococcum graniforme* es la más tolerante de las especies que ocurren comúnmente. El pH más favorable para estos hongos está alrededor de 4,0 – 5,5. Diferentes hongos forman micorrizas a diferentes temperaturas y no exigen temperatura óptima. Los suelos demasiado húmedos y secos son dañinos para las micorrizas; *C. graniforme* es

favorable con relación a otros hongos en suelos secos.

PRONAMACHS (1998) señala que la infección micorrizal se inicia a partir de esporas e hifas (propágulos) de los hongos simbioses en la rizósfera de las raíces. El propágulo es estimulado por los exudados radiculares y crece vegetativamente sobre la superficie de estas raíces, formando el manto fungal. A continuación, las hifas empiezan a desarrollarse intercelularmente en la corteza de la raíz, formando la red Hartig, la cual puede remplazar completamente la lámina media entre las células de córtex. La presencia de la asociación micorrizal en las plantas es tan común bajo condiciones naturales del suelos que una planta sin Micorrizar es una excepción más que una regla.

Guido (1984) menciona que los suelos que determinan el desarrollo de las micorrizas sobre las raíces de los pinos son los de textura suelta (arenosos) con un alto contenido de materia orgánica descompuesta (humus), buena aireación, donde exista la posibilidad de fácil desarrollo de los hongos. Los hongos requieren suelos de reacción acida pH de 4 a 5. El crecimiento es muy pobre en pH mayor o menor, no obstante existen micorrizas en forma natural en suelos calcáreos, con el hongo *Boletus edulis*. La temperatura óptima para el desarrollo de las micorrizas es entre 14 y 30 °C habiendo hongos que se adaptan a temperaturas bajas y otros a temperaturas altas.

#### **2.2.18. Clases de micorrizas**

Marx & Kenney (1984) clasifica a las micorrizas en tres grandes grupos basados en

la relación física de los hongos y las células radiculares. La terminología de estos tipos ha experimentado recientes cambios. Estos tres tipos de micorrizas son los más comúnmente conocidos por los investigadores y especialistas en el estudio de las micorrizas estas son:

#### ***2.2.18.1. Ectomicorrizas.***

PRONAMACHS (1998) manifiesta las ectomicorrizas son las más comunes en los arboles forestales de las regiones templadas especialmente en pináceas en las coníferas y en algunas plantas angiospermas. Suele producirse en raíces secundarias de crecimiento limitado las cuales son rodeados por un manto fungoso el cual puede tener 60 micrones de espesor, los filamentos de los hongos se introducen entre las células que forman la corteza de la raíz, pero nunca dentro de ellas, formando una estructura que recuerda mucho a una red, se llama RED DE HARTIG, además añade que crece naturalmente en las pináceas como pinos, abedules alerces y abetos entre otros.

Zegarra (1981) menciona que la red o manto es a menudo coloreado de blanco o negro, dependiendo de las hifas del hongo involucrado, usualmente es de superficie lisa, aunque puede ser rugosa suelta y tener muchas hifas irradiando hacia el suelo.

Marx (1984) menciona que las Ectomicorrizas ocurren naturalmente en las raíces secundarias en pino abeto, alerce, eucalipto, haya, abedul, roble, nogal

americano y otros árboles en Norteamérica. Las ectomicorrizas pueden distinguirse microscópicamente de las no micorríticas por su forma hinchada y generalmente son ramificadas. La bifurcación de las raíces puede estar estimulada por otros factores que por la infección del hongo ectomicorrizal. Las ectomicorrizas pueden ser no bifurcadas (monopoidales) forma de “Y” o bifurcadas, multibifurcadas (coraloide) o de otras formas. Una ectomicorriza monopoidal de pino puede tener como medida de 1 a 2 mm (diámetro y longitud), y una coraloide compleja puede ser de 10 x 15 mm. Algunas raíces de pino no micorrizadas tienen aproximadamente de 1 a 24 mm. Bajo el microscopio, las hifas de los hongos ectomicorrizales pueden observarse creciendo internamente alrededor de las células corticales primarias de las raíces formando la red de Hartig, de aquí el prefijo “ecto”. Esta red está formada por las hifas del hongo, parece reemplazar la lámina media, es una capa normalmente compuesta de pectinas las que cementan las células corticales. Estos hongos no infectan el tejido meristemático o vascular. Las hifas de los simbiontes fungales normalmente rodean las raíces alimenticias en un molde muy apretado ondulado llamado “manto fungal”. El espesor del manto ectomicorrizal está dado por una o dos hifas o varias docenas de hifas. Las ectomicorrizas pueden ser blancas, marrones, amarillas, negras, azules u otra gama de colores. Todos los colores están aparentemente determinados por el color de las hifas que forman el manto fungal.

Gonzales (1965), describe tres tipos de micorrizas ectotróficas o ectomicorrizas en pinos:

Gabemykorrhiza (coraloide), la más común en suelos forestales. Está formado por

pequeñas raíces ramificadas en forma dicotómica que pueden aparecer aisladas o en grupos.

- Knollenmykorrhiza (tuberculada), también abundante en suelos forestales y formada por dictomías reunidas y agrupadas una contra otras que en conjunto asemejan cuerpos tuberculados.
- Einfachmykorrhiza (simple), consiste con una corta raíz con la extremidad dilatada pudiendo ser fina y larga, formando como un nuevo manto. Se puede considerar a esta última como un estado nuevo de las dos anteriores.

#### **2.2.18.2. Endomicorrizas.**

Marx (1984) afirma que los hongos endomicorrizales forman una red floja en la superficie de las raíces secundarias en lugar de un manto fungoso de usos característico de algunas ectomicorrizas. Muchas veces estos hongos tienen esporas alargadas, conspicuas de paredes delgadas en las raíces, en la rizósfera y algunas veces entre el tejido cortical. Las hifas de los hongos endomicorrizales penetran la pared celular de la epidermis y crecen en las células corticales de las raíces, de allí el prefijo “endo”. Las hifas que infectan las células corticales pueden desarrollar estructuras absorbentes (haustorias) llamadas arbusculas o vesículas de paredes delgadas, esféricas u ovadas. Algunas veces ambas estructuras penetran el mismo tejido. El termino vesícula arbuscular (VA) ha sido utilizado para denotar este tipo de micorriza VA. Como en la ectomicorriza, la infección endomicorrizal no progresa dentro del tejido meristemático o vascular. Ni a ecto y/o endomicorriza cambian significativamente la apariencia de las raíces alimenticias.

Los hongos que forman endomicorrizas con árboles son principalmente

ficomicetos. No producen esporas redondas en formas de mazo o cuerpo fructífero exteriormente. Estos hongos se desparraman al ras del suelo por medio de hifas que crecen de raíz a raíz que son diseminadas de una a otra área por el agua o por medio de animales causando el movimiento del suelo infectado u otros materiales. Algunos hongos endomicorrízales en plantas forestales pertenecen al género endógone. Estos hongos están diseminados y no hay sitio en el mundo en que no puedan ser encontrados. En ausencia de un huésped, las esporas son capaces de sobrevivir en estado de dormancia durante algunos años en el suelo. Basado en la cantidad de trabajos hechos sobre las endomicorrizas, algunas especies de hongos tienen un amplio rango de huésped. Por ejemplo *Endogone mosseae* forma endomicorrizas con sicamoro, arce, Cotton Wood, pópulos amarillo, goma dulce y algarrobo negro. Este hongo forma endomicorrizas en cultivos agrícolas tales como el algodón, soya, cítricos y duraznos.

PRONAMACHS (1998) dice que este tipo de micorriza se ha encontrado en cultivos agrícolas económicamente importantes, así como cultivos frutícolas como nogal, manzano, mandarina, naranja y fresa entre otros. También se presentan en algunos árboles como el arce, olmo y fresno principalmente.

### ***2.2.18.3. Ecto – endomicorrizas.***

Esta clase de micorriza se ha encontrado en raíces de coníferas, tienen las características de ecto y las endomicorrizas. Las clasificaciones taxonómicas del hongo pueden pertenecer a distintos grupos de hongos o ellos pueden ser

actualmente ectomicorrizas.

Los que forman un tipo morfológico diferente de micorrizas. Anatómicamente las ecto-endomicorrizas pueden o no pueden tener un manto fungoso delgado, pero tienen la red Hartig entre las células corticales. Las hifas generalmente son de diámetro pequeño, penetran las células de la corteza primaria de tal manera que reemplazan ciertos tipos de infección endomicorrízal. Las ecto-endomicorrizas raramente se hallan en árboles y suelos forestales, pero exclusivamente están confinadas a los pinos en vivero, en áreas boscosas o en suelos con condiciones adversas. Los pinos que forman ecto-endomicorrizas en viveros eventualmente pueden formar ectomicorrizas después que son llevados al campo (Marx, 1984).

PRONMACHS (1998) menciona que las ecto – endo micorrizas son ecológicamente menos importantes que las otras dos. En la sierra y selva peruana se han encontrado este tipo de micorrizas en eucaliptos y latifoliadas. Manifiesta que es necesario estudiar este tipo de micorrizas en el Perú, sobre todo en plantas nativas de altura como la quenua y el colle entre otras.

Ruiz (1992) distingue por lo menos cinco tipos de asociaciones micorríticas, las cuales involucran diferentes clases de hongos y plantas hospederos y distintos patrones morfológicos. Las asociaciones más comunes son:

- ✓ Micorrizas vesículo – arbusculares (MVA), en las que los hongos Zygomycetos producen arbuscos, hifas y vesículas en las células corticales de la raíz.

- ✓ Ectomicorrizas en donde Basidiomicetos y otros hongos forman un manto alrededor en las raíces y una estructura llamada red de Hartig entre las células radiculares.
- ✓ Micorrizas orquídeas, en donde los hongos producen serpentones de hifas dentro de las raíces (o tallo) de las plantas orquídeas.
- ✓ Micorrizas ericoides, donde los serpentines de hifas son producidas en las células exteriores de pelos radiculares en los ericales.
- ✓ Micorrizas arbutoides, un tipo de endomicorriza asociado en los géneros arbustos y monótrofa.

#### **2.2.19. Diferencias morfológicas de ectomicorrizas**

Grand & Harvey (1984) manifiestan: que la variación en la ramificación de las ectomicorrizas es considerable. Las ramificaciones pueden variar desde simple monopodial a coraloide, con un número de formas intermedias. Un solo tipo puede ser una sola combinación hongo – huésped. Además puede alterar el resultado, sobre todo si se está interesado en una combinación difícil, aun cuando solo se conozca el número de ectomicorrizas y no su identidad (procedimiento comúnmente usado).

#### **2.2.20. Factores dañinos a las micorrizas**

Según PRONAMACHS (1998), menciona lo siguiente:

Reducción de oxígeno del suelo (compactación del suelo, debido al uso indebido

de sustratos pesados). Alteración del pH del suelo (uso indebido de fertilizantes o cal, y descuido en chequear el pH del agua usada con algún tratamiento químico).

Condiciones de suelo, sometido principalmente a incendios forestales. Prolongadas inundaciones (suelo compactado o encharcamiento en áreas con poco drenaje).

Toxicidad química por uso indebido de fertilizantes y herbicidas o introducción de hierbas o grasas que liberan sustancias inhibitorias de sus raíces.

Todas estas condiciones pueden ser fácilmente evitadas si se pone mucha atención al ambiente forestal donde se está trabajando y a los métodos potencialmente dañinos que se están empleando.

#### **2.2.21. Formas de micorrizar**

PRONAMACHS (1998) indica que las micorrizas se presentan en las raíces bajo dos maneras:

- Al natural, en la mayoría de especies forestales, hierbas y arbustos cuando están ausentes las micorrizas se observan claros síntomas de debilidad de las plántulas (amarillamiento generalizado) la micorrización natural es lenta y muchas veces el hongo no es el más apropiado para el huésped y para las condiciones del suelo.

- La micorrización artificial se realiza mediante el uso de hongos vegetativos, el que consiste en la selección y aislamiento de hongos micorríticos y después son

propagados como semilla. La micorrización artificial es rápida y selectiva, dando la ventaja de inocular a un hospedero determinado con su hongo micorrítico apropiado.

#### **2.2.22. Técnicas de inoculación con ectomicorrizas**

PRONAMACHS (1998) señala que la mayoría de técnicas utilizan hongos como ectomicorríticos de la clase basidiomicetos para inocular plantas de pino y eucalipto.

Destacan las siguientes técnicas:

- Inóculo suelo, este tipo de inóculo está constituido por suelo de humus colectado de plantaciones establecidas con plantas hospederas de estos hongos ectomicorríticos y fragmentos de raíces infestados por estos simbioses. Este método es preferido especialmente en los trópicos, porque es de fácil aplicación sin embargo Maghembe (1984) menciona que es susceptible a la introducción de insectos y patógenos.
  
- Inóculo con esporas, esporóforos de varios hongos ectomicorríticos han sido usados como para formar ectomicorrizas en plantas de especies forestales. Este tipo de hongos está constituido solamente por basidiosporas de hongos, pues la matriz vegetativa del esporóforos pierde la viabilidad durante el secado. Los hongos ectomicorríticos, tales como *Scleroderma*, *Rhizopogon* y *Pisolithus*, producen millones de basidiosporas, es uno de ellos, Maghembe, utilizo el género

*Scleroderma* para inocular *Pinus caribae* en Tanzania mediante la inoculación directa de basidiosporas.

- Inóculo vegetativo, el inóculo vegetativo constituido por micelio de hongos ectomicorrízicos ha sido recomendado por varios autores. Lamentablemente varias especies de hongos necesitan de nutrientes específicos, tales como la tiamina, biotina y carbohidratos. Este tipo de micorrización es considerado como el más eficiente, selectivo y seguro para obtener plántulas de pino robustas, sanas y resistentes a condiciones adversas en el menor tiempo posible en vivero. Este método de inoculación es utilizado en Estados Unidos de América con el hongo *Pisolithus tinctorius*.

Zegarra (1981) menciona que esta técnica consiste en triturar a los cuerpos fructíferos de los hongos micorrízogenos y las esporas; se mezclan en forma homogénea con la tierra superficial de vivero, el método tiene mayor aplicación cuando se practica siembra directa, esta técnica es usada actualmente en algunos viveros de la sierra del Perú.

Loroña (1992) recomienda realizar la inoculación del hongo en el momento del trasplante puesto que es el momento apropiado para que la micorríza incremente la capacidad radicular de la plántula y la absorción de nutrientes.

### **2.3. Definición de términos, por educarm**

**2.3.1. Plántula.** Una plántula es un individuo que ha sido desarrollado a partir de

una semilla. Sin embargo, el término es comúnmente utilizado en forma relajada, cuando se hace referencia a otros tipos de productos del mismo vivero, como son los trasplantes, las estacas enraizadas e incluso “los callos” (los cuales son producidos a través de micropropagación).

**2.3.2. Trasplante.** Es una planta que ha sido removida de la cama de crecimiento, o del contenedor, y es replantada en otro sitio para continuar su crecimiento.

**2.3.3. Altura del tallo** es la distancia vertical desde el sustrato hasta el meristemo terminal o yema.

**2.3.4. El diámetro del tallo**, comúnmente llamado “calibre” o “diámetro del cuello de la raíz”, es el diámetro de la base del tallo principal.

**2.3.5. Clon**, en genética, un clon (griego κλών, klōn: «retoño») es un conjunto de individuos genéticamente idénticos que descienden de un mismo individuo por mecanismos de reproducción asexual.

**2.3.6. Bosque**, tierras de extensión superior a 0,5 ha con árboles de más de 5 m de altura y una cubierta de copas superior al 10 por ciento o árboles capaces de alcanzar esos umbrales in situ. No incluye las tierras que se utilizan predominantemente como suelos agrícolas o urbanos.

**2.3.7. Corteza**, capa exterior al cambium de un tronco, una rama o raíz leñosos.

Tejidos de un árbol exterior al cambium que están compuestos por la corteza interior viva y la corteza exterior muerta, parte exterior de los troncos y las ramas leñosos. Desde el punto de vista anatómico, incluye todos los tejidos vegetales exteriores al cambium.

**2.3.8. Conífera**, árbol que pertenece al orden de las Coniferales, habitualmente perenne, con conos y hojas en forma de aguja, punzón o en escamas, como el pino, la pinacea, el abeto y el alerce, denominados a menudo árboles resinosos.

**2.3.8. Diversidad genética**, la variabilidad genética dentro de una población o dentro de una especie. Es un aspecto de la diversidad biológica. La diversidad genética existe en tres niveles: a) diversidad dentro de las poblaciones reproductivas; b) diversidad entre poblaciones reproductivas; y c) diversidad entre las especies.

**2.3.9. Ecosistema**, complejo dinámico de comunidades de plantas, animales y microorganismos y su ambiente abiótico, que interactúa como unidad funcional. Unidad funcional compuesta por todos los organismos vivos (plantas, animales y microbios) de una zona determinada y todos los factores físicos y químicos de su medio que no están vivos, relacionados por el ciclo de los nutrientes y el flujo de energía. Un ecosistema puede tener cualquier tamaño —un rollo, un estanque, un campo, un bosque o la biosfera terrestre—, pero siempre funciona como una unidad completa. Los ecosistemas se suelen definir en función del tipo principal de vegetación (es decir, bosque, rodal viejo o ecosistema de pastoreo).

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

#### **3.1. Tipo de la investigación**

Experimental - cuantitativa

Experimental, porque se basa en la manipulación de variables replicando un fenómeno concreto y observando el grado en que la o las variables implicadas y manipuladas producen un efecto determinado. Los datos se obtienen de muestras aleatorizadas, de manera que se presupone que la muestra de la cual se obtienen es representativa de la realidad. Permite establecer diferentes hipótesis y contrastarlas a través de un método científico.

Cuantitativa, porque Permite un mayor nivel de control e inferencia que otros tipos de investigación, siendo posible realizar experimentos y obtener explicaciones contrastadas a partir de hipótesis. Los resultados de estas investigaciones se basan en la estadística y son generalizables.

## **3.2. Diseño de la investigación**

El diseño estadístico utilizado para la evaluación de pino con aplicación de micorrizas fue el diseño completamente al azar (DCA), con 5 tratamientos. Luego se utilizará la prueba de “F” a nivel alfa 0,05 (95 %) para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos. Se utilizara la prueba de significación de Tukey al 95 %.

### **3.2.1. Características del diseño experimental**

#### ***3.2.1.1. Dimensiones del experimento.***

- Largo del experimento : 2,15 m.
- Ancho del experimento : 1,10 m.
- Área total del experimento : 2,365 m<sup>2</sup>
- Área neta del experimento : 1,225 m<sup>2</sup>

#### ***3.2.1.2. Dimensiones del tratamiento.***

- Largo de tratamiento : 1,75 m
- Ancho de tratamiento : 0,70 m
- Área de tratamiento : 0,245 m<sup>2</sup>
- Tratamiento : 5,00
- Número de bolsas por tratamiento : 50,00

### 3.2.1.3. Requerimientos de Semilla.

- Sistema de siembra indirecta (almacigo y repique).
- N° de semilla / kg. 30 900 – 32 700 semillas.
- N° de semilla/unidad experimental 10 semillas.
- Total de número de semillas a emplear 250 semillas.

## 4. Tratamientos

**Tabla 2**

*Distribución de tratamientos del trabajo de investigación*

N°	Tratamientos	Repeticiones					Número de repeticiones
		1	2	3	4	5	
1	T1 Sin Inóculo	101	102	103	104	105	5
2	T2 Con hongo micorrítico molido ( <i>Boletus edulis</i> )	201	202	203	204	205	5
3	T3 Con tierra micorrizada (tierra de pino – <i>Boletus edulis</i> )	301	302	303	304	305	5
4	T4 Con hongo fresco ( <i>Boletus edulis</i> )	401	402	403	404	405	5
5	T5 Con raicillas de pino (Molidos)	501	502	503	504	505	5
	Número de tratamientos	5	5	5	5	5	250

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2 Croquis experimental



Figura 1. Croquis experimental

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3. Procesamiento estadístico

Con los datos muestreados en las unidades experimentales se realizó el análisis estadístico utilizando las siguientes pruebas:

- Análisis de varianza (ANVA). Determina si existe diferencia entre los tratamientos en estudio.
- Prueba de comparación de Tukey. Realiza comparaciones entre los promedios de los tratamientos

- Previamente aquellos datos obtenidos en forma de porcentaje han sido transformados a seno de arco (ver anexo).

### 3.2.3.1. Modelo Aditivo Lineal.

$$y_{ij} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{ij}.$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Observación de la unidad experimental.

$j$  = (repetición) a la que se le ha aplicado el tratamiento  $i$

$\mu$  = Medida general del experimento.

$\alpha$  = Efecto del tratamiento  $i$ : 1, 2, 3.

$E_{ij}$  = Efecto del error de la observación

### 3.2.3.2. Esquema de análisis de varianza.

**Tabla 3**

*Análisis de varianza*

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	F.cal.	Sig.
Tratamientos	t-1	$\Sigma(X^2 \text{ t/r}) - c$	SCt/gl	CMT / CMe	
Error	(t-1) (r-1)	Resta	SCe /gl		
TOTAL	tr - 1	$\Sigma(X^2) - c$			

Para la comparación de medias (promedios) se utilizara la prueba de Tukey, a un intervalo de confianza  $\alpha= 0,05$ .

### ***3.2.3.3.Hipótesis estadísticas.***

#### ***a. Para tratamientos.***

- Ho: Ningún tipo de micorrización influirá en la producción de pino.

- Ha: Al menos uno de los tipos de micorrización influirá en la producción de pino.

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

Se utilizó la población a base de las plántulas de pino con una cantidad de 250 plantas.

#### **3.3.2. Muestra**

El tamaño de muestra estaba conformado por 250 plántulas de pino y 5 tratamientos, cada tratamiento con 50 unidades de plántulas distribuidas en forma aleatoria, la unidad experimental conformado por 10 plántulas cada uno.

#### **3.3.3. Grupo de control**

50 plántulas de pino repicados sin inocular

### **3.3.4. Grupo experimental**

50 plántulas de pino repicados con hongo micorrítico molido.

50 plántulas de pino repicados con tierra micorrítica (tierra de pino – micorriza).

50 plántulas de pino repicados con hongo micorrítico fresco.

50 plantas de pino repicados con raicillas de pino (molidos).

### **3.4. Descripción de instrumentos para la recolección de datos**

#### **3.4.1. Material genético**

Como material experimental se utilizaron las semillas de pino.

#### **3.4.2. Otros materiales**

Los materiales a utilizar están conformados por herramientas, equipos de establecimiento, monitoreo y evaluación.

##### ***3.4.2.1. Herramientas.***

- Wincha y cordel
- Java de plástico
- Tijera de podar
- Pala, pico y rastrillo
- Zaranda

- Repicador
- Regadera

#### ***3.4.2.2. Equipos.***

- Cámara fotográfica
- Balanza analítica
- Laptop
- Regla milimétrica
- Vernier

#### ***3.4.2.3. Insumos.***

- Semilla de pino
- Arena de río, turba y tierra agrícola
- Hongo micorrízico molido
- Hongo fresco
- Tierra micorrizada
- Raicillas de pino (molidos)

#### ***3.4.2.4. Otros materiales.***

- Malla russell

- Bolsa de polietileno 4x7x0,002
- Alambre dulce
- Cuaderno de apunte

### **3.5. Conducción del experimento**

#### **3.5.1. Fase de campo**

##### ***3.5.1.1. Recolección y acarreo de tierra agrícola.***

Se preparó el material en terreno agrícola, se trasladó al vivero experimental de producción de plantones, el volumen fue de 0,08 m<sup>3</sup> requerido para 250 plantones.

##### ***3.5.1.2. Recolección y acarreo de arena.***

El material fue de río, lavado y fina se traslada al vivero experimental de producción de plantones cuyo volumen requerido fue de 0,04 m<sup>3</sup> de pH neutra.

##### ***3.5.1.3. Recolección y acarreo de turba/Negra.***

El material fue de la puna se trasladó al vivero experimental de producción de plantones cuyo volumen requerido fue de 0,04 m<sup>3</sup> de pH neutra.

##### ***3.5.1.4. Recolección de tierra micorriza.***

El material fue recolectado de las plantaciones de pino cerca al lugar del

experimento y se trasladó al vivero experimental de producción de plantones cuyo volumen recolectado fue de 4 kilogramos.

#### **3.5.1.5. *Recolección de hongos.***

El material fue recolectado de las plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en la misma zona y se trasladó al vivero experimental de producción de plantones cuyo volumen recolectado fue de 2 kilogramos.

#### **3.5.1.6. *Recolección de raicillas de Pinus radiata.***

El material fue recolectado de las plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en la misma zona y se trasladó al vivero experimental de producción de plantones cuyo volumen recolectado fue de 2 kilogramos.

### **3.5.2. Fase de vivero**

#### **3.5.2.1. *Limpieza y preparación de camas.***

Esta actividad consistió en eliminar malezas y nivelación de cama. La cama de producción de plantones se construyó de tablas con las dimensiones requeridas para 250 plantas.

#### **3.5.2.2. *Zarandeo de tierra agrícola y turba/T. Negra.***

Se zarandó tierra agrícola y turba cuyo proceso es seleccionar y tamizar

adecuadamente la granulometría de los componentes básicos del suelo y de turba, con la finalidad de erradicar piedras o terrones grandes.

#### **3.5.2.3. Preparación de Sustrato.**

Consiste en la incorporación de los componentes del sustrato en proporciones de mezcla 2:1:1 (en la relación siguiente tierra agrícola: turba: arena inocua de metales). La preparación de sustrato se hizo en forma homogénea para ello se dio varias volteadas hasta que quede uniformemente entre los tres componentes del sustrato.

#### **3.5.2.4. Acarreo de sustrato.**

El sustrato se trasladó cerca de la cama de repique para iniciar con el embolsado.

#### **3.5.2.5. Embolsado (4' x 7' x 0,002).**

Es el proceso donde se llenaron las bolsas de polietileno con el sustrato depositado.

En el caso del experimento se utilizó bolsas cuyas dimensiones comerciales son 4 x 7 x 0,002''.

#### **3.5.2.6. Enfilado.**

Proceso que permitió colocar las bolsas con contenido de sustrato de las mezclas preparadas a nivel de las camas de producción de plantones, colocandolos

perpendicularmente con respecto al suelo y alineados con ejes paralelos al borde nivelado de las camas de producción, que a su vez estos ejes deben mantener el paralelismos entre cada uno de las bolsas alineadas desde la dirección lateral y transversal a la línea base de la cama.

#### **3.5.2.7. Inoculación (*Boletus edulis*-4 formas).**

Se efectuó antes al repique de las plántulas (se utilizaron 4 tipos micorriza). La tierra micorrizada se incorporó directamente al hoyuelo durante el proceso de repique, con el hongo molido se revolvieron las raíces de plántulas de pino y se repicaron, con las raicillas molidas de igual forma posteriormente se repicaron, finalmente con el hongo fresco después de triturar en una vasija se sumergieron las raíces de las plántulas por un tiempo de 5 minutos y posteriormente se repicaron.

#### **3.5.2.8. Repique.**

El sustrato se debe encontrar en estado semihúmedo o con humedad óptima de capacidad de campo. Previa al repique con un repicador cuyas dimensiones son 12 cm de largo y 2,5 cm de diámetro se efectuaron hendiduras simétricas a nivel del punto medio del círculo formado por la boca de la bolsa, introduciendo el repicador con giros en sentido de las agujas del reloj a una profundidad aproximada a la tercera parte del repicador para posteriormente retirar el repicador con el movimiento contrario a las agujas del reloj evitando deformar la hendidura propia del repicado, para lo cual el esfuerzo de salida del repicador deberá ser controlado

con una intensidad mucho menor a la de ingreso del repicador y se cogieron las plátulas de las hojitas evitando en cada instante coger del tallo, introduciendo verticalmente la raicilla de la planta y con la otra mano se completó a tapar el pequeño orificio ocasionado por el repicador con tierra en estado semihúmedo, asegurándose de no dejar bolsas de aire o burbujas de aire.

#### ***3.5.2.9. Construcción de tinglado.***

Es el proceso donde se construyó el tinglado para las plántulas recién repicadas en cama, cuyo mecanismo se realizó paralelamente repique-riego de prendimiento – construcción de tinglado. Vale decir a medida que se va avanzando el repique y riego de prendimiento también se avanzó la construcción de tinglado a una altura promedio de 40 cm.. El tinglado permaneció por un espacio de 15 días a partir del repique.

#### ***3.5.2.10. Riego de desarrollo.***

Es el proceso donde se suministraron la cantidad de agua suficiente. El riego de desarrollo se suministró con un intervalo de 4 días durante el tiempo de duración de la investigación.

#### ***3.5.2.11 Recalce de plántulas.***

El recalce de plántulas se efectuó después de 15 días posterior al repique dos veces con el mismo intervalo. El recalce de plántulas se efectuó bajo los mismos parámetros de la investigación.

### **3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

#### **3.6.1. Al momento de repique**

**a. Tamaño de raíz.-** Se registró al momento del repique con la ayuda de una wincha y la medida esta expresada en cm.

**b. Tamaño de plántula.-** Se registró al momento del repique con la ayuda de una wincha y la medida esta expresada en cm.

**c. Número de hojas-** Se registró al momento del repique mediante el conteo manual y la medida esta expresada en unidades.

**d. Tamaño de diámetro.-** Se registró con la ayuda de un vernier al momento de repique y esta expresada en mm.

#### **3.6.2. En el proceso**

##### ***3.6.2.1. Altura de planta (cm).***

Fue evaluando cada 30 días después de haber repicado las plántulas de pino; la última evaluación se hizo cuando culminó el periodo del trabajo de la investigación. Las medidas se realizaron desde el cuello de planta hasta el ápice principal con la ayuda de una wincha en cm, para anotarlos en una libreta para cuantificación.

##### ***3.6.2.2. Diámetro del tallo (mm).***

Se fue evaluando a cada 30 días después de haber repicado las plántulas; la última

evaluación cuando culminó el periodo de investigación. Las medidas se realizaron en el punto medio de entre el cuello de planta y el ápice principal con la ayuda de un vernier y está expresada en milímetros.

#### ***3.6.2.3. Número de hojas (unidades).***

Se fue evaluando a cada 30 días después de haber repicado las plántulas; la última evaluación se realizó al término del periodo de investigación, expresada en unidades.

#### ***3.6.2.4. Nivel de micorrización.***

Se registró los niveles de micorrización a los 150 días después de ser repicadas las plántulas mediante la técnica de observación y presentación de sintomatología de coloramiento hasta la fase de culminación del periodo de investigación y están expresados en niveles (MB) muy bueno, (B) bueno, (R) regular y (M) malo.

#### ***3.6.2.5. Vigor de los plantones.***

Se registró los niveles de vigor a los 150 días después de ser repicadas las plántulas mediante la técnica de observación y presentación de sintomatología de coloramiento hasta la fase de culminación del periodo de investigación y están expresados en niveles (MB) muy bueno, (B) bueno, (R) regular y (M) malo.

#### ***3.6.2.6. Evaluación de raíz (cm).***

Se registró cuando las plantas completaron la fase del periodo de evaluación en el proceso de investigación ósea al final a los 150 días. Las medidas se realizaron desde el cuello de planta hasta la parte terminal de las raíces con la ayuda de una wincha y están expresadas en centímetros.

#### ***3.6.2.7. Porcentaje de plantas vivas.***

Se registró cuando las plantas completaron la fase del periodo de evaluación durante la investigación en vivero y están expresadas en (%). Ósea al final a los 150 días.

#### ***3.6.2.8. Porcentaje de mortandad de plantas.***

Se registró cuando las plantas completaron la fase del periodo de evaluación durante la investigación en vivero y están expresadas en (%). Esta evaluación se realizó al finalizar la investigación a los 150 días.

#### ***3.6.2.9. Porcentaje de plantas para campo definitivo.***

Se registró cuando las plantas completaron la fase del periodo de evaluación durante la investigación en vivero y están expresadas en (%) al final a los 150 días.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Presentación de resultados

##### 4.1.1. Altura de planta (a los 30, 60, 90, 120 y 150 días después del repique)

**Tabla 4**

*ANVA altura de planta de pino a los 30 días después de repique*

F V	G L	S C	C M	F c	F t		Significancia
					0,05	0,01	
Tratamiento	4	1,67	0,42	1,34	3,01	4,77	NS
Error	20	6,22	0,31				
Total	24	7,89					

CV=8.23 %

NS: No significativo

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 4, donde el análisis de varianza muestra que a nivel de

tratamientos no hay significación lo que muestra que los tratamientos son homogéneos. Además muestra que tiene un coeficiente de varianza de 8,23 % por lo que es bajo (Calzada, 1970).

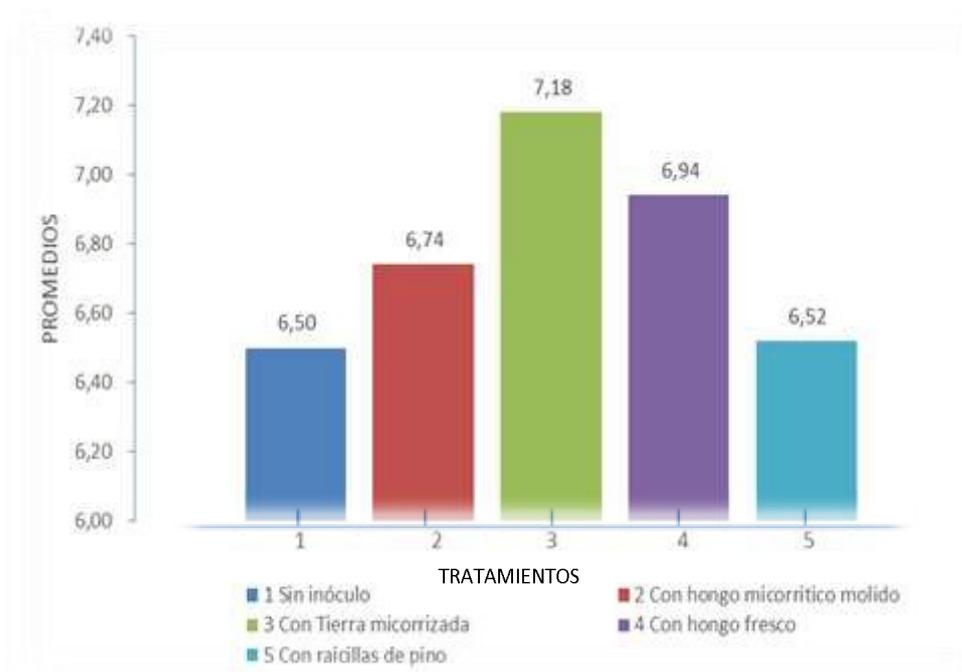


Figura 2. Altura de plantas a los 30 días con diferentes tratamientos

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2, se observa que el tratamiento T3 (Tierra micorrizada de pino), obtiene la mejor altura de planta a los 30 días después del repique en plántulas de pino, seguido por T4 (Con hongo fresco), T2 (Con hongo micorrítico molido), T5 (Con raicillas de pino) y quedando en el último lugar T1 sin la aplicación de inóculo. Por tanto podemos mencionar que a los 30 días en altura de plantas se observa que el tratamiento T3 (Tierra micorrizada de pino) tiene mayor efectos a diferencia de otros tratamientos obtenido un promedio 7,18 cm de altura.

**Tabla 5**

*ANVA altura de planta de pino a los 60 días después de repique.*

F V	G L	S C	C M	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>		Significancia
					0,05	0,01	
Tratamiento	4	15,98	3,99	9,46	3,01	4,77	**
Error	20	8,44	0,42				
Total	24	24,42					

CV=7,77 %

\*\* : Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 5, donde el análisis de varianza para altura de plantas obtenido de los tratamientos con diferentes tipos de micorrización, aplicado a las plántulas de pino a los 60 días después del repique, donde se encontró diferencias estadísticas significativas altamente significativo, el coeficiente de varianza de 7,77 % por lo que es bajo (Calzada, 1970).

**Tabla 6**

*Prueba de Tukey para altura de plantas de pino a los 60 días después de repique*

N°	Tratamientos	Promedio (cm.)	Significancia	O M
01	T3 Con tierra micorrizada	9,47	a	1°
02	T4 Con hongo fresco	8,63	a	1°
03	T2 Con hongo micorrítico molido	8,45	a	1°
04	T5 Con raicilla de pino molido	8,28	a	1°
05	T1 Sin inóculo	6,99	b	2°

Fuentes: Elaboración propia.

En la tabla 6, muestra los resultados de la prueba de Tukey separan las medias en 2 grupos dentro de los cuales no hay diferencias significativas entre sí. El tratamiento T3 obtuvo el primer lugar con 9,47 cm, estadísticamente son iguales con los tratamientos T4, T2 y T5; quedando en último lugar el tratamiento T1 con 6,99 cm a un nivel de significancia del 95 %.

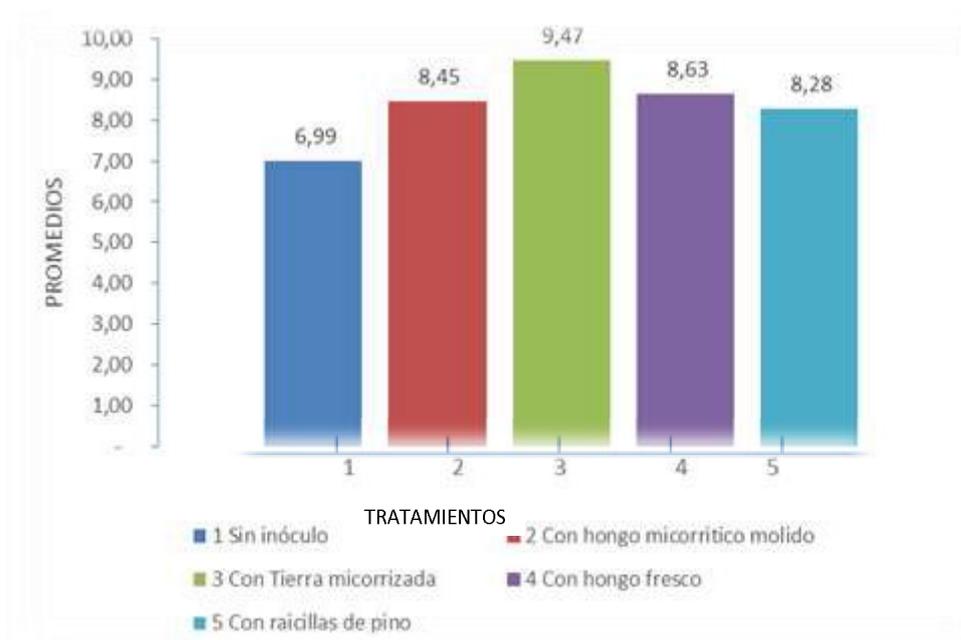


Figura 3. Altura de plantas de pino a los 60 días con diferentes tratamientos

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3, se observa que el tratamiento T3 (Tierra micorrizada de pino), obtiene la mejor altura de planta a los 60 días del repique, seguido por T4 (Con hongo fresco), quedando en el último lugar T1 sin la aplicación de inóculo.

**Tabla 7***ANVA altura de planta d pino a los 90 días después del repique*

F V	G L	S C	C M	F c	Ft		Significancia
					0,05	0,01	
Tratamiento	4	147,26	36,82	23,57	3,01	4,77	**
Error	20	31,24	1,56				
Total	24	178,50					

CV=10,71 %

\*\* Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 7, donde el análisis de varianza para la variable altura de plantas obtenido de los tratamientos con diferentes tipos de micorrización, aplicado a las plántulas de pino a los 90 días después del repique; donde hay una alta significación, el coeficiente de varianza de 10,71 %, por lo que es regular bajo (Calzada, 1970).

**Tabla 8***Prueba de Tukey para altura de plantas de pino a los 90 días después de repique*

N°	Tratamientos	Promedio (cm.)	Significancia	O M
01	T3 Con tierra micorrizada	15,34	a	1°
02	T4 Con hongo fresco	12,02	b	2°
03	T2 Con hongo micorrítico molido	11,88	b	2°
04	T5 Con raicilla de pino molido	11,43	b	2°
05	T1 Sin inóculo	7,70	c	3°

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 8, donde los resultados de la prueba de Tukey separan las medias en 3 grupos dentro de los cuales hay diferencias significativas entre sí. El tratamiento T3 ocupa el primer lugar con 15,34 cm, estadísticamente diferente con los demás tratamientos quedando en último lugar el tratamiento T1 con 7,70 a un nivel de significancia al 95 %.

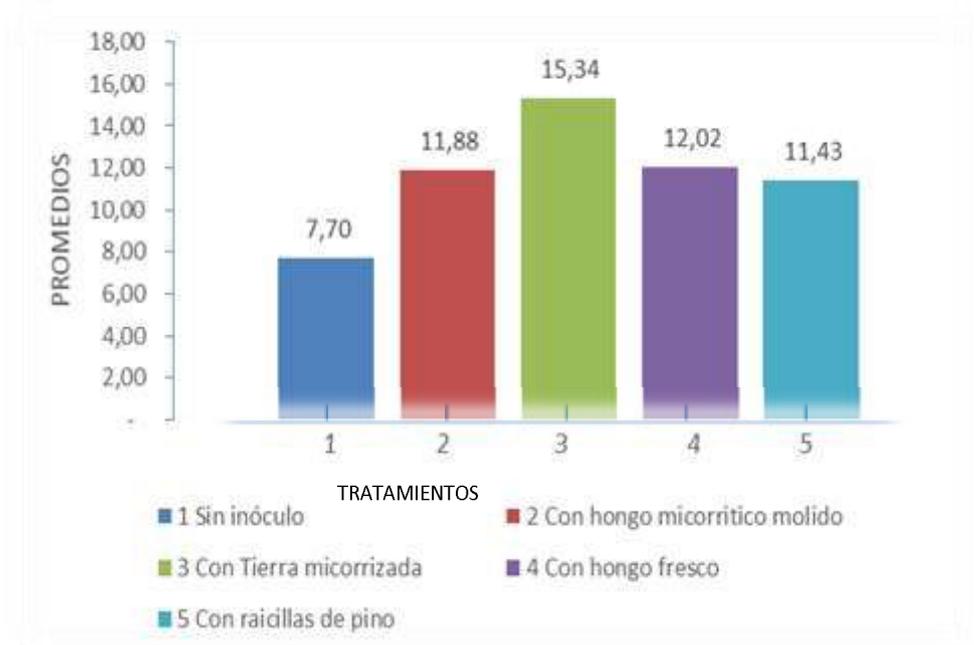


Figura 4. Altura de plantas a los 90 días con diferentes tratamientos.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4, se observa que el tratamiento T3 (Tierra micorrizada de pino), obtiene la mejor altura de planta, seguido por T4 (Con hongo fresco), quedando en el último lugar T1 sin la aplicación de inóculo.

**Tabla 9***ANVA altura de planta de pino a los 120 días después del repique*

F V	G L	S C	C M	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>		Significancia
					0,05	0,01	
Tratamiento	4	412,04	103,01	25,37	3,01	4,77	**
Error	20	81,20	4,06				
Total	24	493,24					

CV=13,45 %

\*\* Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

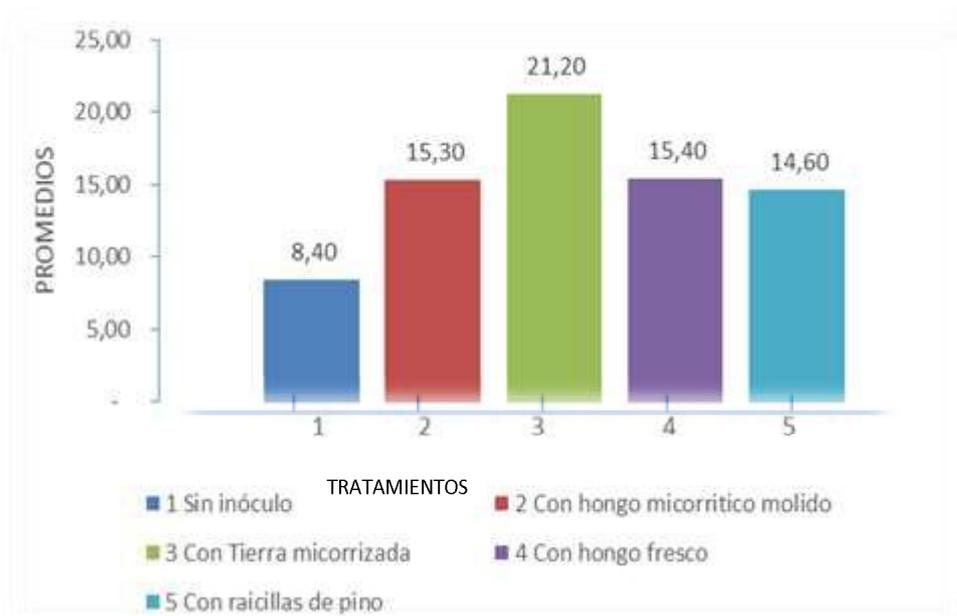
Como se muestra en la tabla 9, donde el análisis de varianza para la variable altura de plantas a los 120 días después del repique, donde en los tratamientos hay una alta significancia. El coeficiente de varianza es de 13,45 % por lo que es regular (Calzada, 1970).

**Tabla 10***Prueba de Tukey para altura de plantas de pino a los 120 días después de repique*

N°	Tratamientos	Promedio	Significancia	O M
		(cm.)		
01	T3 Con tierra micorrizada	21,20	a	1°
02	T4 Con hongo fresco	15,40	b	2°
03	T2 Con hongo micorrítico molido	15,30	b	2°
04	T5 Con raicilla de pino molido	14,60	b	2°
05	T1 Sin inóculo	8,40	c	3°

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 10, donde los resultados de la prueba de Tukey separan las medias en 3 grupos dentro de los cuales hay diferencias significativas entre sí. El tratamiento T3 obtuvo el primer lugar con 21,20 cm de altura, estadísticamente es diferentes con los demás tratamientos, quedando en último lugar el tratamiento T1 con 8,40 cm, con un nivel de significancia del 95 %.



*Figura 5.* Altura de plantas a los 120 días con diferentes tratamientos  
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 5, se observa que el tratamiento T3 (tierra micorrizada de pino), obtiene la mejor altura de planta, seguido por T4 (con hongo fresco) y T2 (con hongo micorrizada molido), quedando en el último lugar T1 sin la aplicación de inóculo para condiciones del experimento.

**Tabla 11***ANVA altura de plantas pino a los 150 días después del repique*

F V	G L	S C	C M	F c	Ft		Significancia
					0,05	0,01	
Tratamiento	4	522,96	130,74	23,62	3,01	4,77	**
Error	20	110,70	5,53				
Total	24	633,66					

CV=12,76 % \*\* Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 11, donde el análisis de varianza para la variable altura de plantas obtenido de los tratamientos con diferentes tipos de micorrización, aplicado a las plántulas de pino a los 150 días después del repique, se encontró diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos. El coeficiente de varianza de 12,76 % por lo que es regular (Calzada, 1970).

**Tabla 12***Prueba de Tukey para altura de plantas de pino a los 150 días después de repique*

N°	Tratamientos	Promedio (cm)	Significancia	O M
01	T3 Con tierra micorrizada	25,20	a	1°
02	T4 Con hongo fresco	20	b	2°
03	T2 Con hongo micorrítico molido	18,60	b	2°
04	T5 Con raicilla de pino molido	17,40	b	2°
05	T1 Sin inóculo	11	c	3°

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 12, donde los resultados de la prueba de Tukey separan las medias en 3 grupos dentro de los cuales hay diferencias significativas entre sí. El tratamiento T3 obtuvo el primer lugar con 25,20 cm estadísticamente es diferente con los demás tratamientos, quedando en último lugar el tratamiento T1 con 11 cm. El crecimiento del pino con tierra micorrizada fue superior al de otros tratamientos a un nivel de significancia del 95 %.

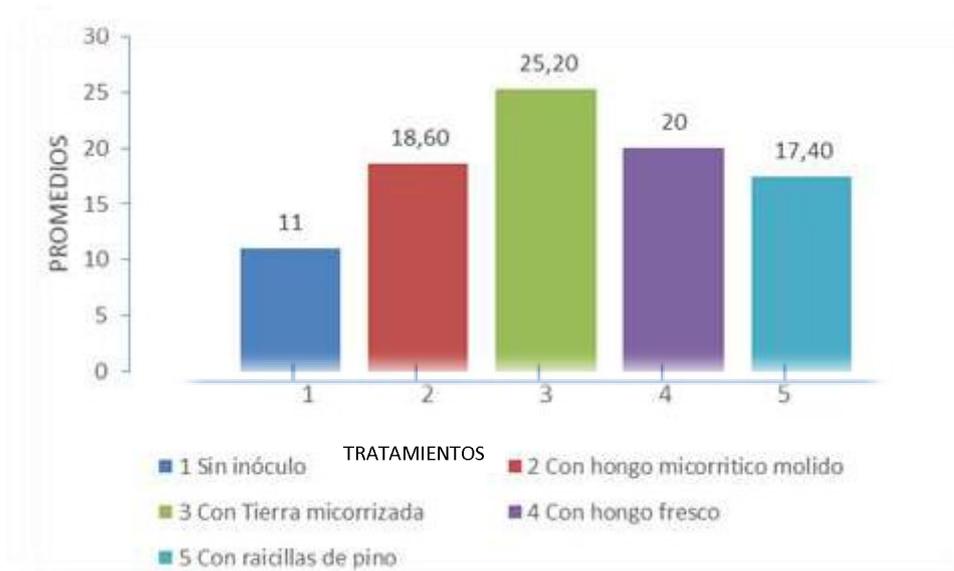


Figura 6. Altura de plantas a los 150 días con diferentes tratamientos.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6, se observa que el tratamiento T3 (Tierra micorrizada de pino), obtiene la mejor altura de planta, seguido por T4 (Con hongo fresco), quedando en el último lugar T1 sin la aplicación de inóculo.

#### 4.1.2. Diámetro de tallo (mm)

**Tabla 13**

*ANVA diámetro de tallo de pino a los 30 días después del repique*

F V	G L	S C	C M	F	Ft		Significancia
					0,05	0,01	
Tratamiento	4	0,06	0,01	10,43	3,01	4,77	**
Error	20	0,03	0				
Total	24	0,09					

CV=3,44 %

\*\* Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 13, donde se observa en el análisis de varianza para el variable diámetro de tallo, donde en tratamientos se encuentra alta significación. El coeficiente de varianza de 3,44 % por lo que es bajo para las condiciones del experimento (Calzada, 1970).

**Tabla 14**

*Prueba de Tukey para diámetro de tallo de pino a los 30 días después de repique*

N°	Tratamientos	Promedio (mm.)	Significancia	O M
01	T3 Con tierra micorrizada	1,14	a	1°
02	T4 Con hongo fresco	1,12	a	1°
03	T2 Con hongo micorrítico molido	1,10	a	1°
04	T5 Con raicilla de pino molido	1,08	a	1°
05	T1 Sin inóculo	1	b	2°

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 14, donde los resultados de la prueba de Tukey separan las medias en 2 grupos diferentes entre los cuales hay diferencias significativas entre sí. Los tratamientos T3, T4, T2 y T5 con 1,14, 1,12, 1,10 y 1,08 mm de diámetro de tallo respectivamente, encontrándose diferencia significativa con el tratamiento T1 que ocupa el último lugar con 1mm de diámetro de tallo; a un nivel de significancia del 95 %.



*Figura 7.* Diámetro de tallos a los 30 días con diferentes tratamientos.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 7, se observa que el tratamiento T3 (tierra micorrizada de pino), obtiene el mejor diámetro de tallo, seguido por T4 (con hongo fresco), quedando en el último lugar T1 sin la aplicación de inóculo.

**Tabla 15***ANVA diámetro de tallo de Pino a los 60 días después del repique*

F V	G L	S C	C M	F c	F t		Significancia
					0,05	0,01	
Tratamiento	4	3,35	0,84	18,55	3,01	4,77	**
Error	20	0,90	0,05				
Total	24	4,26					

CV=14,25 % \*\* Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 15, donde el análisis de varianza para el variable diámetro de tallo obtenido en los tratamientos es altamente significativo con diferentes tipos de micorrización, aplicados a las plántulas de pino a los 60 días. El coeficiente de varianza de 14.25 % es regular para las condiciones del experimento (Calzada, 1970).

**Tabla 16***Prueba de Tukey para diámetro de tallo de pino a los 60 días después de repique*

N°	Tratamientos	Promedio (mm.)	Significancia	O M
01	T3 Con tierra micorrizada	2,14	a	1°
02	T4 Con hongo fresco	1,46	b	2°
03	T2 Con hongo micorrítico molido	1,44	b	2°
04	T5 Con raicilla de pino molido	1,42	b	2°
05	T1 Sin inóculo	1	c	3°

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 16, donde los resultados de la prueba de Tukey separan las medias en 3 grupos dentro de los cuales hay diferencias significativas entre sí. Los tratamientos T3 obtiene el primer lugar con 2,14 mm de diámetro de tallo, estadísticamente es diferente a los demás tratamientos en estudio, quedando en ultimo el tratamiento T1; a un nivel de significancia del 95 %.

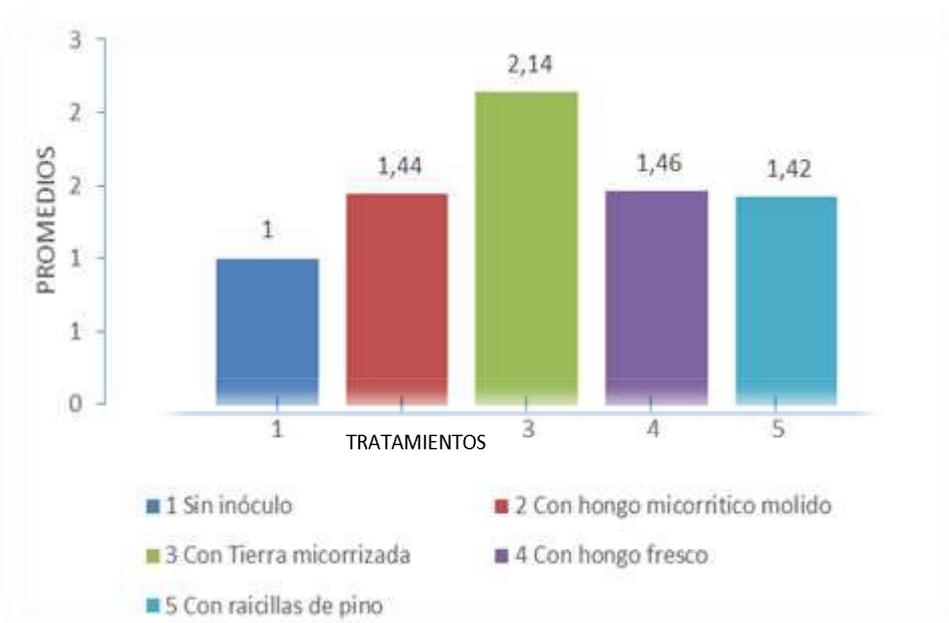


Figura 8. Diámetro de tallos a los 60 días con diferentes tratamientos

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 8, se observa que el tratamiento T3 (Tierra micorrizada de pino), obtiene el mejor diámetro de tallo, seguido por T4 (Con hongo fresco), quedando en el último lugar T1 sin la aplicación de inóculo.

**Tabla 17***ANVA diámetro de tallo de pino a los 90 días después del repique*

F V	G L	S C	C M	F c	F t		Significancia
					0,05	0,01	
Tratamiento	4	10,63	2,66	25,16	3,01	4,77	**
Error	20	2,11	0,11				
Total	24	12,74					

CV=17,18 %

\*\* Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 17, donde el análisis de varianza para el variable diámetro de tallo, muestra a nivel de tratamientos una alta significancia con diferentes tipos de micorrización, aplicados a las plántulas de pinos a los 90 días. El coeficiente de varianza de 17,18 % es de regular a medio para las condiciones del experimento (Calzada, 1970).

**Tabla 18***Prueba de Tukey para diámetro de tallo de pino a los 90 días después de repique*

N°	Tratamientos	Promedio (mm.)	Significancia	O M
01	T3 Con tierra micorrizada	3	a	1°
02	T4 Con hongo fresco	2,06	b	2°
03	T2 Con hongo micorrítico molido	1,70	b	2°
04	T5 Con raicilla de pino molido	1,70	b	2°
05	T1 Sin inóculo	1	c	3°

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 18, donde los resultados de la prueba de Tukey separan las medias en 3 grupos dentro de los cuales hay diferencias significativas entre sí. El tratamiento T3 es el que tiene el mejor diámetro de tallo a los 90 días después del repique, estadísticamente es diferente a los demás tratamientos, quedando en último lugar el tratamiento T1 (testigo), a un nivel de significancia del 95 %.

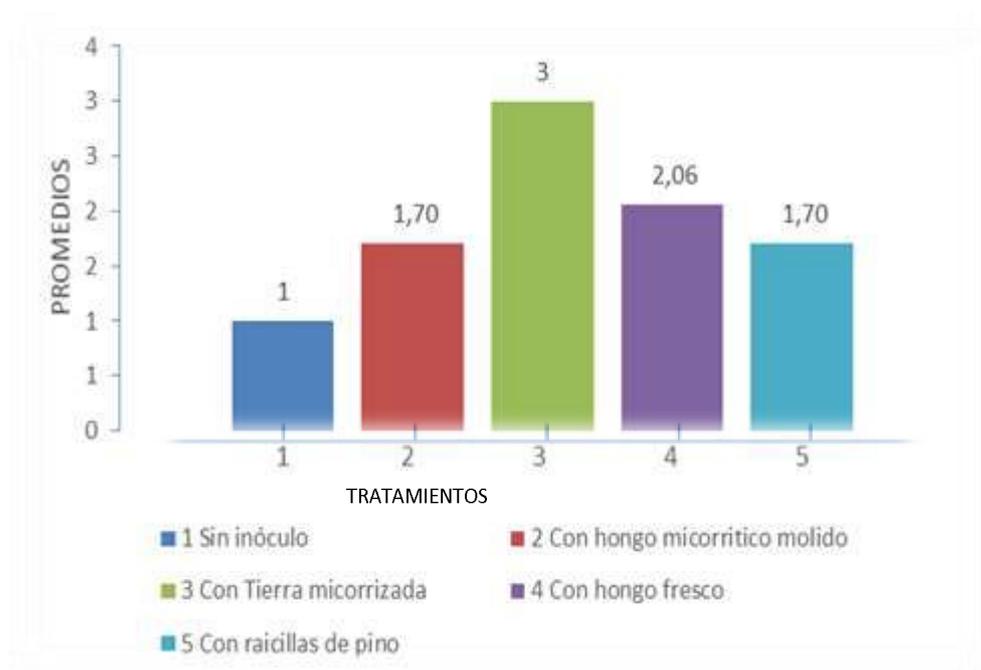


Figura 9. Diámetro de tallos a los 90 días con diferentes tratamientos.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9, se observa que el tratamiento T3 (Tierra micorrizada de pino), obtiene el mejor diámetro de tallo, seguido por T4 (Con hongo fresco), quedando en el último lugar T1 sin la aplicación de inóculo.

**Tabla 19***ANVA diámetro de tallo de pino a los 120 días después del repique.*

F V	GL	SC	CM	Fc	Ft	Significancia
Tratamiento	4	17,32	4,33	32,37	0,05 3,01	0,01 4,77 **
Error	20	2,68	0,13			
Total	24	20				

CV=16,04 %

\*\* Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 19, donde el análisis de varianza para el variable diámetro de tallos a los 120 días después del repique se observa que en tratamientos hay alta significancia. El coeficiente de varianza de 16,04 % es regular a medio para las condiciones del experimento (Calzada, 1970).

**Tabla 20***Prueba de Tukey para diámetro de tallo de Pino a los 120 días después de repique*

N°	Tratamientos	Promedio (mm)	Significancia	O M
01	T3 Con tierra micorrizada	3,62	a	1°
02	T4 Con hongo fresco	2,40	b	2°
03	T2 Con hongo micorrítico molido	2,20	b	2°
04	T5 Con raicilla de pino molido	2,18	b	2°
05	T1 Sin inóculo	1	c	3

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 20, donde los resultados de la prueba de Tukey separan las medias en 3 grupos dentro de los cuales hay diferencias significativas entre sí. El tratamiento T3 ocupa el primer lugar con 3,62 mm de diámetro de tallo a los 90 días después del repique, estadísticamente es diferente a los demás tratamientos quedando en último lugar el tratamiento T1 con 1mm de diámetro de tallo a un nivel de significancia del 95 %.

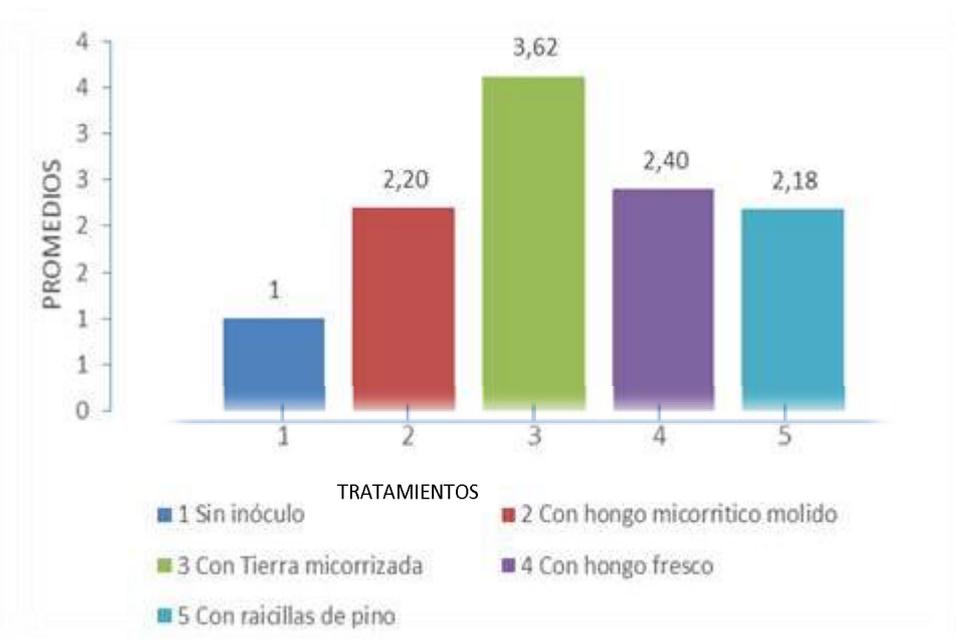


Figura 10. Diámetro de tallo a los 120 días con diferentes tratamientos

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 10, se observa que el tratamiento T3 (tierra micorrizada de pino), obtiene el mejor diámetro de tallo, seguido por T4 (con hongo fresco), quedando en el último lugar T1 sin la aplicación de inóculo, bajo las condiciones del trabajo de experimentación.

**Tabla 21***ANVA diámetro de tallo de Pino a los 150 días después de repique*

F V	G L	S C	C M	F c	F <sub>t</sub>		Significancia
					0,05	0,01	
Tratamiento	4	19,96	4,99	33,40	3,01	4,77	**
Error	20	2,99	0,15				
Total	24	22,95					

CV=14,44 %

\*\* Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 21, donde el análisis de varianza para el variable diámetro de tallo a los 150 días después del repique, se observa que a nivel de tratamientos es altamente significativo. El coeficiente de varianza de 14,44 % es regular para las condiciones del experimento (Calzada, 1970).

**Tabla 22***Prueba de Tukey para diámetro de tallo de Pino a los 150 días después de repique*

N°	Tratamientos	Promedio (mm)	Significancia	O M
01	T3 Con tierra micorrizada	4	a	1°
02	T4 Con hongo fresco	2,90	b	2°
03	T2 Con hongo micorrítico molido	2,70	b	2°
04	T5 Con raicilla de pino molido	2,58	b	2°
05	T1 Sin inóculo	1,20	c	3°

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 22, donde los resultados de la prueba de Tukey separan las medias en 3 grupos dentro de los cuales hay diferencias significativas entre sí. El tratamiento T3 obtiene el primer lugar con 4 mm de diámetro de tallo, estadísticamente es diferente con los demás tratamientos quedando en último lugar el tratamiento T1 con 1,20 mm de diámetro de tallo a los 150 días después del repique a un nivel de significancia del 95 %.

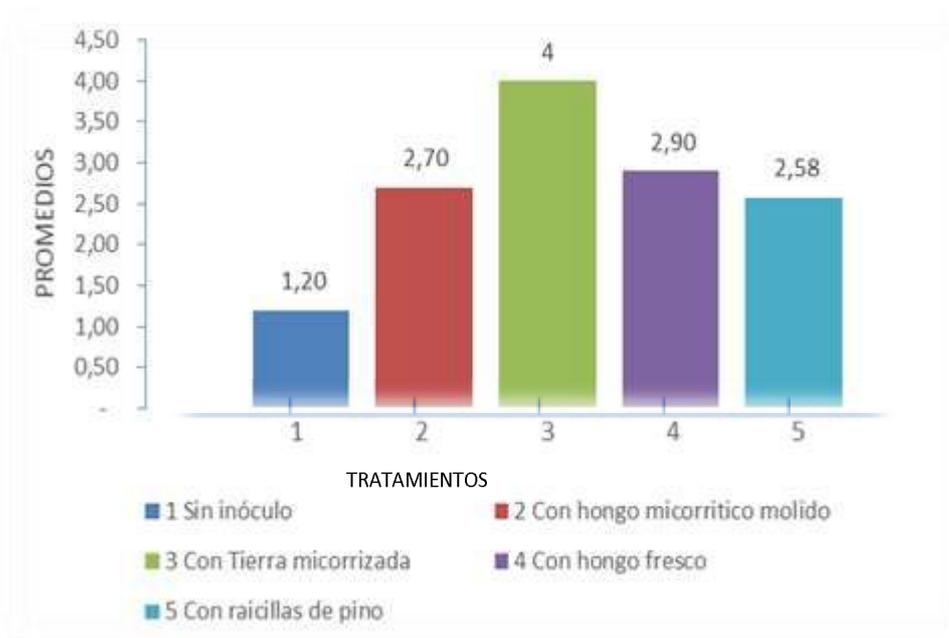


Figura 11. Diámetro de tallo a los 150 días con diferentes tratamientos

Fuente: Datos del estudio.

En la figura 11, se observa que el tratamiento T3 (tierra micorrizada de pino), obtiene el mejor diámetro de tallo de pino a los 150 días después del repique, seguido por T4 (con hongo fresco), quedando en el último lugar T1 sin la aplicación de inóculo, bajo las condiciones del experimento de aplicación de micorrizas en plántulas de pino en condiciones de Campo.

### 4.1.3. Número de hojas

**Tabla 23**

*ANVA número de hojas de plantas de Pino a los 30 días después de repique*

F V	G L	S C	C M	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>		Significancia
					0,05	0,01	
Tratamiento	4	297,20	74,30	45,30	3,01	4,77	**
Error	20	32,80	1,64				
Total	24	330					

CV=1,65 %

\*\* Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 23, donde el análisis de varianza para el variable número de hojas obtenido de los tratamientos con diferentes tipos de micorrización, aplicado a las plántulas de pino a los 30 días se encontró alta significación entre los tratamientos. El coeficiente de varianza de 1,65 % bajo para las condiciones del experimento (Calzada, 1970).

**Tabla 24**

*Prueba de Tukey para número de hojas de plantas de pino a los 30 días después de repique*

N°	Tratamientos	Promedio (Unidades)	Significancia	O M
01	T3 Con tierra micorrizada	82,20	a	1
02	T4 Con hongo fresco	79	b	2
03	T2 Con hongo micorrítico molido	78	b	2
04	T5 Con raicilla de pino molido	77,20	b	2
05	T1 Sin inóculo	71,60	c	3

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 24, donde los resultados de la prueba de Tukey separan las medias en 3 grupos dentro de los cuales hay diferencias significativas entre sí. El tratamiento T3 ocupa el primer lugar con 82,20 unidades de hoja de pino a los 30 días después del repique, estadísticamente es diferente a los demás tratamientos, quedando en último lugar el tratamiento T1 con 71,60, a un nivel de significancia del 95 %.

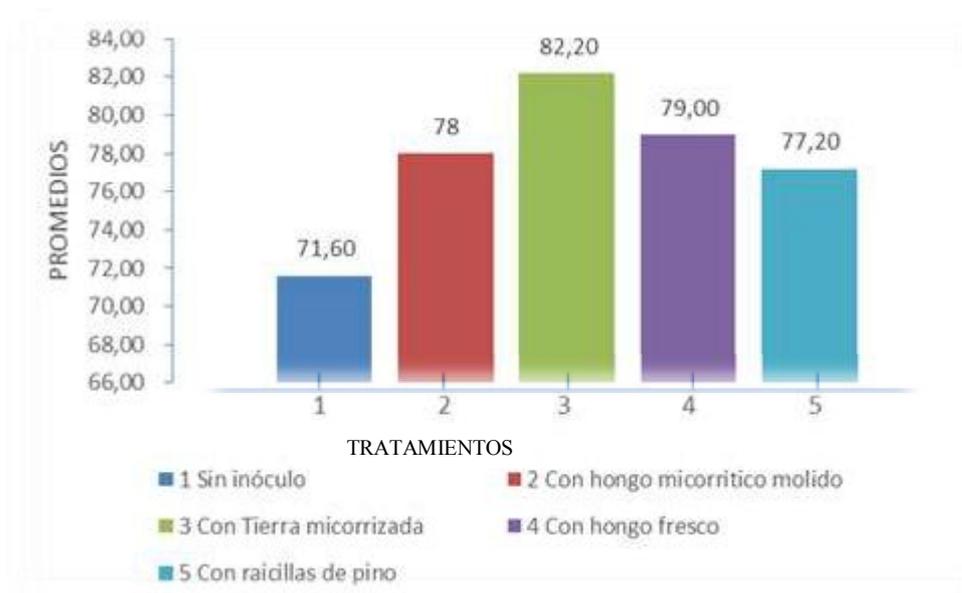


Figura 12. Número de hojas a los 30 días con diferentes tratamientos

Fuente: Datos del estudio.

En la figura 12, se observa que el tratamiento T3 (tierra micorrizada de pino), obtiene el mejor número de hojas de pino a los 30 días después del repique, seguido por T2 (con hongo fresco), quedando en el último lugar T1 sin la aplicación de inóculo.



Como se muestra en la tabla 26, donde los resultados de la prueba de Tukey separan las medias en 4 grupos dentro de los cuales hay diferencias significativas entre sí. El tratamiento T3 ocupa el primer lugar con 6 hojas, estadísticamente tiene diferencia significativa con los demás tratamientos quedando en último lugar el tratamiento T1 con 0 hojas a un nivel de significancia de 95 %.



*Figura 13.* Número de hojas a los 60 días con diferentes tratamientos

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 13, se observa que el tratamiento T3 (tierra micorrizada de pino), obtiene el mejor número de hojas a los 60 días después del repique, seguido por T4 (Con hongo fresco), quedando en el último lugar T1 sin la aplicación de inóculo.

**Tabla 27***ANVA número de hojas de plantas de Pino a los 90 días después de repique*

F V	G L	S C	C M	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>		Significancia
					0,05	0,01	
Tratamiento	4	743,60	185,90	63,66	3,01	4,77	**
Error	20	58,40	2,92				
Total	24	802					

CV=22,48 %

\*\* Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 27, donde el análisis de varianza para el variable número de hojas; donde a nivel de tratamientos con diferentes tipos de micorrización, aplicado a las plántulas de pino a los 90 días se encontró alta significancia. El coeficiente de varianza es de 22,48 % es medio para las condiciones del experimento (Calzada, 1970).

**Tabla 28***Prueba de Tukey para número de hojas de plantas de Pino a los 90 días después de repique*

N°	Tratamientos	Promedio (Unidades)	Significancia	O M
01	T3 Con tierra micorrizada	17	a	1°
02	T4 Con hongo fresco	8	b	2°
03	T2 Con hongo micorrítico molido	6,60	b	2°
04	T5 Con raicilla de pino molido	6,40	b	2°
05	T1 Sin inóculo	0	c	3°

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 28, donde los resultados de la prueba de Tukey separan las medias en 3 grupos dentro de los cuales hay diferencias significativas entre sí. El tratamiento T3 obtiene el primer lugar con 17 hojas de pino a los 90 días después del repique, estadísticamente es diferente a los demás tratamientos quedando en último lugar el tratamiento T1 con 0 hojas a un nivel de significancia del 95 %.

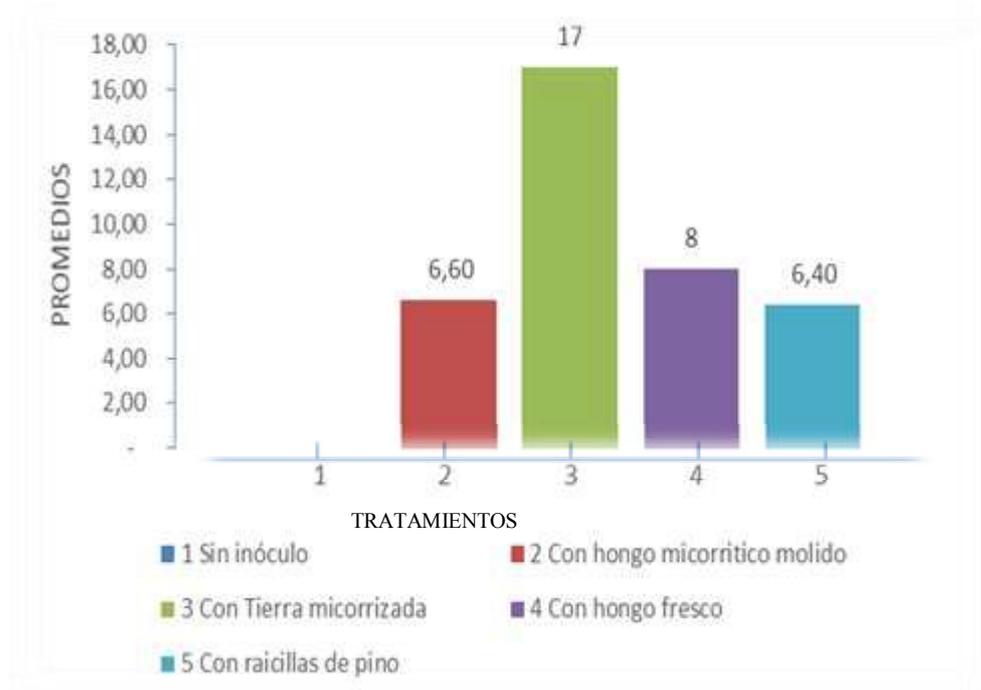


Figura 14. Número de hojas a los 90 días con diferentes tratamientos

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 14, se observa que el tratamiento T3 (tierra micorrizada de pino), obtiene el mejor número de hojas de pino, seguido por el tratamiento T4 (Con hongo fresco), quedando en el último lugar T1 sin la aplicación de inóculo.



Como se muestra en la tabla 30, donde los resultados de la prueba de Tukey al 95 %, separan las medias en 3 grupos dentro de los cuales hay diferencias significativas entre sí. El tratamiento T3 obtiene el primer lugar con 27,80 hojas, estadísticamente es diferente a los demás tratamientos, quedando en último lugar el tratamiento T1 con 0 hojas.

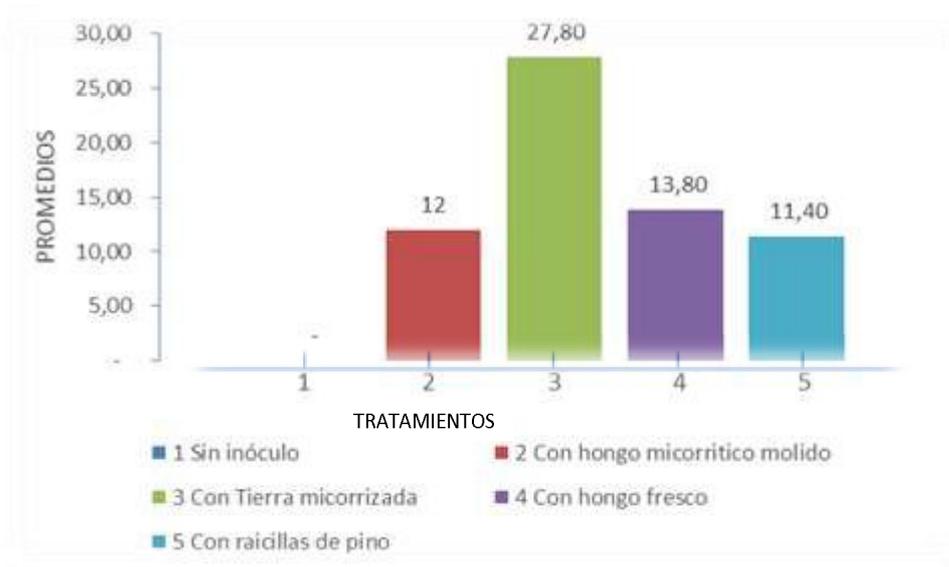


Figura 15. Número de hojas a los 120 días con diferentes tratamientos

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 15, se observa que el tratamiento T3 (tierra micorrizada de pino), obtiene el mejor número de hojas de pino, seguido por T4 (con hongo fresco), quedando en el último lugar al tratamiento T1 sin la aplicación de inóculo, en las condiciones de la experimentación.

**Tabla 31***ANVA número de hojas de plantas de Pino a los 150 días después del repique*

F V	G L	S C	C M	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>		Significancia
					0,05	0,01	
Tratamiento	4	3 800,56	950,14	105,57	3,01	4,77	**
Error	20	180	9				
Total	24	3 980,56					

CV=14,12 %

\*\* Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

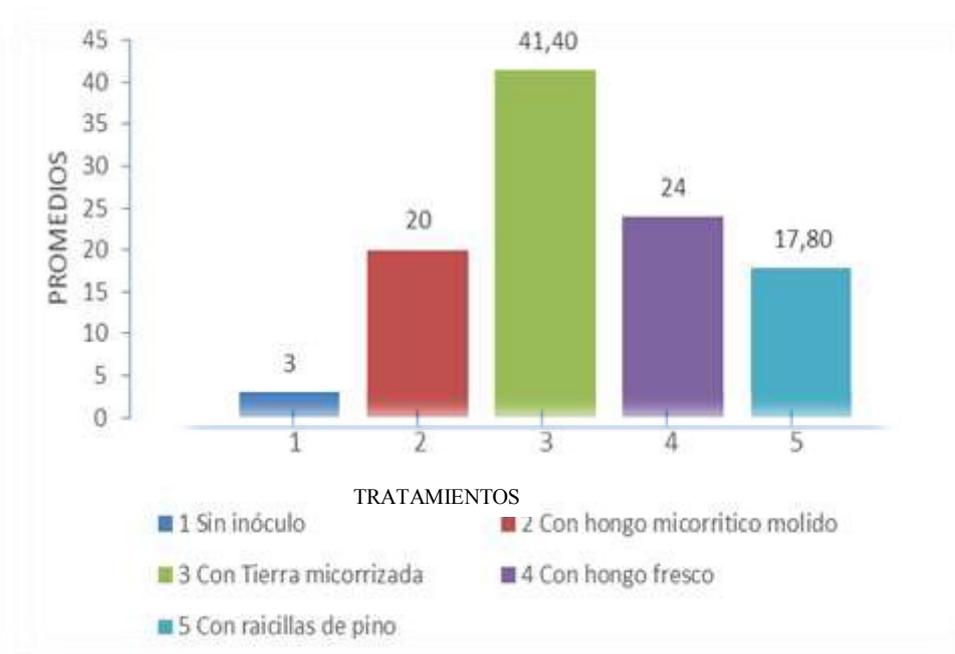
Como se muestra en la tabla 31, donde el análisis de varianza para el variable número de hojas obtenido de los tratamientos con diferentes tipos de micorrización, aplicado a las plántulas de pino a los 150 días se encontró alta significancia entre los tratamientos. El coeficiente de varianza de 14,12 % es regular para las condiciones del experimento (Calzada, 1970).

**Tabla 32***Prueba de Tukey para número de hojas de plantas de Pino a los 150 días después de repique*

N°	Tratamientos	Promedio (Unidades)	Significancia	O M
01	T3 Con tierra micorrizada	41,40	a	1°
02	T4 Con hongo fresco	24	b	2°
03	T2 Con hongo micorrítico molido	20	bc	3°
04	T5 Con raicilla de pino molido	17,80	c	4°
05	T1 Sin inóculo	3	d	5°

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 32, donde los resultados de la prueba de Tukey separan las medias en 4 grupos dentro de los cuales hay diferencias significativas entre sí. El tratamiento T3 obtiene el primer lugar con 41,40 hojas, estadísticamente es diferente a los demás tratamientos quedando en último lugar el tratamiento T1 con 3 hojas, a un nivel de significancia del 95 %.



*Figura 16.* Número de hojas a los 150 días con diferentes tratamientos

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 16, se observa que el tratamiento T3 (tierra micorrizada de pino), obtiene el mejor número de hojas, seguido por T4 (con hongo fresco), quedando en el último lugar T1 sin la aplicación de inóculo.

#### 4.1.4. Nivel de micorrización

**Tabla 33**

*Niveles de micorrización de planta de Pino a los 150 días después de repique*

Nº de Tratamientos	Tratamientos	Repeticiones				
		1	2	3	4	5
1	T1 Sin inóculo	M	M	M	M	M
2	T2 Con hongo micorrítico molido	B	B	B	B	B
3	T3 Con Tierra micorrizada	MB	MB	MB	MB	MB
4	T4 Con hongo fresco	B	B	B	B	B
5	T5 Con raicillas de pino	R	R	R	R	R

Fuente: Elaboración propia.

M: Mala

B: Buena

MB: Muy buena

R: Regular

En la tabla 33, se puede observar que el nivel de micorrización de las plántulas de pino a los 150 días después del repique, dan como resultado muy buena micorrización para el tratamiento T3, buena para los tratamientos T2 y T4, regular para el tratamiento T5 y mala micorrización para el tratamiento T1; lo que nos muestra que las plántulas de pino tiene que contener tierra micorrizada para su crecimiento, bajo las condiciones del presente tarabajo de investigación desarrollados en la zona del proyecto.

#### 4.1.5. Nivel de vigor de plantones

**Tabla 34**

*Niveles de vigor de planta de Pino los 150 días después del repique*

Nº de Tratamientos	Tratamientos	Repeticiones				
		1	2	3	4	5
1	T1 Sin inóculo	M	M	M	M	M
2	T2 Con hongo micorrítico molido	B	B	B	B	B
3	T3 Con Tierra micorrizada	MB	MB	MB	MB	MB
4	T4 Con hongo fresco	B	B	B	B	B
5	T5 Con raicillas de pino	R	R	R	R	R

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 34, se puede observar que el vigor de la planta de pino a la aplicación de micorrizas a los 150 días después del repique, dan como resultado un muy buen vigor de plantas para el tratamiento T3, buena para los tratamientos T2 y T4, regular para el tratamiento T5 y vigor malo para el tratamiento T1; lo que nos muestra que las plántulas de pino tiene que contener tierra micorrizada para manifestar su vigor de planta.

#### 4.1.6 Tamaño de raíz

**Tabla 35**

*ANVA tamaño de raíz de planta de Pino a los 150 días después del repique*

F V	G L	S C	C M	F c	Ft		Significancia
					0,05	0,01	
Tratamiento	4	209,32	52,33	0,93	3,01	4,77	NS
Error	20	1 126,41	56,32				
Total	24	1 335,73					

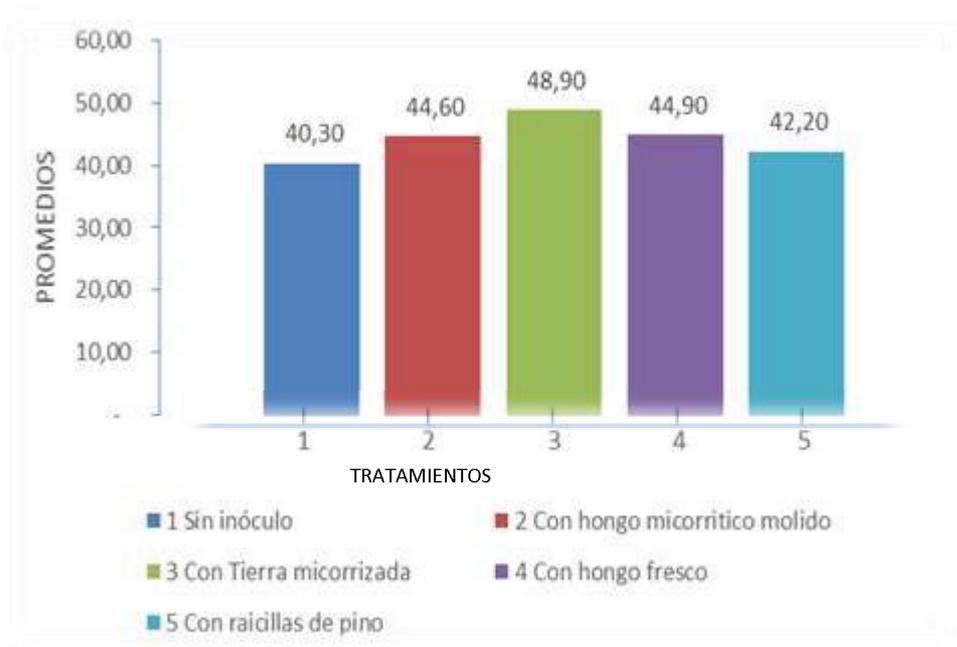
C.V. = 16,99 %

NS: No significativo

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 35, donde el análisis de varianza para el variable tamaño de raíz obtenido de los diferentes tipos de micorrización, aplicado a las plántulas de pino a los 150 días no se encontró significancia entre los tratamientos.

El coeficiente de varianza nos muestra.



*Figura 17.* Tamaño de raíz con diferentes tratamientos después de 150 días de repique  
Fuentes: Elaboración propia.

En la figura 17, se observa que el tratamiento T3 (tierra micorrizada de pino), obtiene la mejor altura de planta, seguido por T4 (con hongo fresco), quedando en el último lugar T1 sin la aplicación de inóculo.

#### 4.1.6. Plantas muertas

**Tabla 36**

*ANVA para plantas muertas de Pino a los 150 días después del repique*

F V	G L	S C	C M	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>		Significancia
					0.05	0.01	
Tratamiento	4	1 767,80	441,95	3,86	3,01	4,77	*
Error	20	2 292,04	114,60				
Total	24	4 059,84					

CV=64, 35 % \* Significativo

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 36, donde el análisis de varianza para la variable plantas muertas obtenido de los tratamientos con diferentes tipos de micorrización, aplicado a las plántulas de pino a los 150 días se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El coeficiente de varianza es del 64,35 % muy alto para las condiciones del experimento (Calzada, 1970).

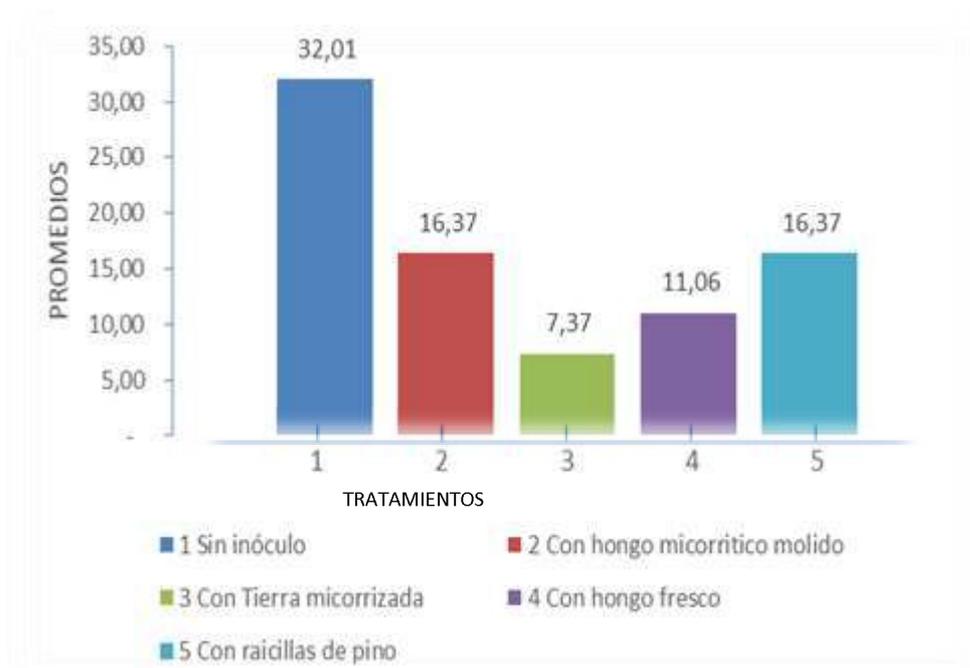
**Tabla 37**

*Prueba de Tukey para plantas muertas de Pino a los 150 días después de repique*

N°	Tratamientos	Promedio (Unidades)	Signific.	O M
01	T3 Con tierra micorrizada	7,37	c	3°
02	T4 Con hongo fresco	11,06	c	3°
03	T2 Con hongo micorrítico molido	16,37	ab	2°
04	T5 Con raicilla de pino molido	16,37	ab	2°
05	T1 Sin inóculo	32,01	a	1°

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 37, donde los resultados de la prueba de Tukey separan las medias en 2 grupos dentro de los cuales hay diferencias significativas entre sí. El tratamiento T1 ocupa el primer lugar con 32,01 plantas muertas de pino estadísticamente son diferentes a los demás tratamientos, quedando en último lugar los tratamientos T3 y T4 con valores de 11,06 y 7,37 plantas muertas respectivamente a un nivel de significancia del 5 %.



*Figura 18.* Plantas muertas con diferentes tratamientos después de 150 días de repique  
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 18, se observa que el tratamiento T1 (sin inóculo), obtiene el mayor número de plantas de pino muertas, seguido por T5 (con raicillas de pino), quedando en el último lugar T3 con tierra micorrizada.

#### 4.1.7. Plantas vivas

**Tabla 38**

*ANVA para plantas vivas de Pino a los 150 días después de repique*

F V	G L	S C	C M	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>		Significancia
					0.05	0.01	
Tratamiento	4	2 476,67	619,17	5,97	3,01	4,77	*
Error	20	2 073,46	103,67				
Total	24	4 550,13					

CV=14,04 % \*\* Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 38, donde el análisis de varianza para la variable plantas vivas obtenidas de los tratamientos con diferentes tipos de micorrización, aplicadas a las plántulas de pino a los 150 días se encontró diferencias altamente significativas entre los tratamientos. El coeficiente de varianza es del 14,04 %, regular para las condiciones del experimento (Calzada, 1970).

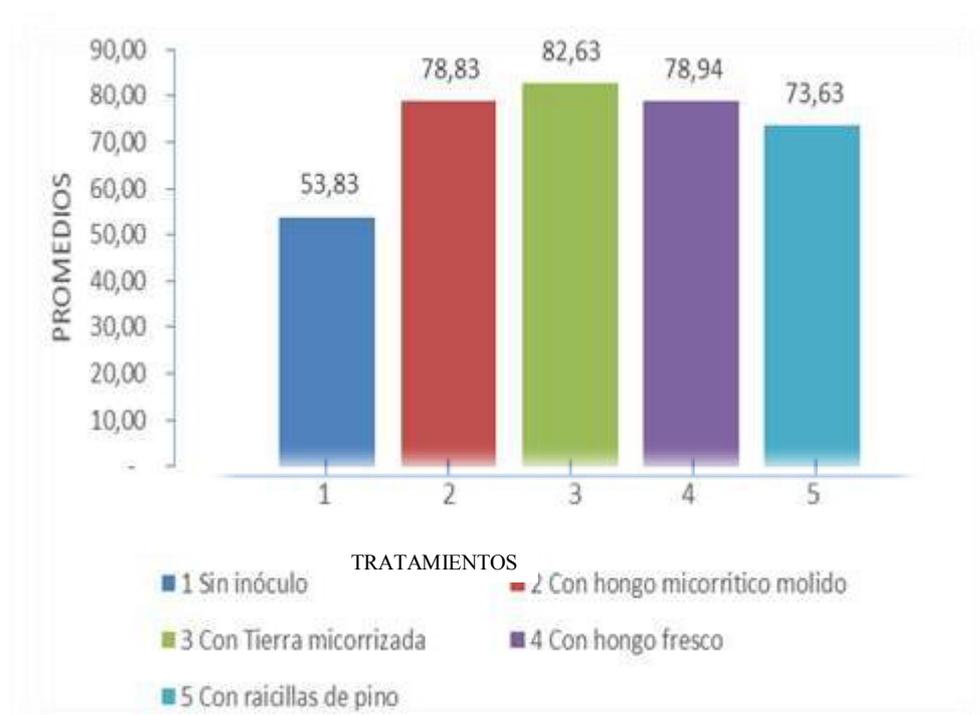
**Tabla 39**

*Prueba de Tukey para plantas vivas de Pino a los 150 días después de repique*

N°	Tratamientos	Promedio (Unidades)	Signific. O M
01	T3 Con tierra micorrizada	82,63	a 1°
02	T4 Con hongo fresco	78,94	a 1°
03	T2 Con hongo micorrítico molido	78,83	a 1°
04	T5 Con raicilla de pino molido	73,63	a 1°
05	T1 Sin inóculo	53,83	b 2°

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 39, donde los resultados de la prueba de Tukey al 95 %, separan las medias en 2 grupos y dentro de cada grupo hay diferencias significativas entre sí. Los tratamientos T3, T4, T2 y T5 no hay diferencia estadística por lo que son homogéneos con valores 82,63, 78,94, 78,83 y 73,63 con plantas vivas respectivamente, quedando en último lugar el tratamiento T1 con 53,83 plantas de pino.



*Figura 19.* Plantas vivas con diferentes tratamientos después de 150 días de repique  
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 19, se observa que el tratamiento T3 (tierra micorrizada de pino), obtiene el mayor número de plantas vivas de pino, seguido del tratamientos T4 (con hongo fresco), quedando en el último lugar T1 sin la aplicación de inóculo.

#### 4.1.8. Plantas para campo definitivo

**Tabla 40**

*ANVA para las plantas de Pino a campo definitivo a los 150 días después de repique*

F V	G L	S C	C M	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>		Significancia
					0,05	0,01	
Tratamiento	4	2 2819,69	5 704,92	55,57	3,01	4,77	**
Error	20	2 053,13	102,66				
Total	24	24 872,83					

CV=16, 26 % \*\* Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 40, donde el análisis de varianza para la variable plantas para campo definitivo obtenido de los tratamientos con diferentes tipos de micorrización, aplicado a las plántulas de pino a los 150 días se encontró diferencias altamente significativas entre los tratamientos. El coeficiente de varianza es de 16,26 %, de regular a medio (Calzada, 1970).

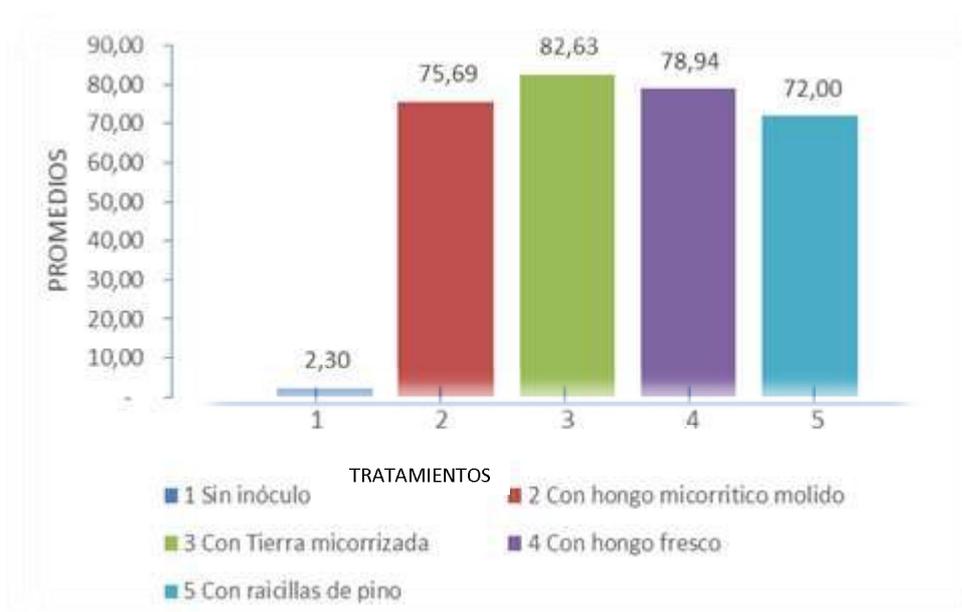
**Tabla 41**

*Prueba de Tukey para plantas de pino a campo definitivo a los 150 días después de repique*

N°	Tratamientos	Promedio (Unidades)	Signific.	O M
01	T3 Con tierra micorrizada	82,63	a	1°
02	T4 Con hongo fresco	78,94	a	1°
03	T2 Con hongo micorrítico molido	75,69	a	1°
04	T5 Con raicilla de pino molido	72	a	1°
05	T1 Sin inóculo	2,30	b	2°

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 41, donde los resultados de la prueba de Tukey al 95 %, separan las medias en 2 grupos y dentro de ellas hay diferencias significativas entre sí. Los tratamientos T3, T4, T2 y T5 no se encuentra diferencia significativa con valores de 82,63, 78,94, 75,69 y 72 respectivamente de plantas destinadas a campo definitivo; quedando en último lugar el tratamiento T1 con 2,30 plantas de pino que pueden ser destinados a campo.



*Figura 20.* Plantas para campo definitivo con diferentes tratamientos después de 150 días de repique

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 20, se observa que el tratamiento T3 (tierra micorrizada de pino), obtiene el mejor número de plantas destinadas a campo definitivo, seguido por T4 (con hongo fresco), quedando en el último lugar T1 sin la aplicación de inóculo.

## **4.2. Contrastación de hipótesis**

### **4.2.1. Hipótesis general**

Luego de haber efectuado el experimento y obtenido los resultados con la aplicación adecuada de un tipo de micorrización incremento significativamente en la producción de pino y permitierio obtener plantones con óptimo desarrollo para una plantación en campo definitivo

### **4.2.2. Hipótesis estadísticas**

Luego de realizar el análisis estadístico a través del análisis de varianza para la variable las variables altura de planta a los 60, 90, 120 y 150 días; Diámetro de tallo, Número de hojas; plantas muertas, plantas vivas y plantas a campo definitivo se pudo evidenciar diferencias altamente significativas entre los tratamientos por lo queda aceptar la hipótesis alterna con un nivel de confianza del 99 % de que al menos uno de las aplicaciones de micorriza a plantas de pino tuvieron una diferencia importante en la respuesta de diferenciación en los tratamientos

## **4.3. Discusión de resultados**

Según Vergara manifiesta que con la aplicación del hongo *Scleroderma verrcosum* no se encontró diferencia entre las plantas inoculada y el testigo; con el experimento desarrollado podremos manifestar que con la aplicación de hongos micorríticos de *Buletus edulis* se ha encontrado respuesta en altura de planta, diámetro de tallo

número de hojas, plantas muertas, plantas vivas y plantas destinadas a campo definitivo con la aplicación de tierra con micorrizas y añadidos el hongo antes mencionado.

Además se ha observado que para las características nivel micorrítico y vigor de plantones, que se han evaluado de manera cualitativa tienen muy buena performance.

Según Peña (2010), manifiestan que el porcentaje de calidad con el hongo de *Tuber magnatum* aplicados a plantas de pino manifiestan un 27 % más de calidad. a comparación del tratamiento sin la aplicación de micorriza (testigo); en este experimento podremos señalar que hay un incremento de 259 % de plantas incorporadas al campo definitivo en comparación con el testigo y de 54 plantas vivas a nivel de vivero a favor de la aplicación de tierra micorrítico con el hongo de *Boletus edulis*. En cuanto a la no aplicación de este hongo a las bolsas para la producción de pino se puede reducir hasta en un 334 %.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

**Primera.** Las plántulas con la aplicación de tierra micorrizada han logrado el mayor crecimiento alcanzando 25,20 cm del tamaño, hongo fresco 20 cm, hongo micorrítico molido 18,60 cm, raicilla de pino 17,40 cm y sin tratamiento (testigo) de 11,00 cm de tamaño.

**Segunda.** El mayor número de plantas vivas fue con el tratamiento tierra micorrizada con una cantidad de 82,63 unidades, hongo fresco de 78,94 unidades, hongo micorrítico molido 78,83 unidades, raicilla de pino 73,63 unidades y sin tratamiento 53,83 unidades.

**Tercera.** El mayor número de plantas para campo definitivo fue con el tratamiento tierra micorrizada con una cantidad de 82,63 unidades, hongo fresco de 78,94 unidades, hongo micorrítico molido 75,69 unidades, raicilla de pino 72,00 unidades

y sin tratamiento 2,30 unidades. De todas las plantas logradas o vivas no todas las plantas estaban aptas para campo definitivo, lográndose en su totalidad las plantas de pino con tratamientos tierra micorrizada y hongo fresco. Los tratamientos hongo micorrítico molido y raicilla no se ha logrado en su totalidad para campo definitivo. Las plantas de pino sin tratamiento solo logro 2,30 unidades de 53,83 plantas vivas.

## **5.2. Recomendaciones**

**Primera.** Para la recolección de tierra micorrizada, se recomienda primero identificar la planta, topografía de terreno, acceso, textura y estructura de terreno. La extracción no se debe realizar más de 20 cm de profundidad y el material debe ser zarandeado para su uso. Se debe extraer tierra micorrizada el mismo día o un día antes de repique, o en caso contrario esta debe ser almacenada en un lugar bajo sombra y mantenerlos húmedo a capacidad de campo no más de 7 días.

**Segunda.** Para la obtención de un alto porcentaje de plántulas de pino aptos para campo definitivo y de buen tamaño, se recomienda emplear tierra micorrizada extraído de las plantas de pino mayores de siete años de edad, cuya composición física sea suelta y arenosa.

**Tercera.** Una vez repicado las plántulas de pino, los riegos deben ser frecuentes, hacer tinglado inmediatamente y mantenerlos por un tiempo de 15 días aproximadamente. Si las plántulas de pino cuya raíz tiene más de 5cm de tamaño al momento de repique, se recomienda podarlos con la finalidad de mejor manejo, aparición de raíces secundarias y buena formación radicular.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arteaga, B. (1983). *Influencia del Suelo y las Características Fisiográficas en el Crecimiento de Pinus radiata en Ayotoxtla, Guerrero* (Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Agrónomo). Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Arriaga, V., Cervantes, V. y Vargas, A. (1994). *Manual de Reforestación con Especies Nativas: Colecta y Preservación de Semillas, Propagación y Manejo de Plantas*. México: UNAM.
- Arteaga, B., J. D. Etchevers y Volke, V. (1985). *Diagnóstico del estado nutricional de plantaciones forestales: I. Deficiencias nutricionales de Pinus radiata D. Don en Ayotoxtla, Guerrero*. Chapingo, México: Agrociencia 60
- Arteaga, B., J. D. Etchevers y Volke, V. (1985). *Influencia de las características fisiográficas y edáficas en el crecimiento Pinus radiata D. Don en Ayotoxtla, Guerrero*. Chapingo, México. Agrociencia 60.
- Barea, J. & Honrubia, M. (1990). *La micorrización dirigida de la planta forestal*. En: Vallejo, R. & al. (ed.), *Avances en el estudio de la gestión del monte mediterráneo*. CEAM. 84-921259-3-4. Pp: 215-260.
- Calzada, B. J. (1970). *“Métodos Estadísticos para la Investigación”*. Lima, Perú: Editorial Jurídica S.A.

- Carbaye, J., Delwaulle, J. & Diangana, D. (1988) *Growth Response of Eucalypts in the Congo to Ectomycorrhizal Inoculation. Forest Ecology and Management*. Nº 24 Elsevier Science Publishers, Amsterdam: Printed in the Netherlands.
- Cervantes, V., López, M., Salas, N. y Hernández, G. (2006) En Prensa. *Técnicas para Propagar especies nativas de la Selva Baja Caducifolia y Criterios para Establecer Áreas de Reforestación*, México: UNAM.
- Dans, F., Fernández F. & Romero A. (s/f). *Manual de selvicultura del pino radiata en Galicia. La sanidad del pino insigne*. Recupedado el 26 de Abril del 2017 de <http://www.agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/pinoradiata>.
- González, R. (1965). *Influencia de la micorriza en la germinación y desarrollo inicial de Pinus radiata, P. Canariensis y P. Pinaster*. Anales científicos V3 Perú.
- Hong, T., Linington, S. y Ellis, R. (1996). *Seed Storage Behaviour: a Compendium*. Handboock for Genebanks. No. 4. IPGRI. Roma.
- Jensen, F., Cristensen, T., Baadsgaard, J. y Stusbsgaard, F. (1996). *Escalamiento de árboles para la recolección de semillas*. Turrialba, Costa Rica: Catie Prosefor.
- Lapulu, P. (1985). *Acción del Cyathus sp. Y Schyzophyllum sp. Inoculados al repique con diferentes fórmulas de fertilización en la producción de plantones de pinos Pinus radiata D. Don*. (Tesis para optar el Título profesional

- de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Limache, A. (1985). *Ensayo de micorrización de Pinus radiata D. Don en los viveros forestales del Dpto. de Cuzco*. (Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Forestal). Universidad Nacional del Centro de Perú, Huancayo, Perú.
- Loroña A. (1992). *Micorrización de Pinus radiata D. Don en la etapa de vivero en dos cepas de hongos (Pisolithus tinctorius y Boletus luteus)* Quito: Itto Inefan
- Molleapaza, E. (1979). *Las micorrizas: sus influencias*. Universidad San Antonio de Abad del Cusco, Perú: UNSAAC
- Mostacero, J., Mejía, F. y Gamarra, O. (2002). *Taxonomía de las Fanerógamas Útiles del Perú*. Trujillo, Perú: Ed. Normas Legales S.A.C.
- PRONAMACHS. (1998). *Aspectos fitosanitarios y micorríticos en viveros forestales en la sierra Peruana 1996 -1997*. Proyecto Forestaría en Microcuencas alto andinas del Pronamachs Femap FAO/GCP/033/Net-Donación del Gobierno del Reino de los países Bajos Holanda. Perú.
- Proyecto FAO/HOLANDA/CDF. (s/f) *Desarrollo forestal comunal en el altiplano Boliviano*. Guía rotafolio – Especies agroforestales departamento de Potosí.
- Raisman, J., Gonzales, A. (2004) *Reino Fungi: Micorrizas*. Argentina. Recupedado

el 30 de Abril del 2017 de <http://www.biologia.edu.or/fungi/micorrizas.htm>

Rodríguez, M. (1981). *Asociación de tres hongos ectomicorrizales en plántulas repicadas y siembra directa de Pinus radiata*. D. Don. EE. El Mantaro. (Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Forestal). Universidad Nacional del Centro de Perú, Huancayo, Perú.

Semiaborio (2004). *Resumen de trabajos sobre micorrizas del Perú y el Extranjero*. (Trabajo no publicado). Perú.

Sierra, A., Vázquez, J. y Rodríguez, D. (1994). *La Auto ecología de Pinus radiata en la Cuenca de México*. Serie Publicación Especial. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Chapingo. México.

Scott, C. W. (1960). *Pinus radiata*. Roma: FAO.

Tackas, A. (1967). *Producción de cultivos puros micorrizógenos*. Ed: Centro Nacional de Investigación. Argentina.

Zegarra, A. (1981) “*Comparativo de diferentes suelos forestales y sustratos para la producción de plántulas de pinos (Pinus radiata)*”. (Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.