

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**T E S I S**

**Efecto de la micorriza *Glomus iranicum* en la producción de  
plantones de pino (*Pinus radiata*) en condiciones de Yanahuanca –**

**Pasco**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Agrónomo**

**Autor:**

**Bach. Liceth CARBAJAL HERRERA**

**Asesor:**

**MSc. Josué Hernán INGA ORTIZ**

**Cerro de Pasco – Perú – 2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**T E S I S**

**Efecto de la micorriza *Glomus iranicum* en la producción de  
plantones de pino (*Pinus radiata*) en condiciones de Yanahuanca –**

**Pasco**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Manuel Jorge CASTILLO NOLE  
PRESIDENTE**

---

**Mg. Fernando James ALVAREZ RODRIGUEZ  
MIEMBRO**

---

**Mg. Rocío Karim PAITAN GILIAN  
MIEMBRO**



**Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Unidad de Investigación**

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 030-2025/UIFCCAA/V**

---

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por  
**CARBAJAL HERRERA, Liceth**

Escuela de Formación Profesional  
**Agronomía – Yanahuanca**

Tipo de trabajo  
**Tesis**

**Efecto de la micorriza *Glomus iranicum* en la producción de plantones de pino (*Pinus radiata*) en condiciones de Yanahuanca – Pasco**

Asesor  
**Mag. Inga Ortiz, Josué Hernán**

Índice de similitud  
**9%**

Calificativo  
**APROBADO**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 28 de junio de 2025



Firma Digital  
Director UIFCCAA

c.c. Archivo  
LHT/UIFCCAA

## **DEDICATORIA**

Agradezco en primer lugar a Dios, por el don de la vida y por acompañarme hasta alcanzar este momento clave en mi formación profesional. Esta tesis también la dedico a mis padres, quienes, con su esfuerzo, entrega y constante confianza en mí, me han apoyado en cada etapa de mi vida para alcanzar mis metas.

Extiendo esta dedicatoria a mis seres queridos, en especial a mis queridos hijos.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi agradecimiento al Mg. Josué Hernán Inga Ortiz por su valioso respaldo en calidad de asesor de esta tesis.

Del mismo modo, extiendo mi reconocimiento a los miembros del jurado de tesis por sus valiosos aportes y sugerencias que enriquecieron la elaboración del presente trabajo.

Agradezco también a todos los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía de la UNDAC, Filial Yanahuanca, por su dedicación en mi formación académica, transmitiéndome conocimientos y brindándome orientación.

Asimismo, manifiesto mi gratitud al personal administrativo de la UNDAC por su apoyo en los procesos administrativos y por los consejos brindados a lo largo de estos cinco años de estudio.

## RESUMEN

La presente investigación evaluó el efecto de la micorriza *Glomus iranicum* en la producción de plantones de pino (*Pinus radiata*) en Yanahuanca – Pasco, debido a la importancia forestal de esta especie en la provincia Daniel Alcides Carrión y en la sierra del Perú. Se utilizó un diseño completamente al azar con seis tratamientos: (1) control, (2) 700 g, (3) 1400 g, (4) 2100 g, (5) 2800 g de MycoUp® por 200 L de agua, y (6) micorrizas de suelo de bosque local, aplicadas al repique y nuevamente a los 15 y 30 días en el caso de *Glomus iranicum*. A los 150 días, el tratamiento T6 con micorrizas de suelo de bosque local mostró los mejores resultados en todas las variables evaluadas, con un prendimiento del 100% frente al 88% del control. Registró la mayor altura (25.5 cm), diámetro basal (4.28 mm), número de hojas (41.4) y longitud de raíz (41.46 cm), superando significativamente al control en un 51.5%, 51.7%, 88.7% y 41.9%, respectivamente. En cuanto al vigor, T6 presentó una calificación de muy bueno, mientras que las dosis altas de MycoUp® mostraron un vigor bueno y el control resultó con vigor deficiente. Respecto a biomasa, T6 obtuvo el mayor peso radicular (6.93 g) y de la parte aérea (8.26 g), sin diferencias estadísticas significativas con T5 (2800 g MycoUp®), pero ambos superaron al control, que registró los valores más bajos (3.04 g radicular y 3.89 g aérea). Se concluye que la inoculación con micorrizas, especialmente las provenientes de suelos de bosque local, mejora significativamente el crecimiento y vigor de *Pinus radiata*, representando una alternativa viable para su producción en vivero.

**Palabras clave:** *Pinus radiata*, micorrizas, *Glomus iranicum*, producción de plantones.

## ABSTRACT

This research evaluated the effect of the mycorrhiza *Glomus iranicum* on the production of pine (*Pinus radiata*) seedlings in Yanahuanca – Pasco, due to the forest importance of this species in the Daniel Alcides Carrión province and the Peruvian highlands. A completely randomized design was used with six treatments: (1) control, (2) 700 g, (3) 1400 g, (4) 2100 g, (5) 2800 g of MycoUp® per 200 L of water, and (6) mycorrhizas from local forest soils, applied at the transplant and again at 15 and 30 days for *Glomus iranicum*. After 150 days, treatment T6 with mycorrhizas from local forest soils showed the best results in all evaluated variables, with a 100% survival rate compared to 88% in the control. It recorded the highest height (25.5 cm), basal diameter (4.28 mm), number of leaves (41.4), and root length (41.46 cm), significantly surpassing the control by 51.5%, 51.7%, 88.7%, and 41.9%, respectively. Regarding vigor, T6 showed an excellent rating, while high doses of MycoUp® showed good vigor and the control resulted in poor vigor. For biomass, T6 obtained the highest root weight (6.93 g) and aerial part weight (8.26 g), with no statistically significant differences compared to T5 (2800 g MycoUp®), but both exceeded the control, which recorded the lowest values (3.04 g root and 3.89 g aerial). It is concluded that inoculation with mycorrhizas, especially those from local forest soils, significantly improves the growth and vigor of *Pinus radiata*, representing a viable alternative for its nursery production.

**Keywords:** *Pinus radiata*, mycorrhizae, *Glomus iranicum*, seedling production.

## INTRODUCCIÓN

En el Perú y especialmente en la sierra se utiliza al pino (*Pinus radiata*) como especie para reforestar. Sin embargo, es necesario que los pinos desarrollen simbiosis con hongos micorrícicos para que prosperen (Ning *et al.*, 2019).

Las micorrizas favorecen la nutrición de las plantas de pino, además mejoran la tolerancia de las plantas a estrés y protección contra patógenos, estos microorganismos mejoran la micro diversidad de los bosques (Albornoz *et al.*, 2020).

La provincia Daniel Alcides Carrión y la región Pasco cuenta con zonas aptas para la plantación y desarrollo forestal, sin embargo, existe una alta mortalidad cuando las plantas son llevadas a campo definitivo, debido a la falta de simbiosis entre planta y micorrizas, por lo tanto, es necesario asegurar una adecuada simbiosis a nivel de vivero para garantizar un adecuado prendimiento en campo definitivo.

Actualmente se comercializa la micorriza *Glomus iranicum*, la cual ha presentado efectos positivos en diversas especies vegetales, esta micorriza se encuentra disponible y de fácil acceso para los agricultores que deseen instalar viveros forestales comunales.

Por lo antes mencionado se realizó la investigación con el objetivo de determinar el efecto de la micorriza *Glomus iranicum* en la producción de plantones de pino (*Pinus radiata*) en condiciones de Yanahuanca - Pasco.

Esta tesis se encuentra organizada de la siguiente forma: el capítulo I aborda la descripción del problema de investigación, los objetivos planteados, así como la justificación y las limitaciones del estudio. El capítulo II incluye los antecedentes, el marco teórico-científico, la hipótesis formulada y la definición operacional de las variables e indicadores. En el capítulo III se expone la metodología empleada, las técnicas de investigación utilizadas, el diseño del estudio, la población y muestra, el tratamiento estadístico, así como los enfoques ético y epistémico. El capítulo IV contiene los resultados obtenidos y su respectiva discusión. Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones y la bibliografía consultada.

## ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	

### CAPITULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema .....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.3.	Formulación del problema .....	3
1.3.1.	Problema general .....	3
1.3.2.	Problemas específicos.....	3
1.4.	Formulación de objetivos.....	4
1.4.1.	Objetivo general.....	4
1.4.2.	Objetivos específicos .....	4
1.5.	Justificación de la investigación.....	4
1.6.	Limitaciones de la investigación .....	5

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio .....	6
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	8
2.2.1.	El pino.....	8
2.2.2.	Micorriza .....	13

2.2.3. Micorriza <i>Glomus iranicum</i> .....	14
2.3. Definición de términos básicos .....	15
2.4. Formulación de Hipótesis .....	16
2.4.1. Hipótesis general .....	16
2.4.2. Hipótesis Específicas.....	16
2.5. Identificación de variables .....	17
2.6. Definición operacional de variables e indicadores .....	18

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación.....	19
3.2. Nivel de investigación.....	19
3.3. Métodos de investigación .....	19
3.3.1. Conducción del experimento.....	19
3.4. Diseño de investigación.....	21
3.4.1. Características del experimento.....	21
3.5. Población y muestra .....	22
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	22
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	23
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	23
3.9. Tratamiento estadístico .....	24
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica .....	25

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo .....	27
4.1.1. Ubicación geográfica y características meteorológicas .....	27
4.1.2. Datos meteorológicos .....	28
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	29
4.2.1. Características morfológicas.....	29

4.2.2. Vigor de planta a los 150 días.....	38
4.2.3. Dosis de micorriza para producción de pino .....	39
4.3. Prueba de Hipótesis .....	42
4.4. Discusión de resultados .....	42
4.4.1. Características morfológicas.....	42
4.4.2. Vigor de planta a los 150 días.....	45
4.4.3. Dosis de producción .....	45

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables .....	18
<b>Tabla 2</b> Tratamientos en estudio en pino .....	25
<b>Tabla 3</b> Análisis de varianza para un DCA.....	25
<b>Tabla 4</b> Datos meteorológicos durante el desarrollo de la investigación agosto – diciembre 2024 .....	28
<b>Tabla 5</b> Análisis de varianza altura de planta a los 150 días.....	30
<b>Tabla 6</b> Prueba de Tukey para altura de planta a los 150 días (cm) .....	30
<b>Tabla 7</b> Análisis de varianza para diámetro basal de tallo a los 150 días (cm) .....	32
<b>Tabla 8</b> Prueba de Tukey para diámetro basal de tallo a los 150 días (mm).....	32
<b>Tabla 9</b> Análisis de varianza para número de hojas a los 150 días (n°) .....	34
<b>Tabla 10</b> Prueba de Tukey para número de hojas a los 150 días (n°).....	34
<b>Tabla 11</b> Análisis de varianza para longitud de raíz a los 150 días (cm).....	36
<b>Tabla 12</b> Prueba de Tukey para longitud de raíz a los 150 días (cm) .....	37
<b>Tabla 13</b> vigor de plantas de pino a los 150 días .....	38
<b>Tabla 14</b> Análisis de varianza para peso fresco radicular a los 150 días (g).....	39
<b>Tabla 15</b> Prueba de Tukey para peso fresco radicular a los 150 días (g) .....	39
<b>Tabla 16</b> Análisis de varianza para peso fresco de la parte aérea a los 150 días (g). 40	
<b>Tabla 17</b> Prueba de Tukey para peso fresco de la parte aérea a los 150 días (g) .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Croquis del campo experimental .....	22
<b>Figura 2</b> Detalles de un tratamiento (vista de planta). .....	22
<b>Figura 3</b> Porcentaje de prendimiento de pino en bolsa después del repique (%). .....	29
<b>Figura 4</b> Altura de planta a los 150 días. (cm) .....	31
<b>Figura 5</b> Desarrollo de altura de planta hasta los 150 días (cm).....	31
<b>Figura 6</b> Diámetro basal de tallo a los 150 días (mm) .....	33
<b>Figura 7</b> Desarrollo del diámetro de tallo hasta 150 días (mm).....	33
<b>Figura 8</b> Número de hojas por planta a los 150 días (n°).....	35
<b>Figura 9</b> Desarrollo de número de hojas hasta los 150 días (n°) .....	36
<b>Figura 10</b> Longitud de raíz en pino a los 150 días (cm).....	37
<b>Figura 11</b> Peso fresco radicular a la producción de plántones (g) .....	40
<b>Figura 12</b> Peso fresco de la parte aérea en pino (g).....	41

## CAPITULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Identificación y determinación del problema

El problema identificado en la investigación fue ¿cuál será el impacto del hongo micorrícico *Glomus iranicum* en la producción de plántulas de *Pinus radiata* en las condiciones específicas de Yanahuanca Pasco? El enfoque fue comprender cómo la asociación simbiótica entre el hongo micorrícico y las plántulas de pino influye en su crecimiento, salud y desarrollo en un entorno particular.

El estudio se centró en determinar cómo la presencia de *Glomus iranicum* afecta la producción de plántulas de pino en un contexto específico como Yanahuanca, Pasco. Los aspectos que se consideraron fueron incluir la producción de las plántulas, la calidad de las raíces, la absorción de nutrientes y la resistencia a condiciones ambientales adversas bajo la influencia de esta micorriza.

Este planteamiento buscó entender el potencial de la micorrización como una herramienta para mejorar la producción de plántulas de pino, explorando su viabilidad en condiciones locales y su posible aplicación en la silvicultura de la región.

La provincia Daniel Alcides Carrión presenta condiciones edafoclimáticas favorables para la producción de árboles forestales, especialmente pino radiata.

Los agricultores producen las plantas de pino usando micorrizas que se encuentran en los suelos de árboles ya desarrollados, sin embargo esa técnica muchas veces no se realiza de manera adecuada, por lo que en la actualidad existen en el mercado micorrizas que ya fueron probadas en otras plantas y que presentan beneficios ya que otorgan a la planta resistencia a factores adverso como sequía, tolerancia a patógenos, mayor absorción de nutrientes del suelo y por consiguiente se logra plantas más vigorosas, por lo antes mencionado se decidió plantear la siguiente investigación para contribuir en la propagación de pino radiata.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

**Ubicación geográfica y condiciones específicas:** La investigación se llevó a cabo en el vivero de la Comunidad Campesina San Juan de Yanacocha, ubicada a 7 kilómetro de la plaza de Yanahuanca, la misma que está ubicado en la en el distrito de Yanahuanca, provincia de Daniel Alcides Carrión y Región Pasco.

**Variedad de pino:** Se estudio una sola variedad de pino (*Pinus radiata.*). Otras variedades no estuvieron incluidas en este estudio.

**Parámetros de evaluación:** El enfoque de la investigación estuvo centrado en analizar el impacto de la micorriza en la producción de plantones de pino. Otros aspectos no fueron considerados dentro del alcance de este estudio.

**Tamaño de la muestra:** La cantidad de plantas o unidades experimentales empleadas en el estudio fue determinada por el tipo de diseño experimental aplicado y los recursos con los que se contaba.

**Aspectos económicos:** A pesar de que el impacto económico podría ser significativo, esta investigación no contempló un análisis exhaustivo de los factores económicos relacionados con la producción de plántulas de pino y la aplicación de micorrizas.

**Aspectos sociales o culturales:** La investigación no consideró elementos de índole social, cultural ni histórica vinculados a la producción de plántulas de pino.

**Delimitación temporal:** La investigación se realizó entre los meses de agosto y diciembre del año 2024. No obstante, es importante señalar que la producción de plántulas en las condiciones climáticas de Yanahuanca puede llevarse a cabo en cualquier época del año. Por ello, los resultados y conclusiones obtenidos estarán restringidos a las condiciones específicas y a los acontecimientos ocurridos durante ese período.

**Delimitación social:** Para llevar a cabo este experimento se contó con un equipo humano conformado por el asesor de la tesis y la tesisista, quien estuvo a cargo de la conducción del presente trabajo de investigación.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿Cuál será el efecto de la micorriza *Glomus iranicum* en la producción de plántulas de pino (*Pinus radiata*) en condiciones de Yanahuanca - Pasco?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

¿Cómo se modificarán las características morfológicas de las plántulas de pino (*Pinus radiata*) con el uso de la micorriza *Glomus iranicum* en condiciones de vivero en Yanahuanca - Pasco?

¿Cómo será el vigor de los plántulas de pino (*Pinus radiata*) con el uso de la micorriza *Glomus iranicum* en condiciones de vivero en Yanahuanca - Pasco?

¿Cuál será la dosis óptima de la micorriza *Glomus iranicum* en la producción plantones de pino (*Pinus radiata*) en condiciones de vivero en Yanahuanca - Pasco?

#### **1.4. Formulación de objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar el efecto de la micorriza *Glomus iranicum* en la producción de plantones de pino (*Pinus radiata*) en condiciones de Yanahuanca - Pasco.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Evaluar las características morfológicas de las plántulas de pino (*Pinus radiata*) con el uso de la micorriza *Glomus iranicum* en condiciones de vivero en Yanahuanca - Pasco.
- Evaluar el vigor de los plantones de pino (*Pinus radiata*) con el uso de la micorriza *Glomus iranicum* en condiciones de vivero en Yanahuanca - Pasco.
- Determinar la dosis óptima de la micorriza *Glomus iranicum* en la producción plantones de pino (*Pinus radiata*) en condiciones de vivero en Yanahuanca – Pasco.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

**Importancia económica:** La investigación busca mejorar la producción de plantones de pino mediante la micorrización con *Glomus iranicum*. Si se demuestra que esta micorriza aumenta la calidad y mejor producción de los plantones, puede reducir costos de producción al disminuir la necesidad de insumos como fertilizantes, beneficiando económicamente a los productores forestales y viveros.

**Importancia social:** Mejorar la producción de plantones de pino puede beneficiar la reforestación, la industria maderera y la conservación ambiental en la provincia Daniel Alcides Carrión y región Pasco. Esto promovería empleo en el sector forestal, impulsaría actividades sostenibles y contribuiría a la

conservación de los recursos naturales. Además, mejoraría el paisaje de los lugares donde serán reforestadas lo cual contribuye al bienestar de los pobladores.

**Importancia tecnológica:** La investigación aborda el uso de una tecnología (micorrización con *Glomus iranicum*) para mejorar la producción forestal. Si se demuestra su eficacia, se ampliaría el conocimiento sobre su aplicación en la silvicultura, ofreciendo una herramienta tecnológica para mejorar la calidad de los cultivos forestales y potencialmente otras especies vegetales.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

En el transcurso del desarrollo de la investigación se presentaron algunas limitaciones, entre ellas:

Los efectos del cambio climático, que incidieron en el incremento de la intensidad y severidad de plagas y enfermedades.

Dificultades de carácter administrativo dentro de la Universidad.

La ausencia de antecedentes nacionales vinculados directamente con esta línea de investigación.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de estudio

En la localidad de Yanahuanca no se han desarrollado investigaciones sobre el uso de micorrizas en la producción de plantones de pino; no obstante, en otras regiones sí se han realizado estudios relacionados con esta temática.

Melgarejo (2017) en la investigación “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” manifiesta que se usó el diseño completamente al azar (DCA), se aplicaron cuatro tratamientos diferentes y un testigo neutro utilizando hongos *Boletus edulis* molido y fresco, tierra micorrizada (tierra de pino), y raicillas molidas de *Pinus radiata*. Las plantas de *Pinus radiata* se usaron como huéspedes. Los resultados indican que el tratamiento con tierra micorrizada tuvo el mayor efecto positivo en la micorrización de *Pinus radiata*. En 150 días, se observaron mejoras significativas en variables como altura de planta (25.20 cm), diámetro del tallo (4 mm), hojas fasciculares (41.40), nivel de micorrización MB (muy bueno), nivel de vigor MB (muy bueno), tamaño de raíz (48.90 cm), plantas vivas (82.63 unidades), y plantas para campo definitivo (82.63 unidades). Este tratamiento

superó en efectividad a los tratamientos con hongo fresco, hongo micorrícico molido y raicilla de pino en la producción de *Pinus radiata*.

Quispe (2020) en la investigación “Efecto de sustratos y micorriza en producción de pinos (*Pinus radiata* D. Don.) en vivero forestal del distrito de Santo Tomás-Cusco”, reporta que el experimento empleó 1,350 plántulas, en un diseño completamente al azar (DCA) y un arreglo factorial de dos factores (AxB), cada uno con tres niveles y tres repeticiones, totalizando 27 unidades experimentales. Se aplicó el análisis de varianza (ANVA) con prueba de Tukey al 95% de confiabilidad y probabilidad F de 0,05 y 0,01. Para la variable altura de planta, el factor micorrizas (a2) mostró el mayor efecto con 14,75 cm, mientras el factor sustratos (b2) alcanzó 14,48 cm y la interacción a2b2 logró 16,44 cm. En número de raíces, el factor micorrizas (a2) tuvo mayor efecto con 28,13 unidades, con un 99% de confianza. Respecto al factor sustratos, b2 superó estadísticamente con 26,87 unidades y la interacción a2b2 alcanzó 32,77 unidades. El experimento logró un 98,00% de prendimiento en su totalidad.

Cuba (2014) en la investigación “Respuesta del pino (*Pinus radiata* D. Don.) a la aplicación de suelo micorrizado y dos tipos de sustrato en etapa de vivero en la Estación Experimental de Cota Cota-La Paz”, reporta que se aplicó micorrización en plántulas de pino utilizando suelo forestal con cuatro niveles de concentración (b1, b2, b3 y b4) y dos tipos de sustrato. Se empleó un diseño experimental completamente al azar factorial con ocho tratamientos, cuatro repeticiones y se evaluaron parámetros como altura, diámetro del tallo, longitud y peso de raíces y parte aérea. Se realizó análisis de varianza, prueba de Duncan (a 0.05) y análisis de efectos simples para comprobar interacciones. Los niveles b3 y b4 de suelo micorrizado mostraron mayor significancia en altura, peso seco de raíces y parte aérea. Se observó interacción significativa entre suelos micorrizados y sustratos. Las plantas micorrizadas superaron en valores

a las no inoculadas, evidenciando el efecto positivo de las micorrizas en plántulas de pino.

Ramos *et al.*, (2018) en la investigación “Formas de inoculación y niveles de hongos micorrícicos en las características de plantones de *Pinus radiata* en vivero, Ayacucho 2017” reportan que el estudio fue realizado en el vivero de alta tecnología de AGRORURAL-Ayacucho analizó cómo distintas formas de inoculación y niveles de hongos micorrícicos afectan los plantones de pino en Ayacucho. Se utilizó el diseño experimental Completamente Randomizado de 2 x 5 con 4 repeticiones y bolsas de polietileno para la producción de *Pinus radiata*. El análisis, mediante varianza y prueba de Tukey, resalta que el suelo micorrizado con 16 g impacta positivamente en la altura, peso seco, diámetro de tallo y longitud de raíz. Por otro lado, el nivel de 8 g de micorriza comercial influye más en el peso seco de la raíz. La evaluación reveló mayor presencia de micorrizas en los tratamientos con suelo micorrizado de los pinares de Tambo La Mar en comparación con la micorriza comercial al analizar raíces y sustratos.

## **2.2. Bases teóricas - científicas**

### **2.2.1. El pino**

#### **A. Origen y distribución de pino**

El *Pinus radiata*, comúnmente conocido como pino de Monterrey o pino insigne, tiene su origen en la costa oeste de Norteamérica, específicamente en el estado de California en los Estados Unidos. Su hábitat natural se extiende a lo largo de la costa californiana y se caracteriza por un clima templado y húmedo. Además, se encuentra en áreas como Swanton, Cambria y Monterrey, al sur de San Francisco, junto con algunas islas cercanas a esa región. Este pino ha sido introducido y cultivado en diversas partes del mundo debido a su rápido crecimiento y su utilidad en la industria maderera (Arbolapp, 2023).

## **B. Taxonomía de pino**

El Pino, científicamente conocido como *Pinus radiata* D. Don, pertenece al reino Plantae, la división Pinophyta (coníferas), la clase Pinopsida, el orden Pinales y la familia Pinaceae. Esta especie se reconoce por su nombre común como pino de Monterrey o pino insigne, y es nativa de la costa oeste de Norteamérica, específicamente del estado de California en los Estados Unidos. Presenta hojas perennes en forma de aguja y conos reproductivos masculinos y femeninos. Es ampliamente cultivada debido a su rápido crecimiento y su valor en la industria maderera. Su taxonomía se encuentra catalogada en diversas fuentes científicas y de conservación, mostrando su importancia en el ecosistema y su relevancia económica (Mirov, 1967).

## **C. Descripción botánica del pino**

*Pinus radiata*, comúnmente conocido como pino insigne o pino de Monterrey, es un árbol de tamaño medio a grande que puede alcanzar entre 30 y 50 metros de altura. Su porte es regular, con forma piramidal en su juventud y más ancho, globoso o truncado a medida que madura. Las hojas son perennes, dispuestas en fascículos de tres, de forma acicular y longitud variable, generalmente de color verde brillante. Los conos son cilíndricos y de tamaño pequeño a mediano, de unos 7 a 17 centímetros de largo, conteniendo semillas aladas. Se caracteriza por su rápido crecimiento y es ampliamente cultivado en plantaciones forestales debido a su valor comercial en la industria maderera. Originario de la costa oeste de Norteamérica, específicamente del estado de California en los Estados Unidos, ha sido introducido en diferentes

regiones del mundo por su adaptabilidad y capacidad de crecimiento rápido (Rodríguez y Santillana, 2021).

#### **D. Requerimientos edafoclimáticos**

El pino, especialmente el *Pinus radiata*, prospera en altitudes entre 1,800 y 3,500 metros sobre el nivel del mar, con precipitaciones anuales de 800 a 1,300 mm y temperaturas medias de 11 a 17 °C. Prefiere suelos franco-arenosos, bien drenados, con pH neutro a ligeramente ácido, y es exigente en nutrientes como fósforo, boro y zinc. No tolera suelos anegados ni la presencia constante de neblina. Entre las plagas y enfermedades que pueden afectarlo se encuentran insectos defoliadores y barrenadores, así como patologías como el "damping-off", quemaduras y manchas en las acículas, marchitez descendente y chancros. Estas condiciones edafoclimáticas son esenciales para su óptimo desarrollo y productividad (Flores, 2016).

#### **E. Manejo de vivero en pino**

Según Gestionforestal (2023) se debe realizar las siguientes actividades:

**Tratamiento de Semillas:** Se recomienda un tratamiento previo, como la inmersión en agua fría durante 48 horas, seguido de un período de sombra para el escurrimiento del agua antes de la siembra.

**Preparación del Suelo:** La correcta preparación del sustrato es esencial para el crecimiento inicial de las plántulas.

**Siembra y Germinación:** La siembra de semillas en bandejas o contenedores adecuados, control de temperatura, humedad y luz para la germinación.

**Cuidado y Mantenimiento:** Incluye el riego, fertilización, control de malezas, enfermedades y plagas.

**Trasplante y Crecimiento:** Tras alcanzar cierto tamaño, se lleva a cabo el trasplante a contenedores más grandes o al campo, donde se continuarán los cuidados específicos.

**Ubicación del vivero:** Prieto (2004) recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos en la producción de pino en vivero:

**Clima:** Debe estar en una zona con condiciones climáticas adecuadas para el crecimiento de *Pinus* spp., generalmente en áreas con temperaturas moderadas y suficiente humedad. Un clima templado a cálido puede ser beneficioso, pero depende de la especie específica.

**Suelo:** Se prefiere un suelo bien drenado, con textura adecuada para el desarrollo radicular de las plántulas. La tierra debe ser fértil y con buenos niveles de materia orgánica para nutrir el crecimiento inicial de las plantas.

**Acceso a Agua:** Disponibilidad de agua para riego es crucial. Un acceso conveniente y suficiente suministro de agua es esencial para mantener el vivero.

**Exposición Solar:** La ubicación debe recibir la cantidad necesaria de luz solar para el crecimiento saludable de las plántulas, aunque cierto nivel de sombra también puede ser beneficioso, especialmente en etapas iniciales.

**Accesibilidad:** Una ubicación accesible facilitará el transporte de insumos, plantas y equipos, así como el acceso para el personal de mantenimiento y cuidado de las plántulas.

### **Selección de semilla**

Bustamante et al., (2012) mencionan que se debe considerar:

**Origen y Calidad:** Seleccionar semillas de fuentes confiables y de árboles madre sanos, robustos y adaptados a las condiciones locales para mejorar la calidad genética y la resistencia a enfermedades.

**Madurez:** Recolectar semillas maduras y saludables para asegurar una germinación exitosa y un desarrollo inicial óptimo de las plántulas.

**Viabilidad:** Realizar pruebas de viabilidad para evaluar la capacidad de germinación de las semillas. Este proceso ayuda a identificar semillas fértiles y descartar las dañadas o no viables.

**Proceso de Recolecta:** Utilizar métodos adecuados para la recolección, como la selección manual de conos maduros directamente de los árboles o el uso de trampas colectoras.

**Almacenamiento:** Guardar las semillas en condiciones adecuadas de temperatura y humedad para mantener su viabilidad hasta su uso en la producción de plantas.

**Instalación de germinaderos o almácigos:** Herrera (2019) recomienda que se debe realizar las siguientes actividades:

**Selección del Sustrato:** Utiliza una mezcla ligera y aireada de tierra, compost y arena para proporcionar un ambiente propicio para la germinación de las semillas.

**Recipientes o Camas:** Prepara camas de almácigo o recipientes individuales, asegurándote de que tengan buen drenaje para evitar el encharcamiento.

**Siembra de Semillas:** Planta las semillas a la profundidad adecuada, generalmente no más de tres veces su tamaño, y cúbre las ligeramente con el sustrato.

**Riego:** Mantén el sustrato húmedo, pero no empapado, usando riego por aspersión suave para evitar desplazar las semillas.

**Ambiente:** Coloca los almácigos en un lugar con buena luz solar indirecta y protección contra vientos fuertes.

**Control de Malezas y Plagas:** Asegúrate de mantener los almácigos libres de malezas y controlar cualquier posible plaga.

**Trasplante:** Cuando las plántulas alcancen el tamaño adecuado y tengan varios pares de hojas verdaderas, estarán listas para el trasplante a contenedores individuales o al campo.

### **2.2.2. Micorriza**

Allen *et al.*, (1992), Requena *et al.*, (1996) manifiestan que las micorrizas pertenecen a los hongos endomicorrizicos arbusculares que son habitantes naturales de los suelos, además recomiendan analizar estos hongos en los agroecosistemas para inocular los suelos y reforzar sus beneficios.

Hernández *et al.*, (2003) menciona que las micorrizas se encuentran en diferentes suelos del mundo y asociadas a diferentes plantas o cultivos en los agroecosistemas.

Barea (1991) mencionan que no existe una especificidad entre micorrizas y plantas por las que las micorrizas se pueden encontrar en diferentes agroecosistemas, sin embargo, existe compatibilidad entre plantas y micorrizas.

Smith y Gianinazzi (1988) realizaron los primeros estudios sobre la compatibilidad entre hongos micorrícicos y plantas, descubriendo una amplia variedad de hongos asociados a distintas especies vegetales, lo que indica que son muy pocas las plantas que no presentan compatibilidad con estos hongos.

Brundrett (1991); Rillig y Mummey (2006) manifiestan que a veces los hongos micorrícicos más que incompatibilidad cuando se las lleva a otras condiciones ambientales diferentes manifiestan una baja adaptación al medio ambiente.

### **2.2.3. Micorriza *Glomus iranicum***

Symborg (2020) informa que el producto micorrícico Myco Up contiene el hongo *Glomus iranicum*, el cual, al establecer una simbiosis con las raíces de las plantas, mejora significativamente la capacidad de absorción de nutrientes. Además, este hongo actúa como barrera protectora frente a patógenos presentes en el suelo.

Myco Up ha sido patentado en España y actualmente se comercializa en diversos países. Su formulación está lista para aplicarse directamente, incluso mediante sistemas de riego tecnificado.

Este bioestimulante se caracteriza por su alta concentración de hongos micorrícicos, lo cual intensifica su efecto en el sistema radicular de las plantas, facilitando la solubilización del fósforo del suelo y poniéndolo a disposición de los cultivos. Esto genera una mayor producción de raíces y, en consecuencia, mejora la nutrición vegetal.

#### **Composición**

Contiene *Glomus iranicum* a una concentración de  $1.2 \times 10^4$  propágulos por cada 100 ml. Este hongo es propagado in vitro y formulado en gel, lo que permite una conservación prolongada (más de un año). Cada propágulo tiene el potencial de iniciar una nueva colonización, y puede estar presente en las siguientes formas:

Hifas vegetativas: con alta capacidad de germinación y propagación, siempre que existan condiciones ambientales adecuadas.

Fragmentos de raíces micorrizadas: favorecen la diseminación del hongo en el suelo, aunque también requieren un entorno favorable.

Esporas: son los propágulos más eficientes y numerosos, asegurando una colonización efectiva de las raíces.

## **Ventajas agronómicas**

Aumenta la absorción de fósforo, especialmente en las primeras etapas del desarrollo vegetal, lo que potencia el crecimiento radicular y mejora la captación de agua y nutrientes.

Incrementa la resistencia de las plantas frente al estrés abiótico, como sequía, salinidad y variaciones de pH.

Una vez establecida en las raíces, la micorriza refuerza las defensas de la planta ante patógenos del suelo.

Mejora el establecimiento de plántulas cuando se aplica durante el trasplante.

En cultivos con micorrizas ya establecidas, se ha observado un incremento significativo en el rendimiento.

### **2.3. Definición de términos básicos**

- **Micorrizas**

Asociación simbiótica entre los hongos y las raíces de las plantas. En esta relación, los hongos micorrícicos colonizan las raíces de las plantas, formando estructuras llamadas micelios, que extienden la superficie de absorción de las raíces y ayudan en la captación de agua y nutrientes del suelo, especialmente minerales como fósforo y nitrógeno (Márquez, 2023).

- **Bolsa de vivero**

Son utilizadas en viveros para el trasplante y crecimiento inicial de las plántulas, permitiendo un manejo más fácil y eficiente de las plantas. Las bolsas de vivero vienen en una variedad de tamaños, desde pequeñas para plántulas individuales hasta grandes para el cultivo de árboles jóvenes (Capcha & Sánchez, 2018).

- **Vivero**

En este establecimiento, se cultivan las semillas o se reproducen las plantas mediante esquejes, garantizando condiciones óptimas de

crecimiento, como suelo adecuado, riego controlado, iluminación apropiada y cuidados fitosanitarios (Gonzales & Vican, 2023).

- **Semillero**

En el semillero, las semillas se siembran en bandejas o recipientes con sustrato adecuado y condiciones controladas de temperatura, humedad y luz para favorecer su germinación y desarrollo inicial (Miranda, 2009).

- **Platones**

Grupo de plantas con características comunes y estables (Díaz et al., 2012).

- **Vigor de planta**

El vigor de la planta se refiere a la capacidad intrínseca de una planta para desarrollarse robusta y saludablemente, evidenciada por su crecimiento, resistencia al estrés ambiental y la expresión de características fisiológicas óptimas. Incluye factores como la rapidez de emergencia, tasa de crecimiento, vigor de las raíces y la capacidad de establecerse en condiciones adversas (Rodríguez et al., 2019)

## **2.4. Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El efecto de la micorriza *Glomus iranicum* será significativo en la producción de plántulas de pino (*Pinus radiata*) en condiciones de Yanahuanca Pasco.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

- Las características morfológicas de las plántulas de pino (*Pinus radiata*) se modifican significativamente con el uso de la micorriza *Glomus iranicum* en condiciones de vivero en Yanahuanca - Pasco.
- El vigor de los plántulas de pino (*Pinus radiata*) mejora significativamente con el uso de la micorriza *Glomus iranicum* en condiciones de vivero en Yanahuanca - Pasco.

- La dosis óptima de la micorriza *Glomus iranicum* en la producción de plántulas de pino (*Pinus radiata*) en condiciones de vivero en Yanahuanca – Pasco, será de 2800g/200L H<sub>2</sub>O.

## **2.5. Identificación de variables**

### **Variable independiente**

Efecto de la micorriza *Glomus iranicum*.

### **Variable dependiente**

Producción de plántulas de pino (*Pinus radiata*).

### **Variable interviniente**

Condiciones ambientales de Yanahuanca – Pasco.

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

*Tabla 1 Operacionalización de variables*

Variables	Definición Conceptual	Indicadores	Unidad de medida
<b>Variable independiente</b> Efecto de la micorriza <i>Glomus iranicum</i> .	<b>Micorriza</b> es la unión simbiótica entre los hongos y la raíz de las plantas, formando micelios que extienden la superficie de absorción de las raíces y ayudan en la captación de agua y nutrientes del suelo.	<b>1. Características morfológicas</b> •Porcentaje de prendimiento • Altura de planta a los 30, 60, 90, 120 y 150 días •Diámetro de tallo a los 30, 60, 90, 120 y 150 días	%  cm  mm
<b>Variable dependiente</b> Producción de plántones de pino ( <i>Pinus radiata</i> ).	<b>La producción de plántones de pino</b> se refiere al proceso de cultivo y propagación de semillas o esquejes en condiciones controladas.	•Número de hojas a los 30, 60, 90, 120 y 150 días •Longitud de raíz a los 150 días <b>2. Vigor</b> <b>3. Dosis de producción</b> •Peso fresco radicular a la producción de plántones •Peso fresco de la parte aérea a la producción de plántones	n°  cm  Escala  g  g

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

La investigación desarrollada corresponde a un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y experimental, ya que se emplearon diversos instrumentos para evaluar el efecto de la micorriza en la producción de plántones de pino, además de basarse en conocimientos previamente establecidos.

#### **3.2. Nivel de investigación**

La investigación se desarrolló a un nivel explicativo, con el propósito de analizar la influencia de la micorriza en la producción de plántones de pino bajo condiciones de vivero.

#### **3.3. Métodos de investigación**

Para este estudio se empleó el método científico, realizando observaciones, recopilando información y analizando los datos obtenidos.

##### **3.3.1. Conducción del experimento**

- a. Construcción de germinador y recolección de semilla:** La instalación del experimento se llevó a cabo en el vivero de la Comunidad Campesina San Juan de Yanacocha, en Yanahuanca, donde se procedió a la construcción del germinador. La cama germinadora, diseñada para sembrar 1 kg de semilla, tuvo

dimensiones de 0.50 m de largo por 0.50 m de ancho. En la base se colocó una capa de gravilla de 1 cm de profundidad, seguida por una capa de 20 cm de arena fina de río, la cual fue previamente desinfectada utilizando 5 litros de agua hervida a 100 °C, alcanzando una altura total de 30 cm.

Se adquirió semilla certificada de pino, proporcionada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2013). La siembra se efectuó al voleo sobre la cama germinadora, cubriendo posteriormente las semillas con una capa de 1 cm de arena fina, sobre la cual se colocó un saco de yute como cobertura.

- b. Extracción y Preparación de sustrato:** Se empleó tierra negra que fue previamente tamizada utilizando un cedazo con abertura de medio centímetro. Esta tierra se mezcló con compost en una proporción de 3 a 1, es decir, tres carretillas de tierra por una de compost. A dicha mezcla se le incorporaron 8 kg de roca fosfórica y 5 kg de cal, procediéndose luego a realizar una mezcla homogénea de todos los componentes.
- c. Embolsado y repique:** Para facilitar el llenado de sustrato en las bolsas, se utilizó un embudo elaborado a partir de una botella plástica. Las bolsas se llenaron hasta la mitad, se sacudieron suavemente para eliminar posibles bolsas de aire y lograr una ligera compactación, luego se procedió a completar el llenado con el sustrato.

El repique se llevó a cabo cuando las plántulas alcanzaron una altura aproximada de 5 cm, es decir, cuando ya presentaban un par de hojas verdaderas. Con la ayuda de una estaca o repicador, se realizó un orificio en el centro de cada bolsa, adaptado al tamaño de la raíz de la plántula, la cual se colocó cuidadosamente, cubriéndola

con tierra y aplicando una leve presión para asegurar el contacto adecuado entre la raíz y el sustrato.

- d. Aplicación de tratamientos (Micorrizas):** La aplicación de las micorrizas se realizó durante el repique de las plántulas. Para ello, se preparó una dilución conforme a las dosis establecidas en el experimento. Posteriormente, se realizaron aplicaciones adicionales a los 15 y 30 días, utilizando una mochila con capacidad para 20 litros de agua, distribuyendo el producto en cada bolsa según los tratamientos definidos.
- e. Manejo de plántulas en vivero:** Mientras los plántulas permanecieron en el vivero, se llevó a cabo el deshierbo manualmente. El riego se aplicó de forma uniforme a todas las plántulas en horas de la tarde, utilizando una regadera manual.

### **3.4. Diseño de investigación**

Debido a la naturaleza del estudio, se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA), considerando un total de 6 tratamientos, con 10 repeticiones y un total de 100 plantas por tratamiento.

#### **3.4.1. Características del experimento**

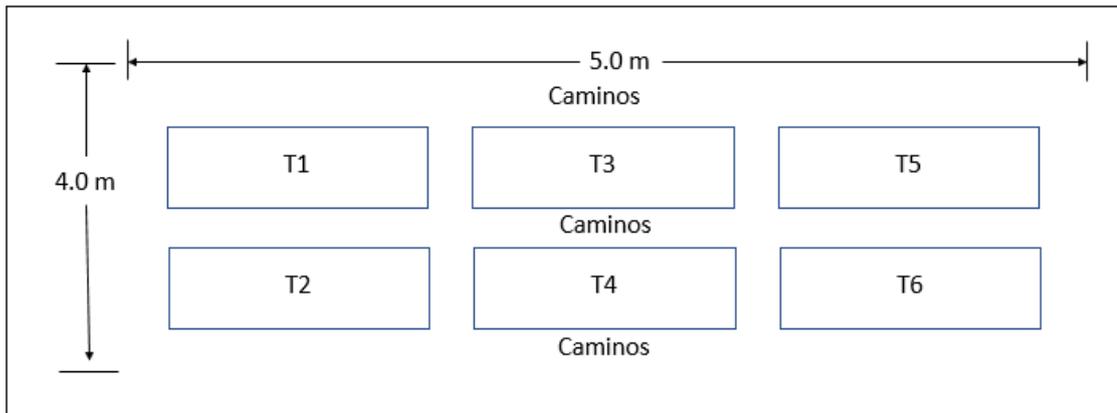
**a. Del campo experimental**

- Largo: 5.0 m
- Ancho: 4.0 m
- Área total: 20.0 m<sup>2</sup>

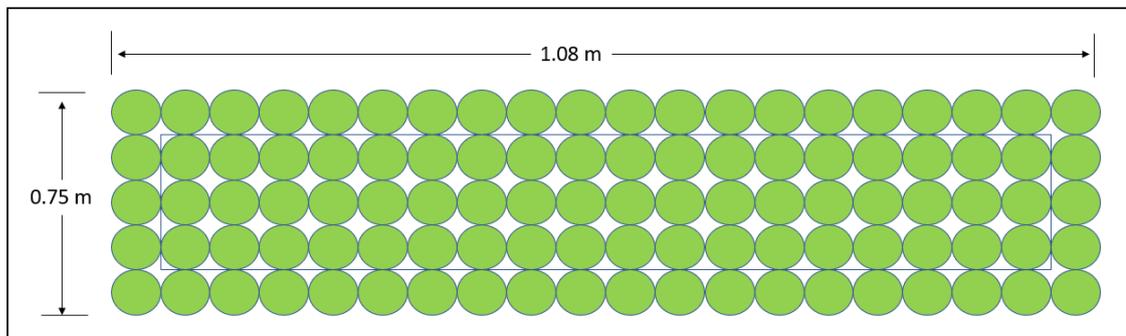
**b. De las bolsas**

- Número de bolsas /tratamiento: 100
- Número total de bolsas del exp.: 600
- Diámetro de bolsa: 16cm
- Alto de bolsa: 15cm

**Figura 1** Croquis del campo experimental



**Figura 2** Detalles de un tratamiento (vista de planta).



### 3.5. Población y muestra

#### Población

La población estuvo conformada por 600 plantas de pino y por cada tratamiento fue plantadas 100 bolsas en un área total de 20.0 m<sup>2</sup> (5.0 x 4.0 m).

#### Muestra

En cada parcela experimental se realizó un muestreo aleatorio de 10 plantas de pino por tratamiento, excluyendo aquellas ubicadas en los bordes. En total, se evaluaron 60 plantones como muestra representativa del experimento.

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Observación experimental
- Análisis documental

- Se realizó la evaluación de la cantidad adecuada de la micorriza *Glomus iranicum* para la producción de plantones de pino.

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

Se empleó el Sistema Internacional de Unidades (SI) para la evaluación de cada uno de los indicadores, utilizando herramientas como estimaciones visuales en porcentaje, mediciones en metros, conteos directos, balanza electrónica y vernier, de acuerdo con lo establecido en la matriz de operacionalización de variables.

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

Las evaluaciones comenzaron desde la fecha de instalación del experimento, en agosto de 2024. Inicialmente, se realizaron cada 5 días después del trasplante en las bolsas. Posteriormente, las mediciones se efectuaron a los 60, 90, 120 y 150 días. Para cada tratamiento se evaluaron 10 plantas, considerando las siguientes variables:

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

Se evaluó contando las plantas prendidas a los 10 días después del trasplante en las bolsas, para esto se empleó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de mortandad} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de plantas muertas}}{\text{N}^\circ \text{ de plantas instaladas}} \times 100$$

#### **b. Altura de planta (cm) a los 30, 60, 90, 120 y 150 días**

Se midió la altura de planta de cada tratamiento a partir del ras del suelo hasta el ápice de la yema terminal, esta evaluación se realizó con la ayuda de una regla metálica, según los momentos planteados y se rellenó la ficha de evaluación (observar la sección anexa).

**c. Diámetro de tallo (cm) a los 30, 60, 90, 120 y 150 días**

Se evaluó el diámetro del tallo principal, considerando la parte basal al ras del suelo, para tomar estas medidas se utilizó una regla vernier y según los momentos planteados.

**d. Número de hojas por planta (n°) a los 30, 60, 90, 120 y 150 días**

Se contabilizó las hojas por planta de cada tratamiento en estudio, esta evaluación se realizó a los días indicados, es necesario mencionar que la hoja de pino es de tipo acícula.

**e. Longitud de la raíz (cm) a los 150 días.**

Para esta evaluación se puso al descubierto la raíz y se procedió a medir la raíz principal con una regla graduada.

**f. Vigor de planta (Escala)**

Se evaluó con una escala visual propuesta por Melgarejo (2017):

(MB) muy bueno, (B) bueno, (R) regular y (M) malo. Esta evaluación determina la calidad de los plantones de pino.

**g. Peso fresco radicular (g) a la producción de plantones.**

Se procedió al lavado y secado del sistema radicular de la planta, con el fin de retirarlo y determinar su peso utilizando una balanza analítica.

**h. Peso fresco de la parte aérea (g)**

Se eliminó completamente la parte foliar de la planta para proceder con su pesaje en una balanza analítica.

**3.9. Tratamiento estadístico**

Luego de concluir las evaluaciones, se llevaron a cabo los análisis de varianza correspondientes. Para la comparación de medias se aplicó la prueba de Tukey, utilizando el paquete estadístico InfoStat, a través del siguiente modelo lineal general.

**Tabla 2** Tratamientos en estudio en pino

Tratamientos	Dosis de Myco Up en gramos	Modelo de aplicación
T1	Sin Micorrizas	Sin aplicación
T2	Myco Up 700/200 L H2O	Al repique, luego 15 a
T3	Myco Up 1400/200 L H2O	30 días al trasplante
T4	Myco Up 2100/200 L H2O	en bolsa
T5	Myco Up 2800/200 L H2O	
T6	Suelo bosque con micorriza	Al repique

$$Y_{ij} = u + T_i + E_{ij}$$

Donde:

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

$u$  = Media general.

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

Además, se realizó la prueba de Tukey para la comparación de medias.

**Esquema del análisis de varianza:**

**Tabla 3** Análisis de varianza para un DCA

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculado
Tratamientos	$t-1$	$\frac{\sum_i^n X_i^2}{i} - T.C.$	$\frac{SC_{Tratam}}{G.L_{Tratam}}$	$\frac{C.M._{Tratam}}{C.M._{Error}}$
Error Experimental	$(r-1)(t-1)$	$SC_{Total} - SC_{Trat.} - SC_{Bloq.}$	$\frac{SC_{Error}}{G.L_{Error}}$	
Total	$rt - 1$	$\sum_{ij}^n X_{ij}^2 - T.C.$		

**3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

**Autoría:** Se puede precisar con claridad que el CARBAJAL HERRERA, Liceth, es la autora del presente trabajo de investigación.

**Originalidad:** Las referencias y contenidos mencionados en este trabajo de investigación han sido considerados respetando la autoría original y se han incluido en la bibliografía correspondiente sin modificar su contenido.

**Reconocimiento de fuentes:** Las obras de los distintos autores consultados han sido referenciadas en la bibliografía respetando su contenido original y siguiendo el formato establecido por la norma APA, séptima edición, como cita indirecta.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Ubicación geográfica y características meteorológicas**

La presente investigación se realizó en condiciones de campo y se localizó en:

Provincia: Daniel Alcides Carrión

Distrito: Yanahuanca

Región: Pasco

Lugar: Yanacocha

Altitud: 3182 m.s.n.m

Latitud Sur: 10°29'22"S

Longitud Oeste: 76°30'46" W

El pino tiene la capacidad de adaptarse a diversas condiciones geográficas, siempre que se consideren factores clave como la disponibilidad de agua, el clima, la exposición solar, la topografía, el espacio disponible y el acceso a insumos. Con una planificación y manejo adecuados, este cultivo puede desarrollarse en distintos tipos de ambientes.

#### 4.1.2. Datos meteorológicos

**Tabla 4** Datos meteorológicos durante el desarrollo de la investigación agosto – diciembre 2024

Meses	Temperatura °C			Precipitación Total, mensual (mm)
	Extremos		HR %	
	Máxima	Mínima		
Agosto	21.9	7.4	76.6	6.8
Setiembre	22.6	7.8	74.4	12.5
Octubre	22.7	9.5	86.8	66.7
Noviembre	21.9	9.5	88.3	141.0
Diciembre	21.6	9.8	86.9	105.1
				Total, pp: 332.1

Fuente: Estaciones meteorológica SENAMHI- Yanahuanca

#### Interpretación de los datos meteorológicos

Según los registros meteorológicos correspondientes al periodo en que se desarrolló el experimento con pino, la temperatura mínima se registró en agosto con 7.4 °C, mientras que la máxima se presentó en octubre alcanzando los 22.7 °C. En cuanto a las precipitaciones, el mayor volumen de lluvia se observó en noviembre con 141.0 mm, y el menor en agosto con solo 6.8 mm, todo ello durante el año 2024.

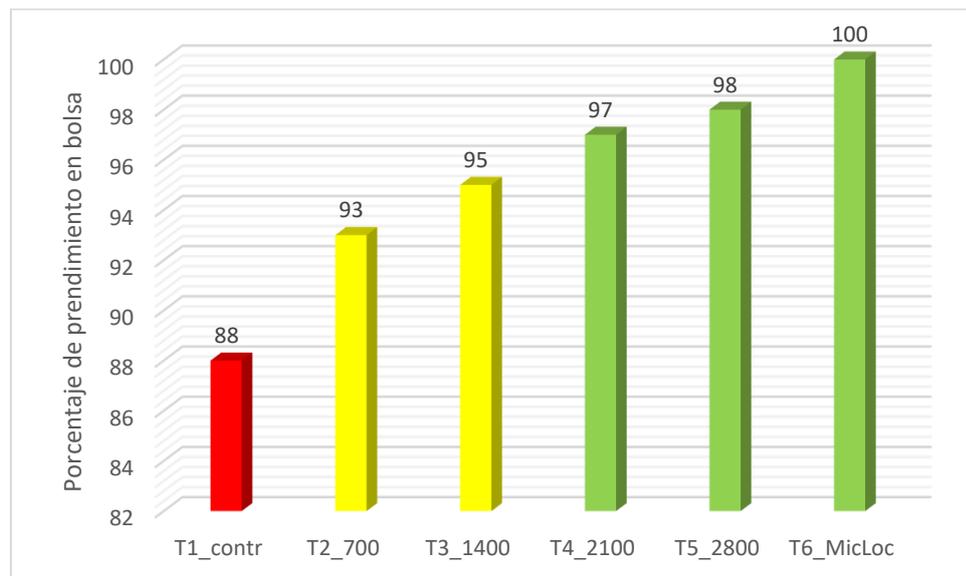
Las condiciones climáticas durante el desarrollo de la investigación fueron positivas permitiéndonos tener una buena producción de plantones de pino, sin embargo, por la baja cantidad de precipitación se tuvo que adicionar riegos frecuentes especialmente en las primeras etapas del cultivo.

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

### 4.2.1. Características morfológicas

#### a. Porcentaje de prendimiento en bolsas (%)

**Figura 3** Porcentaje de prendimiento de pino en bolsa después del repique (%)



La figura 3 muestra que el tratamiento T6 con micorrizas de bosque local presenta 100% de prendimiento, así mismo los tratamientos T5, y T4 (dosis alta de micorriza *Glomus iranicum*) presentan un porcentaje de prendimiento adecuado de 98 y 97 % respectivamente, con dosis baja de micorriza 1400 y 700 gramos el prendimiento es bajo de 95 y 93 %, así mismo, el tratamiento control presenta 88 % de prendimiento por lo que, se deduce que, el pino necesita realizar simbiosis con micorrizas desde sus primeras etapas. La aplicación de micorrizas durante el repique de pinos es fundamental para asegurar el desarrollo saludable y vigoroso de las plántulas. Las micorrizas son asociaciones simbióticas entre hongos y raíces de plantas que ofrecen múltiples beneficios esenciales en las etapas iniciales de crecimiento.

**b. Altura de planta a los 150 días (cm)**

**Tabla 5** Análisis de varianza altura de planta a los 150 días

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig.
						0,05
Tratamientos	5	1189.79	237.96	438.39	2.40	*
Error	54	29.31	0.54			
Total	59	1219.10				

CV: 3.82 %

La Tabla 5 muestra el análisis de varianza correspondiente a la variable altura de planta, donde se evidencia que la fuente de variación "tratamientos" presenta diferencias estadísticas significativas, atribuibles a las distintas dosis de micorrizas aplicadas. Asimismo, se observa que el coeficiente de variación fue de 3.82 %, valor que, según la escala de clasificación propuesta por Calzada (1985), se considera indicativo de homogeneidad.

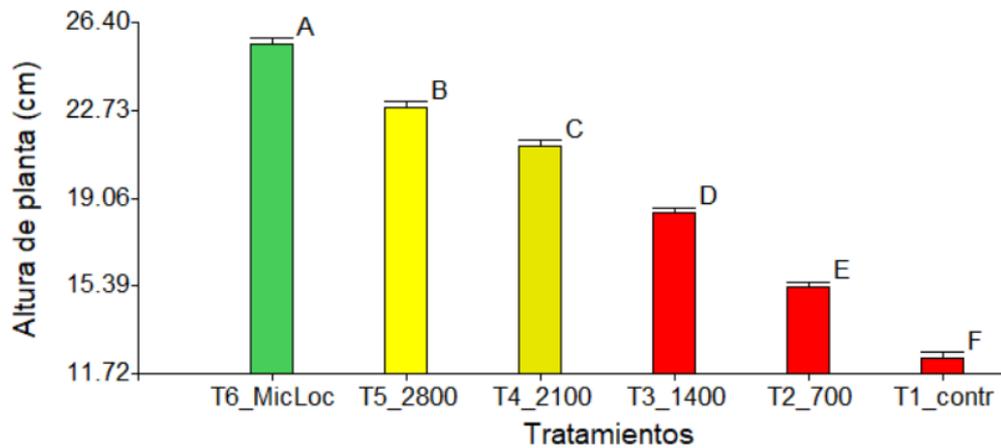
**Tabla 6** Prueba de Tukey para altura de planta a los 150 días (cm)

OM	Tratamiento	Promedio (cm)	Sig. A=0,05
1	T6_MicLoc	25.50	A
2	T5_2800	22.84	B
3	T4_2100	21.23	C
4	T3_1400	18.42	D
5	T2_700	15.33	E
6	T1_contr	12.39	F

En la presente tabla 6, la prueba de Tukey para altura de planta muestra que el T6 micorriza de bosque local tuvo la mayor altura superando estadísticamente a los demás tratamientos con 25.5 cm, sin embargo, los que obtuvieron el menor promedio fueron el T2-

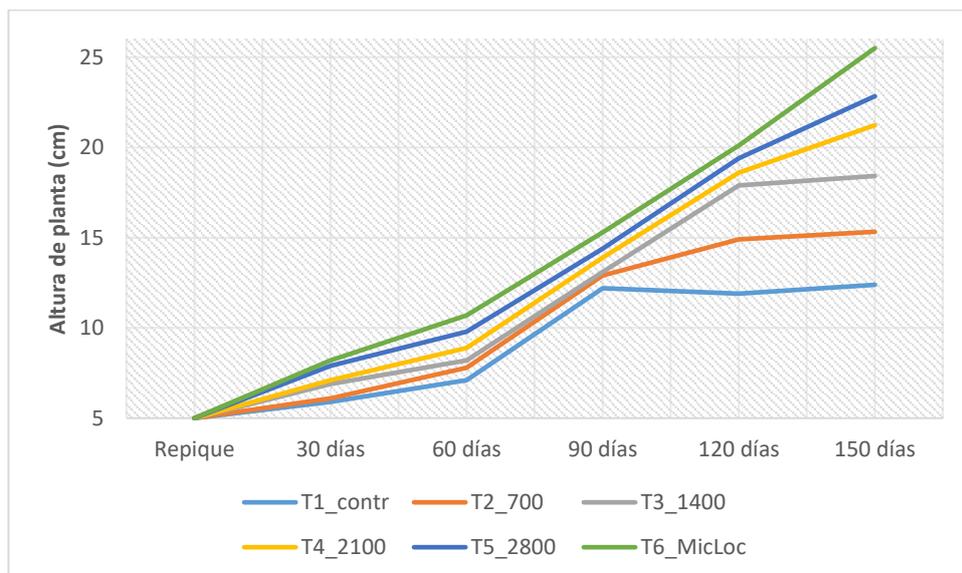
MycoUp 700 g/200 LH2O con 15.33 cm y T1 control sin micorriza con 12.39 cm y entre el mejor y el último lugar existe una diferencia de 51.5 %.

**Figura 4** Altura de planta a los 150 días. (cm)



La figura 4 muestra que el tratamiento T6 con suelo con micorrizas de bosque local superó a los demás tratamientos en altura de planta a los 150 días y el tratamiento control no logró altura adecuada.

**Figura 5** Desarrollo de altura de planta hasta los 150 días (cm)



En la presente figura 4, se observa que el tratamiento T6 con suelo de bosque con micorrizas presentó mayor altura por planta,

esto durante todo el proceso de crecimiento, así mismo, se observa que el tratamiento T1 control llegó a formar menor altura de planta debido a que no presenta micorrizas y el pino necesita simbiosis para desarrollarse adecuadamente.

**c. Diámetro basal de tallo a los 150 días (mm)**

**Tabla 7** Análisis de varianza para diámetro basal de tallo a los 150 días (cm)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig. 0,05
Tratamientos	5	34.91	6.98	198.98	2.4	*
Error	54	1.90	0.04			
Total	59	36.81				

CV: 5.69 %

De acuerdo a la tabla 7 del análisis de varianza para diámetro de tallo basal muestra que entre tratamientos existe diferencia estadística, así mismo se observa que el coeficiente de variabilidad es de 5.69 %, por lo que los datos son homogéneos (Calzada, 1985).

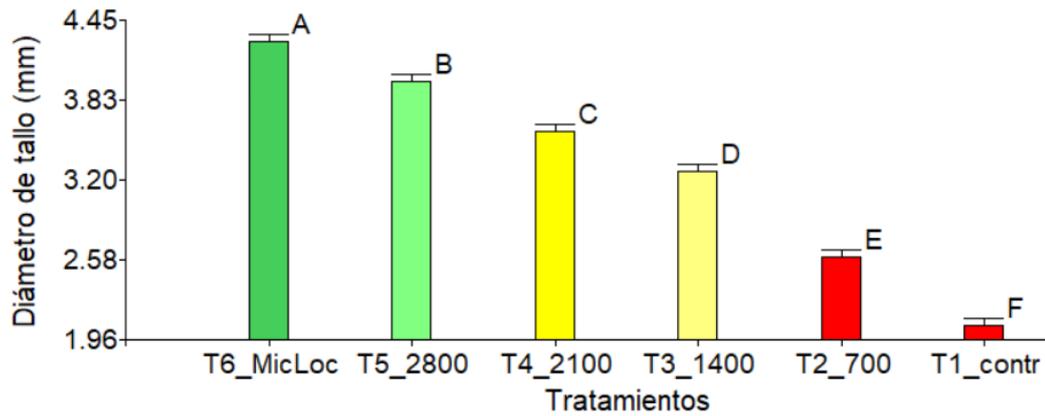
**Tabla 8** Prueba de Tukey para diámetro basal de tallo a los 150 días (mm)

OM	Tratamiento	Promedio (mm)	Sig. A=0,05
1	T6_MicLoc	4.28	A
2	T5_2800	3.97	B
3	T4_2100	3.58	C
4	T3_1400	3.27	D
5	T2_700	2.60	E
6	T1_contr	2.07	F

La prueba de Tukey para diámetro basal de tallo muestra que el tratamiento T6 micorrizas de suelo de bosque, supera estadísticamente a todos los tratamientos lograron obtener el mayor

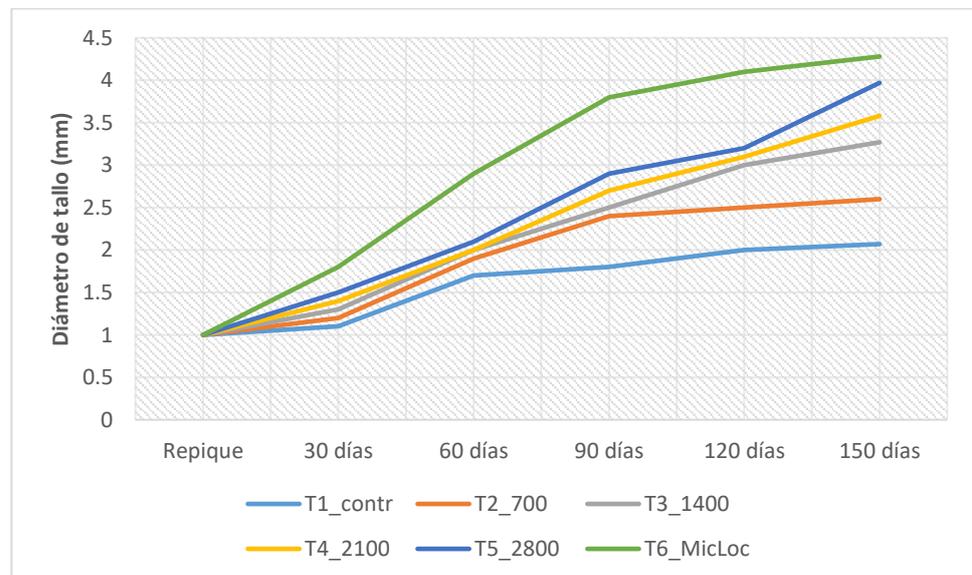
diámetro basal de 4.28 mm, el tratamiento control sin micorrizas tuvo el menor diámetro basal de tallo con 2.07 mm. Entre todos los tratamientos existe diferencia estadística. Entre el mejor y el ultimo tratamiento existe una diferencia de 51.7 % en diámetro basal de tallo.

**Figura 6** Diámetro basal de tallo a los 150 días (mm)



La figura 6 muestra el diámetro basal de tallo a los 150 días se observa que la dosis alta de *Glomus iranicum* (MycUp), presenta buenos resultados sin embargo estadísticamente es superado por las micorrizas de bosque local.

**Figura 7** Desarrollo del diámetro de tallo hasta 150 días (mm)



La presente figura 7 muestra que el tratamiento T6 con micorrizas de suelo de bosque local presenta mayor diámetro basal en todo el proceso de crecimiento, el tratamiento T1 control obtuvo menor diámetro de tallo basal debido a que el sustrato no presenta micorrizas, los demás tratamientos presentan crecimiento intermedio.

**d. Número de hojas a los 150 días (n°)**

**Tabla 9** Análisis de varianza para número de hojas a los 150 días (n°)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig. 0,05
Tratamientos	5	9920.68	1984.14	1136.20	2.4	*
Error	54	94.30	1.75			
Total	59	10014.98				

CV: 5.19 %

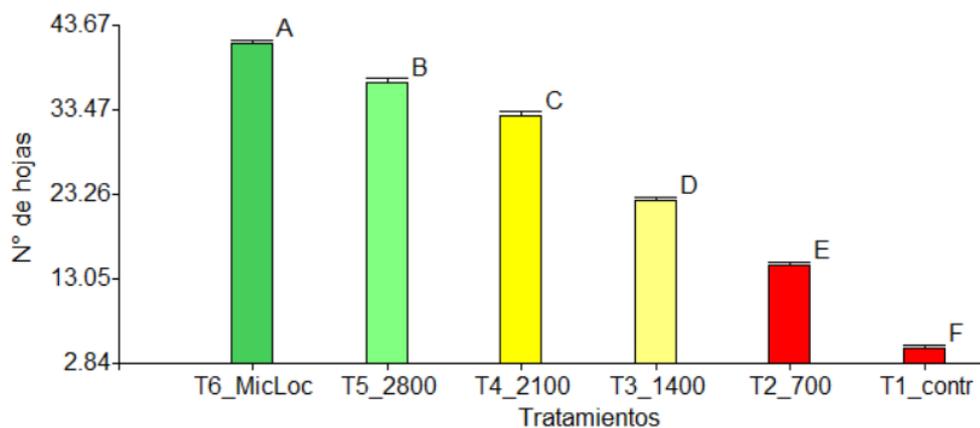
En la tabla 9 de análisis de varianza para número de hojas en plántones de pino, muestra que existe diferencia estadística para la fuente de variación tratamientos. Así mismo se observa que el coeficiente de variabilidad es de 5.19 % lo cual indica que los datos son homogéneos según la escala de Calzada (1985).

**Tabla 10** Prueba de Tukey para número de hojas a los 150 días (n°)

OM	Tratamiento	Promedio (n°)	Sig. A=0,05
1	T6_MicLoc	41.4	A
2	T5_2800	36.8	B
3	T4_2100	32.8	C
4	T3_1400	22.5	D
5	T2_700	14.7	E
6	T1_contr	4.7	F

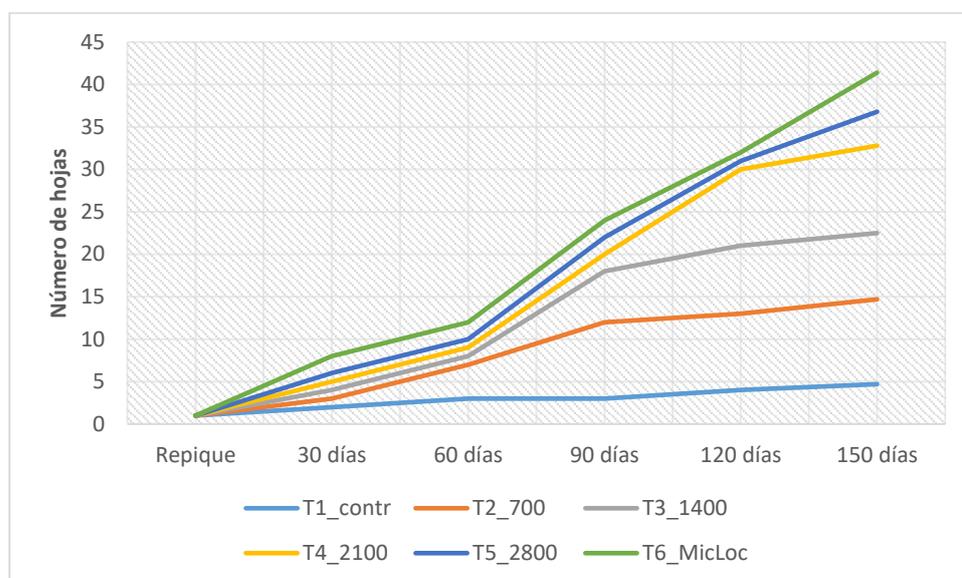
La prueba de Tukey para número de hojas por planta muestra que, el tratamiento T6 con micorrizas de suelo de bosque local ocupó el primer lugar superando estadísticamente al resto de los tratamientos con 41.4 hojas, así mismo, se observa que entre todos los tratamientos existe diferencia estadística, el tratamiento que tuvo menor número de hojas fue el tratamiento T1 control sin micorriza con un promedio 4.7 hojas. Entre el mejor y el último tratamiento existe una diferencia de 88.7 %. La aplicación de micorrizas en pinos es esencial para optimizar la absorción de nutrientes y agua, promover el crecimiento saludable de las raíces y hojas, y proteger a las plantas contra enfermedades del suelo.

**Figura 8** Número de hojas por planta a los 150 días (n°)



La figura 8 muestra el tratamiento con micorrizas de suelo de bosque local presentó mejor comportamiento y el tratamiento control con menor número de hojas, por lo que se deduce que las micorrizas favorecen la absorción de nutrientes y por consiguiente las plantas de pino forman mayor número de hojas. La simbiosis es fundamental para el desarrollo y salud de los pinos, ya que las micorrizas facilitan la absorción de nutrientes y agua, mejorando el crecimiento y la formación de hojas.

**Figura 9** Desarrollo de número de hojas hasta los 150 días (n°)



La presente figura 9 muestra que el tratamiento T6 con micorrizas de suelo de bosque local presenta mejores resultados al formar hojas y el tratamiento T1 control sin micorrizas no forma hojas, estos hallazgos confirman la importancia de la simbiosis entre micorrizas y raíces del pino.

**e. Longitud de raíz a los 150 días (cm)**

**Tabla 11** Análisis de varianza para longitud de raíz a los 150 días (cm)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig.
Tratamientos	5	2098.87	419.77	344.57	2.4	*
Error	54	65.79	1.22			
Total	59	2164.66				

CV: 3.40 %

La Tabla 11, correspondiente al análisis de varianza para la variable longitud de raíz, indica que la fuente de variación "tratamientos" presenta diferencias estadísticas significativas. También se observa que el coeficiente de variabilidad fue de 3.40 % lo cual indica que los datos son homogéneos y según la escala de

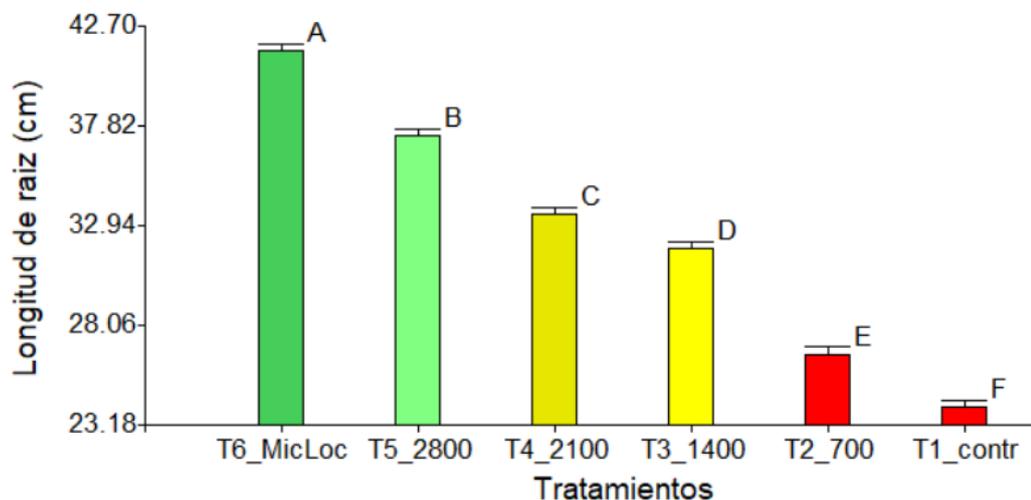
calificación propuesto por Calzada (1985) es homogéneo, lo cual es aceptado para este tipo de trabajos realizados en campo.

**Tabla 12 Prueba de Tukey para longitud de raíz a los 150 días (cm)**

OM	Tratamiento	Promedio (cm)	Sig. A=0,05
1	T6_MicLoc	41.46	A
2	T5_2800	37.30	B
3	T4_2100	33.47	C
4	T3_1400	31.82	D
5	T2_700	26.66	E
6	T1_contr	24.07	F

La tabla 12 de la prueba de Tukey para longitud de raíz muestra que, entre el tratamiento T6 con micorrizas de suelo de bosque local superó estadísticamente a los demás tratamientos con 41.46 cm, entre todos los tratamientos existe diferencia estadística, así mismo se observa que el último tratamiento T1 control sin micorrizas ocupó el último lugar con 24.07 cm. Entre el mejor tratamiento y el último tratamiento existe una diferencia de 41.9 %.

**Figura 10 Longitud de raíz en pino a los 150 días (cm)**



La figura 10 muestra que el tratamiento T6 con micorriza de suelos de bosque local presenta mejores resultados y el tratamiento T1 sin micorriza desarrolla menor sistema radicular, por lo que se deduce que la simbiosis entre la raíz de pino y las micorrizas es importante para el desarrollo de las plantas.

#### 4.2.2. Vigor de planta a los 150 días

**Tabla 13** vigor de plantas de pino a los 150 días

Tratamiento	Vigor
T1_contr	M
T2_700	R
T3_1400	B
T4_2100	B
T5_2800	B
T6_MicLoc	MB

En la tabla 13 se observa los resultados de la evaluación de vigor donde: (MB) muy bueno, (B) bueno, (R) regular y (M) malo propuesto por Melgarejo (2017). Donde se observa que el tratamiento T6 con micorrizas de suelos de bosque local, las plantas presentan muy buen vigor, así mismo las plantas con *Glomus iranicum* (MycoUp) presentan un vigor bueno y a dosis baja de Mycoup el vigor es regular, el tratamiento control T1 sin micorrizas el vigor es malo (ver sección de anexos). Las micorrizas protegen a los pinos del ataque de patógenos como *Phytophthora*, *Fusarium* y *Rhizoctonia*, mediante la producción de antibióticos y la creación de barreras físicas, por lo tanto, son más vigorosas.

### 4.2.3. Dosis de micorriza para producción de pino

#### a. Peso fresco radicular a los 150 días (g)

**Tabla 14** Análisis de varianza para peso fresco radicular a los 150 días (g)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig.
Tratamientos	5	119.93	23.99	105.31	2.4	*
Error	54	12.30	0.23			
Total	59	132.23				

CV: 9.65 %

En la tabla 14, correspondiente al análisis de varianza del peso fresco radicular, se evidencia una diferencia estadísticamente significativa en la fuente de variación correspondiente a los tratamientos. De igual forma se observa que el coeficiente de variabilidad es de 9.65 % lo cual es aceptable para este tipo de ensayos en campo y según la escala de calificación de Calzada (1985) es calificada como homogénea.

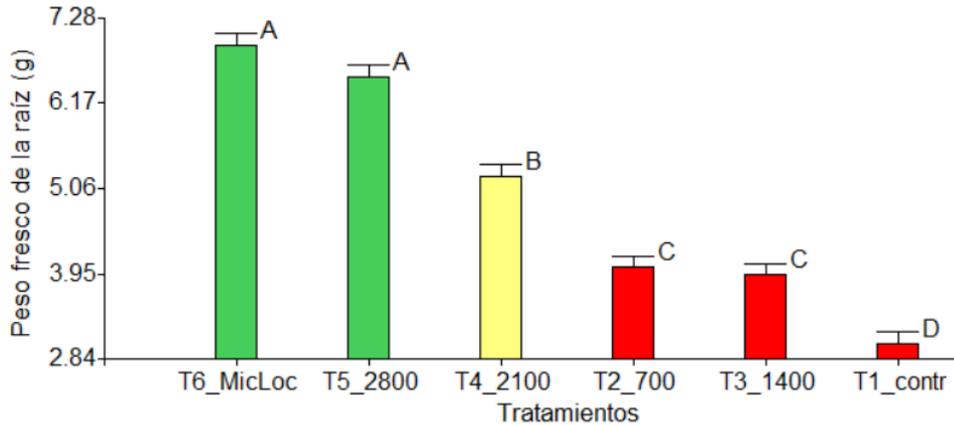
**Tabla 15** Prueba de Tukey para peso fresco radicular a los 150 días (g)

OM	Tratamiento	Promedio (g)	Sig. A=0,05
1	T6_MicLoc	6.93	A
2	T5_2800	6.52	A
3	T4_2100	5.22	B
4	T2_700	4.03	C
5	T3_1400	3.93	C
6	T1_contr	3.04	D

La prueba 15 de Tukey para peso fresco radicular muestra que el tratamiento T6 alcanzó el mayor peso radicular con 6.93 g, y no tiene diferencia estadística con el tratamiento T5 2800 gramos de

MycoUp por 200 L H<sub>2</sub>O. Así mismo se observa que el último lugar lo tuvo el tratamiento T1 control o sin micorriza con 3.04 g. Entre el mejor tratamiento y el último existe una diferencia de 56.2 %.

**Figura 11** Peso fresco radicular a la producción de plantones (g)



La figura 11 muestra el peso fresco radicular a la producción de plantones de pino a los 150 días de crecimiento, los tratamientos con micorrizas de suelos de bosque local y con Mycoup a dosis alta 2800 g/200 LH<sub>2</sub>O son los mejores y el tratamiento control sin micorriza presenta el peso radicular más bajo, por lo que se deduce que las micorrizas son imprescindibles para la producción de pino.

**b. Peso fresco de la parte aérea a los 150 días (g)**

**Tabla 16** Análisis de varianza para peso fresco de la parte aérea a los 150 días (g)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig.
Tratamientos	5	130.95	26.19	67.61	2.24	*
Error	54	20.92	0.39			
Total	59	151.87				

CV: 10.58 %

La tabla 16, correspondiente al análisis de varianza del peso fresco de la parte aérea, evidencia que existen diferencias

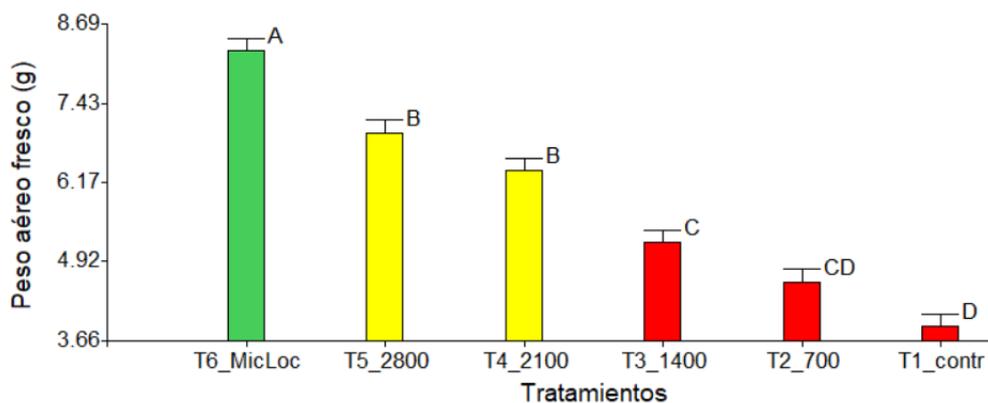
estadísticas significativas en la fuente de variación tratamientos. Además, se observa un coeficiente de variación del 10.58 %, valor que se considera aceptable para ensayos de campo. De acuerdo con la escala de clasificación propuesta por Calzada (1985), este nivel de variabilidad se califica como ligeramente homogéneo.

**Tabla 17** Prueba de Tukey para peso fresco de la parte aérea a los 150 días  
(g)

OM	Tratamiento	Promedio (g)	Sig. A=0,05
1	T6_MicLoc	8.26	A
2	T5_2800	6.96	B
3	T4_2100	6.36	B
4	T3_1400	5.22	C
5	T2_700	4.60	C D
6	T1_contr	3.89	D

La tabla 17 de la prueba de Tukey para peso fresco de la parte aérea muestra que entre el tratamiento T6 con micorrizas de suelo de bosque local supera estadísticamente a todos los tratamientos, así mismo el tratamiento T1 sin micorrizas obtuvo el menor peso de la parte aérea con 3.89 g. Entre el mejor y el último tratamiento existe una diferencia de 52.9 %.

**Figura 12** Peso fresco de la parte aérea en pino (g)



La figura 12 presenta los resultados del peso fresco de la parte aérea en plántones de pino evaluados a los 150 días de crecimiento. El tratamiento T6, que consistió en la aplicación de micorrizas provenientes de suelo de bosque local, alcanzó el mayor peso registrado. En contraste, los tratamientos con dosis bajas de MycoUp y el testigo sin aplicación de micorrizas mostraron los valores más bajos.

#### **4.3. Prueba de Hipótesis**

La hipótesis general formulada se confirma, dado que la micorriza *Glomus iranicum* tiene un efecto significativo en la producción de plántones de pino (*Pinus radiata*) bajo las condiciones de Yanahuanca, Pasco. Esta afirmación se respalda mediante el análisis de varianza y la prueba estadística de Tukey, cuyos resultados han sido detalladamente expuestos anteriormente.

#### **4.4. Discusión de resultados**

##### **4.4.1. Características morfológicas**

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

El tratamiento T6 con micorrizas de bosque local presenta 100% de prendimiento después del repique, así mismo los tratamientos T5, y T4 (dosis alta de micorriza *Glomus iranicum*) presentan un porcentaje de prendimiento adecuado de 98 y 97 % respectivamente, con dosis baja de micorriza 1400 y 700 gramos el prendimiento es bajo de 95 y 93 %, así mismo, el tratamiento control presenta 88 % de prendimiento por lo que, se deduce que, el pino necesita realizar simbiosis con micorrizas desde sus primeras etapas, estos resultados concuerdan con lo mencionado por Melgarejo (2017) que afirma que la inoculación con hongos micorrícicos es una práctica efectiva para mejorar el prendimiento y desarrollo de los pinos después del repique. Al optimizar la absorción

de nutrientes y agua, y aumentar la resistencia a condiciones adversas, las micorrizas contribuyen significativamente al éxito de las plantaciones forestales

**b. Altura de planta a los 150 días (cm)**

En la presente investigación el tratamiento T6 micorriza de bosque local tuvo la mayor altura a los 150 días superando estadísticamente a los demás tratamientos con 25.5 cm, sin embargo, los que obtuvieron el menor promedio fueron el T2-MycoUp 700 g/200 LH<sub>2</sub>O con 15.33 cm y T1 control sin micorriza con 12.39 cm, entre el mejor y el último lugar existe una diferencia de 51.5 %, estos resultados concuerdan con Quispe (2020) que sugiere que la utilización de plantas micorrizadas puede jugar un papel importante en la reforestación de zonas fuertemente alteradas. Además, la disponibilidad de agua tiene un efecto directo en la turgencia e indirectamente limita el incremento de biomasa, por lo que una cantidad adecuada de agua disponible es esencial para mantener la productividad de las plantas. La presencia de micorrizas puede influir de manera importante para tener disponibilidad de agua e incrementar la biomasa, sobre todo en la parte radical.

**c. Diámetro basal de tallo a los 150 días (mm)**

El tratamiento T6 micorrizas de suelo de bosque local, supera estadísticamente a todos los tratamientos y logra obtener el mayor diámetro basal de 4.28 mm a los 150 días, el tratamiento control sin micorrizas tuvo el menor diámetro basal de tallo con 2.07 mm, entre todos los tratamientos existe diferencia estadística, entre el mejor y el último tratamiento existe una diferencia de 51.7 % en diámetro basal de tallo, estos datos concuerdan con Cuba (2014) que menciona que las micorrizas mejoran la absorción de nutrientes

esenciales como nitrógeno y fósforo, que el hongo obtiene del suelo y transfiere a la planta. Esta relación simbiótica también aumenta la resistencia de las plantas a condiciones adversas, como sequías o suelos pobres en nutrientes y el desarrollo de tallo es óptimo.

**d. Número de hojas por planta a los 150 días (n°)**

El tratamiento T6 con micorrizas de suelo de bosque local ocupó el primer lugar superando estadísticamente al resto de los tratamientos con 41.4 hojas a los 150 días, así mismo, se observa que entre todos los tratamientos existe diferencia estadística, el tratamiento que tuvo menor número de hojas fue el tratamiento T1 control sin micorriza con un promedio 4.7 hojas, entre el mejor y el último tratamiento existe una diferencia de 88.7 %, esto concuerda con lo reportado por Ramos *et al.*, (2018) y Melgarejo (2017) que afirman que la aplicación de micorrizas en pinos es esencial para optimizar la absorción de nutrientes y agua, promover el crecimiento saludable de las raíces y hojas, y proteger a las plantas contra enfermedades del suelo.

**e. Longitud de raíz a los 150 días (cm)**

El tratamiento T6 con micorrizas de suelo de bosque local superó estadísticamente a los demás tratamientos con 41.46 cm de longitud de raíz a los 150 días, entre todos los tratamientos existe diferencia estadística, así mismo se observa que el último tratamiento T1 control sin micorrizas ocupó el último lugar con 24.07 cm de longitud de raíz, entre el mejor tratamiento y el último tratamiento existe una diferencia de 41.9 %, estos datos concuerdan con Quispe (2020) que afirma que los hongos ectomicorrícicos producen reguladores de crecimiento que promueven la ramificación y elongación de las raíces alimenticias, incrementando el número

total de raíces absorbentes. Esta mayor ramificación y elongación contribuye a una mayor longitud y densidad del sistema radicular.

#### **4.4.2. Vigor de planta a los 150 días**

En el tratamiento T6 con micorrizas de suelos de bosque local las plantas presentan muy buen vigor a los 150 días, así mismo las plantas con *Glomus iranicum* (MycoUp) presentan un vigor bueno y a dosis baja de Mycoup el vigor es regular, el tratamiento control T1 sin micorrizas el vigor es malo, estos resultados concuerdan con lo reportado por Melgarejo (2017) que afirma que las hifas de los hongos micorrícicos exploran volúmenes de suelo mucho mayores que las raíces por sí solas, lo que amplía la capacidad de absorción de agua y nutrientes, especialmente fósforo y nitrógeno. Esta mejora en la nutrición vegetal puede favorecer el crecimiento y desarrollo de las raíces, incluyendo su longitud y presentando mayor vigor de planta.

#### **4.4.3. Dosis de producción**

##### **a. Peso fresco radicular a los 150 días (g)**

El tratamiento T6 con micorrizas de suelo de bosque local alcanzó el mayor peso radicular con 6.93 g, y no tiene diferencia estadística con el tratamiento T5 2800 gramos de MycoUp por 200 L H<sub>2</sub>O a los 150 días. Así mismo se observa que el último lugar lo tuvo el tratamiento T1 control o sin micorriza con 3.04 g de peso radicular, entre el mejor tratamiento y el último existe una diferencia de 56.2 %, estos datos concuerdan con lo reportado por Cuba (2014) que afirma que las micorrizas influyen en la longitud de las raíces de los pinos al promover la ramificación y elongación de las raíces, mejorar la absorción de nutrientes y agua, y modificar la morfología radicular. Estas interacciones resultan en sistemas radiculares más extensos y eficientes, beneficiando el crecimiento, peso y la salud general de los pinos.

**b. Peso fresco de la parte aérea a los 150 días (g)**

El tratamiento T6 con micorrizas de suelo de bosque local supera estadísticamente a todos los tratamientos con 8.26 g de peso de la parte aérea a los 150 días, así mismo el tratamiento T1 sin micorrizas obtuvo el menor peso de la parte aérea con 3.89 g. Entre el mejor y el último tratamiento existe una diferencia de 52.9 %, estos resultados concuerdan con lo reportado por Cuba (2014) y Ramos *et al.*, (2018) que mencionan que la inoculación con micorrizas en vivero no solo mejora la absorción de nutrientes y la resistencia a factores adversos, sino que también contribuye directamente al aumento de la biomasa aérea de las plántulas de pino, mejorando su calidad y potencial de supervivencia tras el trasplante al campo.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que:

1. En cuanto a las características morfológicas el tratamiento T6, utilizando micorrizas de suelo de bosque local, es el más efectivo logró un prendimiento del 100% mientras que el tratamiento control alcanzó solo un 88%. A los 150 días, T6 registró la mayor altura promedio con 25.5 cm, en contraste con T2 (MycoUp 700 g/200 L H<sub>2</sub>O) y el control, que obtuvieron 15.33 cm y 12.39 cm respectivamente, evidenciando una diferencia del 51.5%. Asimismo, T6 presentó el mayor diámetro basal de 4.28 mm, superando al control que obtuvo 2.07 mm, con una diferencia del 51.7%. En cuanto al número de hojas, T6 lideró con 41.4 hojas, mientras que el control tuvo solo 4.7, representando una diferencia del 88.7%. Finalmente, T6 registró la mayor longitud de raíz con 41.46 cm, en comparación con el control que alcanzó 24.07 cm, mostrando una diferencia del 41.9%.
2. En cuanto al vigor de planta el tratamiento T6 con micorrizas de suelos de bosque local las plantas presentan muy buen vigor a los 150 días, así mismo las plantas con *Glomus iranicum* (MycoUp) presentan un vigor bueno y a dosis baja de Mycoup el vigor es regular, el tratamiento control T1 sin micorrizas el vigor es malo.
3. La mejor dosis de micorriza fueron del tratamiento T6 con micorrizas de suelo de bosque local registró el mayor peso radicular (6.93 g) y de la parte aérea (8.26 g) a los 150 días. Aunque no hubo diferencias estadísticas significativas con el tratamiento T5 (2800 g de MycoUp por 200 L de H<sub>2</sub>O), ambos superaron al tratamiento control (T1), que presentó los menores pesos en ambas categorías (3.04 g radicular y 3.89 g aérea). Estas diferencias, superiores al 50%, sugieren que la inoculación con micorrizas, especialmente las locales, promueve un desarrollo más robusto de las plántulas.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda recolectar micorrizas de áreas forestales locales y aplicarlas en el sustrato de las plántulas en vivero para promover un crecimiento óptimo.
2. La dosis de 2800 g de MycoUp por 200 L de agua han producido pesos radiculares y de la parte aérea comparables a los obtenidos con micorrizas locales, superando significativamente al tratamiento control. Se recomienda seguir las indicaciones del fabricante y considerar ensayos preliminares para determinar la dosis óptima en función de las condiciones específicas del vivero.
3. Es esencial monitorear regularmente el vigor de las plántulas y ajustar las prácticas de manejo, como la fertilización y el riego, para asegurar condiciones óptimas que favorezcan la simbiosis micorrícica y el desarrollo saludable de las plantas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albornoz F.E., Dixon K.W. & Lambers H. 2020. Revisiting mycorrhizal dogmas: are mycorrhizas really functioning as they are widely believed to do? *Soil Ecology Letters*, 3(1): 73-82. <https://doi.org/10.1007/s42832-020-0070-2>.
- Allen, M. F.; Clouse, S. D.; Winbaum, B. S.; Jenkins, S. L.; Friese, C. F. and Allen, E. B. (1992). Mycorrhiza and the integration of scales: from molecules to ecosystem. In: mycorrhizal functioning: an integrative plant-fungal process. Allen, M. F. (Ed.). Chapman and Hall. New York, USA. 488-515 pp.
- Arbolapp (2023). *Pinus radiata*. Gobierno de España. <https://www.arbolapp.es/especies/ficha/pinus-radiata/>
- Barea, J. M. (1991). Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. *Adv. Soil Sci.* 15:1-40.
- Brundrett, M. (1991). Mycorrhizas in natural ecosystems. In: advances in ecological research. MacFayden, A.; Begon, M. and Fitter, A. H. (Eds.) Academic Press. London. 21:171-313 pp.
- Bustamante-García, Verónica, Prieto-Ruíz, José Ángel, Merlín-Bermudes, Enrique, Álvarez-Zagoya, Rebeca, Carrillo-Parra, Artemio, & Hernández-Díaz, José Ciro. (2012). Potencial y eficiencia de producción de semilla de *Pinus engelmannii* Carr., en tres rodales semilleros del estado de Durango, México. *Madera y bosques*, 18(3), 7-21. Recuperado en 27 de noviembre de 2023, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712012000300002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712012000300002&lng=es&tlng=es)
- Calzada Benza, J. (1985). *Métodos Estadísticos Aplicados a la Investigación*. Lima. Perú.
- Capcha Sánchez, D. E., & Sánchez Gamarra, E. T. (2018). Evaluación de cinco sustratos para la producción de granadilla (*Passiflora Ligularis* L.) Var. Colombiana en vivero en Chanchamayo.

- Cuba Vargas, L. G. (2014). Respuesta del pino (*Pinus radiata* D. Don.) a la aplicación de suelo micorrizado y dos tipos de sustrato en etapa de vivero en la Estación Experimental de Cota Cota-La Paz (Doctoral dissertation).
- Díaz Chuquizuta, P., Arévalo López, L., Gonzales Alegría, R., Sánchez Vela, Z. M., & Solís Leyva, R. (2012). Producción de plantones forestales de especies nativas.
- Flores Torres, M. E. (2016). Estudio comparativo de indicadores físicos y químicos de la calidad del suelo y de la biodiversidad de la mesofauna edáfica en dos usos de suelo de la microcuenca del río Pomacocho, parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo (Bachelor's thesis, Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo, 2016.).
- Gestionforestal (2023). *Pinus radiata*. Sistema de gestión forestal Gobierno de Chile. [http://www.gestionforestal.cl/pt\\_02/plantaciones/txt/Viveriza/VIPIN.htm](http://www.gestionforestal.cl/pt_02/plantaciones/txt/Viveriza/VIPIN.htm)
- Gómez, L. I. A., Portugal, V. O., Arriaga, M. R., & Alonso, R. C. (2007). Micorrizas arbusculares. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 14(3), 300-306.
- Gonzales Orihuela, Y. Z., & Vican Taipe, Z. J. (2023). Efecto de los microorganismos de montaña (MM) en el crecimiento de la granadilla (*Passiflora ligularis* L.) var. Colombiana en condiciones de vivero para Chanchamayo
- Hernández, L.; Castillo, S.; Guadarrama, P.; Martínez, Y.; Romero, M. A. y Sánchez, I. (2003). Hongos micorrizógenos arbusculares del Pedregal de San Ángel. Facultad de Ciencias-Universidad Autónoma de México (UNAM). México, D. F. 82 p.
- Herrera Velasquez, P. I. (2019). Informe por servicios profesionales realizado en la municipalidad provincial de Caylloma. Universidad Nacional San Agustín – Arequipa Perú.
- Martínez, J. R. R. (2003). Viveros forestales. EUNED.
- Márquez Dávila, E. E. (2023). Micorrización natural y densidad de esporas de hongos micorrizicos arbusculares en granadilla (*Passiflora ligularis* Juss), Huánuco

- Melgarejo Camones, R. D. (2017). 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.
- Miranda, D. (2009). Manejo integral del cultivo de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.). Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, Bogotá, 121-157
- Mirov, N. T. (1967). The genus *Pinus*. The genus *Pinus*.
- Ning Ch., Mueller G.M., Egerton-Warburton L.M., Xiang W. & Yan W. 2019. Host Phylogenetic Relatedness and Soil Nutrients Shape Ectomycorrhizal Community Composition in Native and Exotic Pine Plantations. *Forests*, 10(3): 263. <https://doi.org/10.3390/f10030263>
- Prieto Ruiz, J. A. (2004). Factores que influyen en la producción de planta de *Pinus* spp. en vivero y en su establecimiento en campo (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Quispe Peña, R. (2020). Efecto de sustratos y micorriza en producción de pinos (*Pinus radiata* D. Don.) en vivero forestal del distrito de Santo Tomás-Cusco.
- Ramos, R. A. S., Quispe, R. E., & Mejía, O. C. (2018). Formas de inoculación y niveles de hongos micorrícicos en las características de plantones de *Pinus radiata* en vivero, Ayacucho 2017. *Investigación*, 26(1), 59-63.
- Rillig, M. C. and Mummey, D. L. (2006). Mycorrhizas and soil structure. *New Phytol.* 171:141-153.
- Rodríguez-Carrillo, M., & Santillana, N. (2021). Calidad morfológica y biológica de *Pinus radiata* D. Don, micorrizado con *Scleroderma verrucosum* (Vaill) Pers. y *Rhizopogon luteolus* Fr. & Nordh. en condiciones de vivero. *Ecología Aplicada*, 20(2), 189-195.
- Rodríguez Sosa, José Luis, & Aguilar Espinosa, Calixto. (2019). Estructura morfológica, germinación y vigor de semillas de *Juglans jamaicensis* c. dc. del Parque

Nacional Turquino. Revista Cubana de Ciencias Forestales, 7(3), 283-296. Epub 05 de septiembre de 2019. Recuperado en 27 de noviembre de 2023, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2310-34692019000300283&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692019000300283&lng=es&tlng=es).

Smith, S. E., & Gianinazzi-Pearson, V. (1988). Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. Annual review of plant physiology and plant molecular biology, 39(1), 221-244.

Symborg (2023). Ficha técnica MycoUp. <https://symborg.com/pe/bioestimulantes/mycoup/>

**ANEXO**

## **Anexo 1. Instrumentos de recolección de datos**

- Fichas de evaluación para recojo de datos
- Dispositivos mecánicos y electrónicos
- Cuaderno de campo
- USB, Celulares
- Cámara fotográfica
- Balanzas
- Wincha y vernier
- Software estadísticos como Excel e Infostat
- Observación y entrevista como técnicas para recojo de la información.
- Suposiciones o ideas
- Métodos de recolección de datos: métodos analíticos y métodos cuantitativos.

## Anexo 2. Base de datos evaluados

Porcentaje de prendimiento despues de repique	
Tratamiento	% prendimiento
T1_contr	88
T2_700	93
T3_1400	95
T4_2100	97
T5_2800	98
T6_MicLoc	100

Altura de planta a los 150 días (cm) 5 meses											
Trat.	Plt 1	Plt 2	Plt 3	Plt 4	Plt 5	Plt 6	Plt 7	Plt 8	Plt 9	Plt 10	Prom.
T1_contr	12.2	12.3	11.4	13.1	12.5	12.5	13.2	12.7	11.2	12.8	12.39
T2_700	15.3	14.4	15.6	15.4	16.3	15.8	16.2	14.5	15.5	14.3	15.33
T3_1400	18.4	19.2	17.3	18.2	19.3	17.8	18.8	17.9	18.7	18.6	18.42
T4_2100	21.5	21.6	20.3	21.9	20.7	20.5	21.6	21.2	20.7	22.3	21.23
T5_2800	23.6	23.7	22.4	23.9	23.2	22.8	21.7	23.5	22.1	21.5	22.84
T6_MicLoc	25.1	26.3	24.5	25.3	26.8	24.8	25.5	26.8	24.7	25.2	25.50

Diametro basal de tallo a los 150 días (mm) 5 meses											
Trat.	Plt 1	Plt 2	Plt 3	Plt 4	Plt 5	Plt 6	Plt 7	Plt 8	Plt 9	Plt 10	Prom.
T1_contr	2.2	2.1	2.3	1.9	1.8	2.4	2.6	1.8	1.7	1.9	2.07
T2_700	2.6	2.7	2.5	2.6	2.8	2.4	2.3	2.6	2.7	2.8	2.60
T3_1400	3.1	3.2	3.4	3.4	3.2	3.3	3.5	3.4	3.1	3.1	3.27
T4_2100	3.5	3.6	3.7	3.4	3.6	3.7	3.7	3.4	3.5	3.7	3.58
T5_2800	3.9	3.8	4.1	3.8	3.9	4.1	4.2	3.8	3.9	4.2	3.97
T6_MicLoc	4.1	4.3	4.2	4.5	4.4	4.1	4.6	4.2	4.3	4.1	4.28

Número de hojas a los 150 días (cm) 5 meses											
Trat.	Plt 1	Plt 2	Plt 3	Plt 4	Plt 5	Plt 6	Plt 7	Plt 8	Plt 9	Plt 10	Prom.
T1_contr	4	3	5	6	4	5	6	5	4	5	4.7
T2_700	13	14	15	16	14	13	15	17	16	14	14.7
T3_1400	22	23	20	24	24	23	22	21	22	24	22.5
T4_2100	31	32	33	34	35	36	31	32	31	33	32.8
T5_2800	39	38	37	36	35	38	37	36	35	37	36.8
T6_MicLoc	41	42	40	43	41	40	41	42	43	41	41.4

Longitud de raíz a los 150 días (cm) 5 meses

Trat.	Plt 1	Plt 2	Plt 3	Plt 4	Plt 5	Plt 6	Plt 7	Plt 8	Plt 9	Plt 10	Prom.
T1_contr	25.1	23.1	22.9	25.4	24.5	22.7	23.4	24.6	25.3	23.7	24.07
T2_700	27.2	26.5	25.4	26.8	25.8	26.4	28.1	27.1	28.2	25.1	26.66
T3_1400	29.7	32.4	31.4	32.8	29.8	32.9	30.9	33.1	31.8	33.4	31.82
T4_2100	34.6	33.8	32.6	34.3	33.4	31.5	34.7	32.5	33.5	33.8	33.47
T5_2800	36.8	37.2	38.6	37.4	35.9	37.9	38.3	36.4	38.4	36.1	37.30
T6_MicLoc	40.1	41.3	40.5	41.5	40.6	41.6	43.5	42.5	40.2	42.8	41.46

Vigor de planta a los 150 días (cm) 5 meses

Tratamiento	Vigor
T1_contr	M
T2_700	R
T3_1400	B
T4_2100	B
T5_2800	B
T6_MicLoc	MB

(MB) muy bueno, (B) bueno,  
(R) regular y (M) malo

Peso fresco de raíz a los 150 días (g) 5 meses

Trat.	Plt 1	Plt 2	Plt 3	Plt 4	Plt 5	Plt 6	Plt 7	Plt 8	Plt 9	Plt 10	Prom.
T1_contr	3.1	3.2	2.9	2.8	2.7	3.3	2.5	3.9	2.4	3.6	3.04
T2_700	4.2	4.1	3.9	3.8	4.4	3.2	4.5	3.7	3.6	4.9	4.03
T3_1400	4.2	4.3	3.5	3.2	3.1	4.2	4.5	4.6	3.8	3.9	3.93
T4_2100	5.1	4.9	4.7	5.2	5.3	5.8	4.8	4.9	5.7	5.8	5.22
T5_2800	6.2	5.9	6.3	7.1	6.8	5.8	6.7	7.1	6.9	6.4	6.52
T6_MicLoc	7.2	7.3	6.9	6.8	7.5	7.6	6.6	6.1	6.5	6.8	6.93

Peso fresco de la parte aérea a los 150 días (g) 5 meses

Trat.	Plt 1	Plt 2	Plt 3	Plt 4	Plt 5	Plt 6	Plt 7	Plt 8	Plt 9	Plt 10	Prom.
T1_contr	4.2	4.3	3.9	3.8	2.9	4.6	3.7	4.3	2.8	4.4	3.89
T2_700	4.2	3.9	4.8	4.9	5.1	3.9	3.8	4.7	5.8	4.9	4.60
T3_1400	5.1	5.3	4.9	4.8	6.1	5.8	5.7	4.8	5.6	4.1	5.22
T4_2100	6.5	6.3	5.9	5.8	7.1	7.2	6.4	6.9	5.8	5.7	6.36
T5_2800	7.5	7.6	6.9	6.7	5.9	7.3	6.4	5.8	7.6	7.9	6.96
T6_MicLoc	8.1	8.3	7.9	8.4	9.1	7.8	7.7	8.5	7.6	9.2	8.26

### Anexo 3. Panel fotográfico









