

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**CALIDAD DE PLANTONES DE *Pinus tecunumanii* (PINO ROJO)
EMPLEANDO ABONOS ORGÁNICOS Y MICORRIZAS EN SAN
ISIDRO, HUÁNUCO, PERÚ**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

SHANE GROZNY ZAVALA MENDOZA

Tingo María – Perú

2024



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 016-2024-ERNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 25 de enero de 2024, a horas 5:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“CALIDAD DE PLANTONES DE *Pinus tecunumanii* (PINO ROJO)
EMPLEANDO ABONOS ORGÁNICOS Y MICORRIZAS EN SAN ISIDRO,
HUÁNUCO, PERÚ”**

Presentado por la Bachiller: ZAVALA MENDOZA, SHANE GROZNY, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de “MUY BUENO”.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 07 de febrero de 2024

Ph. D. LUIS ALBERTO VALDIVIA ESPINOZA
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. ROBERT G. PECHO DE LA CRUZ
MIEMBRO

Ing. M. Sc. DAVID P. QUISPE JANAMPA
MIEMBRO



Ing. M. Sc. RAÚL ARAUJO TORRES
ASESOR



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 050 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un Índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería Forestal

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
CALIDAD DE PLANTONES DE <i>Pinus tecunumanii</i> (PINO ROJO) EMPLEANDO ABONOS ORGÁNICOS Y MICORRIZAS EN SAN ISIDRO, HUÁNUCO, PERÚ	SHANE GROZNY ZAVALA MENDOZA	17 % Diecisiete

Tingo Maria, 14 de febrero de 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomás Menacho Mallqui
JEFE

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



CALIDAD DE PLANTONES DE *Pinus tecunumanii* (PINO ROJO)

EMPLEANDO ABONOS ORGÁNICOS Y MICORRIZAS EN SAN

ISIDRO, HUÁNUCO, PERÚ

Autor	:	ZAVALA MENDOZA, Shane Grozny
Asesor	:	Ing. ARAUJO TORRES, Raúl
Programa	:	Gestión de Bosques y Plantaciones Forestales
Línea de Investigación	:	Silvicultura, Dendrología, Manejo y Ordenación Forestal
Eje temático	:	Instalación, Producción, manejo en viveros y plantaciones forestales
Lugar de ejecución	:	Caserío San Isidro, Distrito Hermilio Valdizan, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco
Duración del trabajo	:	6 meses
Financiamiento	:	S/ 4520.00
FEDU	:	No
Propio	:	Si
Otros	:	No

Tingo María – Perú

2024

DEDICATORIA

A mi Dios Padre todo poderoso, por bendecirme con la salud, por ser mi fortaleza y no dejarme en tiempos difíciles. Sin Él, no hubiera logrado este objetivo. Sus planes y su tiempo son perfectos.

A mis amados padres, Lida Mendoza Claudio y Samuel Ernesto Zavala Flores, quienes son pilares de mi vida, mi apoyo incondicional, mi ejemplo y mi amor más grande, siempre brindándome buenos valores y enseñándome el camino del bien. No tengo palabras para expresar mi gratitud y espero en algún momento compensarlos.

A mis hermanos, Stefany Zavala, Franz Zavala, Rajiv Zavala, y a mi prima hermana Ivonne Abad, por su amor, su confianza y, sobre todo, por sus palabras de motivación para seguir y lograr mi meta.

A mis tíos, Neyda Mendoza, Félix Abad, Yonel Mendoza, quienes son mis segundos padres, siempre motivándome a cumplir mi objetivo y su anhelo de verme convertida en una profesional.

A mis sobrinas, Luhana Sánchez, Adhara Zavala, y mi sobrino Dreik Vásquez, quienes son mi inspiración para superarme como profesional.

A mis amados abuelos que partieron a la eternidad, Lucía Claudio Aira y Porfirio Mendoza Tolentino, que me dejaron un ejemplo de vida, un amor único y diferente a cualquier otro. Sé que ahora me cuidan y me protegen desde el cielo.

A mi mejor amigo y novio, Joel Vargas, por su apoyo incondicional, motivacional y su confianza en mí para lograr mi objetivo.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, mi alma mater, que ha contribuido con sus conocimientos a lo largo de cinco años en mi formación profesional.
- A mis docentes de la Facultad de Recursos Renovables, quiero expresarles mi gratitud por guiarme y compartir su experiencia en el camino de mi formación profesional.
- Al Ing. Raúl Araujo Torres, por asesorarme en este trabajo de investigación, por su tiempo y amistad. Que Dios lo guarde y bendiga.
- A mis jurados de Tesis: Ph. D. Luis Alberto Valdivia Espinoza, Ing. M.Sc. Robert Pecho de la Cruz e Ing. M.Sc. David Quispe Janampa, por darse un espacio para atenderme amablemente y brindarme su valioso tiempo. También quiero agradecerles por sus recomendaciones, sugerencias y apoyo motivacional para la ejecución del presente trabajo de investigación.
- A los Ing. Frits Palomino Vera e Ing. Gerson Durand Chávez, por ser mis mentores en este proceso de ejecución del presente trabajo de investigación.
- A mis familiares en general, quienes me apoyaron moralmente y son mi inspiración para seguir creciendo como persona y profesional.
- A mi mejor amiga María Meza Sanabria, con quien he compartido bonitos momentos y distintas emociones, fue mi soporte para no decaer en momentos difíciles y lograr cumplir una de mis metas.
- A mis amigos(as): Keila Jara, Shirley Shapiama, Lizbeth Meza, Yovani Tacuche, José Luis del Castillo, Jordi Niño, Gabriel Riva Agüero, Rogelio Carlos y demás amistades por su ayuda, consejos, cariño y paciencia en este proceso profesional.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Marco teórico.....	4
2.1.1. <i>Pinus tecunumanii</i>	4
2.1.2. Calidad de los plántones	7
2.1.3. Índices de calidad de los plántones forestales	14
2.1.4. Micorrizas	15
2.1.5. Abonos orgánicos	16
2.1.6. Los fertilizantes.....	17
2.1.7. Fertilizantes orgánicos	18
2.2. Estado del arte.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Lugar de ejecución.....	23
3.1.1. Ubicación geográfica	23
3.1.2. Ubicación política	24
3.1.3. Altitud	24
3.1.4. Características climáticas.....	24
3.2. Material y métodos	25
3.2.1. Materiales y equipos	25
3.2.2. Metodología.....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1. Determinación de los principales parámetros morfológicos y fisiológicos de los plántones de <i>P. tecunumanii</i> (pino rojo) empleando abonos orgánicos y micorriza en San Isidro, Huánuco, Perú.....	35
4.1.1. Parámetros morfológicos	35
4.1.2. Parámetros fisiológicos.....	63
4.2. Determinación y comparación de la calidad de plántones de <i>P.</i> <i>tecunumanii</i> (pino rojo) empleando abonos orgánicos y micorriza en San Isidro, Huánuco, Perú	64
V. CONCLUSIONES	67

VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	68
VII. REFERENCIAS.....	69
ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Parámetros morfológicos y fisiológicos generales de calidad del plantón.....	12
2. Concentración optima de los nutrimentos esenciales en el follaje de coníferas.	13
3. Coordenadas de los vértices del vivero en el caserío San Isidro.....	23
4. Parámetros climáticos correspondientes al año 2019.....	24
5. Descripción de los tratamientos en estudio.	26
6. Análisis de varianza (ANVA) de la investigación.	32
7. Valores determinados para calificar la calidad del plantón de <i>P. tecunumanii</i>	33
8. ANVA para la altura total en plántones de <i>P. tecunumanii</i> por efecto de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.....	36
9. ANVA resumido para la altura total en plántones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.....	36
10. Comparación de medias de la altura total en plántones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de los niveles de micorrizas sobre los abonos orgánicos.....	37
11. Comparación de medias de la altura total en plántones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de los niveles de abonos orgánicos sobre las dosis de micorrizas.	37
12. ANVA para el diámetro basal en plántones de <i>P. tecunumanii</i> por efecto de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.	40
13. ANVA resumido para el diámetro basal en plántones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.....	41
14. Comparación de medias del diámetro basal en plántones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de los niveles de micorrizas sobre los abonos orgánicos.....	41
15. Comparación de medias del diámetro basal en plántones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de los niveles de abonos orgánicos sobre las dosis de micorrizas.	42
16. ANVA para la longitud de la raíz en plántones de <i>P. tecunumanii</i> por efecto de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.	44
17. ANVA resumido para la longitud de la raíz en plántones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.	44

18.	Comparación de medias de la longitud de la raíz en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de los niveles de micorrizas sobre los abonos orgánicos.....	45
19.	Comparación de medias de la longitud de la raíz en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de los niveles de abonos orgánicos sobre las dosis de micorrizas.....	45
20.	ANVA para la biomasa de los plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efecto de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.....	47
21.	ANVA resumido para la biomasa en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.....	47
22.	Comparación de medias de la biomasa en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de los niveles de micorrizas sobre los abonos orgánicos.....	48
23.	Comparación de medias de la biomasa en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de los niveles de abonos orgánicos sobre las dosis de micorrizas.....	48
24.	ANVA para el índice de robustez en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efecto de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.....	51
25.	ANVA resumido para el índice de robustez en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.....	51
26.	Comparación de medias del índice de robustez en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de los niveles de micorrizas sobre los abonos orgánicos.....	52
27.	Comparación de medias del índice de robustez en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de los niveles de abonos orgánicos sobre las dosis de micorrizas.....	52
28.	ANVA para la relación altura/longitud radicular en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efecto de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.....	55
29.	ANVA resumido para la relación altura/ longitud radicular en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.....	55
30.	Comparación de medias de la relación altura/ longitud radicular en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de los niveles de micorrizas sobre los abonos orgánicos.....	56

31.	Comparación de medias de la relación altura/ longitud radicular en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de los niveles de abonos orgánicos sobre las dosis de micorrizas.	56
32.	ANVA para la relación BSA/BSR en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efecto de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.....	58
33.	Prueba Tukey para la relación BSA/BSR en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efecto de las dosis de micorrizas.....	58
34.	ANVA para el índice de calidad de Dickson en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efecto de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.	60
35.	ANVA resumido para el índice de calidad de Dickson en plantones de <i>P.</i> <i>tecunumanii</i> por efectos simples de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.	60
36.	Comparación de medias del índice de calidad de Dickson en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de los niveles de micorrizas sobre los abonos orgánicos.	61
37.	Comparación de medias del índice de calidad de Dickson en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos simples de los niveles de abonos orgánicos sobre las dosis de micorrizas.....	61
38.	Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en <i>P. tecunumanii</i> sometidas a tres combinaciones en estudio.....	63
39.	Calidad de plantones de <i>P. tecunumanii</i> debido al abono y micorriza en vivero.....	65
40.	Valores y categorización de la altura y DAC en plantones de <i>P. tecunumanii</i> por tratamientos.....	76
41.	Valores y categorización del IR, LR y R LA/LR en plantones de <i>P.</i> <i>tecunumanii</i> por tratamientos.	78
42.	Valores del PFA, PFR, PFT, PSA, PSR y PST en plantones de <i>P.</i> <i>tecunumanii</i> por tratamientos.	81
43.	Valores y categorización de la R BSA/BSR e ICD en plantones de <i>P.</i> <i>tecunumanii</i> por tratamientos.	83
44.	Frecuencia de la calidad de plantones de <i>P. tecunumanii</i> por tratamientos.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Ubicación del vivero en el distrito Hermilio Valdizan.....	23
2.	Proceso de almacigado hasta la distribución de los tratamientos.....	28
3.	Proceso de almacigado hasta la distribución de los tratamientos.....	29
4.	Proceso en el laboratorio y digitalización de datos.	31
5.	Comportamiento de la altura total en plántones de <i>P. tecunumanii</i>	35
6.	Altura total en plántones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos de los abonos orgánicos y las dosis de micorrizas.	38
7.	Comportamiento del diámetro del tallo en plántones de <i>P. tecunumanii</i>	40
8.	Diámetro del tallo en plántones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos de los abonos orgánicos y las dosis de micorrizas.	42
9.	Longitud de la raíz en plántones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos de los abonos orgánicos y las dosis de micorrizas.	46
10.	Biomasa en plántones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos de los abonos orgánicos y las dosis de micorrizas.	49
11.	Robustez en plántones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos de los abonos orgánicos y las dosis de micorrizas.	53
12.	Relación longitud aérea/ longitud radicular en plántones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos de los abonos orgánicos y las dosis de micorrizas.....	57
13.	Índice de calidad de Dickson en plántones de <i>P. tecunumanii</i> por efectos de los abonos orgánicos y las dosis de micorrizas.	62
14.	Altura de plántones de <i>P. tecunumanii</i> por tratamientos.....	87
15.	Diámetro del tallo de plántones de <i>P. tecunumanii</i> por tratamientos.....	87
16.	Longitud de la raíz de plántones de <i>P. tecunumanii</i> por tratamientos	88
17.	Distribución de plántones por tratamientos.....	88
18.	Certificado de análisis de semillas de <i>P. tecunumanii</i>	89
19.	Reporte del análisis de tejidos en plántones de <i>P. tecunumanii</i>	89
20.	Acta de verificación de la ejecución de tesis.....	90

RESUMEN

El estudio tenía como objetivo evaluar la calidad de plantones de *Pinus tecunumanii* (pino rojo) empleando abonos orgánicos y micorrizas en San Isidro, Huánuco, Perú. Se emplearon dos factores principales: el Factor A, que consistió en diferentes dosis de micorrizas en mililitros (a_1 : 0, a_2 : 3, a_3 : 6), y el Factor B, que incluyó distintos abonos orgánicos (b_1 : Ninguno, b_2 : Guano de isla, b_3 : Estiércol de cuy, b_4 : Gallinaza). Esto generó 12 tratamientos distribuidos bajo un Diseño Completo al Azar con arreglo bifactorial. A los cuatro meses, se midieron múltiples indicadores en ocho plantones por tratamiento, incluyendo altura, diámetro basal, longitud de raíz, biomasa, índice de robustez, R A/LR, R BSA/BSR e ICD. Se llevó a cabo el análisis de la varianza para contrastar hipótesis. Los resultados revelaron una interacción estadística significativa para los indicadores morfológicos. El tratamiento T₁₂ destacó con los mayores promedios en altura total (16,69 cm), diámetro basal (2,62 mm), longitud de raíz (23,96 cm), biomasa (0,75 g), R A/LR (0,71) e ICD (0,09); el T₁₀ mejoró la robustez (6,31), mientras que la R BSA/BSR sobresalió al aplicar 3 y 6 ml de micorrizas. Se observó que 11 combinaciones resultaron en categorías de baja calidad, y solo el T₁₂ alcanzó calidad media. En conclusión, se enfatiza la necesidad de validar las categorías de calidad de las plántulas de *P. tecunumanii* en las circunstancias específicas de la provincia de Leoncio Prado.

Palabras clave: efecto principal, efecto simple, gallinaza, interacción, robustez.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the quality of *Pinus tecunumanii* (red pine) seedlings using organic fertilizers and mycorrhizae in San Isidro, Huánuco, Peru. Two main factors were employed: Factor A, consisting of different doses of mycorrhizae in milliliters (a_1 : 0, a_2 : 3, a_3 : 6), and Factor B, including various organic fertilizers (b_1 : None, b_2 : Island guano, b_3 : Guinea pig manure, b_4 : Chicken manure). This resulted in 12 treatments distributed under a Completely Randomized Design with a bifactorial arrangement. After four months, multiple indicators were measured in eight seedlings per treatment, including height, basal diameter, root length, biomass, robustness index, R A/LR, R BSA/BSR, and ICD. Analysis of variance was conducted to test hypotheses. The results revealed a statistically significant interaction for morphological indicators. Treatment T₁₂ stood out with the highest averages in total height (16.69 cm), basal diameter (2.62 mm), root length (23.96 cm), biomass (0.75 g), R A/LR (0.71), and ICD (0.09); T₁₀ improved robustness (6.31), while R BSA/BSR excelled when applying 3 and 6 ml of mycorrhizae. It was observed that 11 combinations resulted in low-quality categories, with only T₁₂ reaching a medium-quality level. In conclusion, there is a need to validate the quality categories of *P. tecunumanii* seedlings under the specific conditions of the Leoncio Prado province.

Keywords: main effect, simple effect, chicken litter, interaction, robustness.

I. INTRODUCCIÓN

La deforestación en la Amazonía peruana es un fenómeno complejo impulsado por múltiples factores interrelacionados. La expansión de la agricultura y la ganadería, la tala de árboles para la obtención de madera, la minería, la construcción de infraestructuras y los cambios en el uso del suelo son algunas de las principales causas de la pérdida de bosques. Estos impulsores, a menudo exacerbados por la tala ilegal y la minería no regulada, contribuyen a la transformación rápida y extensiva de los ecosistemas boscosos. La deforestación tiene impactos negativos tanto a nivel local como global, afectando la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y contribuyendo al cambio climático. A pesar de los esfuerzos de conservación y manejo sostenible, la lucha contra la deforestación en la Amazonía peruana sigue siendo un desafío crucial que requiere estrategias integrales y colaborativas.

Una de las acciones de vital importancia que contrarrestan la deforestación es el establecimiento de especies forestales; sin embargo, la implementación de proyectos de reforestación en la Amazonía peruana viene enfrentando diversos desafíos. Organizaciones gubernamentales, no gubernamentales y comunidades locales han trabajado en colaboración para establecer programas de reforestación, plantando especies nativas y buscando restaurar los ecosistemas degradados. El éxito de la reforestación en la Amazonía peruana también ha estado vinculado a la participación y el empoderamiento de las comunidades locales, la aplicación de políticas ambientales sólidas y la investigación continua para mejorar la obtención de plántones de alta calidad, las técnicas de plantación y la selección de especies adaptadas a la diversidad de microclimas y suelos en la región.

Una de las especies forestales exóticas que son adaptadas a distintas condiciones de clima es *Pinus tecunumanii* (pino) sobresaliendo a nivel internacional debido a su rápido crecimiento y la característica completamente cilíndrico del fuste, estos parámetros representan un gran potencial para la reforestación en regiones tropicales y subtropicales, pero hay carencias en la producción de los plántones a consecuencia de no contar con las especificaciones técnicas específicas sobre un adecuado manejo durante la fase de vivero bajo condiciones del distrito Hermilio Valdizan, siendo el abonamiento una de las más importantes por vincularse directamente con la calidad de plántón.

En el ámbito del uso de abonos orgánicos durante la fase de vivero para el cultivo de *P. tecunumanii*, existe una carencia significativa de investigaciones detalladas y datos específicos que aborden los efectos precisos de estos insumos en la obtención de plántones con alta calidad.

A pesar de la importancia reconocida de los abonos orgánicos para mejorar la calidad del sustrato y promover un crecimiento saludable en diversas especies, la información detallada sobre su aplicación específica en viveros de *P. tecunumanii* es escasa. Aspectos como la selección óptima de abonos orgánicos, las concentraciones adecuadas, y los métodos específicos de aplicación que maximizan el desarrollo radicular y foliar de los plántones son temas que requieren una atención más profunda.

Asimismo, el conocimiento sobre el uso de micorrizas en pinos durante la fase de vivero presenta un vacío significativo en la investigación, con escasa información detallada sobre los beneficios específicos y las mejores prácticas de aplicación. Aunque se reconoce que las micorrizas desempeñan un papel esencial en la simbiosis plánton-hongo, mejorando la absorción de nutrientes y el desarrollo radicular, existe una falta de estudios específicos que aborden cómo estas relaciones simbióticas afectan de manera precisa a la calidad de los plántones de *P. tecunumanii*. La identificación de cepas específicas de micorrizas beneficiosas para las diferentes especies de pinos, las dosis óptimas, y los métodos de inoculación que resulten ser más efectivos bajo las condiciones del distrito Hermilio Valdizan son aspectos que requieren una investigación a mayor detalle. Este vacío en la información sobre el uso de ambos factores mencionados vinculados a la calidad de los plántones, generó la siguiente interrogante: ¿Cuál será la calidad de los plántones de *P. tecunumanii* empleando abonos orgánicos y micorrizas en San Isidro, Huánuco, Perú?

La utilización de abonos orgánicos y micorrizas en la producción de plántones de *P. tecunumanii* es de suma importancia por sus beneficios tanto ambientales como silvícolas. Los abonos orgánicos, mejoran la estructura del suelo, aumentan la retención de agua y proporcionan nutrientes de manera gradual, promoviendo la obtención de plántones con alta calidad, por otro lado, las micorrizas establecen una simbiosis beneficiosa entre las raíces de las plantas y los hongos del suelo, facilitando la absorción de nutrientes, especialmente fósforo, y mejorando la resistencia a enfermedades y estrés hídrico. En el caso de los plántones de *P. tecunumanii*, conocidas por sus micorrizas asociadas, la aplicación de estas simbiosis naturales en el vivero puede aumentar significativamente la eficiencia en la absorción de nutrientes esenciales para el crecimiento inicial.

La combinación de abonos orgánicos y micorrizas no solo impulsa la calidad y el vigor de los plántones de *P. tecunumanii*, sino que también fomenta prácticas agrícolas más sostenibles y amigables con el medio ambiente al reducir la dependencia de fertilizantes químicos y mejorar la salud del suelo. En última instancia, esta estrategia justifica su implementación al promover una producción forestal más resiliente y adaptada a condiciones

ambientales cambiantes, contribuyendo así a la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad.

La información generada sobre la producción de *P. tecunumanii* sometidas a los dos factores en estudio servirá como herramienta a los viveristas en la toma de decisiones sobre el manejo de los plántones de la especie en mención que se desarrollen en condiciones similares al lugar de ejecución, asimismo, se emplearán como base para el soporte de otras ideas de investigación en la misma especie u otras especies del mismo género. De acuerdo a los antecedentes se comprobó la hipótesis: La calidad de los plántones de *P. tecunumanii* obtenidos mediante el uso de los abonos orgánicos y micorrizas no se vio favorecida de manera significativa en base a los parámetros morfológicos y fisiológicos evaluados en San Isidro, Huánuco, Perú.

Objetivo general

- Evaluar la calidad de plántones de *Pinus tecunumanii* (pino rojo) empleando abonos orgánicos y micorrizas en San Isidro, Huánuco, Perú.

Objetivos específicos

- Determinar los principales parámetros morfológicos y fisiológicos de los plántones de *Pinus tecunumanii* (pino rojo) empleando abonos orgánicos y micorriza en San Isidro, Huánuco, Perú.
- Determinar y comparar la calidad de plántones de *Pinus tecunumanii* (pino rojo) empleando abonos orgánicos y micorriza en San Isidro, Huánuco, Perú.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. *Pinus tecunumanii*

2.1.1.1. Taxonomía

La clasificación taxonómica de esta especie se basa principalmente en la propuesta de APG (2009):

Reino	: Plantae
Sub Reino	: Embryobionta.
División	: Pinophyta
Subdivisión	: Pinicae
Clase	: Pinopsida
Subclase	: Pinidae
Orden	: Pinales
Familia	: Pinaceae
Género	: <i>Pinus</i>
Especie	: <i>Pinus tecunumanii</i>
Nombre común	: pino, pino tecunumani

2.1.1.2. Descripción botánica

En cuanto a su estructura, se trata de un árbol perennifolio de origen exótico que puede alcanzar alturas de 40 a 55 metros y diámetros de 50 a 120 centímetros. Su tronco es recto y generalmente no presenta ramas hasta aproximadamente el 40-60% de su altura. Las ramas, que se disponen en forma de verticilos, suelen ser delgadas, cortas y se extienden hacia afuera, mostrando escamas que varían en color desde un tono café canela hasta verdoso. Su copa tiene una forma piramidal y es relativamente dispersa (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [CATIE], 2000; Agrobosques, 2012; Gallo, 2014).

Las hojas de este árbol son aciculares de un llamativo color verde reluciente, con matices amarillo-verdosos. Se presentan en grupos de cuatro acículas, aunque ocasionalmente pueden ser tres o cinco, y miden entre 14 y 21 centímetros de longitud, con un grosor de 0,5 a 0,8 milímetros. Son de forma triangular, flexibles y tienen una vaina que permanece en la rama, con una longitud de 12 a 23 milímetros y estomas presentes en las tres caras de las acículas (CATIE, 2000; Cerda, 2007).

En cuanto a la corteza de este árbol, es de un tono café rojizo en su base y está dividida en pequeñas placas separadas por fisuras poco profundas. A una altura del pecho, su espesor suele ser de 2 a 5 centímetros. Con el tiempo, la corteza se vuelve más lisa y cambia su color a un tono rojo naranja, proceso que generalmente ocurre después de los 3 a 4 metros desde la base del tronco (CATIE, 2000).

Sus semillas son diminuto y afiladas, tiene un color café claro y presentan jaspeados, además de tener un ala membranosa de tono café claro con rayas oscuras y es muy frágil. La maduración de los conos sucede en los meses de enero y abril. Para la recolección de los frutos se realizó con unas cizallas mientras aún están cerrados y muestra un color café verdoso (CATIE, 1997; Cerda, 2007).

Una vez recolectados, se transportan sus frutos asimismo se colocan en sombra continuando su proceso de maduración. Después se exponen a la luz solar durante 3 a 4 días, con períodos de exposición de 3 a 4 horas al día. Cuando los conos se abren, se extraen las semillas golpeando los conos y separando las alas, ya sea friccionando con las manos o utilizando un saquito de tela. Para su reserva a largo plazo, es necesario exponer las semillas al sol mientras se las mueve constantemente. Cabe destacar que las semillas logran conservar su viabilidad durante un período de 5 a 10 años si se almacenan a temperaturas de 3° a 4°C y con 12 % de humedad en bolsas herméticas. Sin embargo, en condiciones ambientales, las semillas permanecerán viables solo por un período de 1 a 2 meses (CATIE, 1997).

Entre las ventajas se considera a la especie en estudio como (Dvorak *et al.*, 1995):

- El *P. tecunumanii* es muy solicitada gracias a una serie de ventajas notables. Estas ventajas incluyen su rápido crecimiento en viveros, una mayor resistencia a sequías en comparación con el *Pinus patula* en Sudáfrica, una mejor productividad en los años siguientes a su establecimiento en comparación con el *Pinus oocarpa* quien incluso supera al *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*. Además, las estaciones de zonas tropicales con un período de rotación de 16 años para el *P. tecunumanii* muestra una productividad superior al *P. patula* al mismo tiempo en lugares donde la helada no es habitual, también supera al *Pinus elliottii* en términos de productividad.
- El *P. tecunumanii* presenta una menor cantidad de corteza por unidad de volumen en comparación con el *Pinus taeda* quien contiene una proporción más bajo de extractos, que son calculadamente alrededor del 4%, en comparación con ciertos pinos del sur en los Estados Unidos. Además, su densidad de madera es mayor a la del *P. patula* por Colombia

y Sudáfrica, a su vez se caracteriza por ser más uniforme tanto dentro como entre los anillos anuales en comparación con el *P. elliotii*, el *P. patula* y el *P. taeda* en Sudáfrica.

- También se destaca su mayor resistencia a *Sphaeropsis sapinea* (Diplodia) en comparación al *P. patula* y al *Pinus greggii* al sur de Brasil. Además, el *P. tecunumanii* muestra soporte moderado al *Fusarium subglutinans* f. sp. *pini* (chancro resinoso) en estudios que involucran plántulas, y es propenso a la hibridación con varias especies de pinos.

Entre las desventajas se considera a la especie en estudio como (Dvorak *et al.*, 1995):

- El tamaño del recipiente utilizado en el vivero ejerce una influencia significativa en la estructura del sistema de raíces de esta especie. De hecho, su sistema de raíces tiende a ser más susceptible al derribo por el viento cuando se cultiva en envases de menor tamaño. En entornos húmedos y en presencia de una competencia intensa de malezas, su desempeño es deficiente. Además, presenta una limitada resistencia a las heladas.
- Es común que, a partir del tercer año de edad, la mayoría de lugares se produzca una ruptura en la parte superior del tallo. En algunos sitios, a pesar de tener una copa liviana, no logra eludir completamente el desafío de malezas y plantas que dominan en un sotobosque una vez que las copas se cierran. Esto se interpreta debido a un aumento en la acumulación de material combustible y a un mayor riesgo de incendios, y su capacidad de rebrote después de incendios es limitada.
- En términos de plagas y enfermedades, muestra una moderada susceptibilidad al *P. pini* (áfido lanudo) y es propenso a ataques del *Cinara cronartii* (áfido negro) en el sur de África. Además, tiene una moderada susceptibilidad al *Cylindrocladium* spp.
- En zonas tropicales es altamente sensible al coleóptero *Hylastes* sp. en su etapa de brinjal y muestra una alta susceptibilidad al *Cronartium quercuum* f. sp. fusiforme (pudrición fusiforme) en prácticas de investigación que involucran brinzales.

2.1.1.3. Calidad física y germinación

Normalmente, se encuentran alrededor de 50 000 a 75 000 semillas por cada kilogramo. Se ha registrado que estas semillas tienen tasas de germinación que oscilan entre el 80% y el 95%, con niveles de pureza que varían de un 95% al 99%. La humedad inicial de las semillas varía entre un 9,3% y un 10,3%. El proceso de germinación que siguen es de tipo epígeo y comienza alrededor del séptimo día después de la siembra, concluyendo entre el duodécimo y el decimosexto día después de dicho proceso (CATIE, 2000). Otros reportan 75 000 (Seedexport, 2023) y 110 000 semillas/kilogramo (Agrobosques, 2012).

Como método de preparación previa a la germinación, se sugiere sumirse las semillas en agua limpia en un período de 12 horas antes de sembrarlas, ya sea en cajas con arena con miras a un repicado posterior. La germinación se produce aproximadamente entre el octavo y decimoséptimo día después de la siembra, y el repicado de las plántulas debe llevarse a cabo una vez que su altura llega entre 3-4 cm. Para el uso de bolsas, es recomendable emplear sustratos ligeramente ácidos con un rango de pH de 5,5 a 6,0, se aconseja brindar sombra en los primeros días posteriores al repique o la germinación, especialmente si se siembran directamente en el suelo (CATIE, 1997).

El mismo autor mencionado recalca que, si el vivero es de reciente instalación o se encuentra en lugares donde la especie no es originaria, es de suma importancia enriquecer el suelo con micorrizas, por lo contrario, los plántones no crecerán adecuadamente y mostrarán síntomas de debilidad y decoloración. Para lograr un endurecimiento adecuado de los plántones, se necesitan entre 4 a 6 meses en el vivero, momento en el cual estarán listas para ser trasplantadas cuando alcancen una altura de 25-30 cm.

2.1.2. Calidad de los plántones

La producción de plántones con peculiaridades morfológicas y fisiológicas adecuadas requiere la aplicación de técnicas culturales que tengan en cuenta varios aspectos, como la condición de las semillas, el tipo de suelo, el contenedor utilizado, el régimen de nutrición, el riego y las condiciones ambientales (Leyva *et al.*, 2008). La prosperidad de una reforestación se ve influenciada por la calidad de los plántones producidos. El éxito de los programas de reforestación depende de la calidad de los plántones producidos, ya que esto aumenta la posibilidad que sobrevivan y se desarrollen adecuadamente una vez que se establecen en su ubicación definitiva, tal como lo indica un informe de Mas (2003). Hasta la fecha, el concepto de calidad de los plántones se ha adoptado ampliamente entre los viveristas, basándose primordialmente en sus cualidades morfológicas y fisiológicas de los plántones, que aceptan evaluar su estado actual y determinar si tienen las cualidades necesarias para garantizar su sobrevivencia y desarrollo en función de las condiciones específicas según el lugar de plantación (Rose *et al.*, 1990).

La condición de un plántón está relacionada con su morfología (su forma y estructura) y su fisiología, incluyendo las características que requieren para su establecimiento, crecimiento y desarrollo en el campo (Haase, 2007). Johnson y Cline (1991) aumenta lo económico a esta definición y describen un plántón de alta calidad como la que se produce a precio bajo según su objetivo, y que tiene la suficiencia de sobrevivir y desarrollarse después de trasplantada. Esto depende principalmente de sus cualidades genéticas de la semilla

y de los métodos utilizados por productores viveristas en el periodo de producción (Prieto *et al.*, 1999).

Es importante tener en cuenta que el significado de los plántones es relativo, ya que puede variar según factores como el ambiente, tipo de suelo, especie, los objetivos de plantación y la temporada de siembra. Estas situaciones determinan la capacidad de trabajo de uno o más cualidades morfológicas de los plántones para un lugar específico (Peñuelas y Ocaña, 2000).

Por lo tanto, para asegurar un control adecuado en la selección de plántones para su uso en reforestaciones, es esencial que se evalúen estas cualidades antes de la siembra, asimismo los potenciales morfológicos y fisiológicos de los plántones no son adecuados, existe el riesgo de que la planta no sobreviva, lo que podría requerir la necesidad de replantar en el mismo lugar y generar costos adicionales. Además, esto prolongaría el tiempo necesario para establecer la plantación (Duryea, 1985).

Contar con plántones que sean resistentes al estrés de las condiciones ambientales en el sitio de plantación, que tengan una capacidad fotosintética adecuada y reservas para un inicio vigoroso en el campo, contribuye a la formación de bosques de alta calidad (Leyva *et al.*, 2008).

Si bien la verdadera condición de un plánton se determina luego de su plantación en campo, en el vivero existen marcadores morfológicos que predicen su comportamiento. Estos indicadores incluyen la altura, el diámetro del tallo, el tamaño, la forma y el volumen del sistema de raíces, la correlación entre diámetro y altura, la relación entre tallo y raíz, la biomasa de la parte aérea y la raíz, la presencia de yema terminal y micorrizas, el color de sus hojas y la ausencia de enfermedades. También existen atributos fisiológicos que deben ser considerados, como la resistencia al frío, el tiempo que lleva para que la yema comience su crecimiento, el índice de mitosis, el potencial hídrico, el contenido de nutrientes y carbohidratos, la tolerancia a la sequía, la tasa de fotosíntesis neta, la micorrización y la calidad para generar nuevas raíces (Prieto *et al.*, 2009).

2.1.2.1. Criterios morfológicos

Thompson (1985) define la morfología como la estructura o forma de cualquier organismo, lo que implica que su evaluación podría abarcar una amplia variedad de estimaciones, como aspectos con la altura y la biomasa, hasta detalles como el número de estomas o dientes en extremos de los follajes. Sin embargo, solo ciertas evaluaciones morfológicas, como la altura, diámetro del tallo, la configuración del tallo y/o la raíz, y la correlación entre la parte aérea y la raíz, serían suficiente para caracterizar la condición de un

plantón y anticipar su capacidad para resistir el estrés, así como su crecimiento y supervivencia. La morfología es la presencia física de los plantones siendo los primordiales atributos físicos:

Altura del plantón. La altura de un plantón, por sí sola, no tiene un valor definitivo, pero cobra mayor importancia cuando se relaciona con el diámetro y la estructura del tallo. Esta medida se considera una señal clave de la cobertura fotosintética y la capacidad de transpiración del plantón (Prieto *et al.*, 1999). Finalmente, la altura está correlacionada con la sobrevivencia y su desarrollo durante los primeros años después de la plantación (Rodríguez, 2008).

Esta variable influye en su capacidad fotosintética, aunque no proporciona una predicción clara de la supervivencia. Los plantones de menor tamaño (< 10 cm), tienen una superficie fotosintética limitada, lo que puede resultar en un crecimiento más lento y una mayor susceptibilidad a los insectos. Por otro lado, los plantones más grandes, con más de 15 cm de altura y un diámetro de cuello menor a 5 mm, tienen una mayor superficie fotosintética en teoría, pero también presentan tasas de transpiración más altas, lo que aumenta el riesgo de mortalidad en condiciones de sequía y las hace más vulnerables al viento (Prieto *et al.*, 2003).

Para determinar la altura adecuada de un plantón en vivero, es esencial considerar las circunstancias específicas del área de plantación. En algunos casos, plantones muy altos pueden ser problemáticas debido a un desequilibrio con sus sistemas de raíces, lo que las hace más susceptibles a perjuicios por factores ambientales (Rodríguez, 2008). Por otro lado, en lugares con competencia de herbáceas y arbustos, puede ser preferible utilizar plantones de 15 a 20 cm de altura para facilitar su desarrollo y competencia (Prieto *et al.*, 1999).

Es importante señalar que las especies con hábitos de crecimiento cespitoso, como *P. engelmannii*, *P. devoniana* (*P. michoacana*) y *P. montezumae*, suelen tener un crecimiento de menos de 15 cm en el vivero, pero presentan tallos robustos con diámetros superiores a 5 mm. La altura de estos plantones puede gestionarse con prácticas como la fertilización, la poda aérea, el control de la luz y la densidad en el vivero (Cuevas, 1995).

Diámetro del cuello. El diámetro del tallo, en relación con la robustez del plantón, está vinculado al vigor y a su capacidad para el transporte eficiente de agua y nutrientes. Un mayor diámetro también sugiere un sistema radicular más desarrollado y proporciona mejor resistencia mecánica en el plantón, así como su cualidad a soportar temperaturas extremas (Rodríguez, 2008).

Plantones con tallos de mayores diámetros tienen una mayor capacidad para resistir daños ambientales asimismo su sobrevivencia y desarrollo se relacionan

positivamente con plantones que presentan tamaños más grandes y tallos de mayor diámetro (Johnson y Cline, 1991). Un estudio de Clearly *et al.* (1987), citado por Córdova (2006), respalda esta idea al afirmar que los plantones con diámetros más grandes tienen una mayor probabilidad de sobrevivir en condiciones adversas debido a la corteza más gruesa que proporciona un mejor control de temperaturas altas y almacena una mayor proporción de sustancias de reserva, el cual reduce su estrés.

Mexal y Landis (1990) sugirieron que, para lograr una tasa de supervivencia superior al 80%, los plantones deben tener un diámetro de tallo de 5 a 6 mm. Sin embargo, es importante destacar que la definición específica de un diámetro adecuado puede variar según el hábito de crecimiento inicial de cada especie.

Sistema radical. Un plantón de alta calidad se caracteriza por tener raíces fuertes que incluye una raíz principal bien desarrollada y recta, sin giros o enredos. Este sistema radicular debe mostrar una alta proporción de fibras y contar con numerosos puntos de crecimiento activos (Sigala, 2009). El sistema radicular más grande y con raíces finas poseerá mayor porcentaje de supervivencia en campo definitivo gracias a su mayor posibilidad de absorción de agua y nutrientes. Finalmente, si existe desequilibrio en la parte aérea también pueden mostrar déficit de tensión hídrica por relación entre la absorción de agua en el sistema radicular y la transpiración en las hojas (Prieto *et al.*, 1999).

El proceso de captación de agua y nutrientes se concentra en las raíces más delgadas, ya que son más activas y permeables en comparación con las raíces más gruesas, que principalmente realizan rol importante en la sujeción de la planta al suelo (Thompson, 1985). Cuando una planta tiene un suministro abundante de agua, no se estimula el desarrollo de las raíces, pero en situaciones de escasez de agua, la planta necesita desarrollar un sistema de raíces más extenso para sobrevivir. La imposición a un estrés hídrico controlado al final del ciclo vegetativo resulta en una disminución en el crecimiento en altura de la planta, mientras que el diámetro del cuello de la raíz sigue aumentando, lo que sugiere un crecimiento continuo de las raíces (Leyva *et al.*, 2008).

Esta variable tiene una relación fuerte con las cualidades de la raíz, su peso seco y morfología: principalmente a mayor diámetro del tallo mayor cantidad de raíz lateral primaria (Rowan, 1986).

Biomasa. Este indicador se encuentra estrechamente vinculado con la competencia del plantón para sobrevivir y desarrollarse en su ambiente natural, ya que está relacionado con la distribución irregular de la humedad en la estructura del plantón. Para evitar fluctuaciones en los resultados, se prefiere medir el peso seco del plantón, que refleja su

capacidad para realizar la fotosíntesis y la transpiración, así como su capacidad para almacenar carbohidratos (Rodríguez, 2008; Prieto *et al.*, 2009). Para asegurar la supervivencia del plantón, es esencial seleccionar aquellas que tengan la mayor cantidad de biomasa posible y que mantengan un equilibrio adecuado entre las partes del plantón que transpiran y las que absorben agua y nutrientes (Thompson, 1985).

Relación peso seco aérea/peso seco raíz. Se hace referencia a la relación entre la cantidad de biomasa en la parte aérea del plantón y la biomasa presente en sus raíces (Prieto *et al.*, 1999). Según sus observaciones, cuando esta relación se encuentra en un rango de 1,5 a 2,5, indica un equilibrio adecuado entre estas dos partes del plantón, mientras que relaciones superiores a 2,5 indican una desigualdad en las partes aéreas y las radicales. Córdova (2006) señala que cuando esta proporción supera el valor de tres, aumentan las probabilidades de que se produzca un desequilibrio en el suministro de agua, lo que podría poner en peligro la supervivencia del plantón.

Relación altura/diámetro del cuello. A menor valor de altura, el plantón será más bajo y robusto por lo cual será de mayor valor para adaptarse frente a condiciones ambientales precarias (Rodríguez, 2008).

2.1.2.2. Criterios fisiológicos

La medición de parámetros fisiológicos es puntual, fundamentalmente hace referencia a la situación del plantón al instante de evaluar cuales varían rápidamente y su valor adquirido no se prolonga por más de cuatro semanas; acceden establecer diferencias respecto a su estado inicial (García, 2007).

No obstante, para evaluar si un conjunto de plantones es adecuado, es necesario realizar mediciones en varios parámetros fisiológicos. Esto se debe a que no existe suficiente experiencia para afirmar que un solo parámetro sea determinante debido a su considerable variabilidad. Algunos de estos parámetros incluyen el potencial de crecimiento de las raíces, el estado de hidratación, el nivel de nutrientes minerales, la cantidad de carbohidratos almacenados y el daño causado por el frío (García, 2007).

En México, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) proporciona pautas para las características morfo-fisiológicas que se consideran importantes en la calidad de los plantones destinados a plantaciones comerciales (**Tabla 1**), diferenciando entre coníferas y latifoliadas y estableciendo los atributos deseables y los parámetros clave (CONAFOR, 2009).

Tabla 1. Parámetros morfológicos y fisiológicos generales de calidad del plantón.

Parámetro	Tipo de plantón	Cualidades
Procedencia del germoplasma	Para todo tipo	Fuente Identificada
Diámetro del tallo (Medido en mm y al cuello, 3-5 mm del nivel del sustrato)	Coníferas no cespitosas	Mínimo 4 mm
	Coníferas cespitosas	Mínimo 6 mm
	Latifoliadas	Mínimo 5 mm
Altura del plantón (Medida en cm del cuello a la punta apical del tallo)	Coníferas no cespitosas	12 a 25 cm No aplica 20 a 35 cm
	Coníferas cespitosas	
	Latifoliadas	
Raíz	Para todo tipo	Con un eje central y raíces laterales bien distribuidas, sin malformaciones o nudos, abundantes número de raíces
Micorrizas	Pinos	Cobertura en cepellón mínima al 40%
	Latifoliadas	No visibles a simple vista
Lignificación	Para todo tipo	Al menos 2/3 del tallo principal
Vigor	Para todo tipo	Color del follaje propio de la especie
Integridad	Para todo tipo	Sin daños mecánicos
Sanidad	Para todo tipo	Sin alteraciones morfo-fisiológicas y libre de plagas y enfermedades bióticas y abióticas

Fuente: CONAFOR (2009).

Contenido de nutrimentos. Por lo general, en el entorno natural del bosque, los plantones no disponen de la cantidad adecuada de nutrientes ni en las formas necesarias para prosperar plenamente. Sin embargo, en el ambiente controlado de un vivero, se

suministran nutrientes mediante fertilización para asegurar que los plantones alcancen un crecimiento óptimo y una alta calidad, manteniendo niveles nutricionales adecuados para su desarrollo exitoso en el campo. El viverista puede ajustar y controlar estos niveles de nutrientes por medio de ensayos como la fertilización, riego, densidad de siembra y la programación de siembras, entre otras (Landis, 1985).

El desarrollo de un plantón es afectado negativamente cuando el suelo carece de nutrientes, se estimula cuando los nutrientes son óptimos y se detiene o incluso puede llevar a la muerte del plantón si los niveles de nutrientes son excesivos (Toral, 1997).

En total, se han identificado 16 elementos esenciales para el desarrollo de los plantones. De estos, el hidrógeno, carbón y oxígeno se adquieren principalmente del agua y el CO₂, representando conjuntamente el 96% de la materia seca del plantón. Los restantes 13 elementos son de origen mineral y se absorben en forma de iones del suelo o el sustrato, dividiéndose en seis macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) y siete micronutrientes (hierro, cloro, manganeso, zinc, boro, cobre y molibdeno) (Landis, 1985).

Tabla 2. Concentración óptima de los nutrimentos esenciales en el follaje de coníferas.

Nutrimento	Concentración*
Macronutrientes	
	(%)
Nitrógeno	1,4 a 2,2
Fósforo	0,2 a 0,4
Potasio	0,4 a 1,5
Calcio	0,2 a 0,4
Magnesio	0,1 a 0,3
Azufre	0,2 a 0,3
Micronutrientes	
	(ppm)
Fierro	60 a 200
Cloro	100
Manganeso	100 a 250
Zinc	30 a 150
Boro	20 a 100
Cobre	0,40 a 2,00
Molibdeno	0,25 a 5,00

Fuente: Modificado de Landis (1989). *Porcentaje del peso anhidro del follaje de los plantones

Cada uno de estos nutrientes cumple diversas funciones cruciales para el crecimiento del plantón, como iniciación de componentes celulares, la activación de enzimas y la síntesis de moléculas esenciales. Los requerimientos específicos de nutrientes (**Tabla 2**) pueden variar según la especie del plantón, la época del año y otros factores, y estos valores estándar no son constantes, sino que evolucionan a ritmo que los plantones se desarrollan (Rodríguez, 2008).

El nitrógeno, debido a su influencia directa en el desarrollo de los plantones, es considerado el nutriente más crítico y ha sido objeto de atención especial (Johnson y Cline, 1991). Los niveles de nitrógeno en los plantones pueden variar entre especies, pero generalmente en coníferas se encuentran en un rango que va del 1,7% al 2,3% (Torral, 1997). Existen tres formas para evaluar la situación nutricional de los plantones, como se señala en la investigación de Landis (1985): a) observar síntomas en las hojas, b) aplicar fertilizantes en el vivero y c) realizar análisis químicos de los tejidos de los plantones. De estos enfoques, el análisis químico de los tejidos de los plantones se considera el más preciso y efectivo para determinar los niveles de nitrógeno y otros nutrientes.

2.1.3. Índices de calidad de los plantones forestales

Un indicador de la calidad del plantón forestal se basa en la combinación de diversos parámetros morfológicos y fisiológicos que describen características del plantón. Este enfoque, que considera elementos como el equilibrio y la delgadez, tiende a ofrecer una estimación más precisa del rendimiento del plantón en el campo en comparación con la evaluación de parámetros individuales. Esta perspectiva se respalda en investigaciones como las de Thompson (1985). Entre los índices de calidad más utilizados se encuentran:

2.1.3.1. Índice de esbeltez

Menciona la relación entre la altura del plantón (cm) y su diámetro (mm). Valores pequeños que están vinculados con una mejor calidad del plantón porque el individuo es más robusto, mientras que valores altos indican que el plantón es más esbelto y que hay una desproporción entre la altura y el diámetro del plantón; comúnmente se enseña que los valores sean menores a seis (Prieto *et al.*, 2003). Este valor estima la capacidad de los plantones para resistir condiciones adversas (Cuevas, 1995).

2.1.3.2. Índice de calidad de Dickson

Este índice junta los atributos morfológicos más relevantes que reflejan la calidad del plantón, y su resultado guarda una relación directa con su calidad (según Dickson, como se menciona en Olivo y Bububa, 2004). Este índice se considera el parámetro más confiable para evaluar la calidad del plantón, ya que evalúa cómo se distribuye el peso del

plantón y su robustez, lo que evita la selección de plantones desequilibrados y descarta la posibilidad de rechazar plantones que, a pesar de ser más pequeñas en altura, podrían tener un mayor vigor (según Fonseca, citado en García, 2007). Valores más altos en este índice indican que los plantones tienen un equilibrio óptimo entre sus dimensiones en la parte aérea y las raíces.

Según Terán (2018) al reportar valores de baja calidad en plantones producidos en vivero, justificó que, el Índice de Calidad de Dickson (ICD) no proporciona una mejora en la capacidad de predecir la calidad de los plantones, por lo tanto, se sugiere que es más apropiado utilizar el índice de robustez, ya que este índice ofrece una mejor predicción de la supervivencia y el crecimiento saludable de las plantas en cualquier tipo de entorno de plantación.

2.1.3.3. Relación longitud parte aérea/longitud parte radical

La relación longitud de parte aérea con la longitud radicular principal del plantón tiene relación con el balance de ambas partes y es deseable que sea cercano a uno; para que el plantón tenga mayor superficie de transpiración y absorción la proporción de hojas debe ser mayor a la raíz.

2.1.3.4. Relación biomasa parte aérea/biomasa parte radical

Este índice es básico ya que muestra el desarrollo de los plantones en el vivero. De forma amplia la producción de biomasa aérea producida supera a la parte radical; se tiene en alerta que, en lugares con precipitación baja, la relación no debe ser mayor a 2,5 mm (Prieto *et al.*, 2003).

La relación del desarrollo de la parte aérea y la raíz, representa el balance entre el área de transpiración y el área de absorción de agua. Un plantón de valor alto debe poseer un coeficiente de relación más bajo posible, en tal sentido que asegure su supervivencia en campo (Thompson, 1985).

2.1.4. Micorrizas

La palabra "micorriza" se originó del griego "myces" que significa hongo y "rhiza" significa raíz. Este término se utiliza para describir la asociación simbiótica entre ciertos hongos (conocidos como micobiontes) y las raíces de las plantas (llamadas fitobiontes). El concepto de "micorriza" fue acuñado por un patólogo forestal alemán llamado Frank en 1877, mientras estudiaba las raíces de árboles forestales. Su importancia fue resaltada por un botánico francés llamado Bernard al investigar las orquídeas alrededor de 1900 (Landis, 1989).

Desde un punto de vista funcional y estructural, las micorrizas son como "órganos de absorción dobles que se forman cuando los hongos simbiotes residen dentro de

los órganos de absorción saludables de las plantas terrestres, ya sean raíces, rizomas o tallos, independientemente de si estas plantas crecen en tierra, agua o como epífitas". En esta relación simbiótica, la planta proporciona al hongo carbohidratos, que son azúcares producidos mediante la fotosíntesis, y un microhábitat adecuado para que el hongo complete su ciclo de vida. A su vez, el hongo facilita a la planta una mayor absorción de agua y nutrientes minerales, especialmente fósforo, que suelen estar escasos en el suelo. Además, el hongo puede ayudar a proteger a la planta contra patógenos. Esta asociación beneficia mutuamente tanto al hongo como a la planta, lo que la convierte en un ejemplo de "mutualismo" (Landis, 1989).

Según Stanier (1984), el proceso de formación de una micorriza inicia cuando un hongo presente en el suelo comienza a invadir las raíces de la planta. Este proceso de invasión se activa debido a que la planta excreta ciertos compuestos orgánicos en el suelo. El micelio del hongo se introduce en las células de la raíz utilizando estructuras especializadas llamadas haustorios y se desarrolla en el interior de estas células. En algunos tipos de micorrizas, el hongo forma ramificaciones dentro de las células de la raíz, conocidas como arbuscúlos, mientras que, en otros casos, crea estructuras en forma de enroscamientos que son características de esta asociación.

En cuanto a las plantas anfitrionas, esta asociación micorrízica puede encontrarse en varios tipos de plantas, incluyendo gimnospermas (plantas sin flores como los pinos), angiospermas (plantas con flores), briofitas (musgos), equisetofitas y helechos (tanto en la etapa de gametofito como en esporofito). La clasificación de esta asociación depende del tipo de hongo involucrado y de cómo se integra morfológicamente con las raíces de las plantas anfitrionas. Así, se distinguen dos categorías principales: micorrizas con manto fúngico y micorrizas sin manto fúngico. Dentro de las micorrizas con manto fúngico, se han identificado tres subtipos: ectomicorrizas, micorriza arbutoide y micorriza monotropoide. Por otro lado, las micorrizas sin manto fúngico se dividen en micorriza arbuscular, micorriza ericoide y micorriza orquideoide, según sus características específicas (Landis, 1989).

2.1.5. Abonos orgánicos

La incorporación o modificación de la materia orgánica en el suelo tiene como objetivo mejorar las propiedades físicas del suelo. Además, también puede mejorar las propiedades químicas y biológicas del suelo al complementar el abonamiento mineral para aumentar la viabilidad de los nutrientes (Aliaga, 1984).

Conforme a Promeriner (2009), los abonos orgánicos tienen propiedades que tienen un impacto específico en el suelo y aumentan su fertilidad, principalmente a través de tres tipos de propiedades:

- Propiedades físicas. El abono orgánico, debido a su color oscuro, absorbe mejor las radiaciones solares y mejora la estructura y textura del suelo, haciéndolo más ligero en los suelos arcillosos y más compacto en los suelos arenosos. Dado que afecta el drenaje y la aireación, permite la permeabilidad. Cuando llueve, retiene suficiente agua en el suelo, lo que reduce el uso de agua para riego.
- Propiedades químicas. Según Peña (2012), aumenta la capacidad de intercambio catiónico del suelo, lo que se traduce en una mayor capacidad para retener y aportar nutrientes a las plantas, mejorando así su estado nutricional.
- Propiedades biológicas. Según Peña (2012), aumenta la actividad biológica del suelo al aumentar su componente biótico. aumenta la carga microbial, que es responsable de mineralizar los compuestos orgánicos y liberar nutrientes a las plantas.

Los abonos orgánicos pueden prevenir y manejar la presencia y drasticidad de las enfermedades del suelo. Su acción se basa en los siguientes puntos: aumenta la capacidad biológica del suelo para resistir los patógenos. reducir la cantidad de patógenos al competir con microorganismos no patógenos del suelo. En el proceso de mineralización del abono orgánico, aumenta el contenido de Nitrógeno amoniacal (Ciao, 1999).

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (2001), existen las siguientes ventajas: Simples de preparar, se utilizan materiales baratos (fáciles de obtener) y generalmente están disponibles en las fincas, proporcionan continuamente materia orgánica, mejoran la fertilidad del suelo, conservan la humedad y mejoran la penetración de los nutrientes, aumentan la macrofauna y la mesofauna del suelo, son beneficiosos para la salud humana y animal porque no son tóxicos y protegen el ambiente, la fauna, la flora y la fauna.

2.1.6. Los fertilizantes

Los fertilizantes, son una mezcla que se agrega al suelo para mejorar sus condiciones. La intensificación de la silvicultura se influenciada en la aplicación de fertilizantes para reducir los problemas de desarrollo a causa de deficiencias nutricionales. Esta técnica de gran valor se hizo común en la actualidad por todo el mundo (Von Marees, 1988).

La intensificación de la silvicultura se refleja en aplicar fertilizantes para disminuir los problemas de crecimiento por causa de diferencias nutricionales, técnica que se ha vuelto muy común en la actualidad en gran parte del mundo (Von Marees, 1988).

Según Toro (1995), el propósito de aplicar fertilizantes es proporcionar a las plantas los nutrientes necesarios para que crezcan adecuadamente y alcancen tasas de

crecimiento que satisfagan las necesidades de los propietarios de plantaciones. Para lograrlo, es necesario tener en cuenta las características físicas y químicas del suelo, la dosis y la fecha de aplicación de los nutrientes, las características de la especie y el clima local predominante en un lugar específico. Esto permite utilizar la combinación ideal de suelo, planta y clima. Los fertilizantes son inorgánicos y orgánicos. Con frecuencia, el abono orgánico sirve como base para el uso efectivo de fertilizantes minerales, ya sean orgánicos o inorgánicos.

El Sistema Integrado de Nutrición de las Plantas, también conocido como (SINP), proporciona condiciones ambientales ideales para el cultivo porque el abono orgánico/materia orgánica mejora las propiedades del suelo y el suministro de fertilizantes minerales proporciona los nutrientes que las plantas necesitan para su crecimiento y desarrollo.

2.1.7. Fertilizantes orgánicos

Se trata de materiales orgánicos, ya sean naturales o procesados. Las fuentes de nutrientes que contienen menos del 5% de al menos uno de los tres elementos principales a menudo se denominan fertilizantes orgánicos. La definición legal varía según los países.

El uso de materiales orgánicos puede mejorar la cantidad de materia orgánica presente en el suelo, lo que aumentará la capacidad de retención de agua, el intercambio catiónico y las condiciones físicas del suelo (FAO, 1999).

Según Gandarilla (1988), dado que mejoran las condiciones físico-químicas y biológicas del suelo, su capacidad de absorber oxígeno y su balance de humedad, los fertilizantes orgánicos son cruciales para los cultivos.

En muchos casos, su uso es limitado debido a la falta de información en las instituciones, quienes pagan precios altos por los fertilizantes. Los fertilizantes orgánicos son una opción viable y económica para reducir gradualmente la dependencia de los abonos sintéticos.

Sendra (1996) ha investigado cómo los fertilizantes orgánicos afectan las principales propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, incluida la disponibilidad de nutrientes, la conductividad eléctrica, el pH, la capacidad de intercambio aniónico y catiónico; actúa como un amortiguador, regulando la disponibilidad de nutrientes según las necesidades de la planta; y aumenta la capacidad de intercambio aniónico y catiónico.

2.2. Estado del arte

Romero (2023) en un estudio respecto al uso de sustratos orgánicos y micorrizas en la producción de *Pinus radiata* en bandejas bajo condiciones del vivero en San Jerónimo, Cusco, Perú, determinó que, a 150 días de repicado, mejores valores de altura total, diámetro

del tallo, dimensión de la raíz, cantidad de raíces secundarios y la tasa de prendimiento registraron los plántones repicados en el sustrato humus de lombriz más tierra micorrizada, que a manera general se tradujo en individuos con calidad media.

Paz *et al.* (2023) investigando acerca de la calidad de plántones de *Pinus patula* y *Pinus oaxacana* producidos con fertilización en Oaxaca, México, luego de nueve meses en el vivero registraron que, utilizar dosis alta de fertilizante y la fertilización tradicional del vivero en ambas especies, los plántones fueron de calidad media y alta; mientras que, al plantarse en terreno definitivo y transcurrir 12 meses se observó 47% de supervivencia, siendo las variables más relacionadas al riesgo de mortalidad la exposición, fertilización, diámetro y crecimiento potencial de la raíz.

Mendo (2023) una investigación respecto a la calidad de los plántones de *P. tecunumanii* mediante el uso de espumas fenólicas y la aplicación de diferentes cantidades de fertilizante, en Oxapampa, Perú, determinó que, los plántones sin fertilización (T₁, T₅, T₉) presentaron mayor supervivencia pero su calidad fue baja según el índice de Dickson; además hubo significancia del efecto de la fertilización en la altura del plánton, aunque las dosis empleadas no tuvieron un efecto beneficioso en comparación con los grupos de control sin fertilización. Concluyó que, tanto la cantidad de fertilizante como el tamaño de las espumas fenólicas influyen en la altura de los plántones, la raíz, su supervivencia y su estado fitosanitario.

Rodríguez-Carrillo y Santillana (2021) en una investigación respecto a la calidad morfológica y biológica de plantas de *Pinus radiata* que fueron sometidas a las micorrizas *Scleroderma verrucosum* y *Rhizopogon luteolus*, en Ayacucho, Perú, observaron que, a los 7,5 meses después del repique, los plántones con las micorrizas mezcladas sobresalieron en la altura total, la biomasa radicular y la biomasa total; respecto a la calidad biológica hubo más micorrizas en los inoculados. Concluyó que, emplear de manera individual y mezclada los hongos ectomicorrízicos silvestres incrementan la calidad biológica y morfológica de los plántones de *P. radiata*.

Salcido-Ruiz *et al.* (2021) en un estudio sobre el crecimiento de plántones de *Pinus greggii* con inoculación micorrícica y fertilización de liberación controlada en México, observaron a 11 meses de sembrado que, el uso del fertilizante de liberación controlada, así como la inoculación con productos comerciales generó plántones de calidad.

Rodríguez-Ortiz *et al.* (2020) en una investigación sobre la calidad de la progenie de 34 árboles de *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* en el sur de México, reportaron a los siete meses de edad que, los plántones procedentes de semilla de árboles selectos de Ixtepeji y

Jaltianguis fueron de alta calidad muy por el contrario de los de Yolox y Teococuilco que fueron de calidad media, esta variación posiblemente es debido a la calidad genética que heredaron de sus progenitores.

Pineda *et al.* (2020) investigando sobre la calidad de plántones de seis especies de pino en el Estado de México, reportaron que, las especies estudiadas a excepción de *Pinus ayacahuite*, tuvieron calidad alta; la altura total sobresalió en *P. greggii* y *P. leiophylla* tuvieron la mejor calidad; el índice de esbeltez fue de alta calidad en todos los taxones, menos en *P. greggii*. Juntado la totalidad de indicadores morfológicos en conjunto, las especies *P. cembroides* y *P. greggii* presentaron mayor calidad.

López (2020) una investigación respecto al impacto de los fertilizantes foliares (FF) Quimifol P680 Plus y el Quimifol N510 Plus, junto al bioestimulante Agrostemin GL utilizadas en *P. tecunumanii*, en Oxapampa, Perú, encontró que, los tratamientos que involucraron la aplicación del FF con fósforo y el uso del bioestimulante, en particular el T₆ (F₂+S₂), resultaron en plántones con mayores atributos morfológicos como la altura y el diámetro de los plántones así como índices de calidad, tales como el índice de robustez, la relación entre la biomasa seca aérea y radicular, y el índice de Dickson en comparación con los demás tratamientos.

Huaraca (2020) investigando acerca la calidad de los plántones de *P. tecunumanii* obtenidas de fuentes de semillas locales "Procedencia 1" y semillas importadas "Procedencia 2", en Oxapampa, Perú, observó que, a las 22 semanas los plántones de la Procedencia 2 presentaron mayor promedio en cuanto a la altura, pero ambas procedencias fueron de calidad alta; en cuanto al diámetro a la altura del cuello y la robustez, la Procedencia 1 obtuvo una calidad media y la Procedencia 2 registró una calidad baja; mayores promedios en la relación biomasa húmeda y la biomasa seca se registró en la Procedencia 1; el índice de calidad de Dickson para ambas procedencias fue de calidad baja. Además, en fase de vivero, los plántones de la Procedencia 1 exhibieron atributos morfológicos e indicadores de calidad superiores.

Blanco y Centeno (2020) en una investigación sobre calidad de los plántones de *P. tecunumanii* utilizando cuatro tipos de sustratos y tres tipos de envases diferentes, en el distrito de Paucartambo, Perú, determinaron que, tanto el sustrato como el tipo de envase empleado influyen en la calidad de los plántones de *P. tecunumanii*.

Luque (2019) en una investigación sobre el uso de sustratos y fertilizantes orgánicos en la germinación y crecimiento inicial del *P. tecunumanii*, en la provincia de Leoncio Prado, Perú, observó que, la germinación comenzó después de 9 días desde la siembra, alcanzando una tasa de germinación del 74,75%, con una energía germinativa del 68,5%. La

longitud de la parte aérea y radicular, la producción de biomasa, no fueron afectadas por el sustrato, pero al considerar los tipos de fertilizantes orgánicos, los plantones tratados con estos abonos presentaban valores promedio más altos en la longitud total de los plantones, la longitud de las raíces y la biomasa. Es posible producir plantones con mayor calidad usando 2 g de fertilizantes orgánicos dos meses después del trasplante de *P. tecunumanii* en viveros.

Terán (2018) una investigación acerca el uso de fertilizantes de liberación controlada (FLC) Basacote Plus 6M y Plantacote Plus 6M en *P. tecunumanii* durante su período de crecimiento en el vivero, en Oxapampa, Perú, identificó que, la aplicación del FLC Plantacote en plantones contenidos en tubetes, utilizando la dosis más baja (T₄), y en plantones contenidos en bolsas, utilizando la dosis intermedia (T₁₂), resultaron en la producción de plantones de calidad adecuada respaldada por la altura, el diámetro del cuello del plantón, índice de robustez, la Relación entre la biomasa seca de la parte aérea y la biomasa seca de las raíces, y el índice de Dickson.

Juan De Dios (2015) investigando acerca de los efectos de los sustratos comerciales Sunshine PreMix #8, MecPlant 1C, MecPlant 3C y sus mezclas entre sí utilizados en los plantones de *Pinus oocarpa* y *P. tecunumanii* en Chanchamayo, región Junín, Perú, determinó que, en un período de 140 días, el uso de la mezcla Sunshine PreMix #8 x MecPlant 3C (T₅) produjo mejores resultados en la germinación, altura y diámetro para las especies de *P. oocarpa* y *P. tecunumanii*.

Cárdenas (2013) una investigación acerca de nuevas técnicas de producción de plantones con hidrogel en el crecimiento de *Guazuma crinita*, *Pinus tecunumanii* y *Cedrela fissilis* en el distrito de Pichanaqui, Perú, registró luego de cuatro meses que *C. fissilis* tratadas entre 2 y 4 g por plantón obtuvo incremento significativo para variables altura, diámetro, peso seco y cantidad de hojas. Para *G. crinita* las dosis con 4 y 6 g de hidrogel/plantón sobresalieron en las variables de altura, diámetro, peso seco, cantidad de hojas y supervivencia; teniendo como valores inferiores al testigo en el tratamiento con dosis entre 8 y 10 g que reportó valor bajo. Por último, el *P. tecunumanii* no logró prosperar en supervivencia por ser suelos muy húmedos.

Hernandez *et al.* (2002) en una investigación respecto al crecimiento del árbol representativo de *Pinus patula* var. *longipedunculata*, *Pinus pseudostrobus* y *Pinus ayacahuite* en Ixtlán, Oaxaca, México, registraron que, los modelos de crecimiento con mejor ajuste fueron de Schumacher, monomolecular, logístico y weibull. Mayor crecimiento se observó en *P. patula* var. *longipedunculata*, seguido de *P. pseudostrobus* y *P. ayacahuite*. Las especies estudiadas presentaron crecimientos ascendentes debido principalmente a su etapa juvenil.

Olivares (1995) en un estudio acerca de la fertilización en plántones de *Pinus pseudostrobus*, en Chapingo, México, observó que, los tratamientos con 150-150 kg/ha de nitrógeno y 300-300 kg/ha de fósforo, respectivamente, dieron mejores valores del diámetro del cuello, la altura, el fresco de la parte aérea, el peso fresco de la radicular, el peso seco de la parte aérea, el peso seco de la parte radicular, la biomasa del plánton y la relación parte aérea/parte radicular. Además, la interacción entre estos componentes conduce a una mejor respuesta al crecimiento.

Bonilla (1992) en una investigación respecto a la fertilización de plántones de *Pinus rudis* en dosis de 100 g de urea por 100 litros de agua, 2 kg de superfosfato de calcio simple por metro cúbico de sustrato y 10 g de sulfato de potasio pendiente por 100 litros de agua, en Chapingo, México, obtuvo que, los plántones mostraron un buen crecimiento en altura y un peso seco de la raíz.

Durante los años 1980 y 1982 en Perú, con el respaldo de la GTZ (Gobierno Alemán), se llevaron a cabo experimentos con varios pinos, incluyendo eucaliptus y cupresus (Bockor, 1986), y se obtuvieron resultados positivos con el *Pinus tecunumanii* (Palomino *et al.*, 1991). Por esta razón, FONDEBOSQUE estuvo promoviendo la reforestación con esta especie originaria de Nicaragua. No se han realizado estudios en la región sobre las necesidades nutricionales del pino.

García en (1990) investigando sobre el uso de sustratos y fertilizante Triple 17 en plántones de *Pinus greggii* en dosis de 1 gramo/plánton, en Chapingo, México, determinó que, la fertilización afecta al diámetro, altura, biomasa aérea, número de raíces secundarias, número de ramas, longitud de ramas y relación parte aérea/raíz, mientras que, la biomasa radicular, volumen de raíces, volumen aéreas y longitud de raíces principales no fueron afectadas.

Gallegos (1989) en una investigación sobre el impacto del sustrato y dosis de fertilización en los plántones de *Pinus cembroides* en México, obtuvo que, aplicar urea y superfosfato impacta de manera significativa en el crecimiento del diámetro, altura y la cantidad de ramas, sin embargo, no impacta en el número de raíces secundarias, el volumen aéreo fresco, el peso seco aéreo, peso seco radicular y la relación peso seco aéreo/raíz.

García (1985) en un experimento respecto de la aplicación de urea y superfosfato de calcio triple en los plántones de *Pinus douglasiana* para evaluar la respuesta, en México, reportó que los plántones fertilizadas solo con urea mostraron un crecimiento lento en altura y peso seco, mientras que los plántones que recibieron superfosfato por separado y también ambos fertilizantes crecieron más rápido; además, en dosis altas de urea se generan quemaduras en las acículas y la muerte de los plántones.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se llevó a cabo en un vivero temporal situado en el Caserío San Isidro.

3.1.1. Ubicación geográfica

Los vértices del vivero forestal (**Tabla 3**) donde se realizó la presente investigación se ubican demarcadas por cinco coordenadas:

Tabla 3. Coordenadas de los vértices del vivero en el caserío San Isidro.

Vértice	Este	Norte
1	407 458	8 980 676
2	407 461	8 980 670
3	407 461	8 980 659
4	407 449	8 980 657
5	407 440	8 980 672

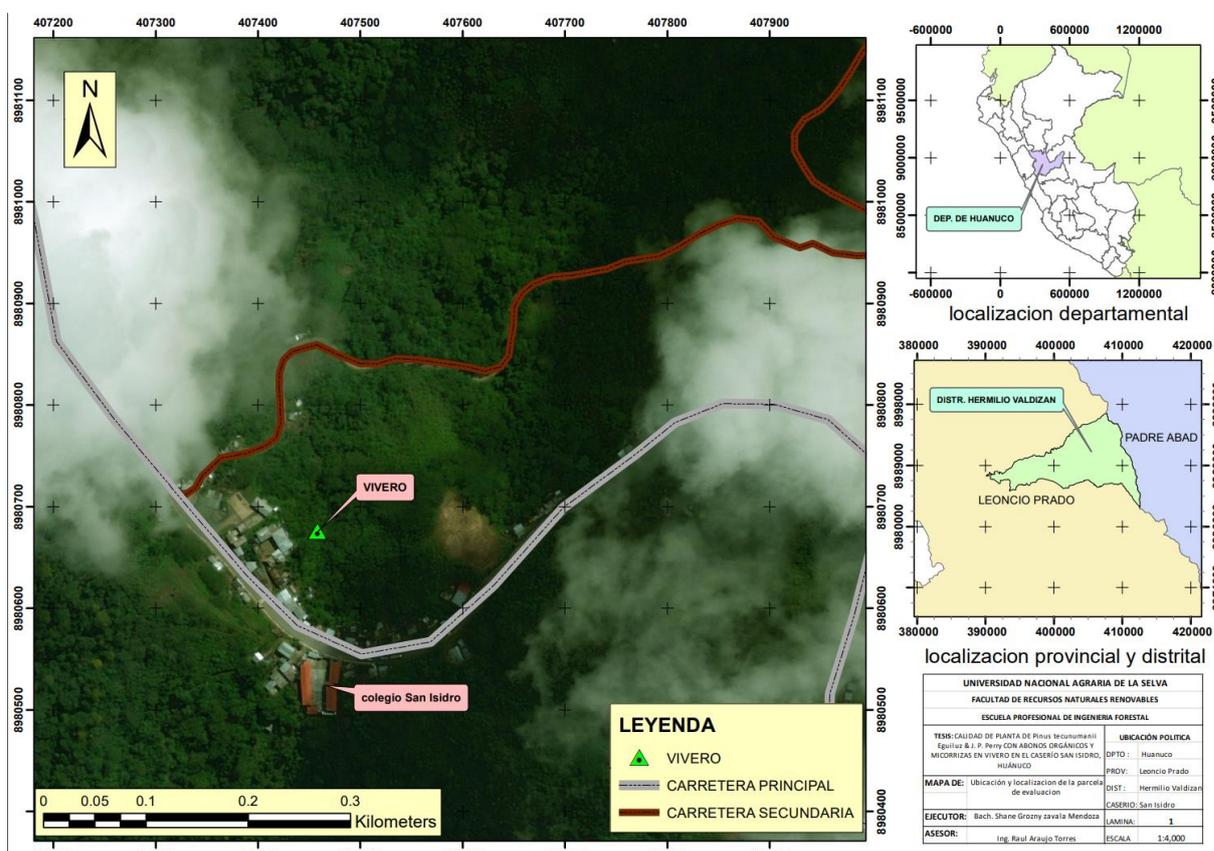


Figura 1. Ubicación del vivero en el distrito Hermilio Valdizan.

3.1.2. Ubicación política

El caserío San Isidro está situado políticamente en el distrito de Hermilio Valdizan, el cual forma parte de la provincia de Leoncio Prado, en la región de Huánuco (**Figura 1**).

3.1.3. Altitud

El vivero del Caserío San Isidro está ubicado a 1250 msnm.

3.1.4. Características climáticas

Basándose en los informes proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2023) a través de la estación La Divisoria, ubicada en el departamento de Huánuco, provincia de Leoncio Prado, en el distrito de Hermilio Valdizan, con coordenadas geográficas de latitud 9°12'3,27" y longitud 75°48'50,15", con una altitud de 1 672 metros sobre el nivel del mar (msnm), se ha registrado una precipitación acumulada de 3 372,10 mm. Las épocas de mayor precipitación abarcan desde noviembre hasta abril, asimismo el tiempo con menor precipitación son de junio a septiembre. En cuanto a la temperatura mensual promedio, se observan ligeras variaciones, siendo la más baja en julio, con un valor de 18,06 °C, y el mes más cálido es agosto, con una media de 18,87 °C. La temperatura promedio anual registrada es de 18,52 °C. En lo que respecta a la humedad relativa, se mantiene en promedio alrededor del 91,17% a lo largo del año (**Tabla 4**).

Tabla 4. Parámetros climáticos correspondientes al año 2019.

Meses	T° Max	T° Min	T° Media	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)
Enero	21,77	15,05	18,41	91,06	489,20
Febrero	21,78	14,81	18,30	90,69	309,50
Marzo	21,99	14,99	18,49	91,05	456,70
Abril	22,43	15,08	18,75	89,68	341,20
Mayo	22,22	14,69	18,45	91,21	179,40
Junio	22,69	14,61	18,65	89,93	70,70
Julio	21,98	14,15	18,06	91,88	99,30
Agosto	23,21	14,54	18,87	92,37	85,10
Setiembre	22,78	14,73	18,63	91,52	120,40
Octubre	22,04	14,86	18,45	92,32	207,80
Noviembre	22,53	15,10	18,81	90,76	308,80
Diciembre	21,64	15,01	18,32	91,50	704,00

Según la clasificación de las zonas de vida y el diagrama bioclimático de Holdridge (1987) el distrito de Hermilio Valdizan se ubicada en la formación vegetal de bosque muy húmedo Pre montano Tropical (bmh - PT). En función a los departamentos naturales de Perú, Pulgar (1938) manifiesta que Leoncio Prado se encuentra en la Selva Alta o Rupa Rupa.

3.2. Material y métodos

3.2.1. Materiales y equipos

Se utilizaron 20 g de semillas de *P. tecunumanii* adquiridas a través de la empresa SEMIFOR EIRL, dicho negocio manifestó que las semillas procedieron de Costa Rica y contaban con su respectiva certificación (consultar **Figura 12** en el Anexo).

En el campo, se emplearon bolsas de polietileno de 4" x 8", carretilla, pala, zaranda, fumigadora, regadera, baldes, tetera, plástico transparente, vernier y regla milimetrada. Además, se utilizaron equipos como el GPS, una cámara fotográfica y una laptop. En el laboratorio, se hizo uso de la estufa, la balanza analítica y una conservadora, así como bolsas de papel y una navaja para seccionar los plantones.

Entre los insumos utilizados se incluyeron micorrizas, abono orgánico como guano de isla, gallinaza y estiércol de cuy. Para el sustrato, se empleó una mezcla de arena, aserrín descompuesto y tierra negra. También se aplicó un fungicida agrícola (Parachupadera740 PM - polvo mojable -WP) al 5% como medida preventiva contra los hongos.

3.2.2. Metodología

3.2.2.1. Determinación de los indicadores del parámetro morfológico y fisiológico de los plantones de *P. tecunumanii* (pino rojo) empleando abonos orgánicos y micorriza en San Isidro, Huánuco, Perú

Se usó la táctica modificada de Reyes (2020) para el diseño de las dosis de micorrizas y el de Luque (2019) para el diseño de los abonos orgánicos siendo los niveles siguientes para cada factor en estudio:

- Dosis de micorrizas (factor A): Las proporciones o niveles de las micorrizas se adecuaron a la metodología modificada de Reyes (2020):
 - ✓ a₁ = Testigo = Plantón sin micorriza
 - ✓ a₂ = Micorriza 1 = Inoculación/plantón con 3 ml de micorriza
 - ✓ a₃ = Micorriza 2 = Inoculación/ plantón con 6 ml de micorriza

- Tipos de abonos orgánicos (factor B): Similarmente para los abonos se escogió como referencia a la metodología modificada de Luque (2019):

- ✓ b_1 = Testigo = Sin abono
- ✓ b_2 = Abono 1 = Guano de isla 20 g/plantón
- ✓ b_3 = Abono 2 = Estiércol de cuy 20 g/ plantón
- ✓ b_4 = Abono 3 = Gallinaza 20 g/ plantón

Los tratamientos o combinaciones que se generaron al combinar las dosis de micorrizas (a_1, a_2, a_3) y los abonos orgánicos (b_1, b_2, b_3, b_4), haciendo un total de 12 tratamientos (**Tabla 5**).

Tabla 5. Descripción de los tratamientos en estudio.

Cód.	Combinación	Descripción
T ₁	a_1b_1	Plantón de pino sin micorriza y sin abono orgánico
T ₂	a_1b_2	Plantón de pino sin micorriza y 20 g de guano de isla
T ₃	a_1b_3	Plantón de pino sin micorriza y 20 g de estiércol de cuy
T ₄	a_1b_4	Plantón de pino sin micorriza y 20 g de gallinaza
T ₅	a_2b_1	Plantón de pino con 3 ml de micorrizas y sin abono orgánico
T ₆	a_2b_2	Plantón de pino con 3 ml de micorrizas y 20 g de guano de isla
T ₇	a_2b_3	Plantón de pino con 3 ml de micorrizas y 20 g de estiércol de cuy
T ₈	a_2b_4	Plantón de pino en 3 ml de micorrizas y 20 g de gallinaza
T ₉	a_3b_1	Plantón de pino con 6 ml de micorrizas y sin abono orgánico
T ₁₀	a_3b_2	Plantón de pino con 6 ml de micorrizas y 20 g de guano de isla
T ₁₁	a_3b_3	Plantón de pino con 6 ml de micorrizas y 20 g de estiércol de cuy
T ₁₂	a_3b_4	Plantón de pino en 6 ml de micorrizas y 20 g de gallinaza

Cód.: Código de los tratamientos y/o combinaciones.

Una vez definido los tratamientos se consideró elegir un área con iluminación adecuada en el Vivero del Caserío San Isidro, con buena circulación de aire y libre de maleza, así como la verificación del buen estado de las herramientas que se utilizó. Seguidamente, se adquirió las semillas mediante la compra directa de la empresa SEMIFOR EIRL que ofertó semillas procedentes de Costa Rica las mismas que fueron certificadas mediante el análisis de muestras de las semillas por el Laboratorio de Certificación de Semillas de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (**Figura 12** del Anexo).

La preparación del sustrato involucró dos formulaciones diferentes. La primera se destinó a la germinación y consistió en el uso exclusivo de arena esterilizada con agua a 100 °C. Por otro lado, para la producción de plantones, se emplearon tierra negra, arena y aserrín en una proporción de 3:2:1, lo que equivale a un 50%, 33,33% y 16,67%, los componentes fueron volumen de 12 baldes de tierra negra, 8 baldes de aserrín descompuesto y 4 baldes de arena, luego se procedió a pasar por una zaranda para eliminar raíces, piedras y otros materiales no deseados, obteniendo así un sustrato fino y uniforme, y para desinfectarlo se aplicaron 4 cucharadas de fungicida para chupadera que fue mezclada con el sustrato.

La siembra de semillas comenzó bajo un sistema lineal en una cama de germinación de 1 x 3m y de profundidad de 20 cm. Posteriormente, se aplicó una fina capa de arena para cubrir las semillas, lo que permitió una adecuada oxigenación. Luego, se procedió a humedecer cuidadosamente el sustrato y se esperó durante un período de 11 días a 17 días que emerjan (etapa fosforito) para observar la germinación (**Figura 2**).

El llenado de las bolsas se llevó a cabo usando bolsas de polietileno de color negro con dimensiones de 4" x 8". El sustrato se mezcló con la dosis establecida de abono orgánico (20g según tratamiento). El acomodo de las bolsas con sustrato estuvo basado en un Diseño Completo al Azar (DCA) con arreglo combinatorio bifactorial 3 x 4 (**Figura 14** del Anexo). Las características del experimento fueron: número de plántulas / unidad experimental (20), total de plántulas del ensayo (960).

La actividad de repicado se realizó después de que las plántulas desarrollaron las primeras hojas. En este momento, se seleccionaron las plántulas de pino más vigorosas y saludables. Estas se recolectaron y se sumergieron en agua para prevenir la pérdida de humedad. Asimismo, utilizando un repicador, se hizo un agujero en el sustrato de la bolsa, se colocó con cuidado la plántula y se cerró el agujero presionando uniformemente el sustrato. Luego se preparó las micorrizas que fueron activadas en tres días de su preparación de 13,5 g en 720 ml de agua, para esto se utilizó una jeringa desechable.

A lo largo del proceso, se llevaron a cabo diversas labores de manejo de los plantones, incluyendo riego constante y eliminación de malezas. Además, se realizaron evaluaciones periódicas cada 15 días, con excepción de la biomasa y la longitud de las raíces, que se evaluaron al finalizar la investigación. Estas evaluaciones se llevaron a cabo durante un período de 4 meses. También se realizó una observación y control regular para detectar la presencia de plagas, enfermedades que pudieran afectar los resultados del estudio.



Siembra de semillas



Plántulas de pino



Tinglado del vivero



Sustrato para embolsado



Repique de plántulas



Codificación

Figura 2. Proceso de almacenado hasta la distribución de los tratamientos.



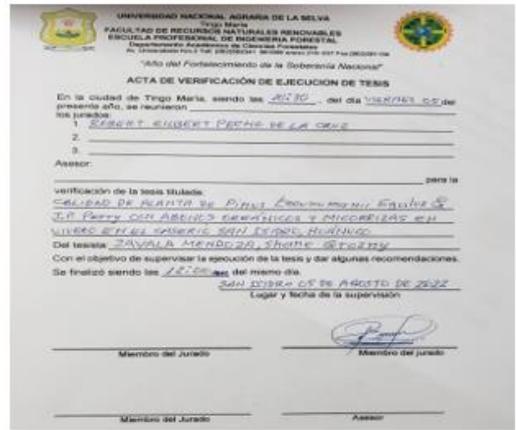
Micorrizas



Aplicación de micorrizas



Verificación de la tesis



Acta de verificación



Medición del diámetro



Medición de la altura

Figura 3. Proceso de almacigado hasta la distribución de los tratamientos.

Para estimar los índices morfológicos, se seleccionaron muestras de manera aleatoria correspondientes al 30% de cada tratamiento, las mismas que se trasladaron

al Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal. Estas muestras se extrajeron de las bolsas de polietileno sacudiéndolas y utilizando agua para eliminar el exceso de tierra. Luego, se eliminó el exceso de humedad y se empaquetaron individualmente en bolsas de papel kraft, las cuales se etiquetaron de acuerdo a los tratamientos y repeticiones correspondientes. Se evaluaron diversas características morfológicas de los plantones, incluyendo la longitud de la parte aérea, la longitud radicular, el diámetro y la producción de peso tanto en estado húmedo como en estado seco (biomasa).

- **Altura (H):** Se seleccionó aleatoriamente el 30% de los plantones de cada repetición, y se midió su longitud desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la última hoja utilizando una regla.
- **Medición del diámetro basal:** Se eligió al azar el 30% de los plantones de cada repetición, y con la ayuda de un vernier mecánico se midió el diámetro en la base de la raíz.
- **Longitud de raíz:** Se midió la longitud de la raíz en centímetros en el 10% de los plantones por repetición seleccionados aleatoriamente, considerando la distancia desde el cuello de la raíz hasta la cofia (**Figura 4**).
- **Biomasa o peso seco:** Se utilizaron los mismos plantones que se emplearon para medir la longitud de la parte aérea y la longitud de la raíz. Estos plantones se colocaron en una estufa a 80 °C durante 72 horas. Al finalizar este período, se determinó el peso seco en gramos utilizando una balanza de precisión.
- **Índice de robustez (IR).** Se determinó en función a la altura y el diámetro medido en la etapa de vivero, siendo la fórmula la siguiente:

$$IR = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro altura del cuello (mm)}}$$

- **Relación altura: longitud de la raíz (RA:LR).** Se realizó la división entre la parte aérea y el sistema radical de los plantones.
- **Relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz (R BSA/BSR).** Se calculó con la fórmula:

$$R \text{ BSA/BSR} = \frac{\text{Biomasa seca aerea (g)}}{\text{Biomasa seca raíz (g)}}$$

- **Índice de calidad de Dickson.** Se calculó con la fórmula:

$$\text{Índice de calidad Dickson (ICD)} = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Long. aerea (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Biomasa seca aerea (g)}}{\text{Biomasa seca raiz (g)}}$$



Medición de la raíz



Peso fresco



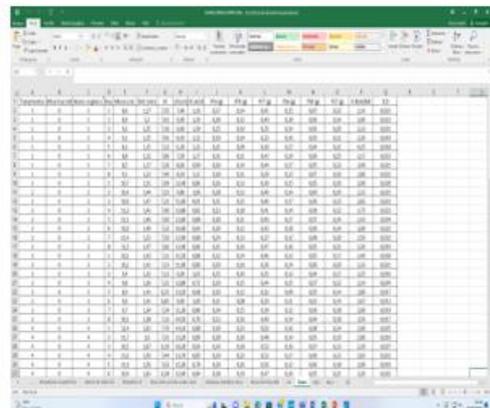
Muestras dentro de la estufa



Secado en estufa



Peso de la biomasa



Digitalización de los datos

Figura 4. Proceso en el laboratorio y digitalización de datos.

Una vez obtenido los datos de los parámetros morfológicos, se procedió a realizar el análisis respectivo de los datos y en caso de verificar la hipótesis se optó por un modelo matemático que juntó los efectos de los factores en estudio, así como la interacción de los mismos, siendo de la forma:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_k + E_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} = Variable morfológica.
- μ = Promedio general.
- α_i = Efecto de la micorriza.
- β_j = Efecto del abono orgánico.
- $(\alpha\beta)$ = Efecto de la interacción entre el nivel de micorriza y el tipo de abono.
- E_{ijk} = Error del experimento.

La prueba estadística que contrastó la hipótesis fue el análisis de varianza (ANVA) a un nivel de $\alpha = 0,05$ y posteriormente en el caso de encontrar significancia estadística se realizó la comparación de medias con el Test post hot de Tukey también a un nivel de $\alpha = 0,05$ (**Tabla 6**).

Tabla 6. Análisis de varianza (ANVA) de la investigación.

FV	GL	SC	CM	Fc
Micorrizas (A)	a-1	SC _A	SC _A / a-1	CM _A /CM _E
Abonos (B)	b-1	SC _B	SC _B / b-1	CM _B /CM _E
Interacción (A*B)	(a-1)(b-1)	SC _{AB}	SC _{AB} /(a-1)(b-1)	CM _{AB} /CM _E
Error del experimento	ab(p-1) -p+1	SC _E	SC _E / GL _E	
Total	abp - 1	SC _{Total}		

A y B: factores

Además, debido a que en la mayoría de los indicadores perteneciente al parámetro morfológico presentaron interacción estadística, se optó por realizar en análisis de los efectos simples tanto del factor A en B y también del factor B en A con la finalidad de encontrar la mejor combinación que sobresalió en las características morfológicas evaluadas.

Ya obtenido la información de los parámetros morfológicos, se escogieron a tres plantones pertenecientes al T₁₂, T₁₀ y T₈ debido a la superioridad de valores morfológicos, siendo trasladados al Laboratorio de Suelos, Aguas y Ecotoxicología de la

Facultad de Agronomía, para su análisis en cuanto a las variables fisiológicas: cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio (**Figura 13** del Anexo).

3.2.2.2. Determinación y comparación de la calidad de plantones de *P. tecunumanii* (pino rojo) empleando abonos orgánicos y micorriza en San Isidro, Huánuco, Perú

Para determinar criterios de evaluación de calidad de los plantones, a cada parámetro morfológico evaluado se le definió un rango y se le determinó un nivel de calidad (**Tabla 7**).

Tabla 7. Valores determinados para calificar la calidad del plantón de *P. tecunumanii*.

Características	Variable	Calidad y Rango		
		Alta	Media	Baja
Morfológica	Altura (cm)	≥ 12	10,0-11,9	$< 10,0$
	Diámetro basal (mm)	$\geq 4,0$	2,5-3,9	$< 2,5$
	Relación Long. aérea /Diámetro	$< 6,0$	6,1-8,0	$> 8,0$
	Relación Altura: Longitud de raíz	≤ 2	2,1-2,5	$> 2,5$
	Relación Biomasa seca aérea/ Biomasa seca raíz	1,5-2,0	2,1-2,5	$> 2,5$
	Índice de Calidad de Dickson	$\geq 0,50$	0,49-0,20	$< 0,20$
Fisiológica	Nitrógeno (%)*	1,3-3,5	1,1-1,29	$< 1,1$
	Fósforo (%)*	0,20-0,60	0,19-0,10	$< 0,10$
	Potasio (%)*	0,70-2,50	0,50-0,69	$< 0,50$

Fuente: Sáenz *et al.* (2010).

Se determinó su calidad reclasificándolas de acuerdo a lo expresado por Sáenz *et al.* (2010) siendo estos:

- Calidad Alta: Plantón con ausencia absoluta de características indeseables; es decir, que las variables se calificaron en calidad alta (A), aunque se puede aceptar hasta dos valores con calidad media (M), pero en ningún caso valores de calidad baja (B).
- Calidad media: Se aceptaron hasta tres valores de calidad media (M) y una variable con calificación de calidad baja (B).
- Calidad Baja: Plantones que presentan dos o más valores de calidad baja (B).

La comparación se realizó en base a la calificación final obtenida por cada tratamiento, siendo una comparación meramente cualitativa y las unidades fueron valores de A y B referente al nivel de calidad obtenida por los plántulas de *P. tecunumanii*.

3.2.2.3. Tipo de investigación

Es de tipo básica (Ñaupás *et al.*, 2014), debido a que el resultado obtenido servirá de base para desarrollar la investigación tecnológica o aplicada.

3.2.2.4. Diseño de la investigación

En base a lo considerado por Hernández *et al.* (2014), la investigación presenta un diseño experimental de tipo experimento puro, porque presenta una manipulación intencional de las variables independientes como el abono orgánico y la micorriza, se realizó la medición de la variable dependiente, se estableció más de dos tratamientos de comparación y las plántulas a las que se les asignó el tratamiento fueron escogidos de manera aleatoria.

3.2.2.5. Variables

Entre las variables independientes se consideró a la dosis de micorriza y al tipo de abono orgánico.

Respecto a la variable dependiente se consideró a la calidad de los plántulas abarcando los parámetros morfológicos y fisiológicos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de los principales parámetros morfológicos y fisiológicos de los plantones de *P. tecunumanii* (pino rojo) empleando abonos orgánicos y micorriza en San Isidro, Huánuco, Perú

4.1.1. Parámetros morfológicos

4.1.1.1. Altura de *P. tecunumanii*

A los 15 días de haberse repicado los plantones presentaban similar altura total, a partir de los 30 días se inició diferenciándose los individuos que predominaban en longitud, siendo cinco los tratamientos predominados por el T₁₂, mientras que hubo dos tratamientos que registraron menores dimensiones como son el T₁ y el T₃, diferenciación que perduró hasta los 120 días posteriores al repique (**Figura 5**).

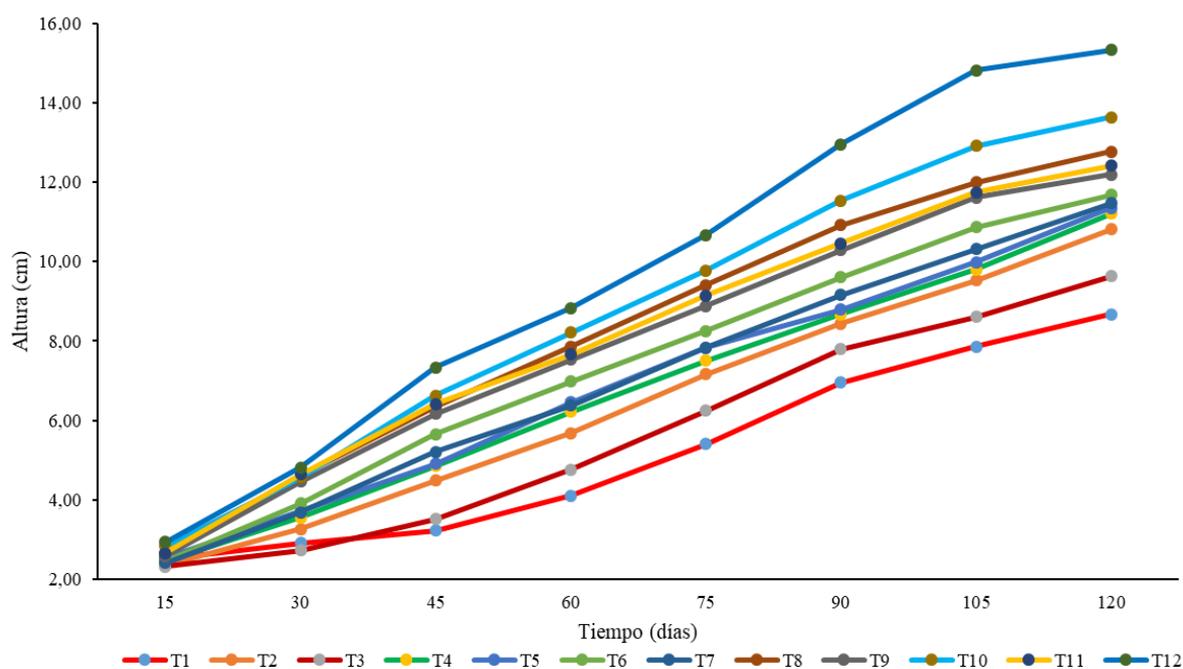


Figura 5. Comportamiento de la altura total en plantones de *P. tecunumanii*.

Del análisis de la varianza realizado con los datos de la altura total de los plantones de *P. tecunumanii* se determinó alta significancia estadística en el uso de diferentes dosis de micorrizas, en el caso de los abonos orgánicos utilizados se registró diferencias altamente significativas; además, se encontró significancia estadística entre los niveles de los dos factores en estudio con lo cual el análisis se enfocó en los efectos simples de las combinaciones. El coeficiente de variación registrada respecto a los datos obtenidos para la altura total fue muy homogéneo (**Tabla 8**).

Tabla 8. ANVA para la altura total en plántones de *P. tecunumanii* por efecto de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Dosis de micorrizas	256,901	2	128,451	207,134	<0,001**
Abonos orgánicos	111,194	3	37,065	59,769	<0,001**
Dosis de micorriza * Abonos orgánicos	20,440	6	3,407	5,493	<0,001**
Error experimental	52,091	84	0,620		
Total	440,627	95			

** : Alta significancia estadística; CV: 6,41%.

En los análisis de las varianzas ejecutadas para determinar los efectos simples, se registró significancia estadística al 99% de los niveles del factor A en B y también de los niveles del factor B sobre A (**Tabla 9**).

Tabla 9. ANVA resumido para la altura total en plántones de *P. tecunumanii* por efectos simples de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Sin micorrizas (a_1) vs Abonos orgánicos (B)	36,596	3	12,199	48,569	<0,001**
3 ml de micorrizas (a_2) vs Abonos orgánicos (B)	12,493	3	4,164	9,912	<0,001**
6 ml de micorrizas (a_3) vs Abonos orgánicos (B)	82,545	3	27,515	23,139	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs sin abono orgánico (b_1)	63,771	2	31,885	138,274	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs Guano de islas (b_2)	58,251	2	29,125	38,644	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs Estiércol cuy (b_3)	46,893	2	23,446	56,440	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs Gallinaza (b_4)	108,428	2	54,214	50,159	<0,001**

** : Alta significancia estadística.

En la comparación de medias de cada nivel del factor A sobre el factor B, al no utilizar micorriza alguna en los plántones, los niveles del factor B presentan efectos significativos siendo mayores las dimensiones de la altura total al utilizar guano de islas y gallinaza. En el caso de que se utilice 3 ml de micorrizas en los plántones, se registró diferencias estadísticas en los niveles del factor B, donde el mayor promedio fue registrado al emplear la gallinaza; en el caso de que se aplique 6 ml de micorriza a todos los plántones, se registra significancia en los niveles del factor B, siendo mejor el promedio al utilizar la gallinaza (**Tabla 10 y Figura 6**).

Tabla 10. Comparación de medias de la altura total en plantones de *P. tecunumanii* por efectos simples de los niveles de micorrizas sobre los abonos orgánicos.

Niveles de los factores	Micorrizas (0 ml)	Micorrizas (3 ml)	Micorrizas (6 ml)
Sin abono	8,81 ^c	11,88 ^b	12,56 ^c
Guano de isla	10,99 ^a	12,25 ^b	14,74 ^b
Estiércol de cuy	9,73 ^b	11,85 ^b	13,11 ^c
Gallinaza	11,55 ^a	13,39 ^a	16,69 ^a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

En la comparación de medias de cada nivel del factor B sobre el factor A, al no utilizar abono orgánico alguno en los plantones, los niveles del factor A presentan efectos significativos mostrando mayores las dimensiones de la altura total al utilizar 6 ml de micorrizas. En el caso de que se utilice 20 g de guano de islas en los plantones, se registró diferencias estadísticas en los niveles del factor A, donde el mayor promedio se registró al utilizar 6 ml de micorriza. En el caso de que se utilice el estiércol del cuy en todos los plantones, se registra significancia en los niveles del factor A, siendo mayor el promedio al utilizar 6 ml de micorrizas; además, cuando se aplique solamente gallinaza a los plantones también se registró diferencias estadísticas en el factor A, siendo mejor el promedio en el uso de los 6 ml de micorrizas (**Tabla 11 y Figura 6**).

Tabla 11. Comparación de medias de la altura total en plantones de *P. tecunumanii* por efectos simples de los niveles de abonos orgánicos sobre las dosis de micorrizas.

Niveles de los factores	sin abono	Guano de isla	Estiércol de cuy	Gallinaza
micorrizas (0 ml)	8,81 ^c	10,99 ^c	9,73 ^c	11,55 ^c
Micorrizas (3 ml)	11,88 ^b	12,25 ^b	11,85 ^b	13,39 ^b
Micorrizas (6 ml)	12,56 ^a	14,74 ^a	13,11 ^a	16,69 ^a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

La aplicación del abono orgánico gallinaza en combinación con micorrizas en dosis de 6 ml repercutió en mayor medida sobre la altura total de los plantones de *P. tecunumanii* donde la media obtenida fue de 16,69 cm, valores que se encuentran en algunos resultados que reportó Terán (2018) para la provincia de Oxapampa, donde utilizó Fertilizantes de Liberación Controlada (FLC) en *P. tecunumanii* que a la edad de tres meses de tratados, obtuvo promedios desde 14,14 cm hasta 16,70 cm cuando utilizaba como envase al

tubete y reportó menor promedio al no fertilizarlos con un valor de 7,99 cm; promedios superiores desde 16,82 cm hasta 23,44 cm encontró cuando realizó la producción de los plantones empleando bolsas de polietileno, mientras que en el caso del testigo alcanzó solamente 13,11 cm, estos comportamientos ratifican que aparte del tipo de envase, el uso de fertilizantes favorece en que el individuo de la especie en estudio pueda alcanzar mayor altura respecto a los plantones donde el sustrato posea elementos limitados.

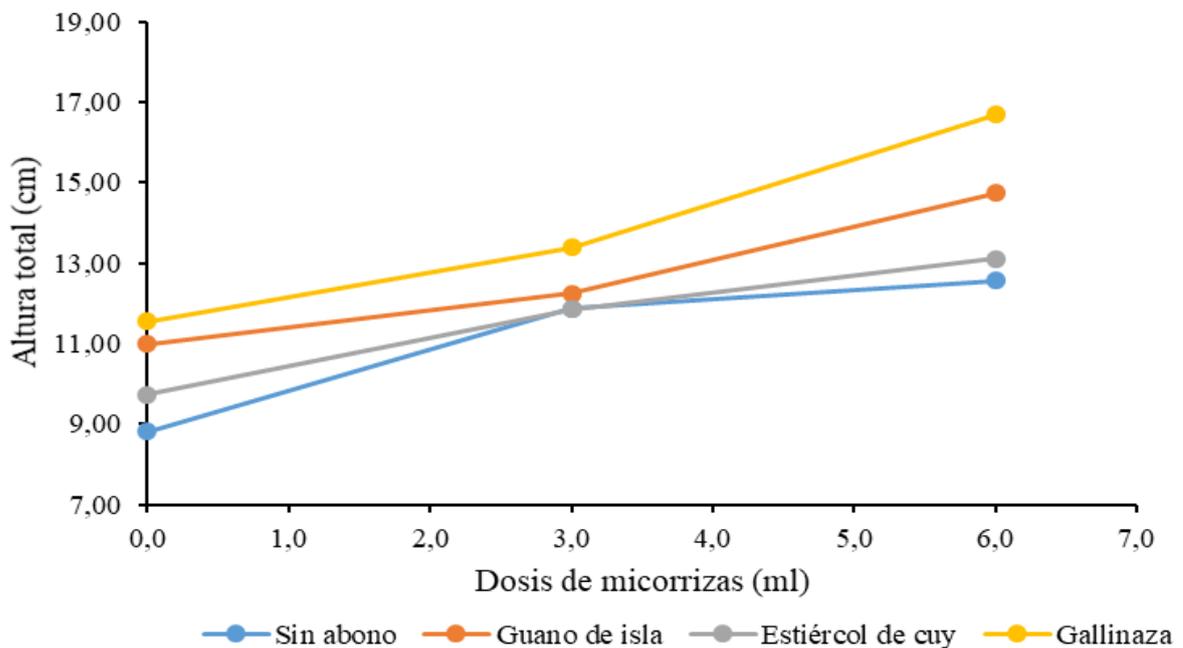


Figura 6. Altura total en plantones de *P. tecunumanii* por efectos de los abonos orgánicos y las dosis de micorrizas.

Se debe seguir realizando estudios de nutrición para *P. tecunumanii* donde se incluyan factores como el tipo de sustrato, debido a que Mendo (2023) optó por realizar ensayos donde consideró como sustrato a las espumas fenólicas y los fertilizantes en etapa de vivero, pasado los tres meses de edad solamente logró mayores promedios de sus dimensiones en el T₂ y T₆ (F₂: dosis más baja de fertilización) con promedios de 7,56 y 7,43 cm respectivamente, reportes muy inferiores al promedio más bajo del presente estudio que fue 8,81 cm perteneciente a la combinación sin abono y sin micorrizas, esto ocurrió debido a que fue la dosis más baja de fertilización que utilizó la autora ya que en los tratamientos F₃ y F₄ que fueron superiores a las dosificaciones, los plantones se enfermaron y finalmente perecieron a consecuencia de una intoxicación debido al exceso de fertilizante ya que la espuma posee la función de soporte, porosidad (solamente sin fertilización crecieron entre 5,05 hasta

5,28 cm) y se utiliza abundante agua que en el menor tiempo hace que cualquier insumo aplicado entre en contacto con mayor rapidez hacia las raíces y no es paulatinamente como ocurre cuando se utiliza la tierra como sustrato.

A parte de la fertilización hay factores como el nivel altitudinal que son determinantes en la obtención de plantones con mayores dimensiones correspondiente a su altura total, esto es ratificado en los reportes de Blanco y Centeno (2020) que ejecutó en el distrito de Paucartambo a una altitud de 2800 msnm y a una edad de ocho meses los plantones solamente obtuvieron longitudes promedios de 10,44 cm hasta 16,35 cm, mientras que Terán (2018) en el distrito San José de Chontabamba a una altitud de 1820 msnm los promedios fluctuaron desde 13,11 cm (testigo) hasta los 23,44 cm a una edad de tres meses y en el caso del presente estudio que se llevó a cabo en el en el distrito Hermilio Valdizan ubicada a 1250 msnm con una edad de cuatro meses se obtuvo promedios de 8,81 cm cuando no se utilizó abono ni micorrizas hasta los 16,69 cm en los plantones sometidos a la gallinaza y 6 ml de micorrizas.

Huaraca (2020) reportó dimensiones de 18,90 cm cuando se utilizan semillas de plantas ya aclimatadas y de 19,60 cm en el caso de que los plantones de *P. tecunumanii* recién procedían de semillas introducidas y los individuos fueron más alargados, promedios superiores a los obtenidos en el presente estudio (16,69 cm), esto posiblemente se deba a la edad de los plantones ya que el autor en mención consideró la medición de esta variable a los 5,5 meses de edad, mientras que en el caso de este ensayo la última medición se realizó a los cuatro meses de edad.

A pesar que se observan efectos del uso de fertilizantes se tiene que considerar aspectos como el uso de un envase adecuado para la producción de plantones de *P. tecunumanii*, esto se vio reflejado en un estudio ejecutado por López (2020), en donde a pesar de emplear fertilizante en la producción de plantones con una edad superior a dos meses y medio (80 días) reportó como mayor promedio una altura total de 8,27 cm y en el caso del testigo que no fue fertilizado obtuvo una media de 5,65 cm, este comportamiento pudo estar vinculado a que la actividad se desarrolló usando como envase (Leyva *et al.*, 2008) a los tubetes cuya necesidad de agua es más en comparación a las bolsas e polietileno.

4.1.1.2. Diámetro basal de *P. tecunumanii*

El diámetro del tallo de los plantones de *P. tecunumanii* se incrementó en mayor medida en el T12, mientras que fue muy limitado el crecimiento diametral en los individuos que se sometieron a los tratamientos T₁ y T₅. Además, a partir de los 45 días

de repicado se muestran mayores diferencias de la variable indicada, mientras que en edad más temprana los datos fueron muy similares (**Figura 7**).

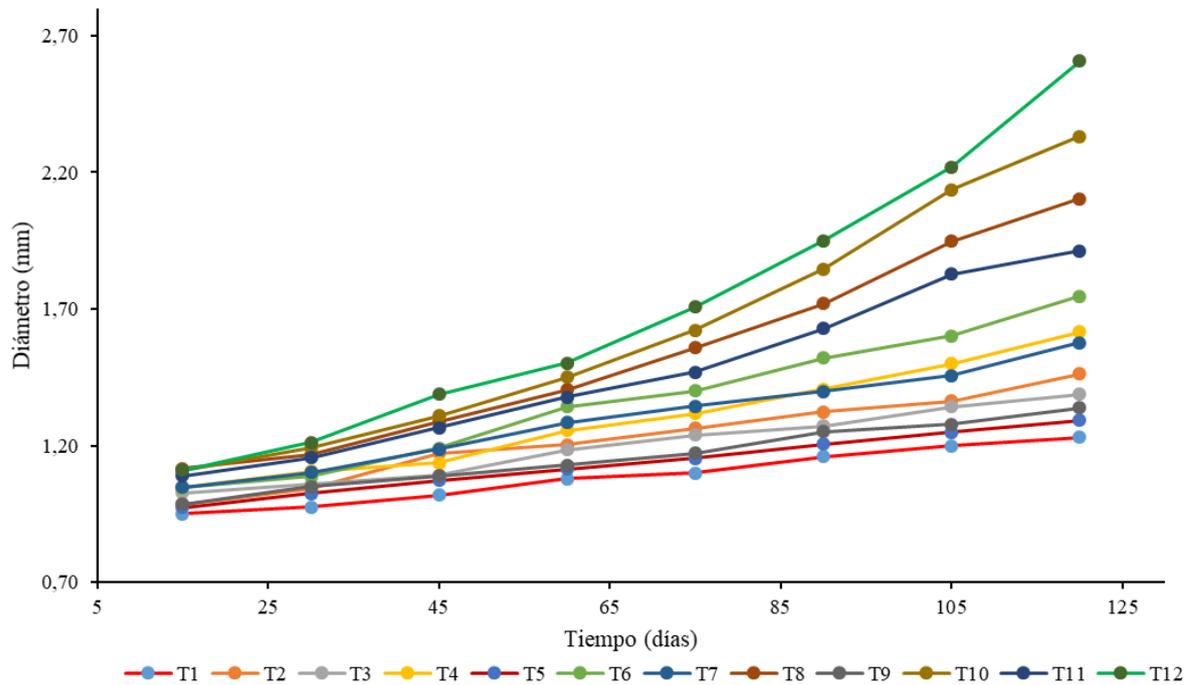


Figura 7. Comportamiento del diámetro del tallo en plántones de *P. tecunumanii*.

En el análisis de la varianza realizado con los datos correspondientes al diámetro basal del tallo en los plántones de *P. tecunumanii* se determinó alta significancia estadística en el uso de diferentes dosis de micorrizas, en el caso de los abonos orgánicos empleados se registró diferencias altamente significativas; también, se encontró significancia estadística entre los niveles de los dos factores en estudio con lo cual el análisis se enfocó en los efectos simples de las combinaciones. El coeficiente de variación registra que los datos obtenidos para el diámetro del tallo fueron muy homogéneos (**Tabla 12**).

Tabla 12. ANVA para el diámetro basal en plántones de *P. tecunumanii* por efecto de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Dosis de micorrizas	6,387	2	3,194	1585,722	<0,001**
Abonos orgánicos	9,283	3	3,094	1536,389	<0,001**
Dosis de micorriza * Abonos orgánicos	1,969	6	0,328	162,935	<0,001**
Error experimental	0,169	84	0,002		
Total	17,808	95			

** : Alta significancia estadística; CV: 2,62%.

En los análisis de las varianzas ejecutadas para determinar los efectos simples, se registró significancia estadística al 99% de los niveles del factor A en B y también de los niveles del factor B sobre el factor A (**Tabla 13**).

Tabla 13. ANVA resumido para el diámetro basal en plantones de *P. tecunumanii* por efectos simples de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Sin micorrizas (a ₁) vs Abonos orgánicos (B)	0,763	3	0,254	167,628	<0,001**
3 ml de micorrizas (a ₂) vs Abonos orgánicos (B)	2,664	3	0,888	323,436	<0,001**
6 ml de micorrizas (a ₃) vs Abonos orgánicos (B)	7,825	3	2,608	1465,440	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs sin abono orgánico (b ₁)	0,084	2	0,042	24,204	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs Guano de islas (b ₂)	3,059	2	1,529	1640,821	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs Estiércol cuy (b ₃)	1,100	2	0,550	322,188	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs Gallinaza (b ₄)	4,113	2	2,057	559,271	<0,001**

** : Alta significancia estadística.

En la comparación de medias de cada nivel del factor A sobre el factor B, al no utilizar dosis de micorriza en los plantones, los niveles del factor B presentan efectos significativos siendo mayor el diámetro basal al utilizar gallinaza. En el caso de utilizar 3 ml de micorrizas, se registró diferencias estadísticas en los niveles del factor B, donde el mayor promedio fue registrado al usar la gallinaza; en el caso de que se aplique 6 ml de micorriza a los plantones, se registra significancia en los niveles del factor B, siendo mejor el promedio al utilizar la gallinaza (**Tabla 14** y **Figura 8**).

Tabla 14. Comparación de medias del diámetro basal en plantones de *P. tecunumanii* por efectos simples de los niveles de micorrizas sobre los abonos orgánicos.

Niveles de los factores	Micorrizas (0 ml)	Micorrizas (3 ml)	Micorrizas (6 ml)
Sin abono	1,18 ^d	1,30 ^d	1,31 ^d
Guano de isla	1,47 ^b	1,78 ^c	2,34 ^b
Estiércol de cuy	1,38 ^c	1,56 ^b	1,90 ^c
Gallinaza	1,60 ^a	2,09 ^a	2,62 ^a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

Analizando cada nivel del factor B sobre el factor A, al no usar abono orgánico en los plantones, los niveles del factor A presentan efectos significativos siendo

mayores las dimensiones del diámetro al utilizar 3 y 6 ml de micorrizas. Al emplear guano de islas en los plantones, se registró diferencias estadísticas en los niveles del factor A, siendo mayor el promedio al utilizar 6 ml de micorriza. Al emplear estiércol de cuy en los plantones de la especie en estudio, se registra significancia en los niveles del factor A, siendo mayor el promedio al usar 6 ml de micorrizas; además, al aplicar gallinaza a los plantones se registró diferencias estadísticas en el factor A, siendo mejor el promedio en el uso de los 6 ml de micorrizas (**Tabla 15 y Figura 8**).

Tabla 15. Comparación de medias del diámetro basal en plantones de *P. tecunumanii* por efectos simples de los niveles de abonos orgánicos sobre las dosis de micorrizas.

Niveles de los factores	sin abono	Guano de isla	Estiércol de cuy	Gallinaza
micorrizas (0 ml)	1,18 ^b	1,47 ^c	1,38 ^c	1,60 ^c
Micorrizas (3 ml)	1,30 ^a	1,78 ^b	1,56 ^b	2,09 ^b
Micorrizas (6 ml)	1,31 ^a	2,34 ^a	1,90 ^a	2,62 ^a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

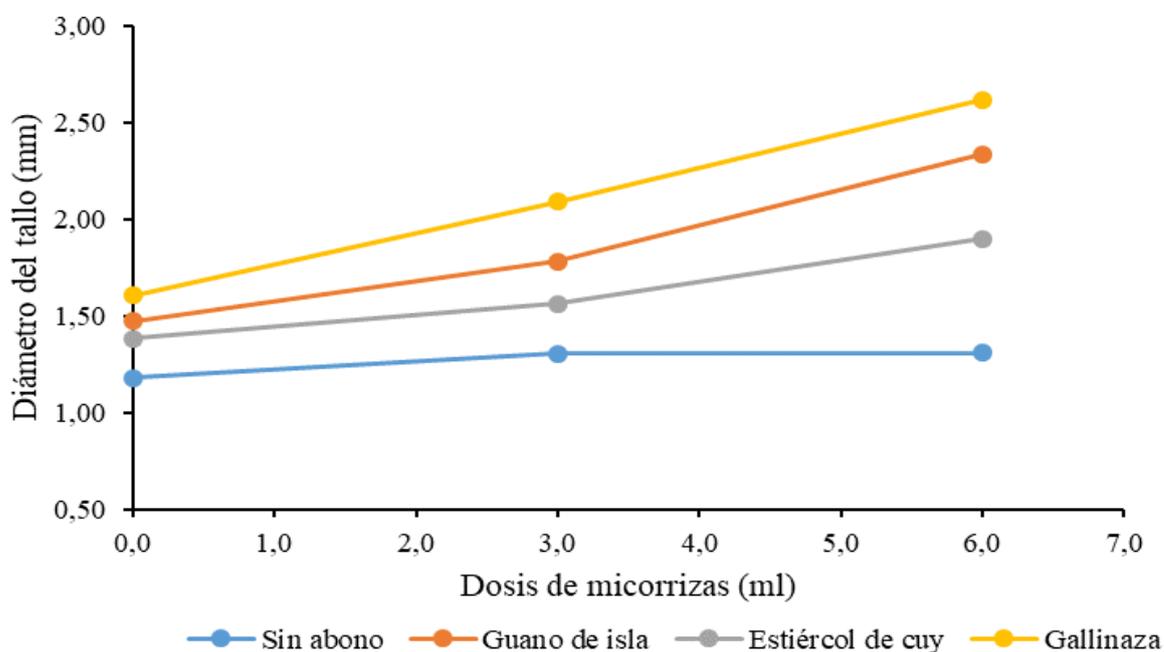


Figura 8. Diámetro del tallo en plantones de *P. tecunumanii* por efectos de los abonos orgánicos y las dosis de micorrizas.

Mayor promedio de la altura total (2,62 mm) fue obtenido en la combinación de la aplicación del abono orgánico gallinaza con 6 ml de micorrizas, resultado superior lo reporta Huaraca (2020) cuando realizó la comparación de las características de los

plantones de *P. tecunumanii* al emplear semillas de árboles introducidos hace 30 años y que se encuentran adaptados a las condiciones de clima y suelo del distrito de Huancabamba en el departamento de Oxapampa respecto a semillas nativas procedentes del país de Honduras, registró que el promedio del diámetro fue de 3,15 mm en semillas introducidas y 2,30 mm en semillas nativas a los cinco meses y medio; pero fue notorio un comportamiento muy rápido de la variable en los plantones procedentes de semillas nativas hasta los tres meses, en adelante fue superado por los individuos procedentes de semillas introducidas posiblemente debido a que ya se encuentran adaptadas a las condiciones de la provincia de Oxapampa, siendo esto un factor adicional a los nutrientes que aporta el sustrato hacia el *P. tecunumanii* en la etapa de vivero.

Hay diversos factores adicionales al uso de las fuentes de abonos orgánicos en la producción de *P. tecunumanii*, esto lo ha reportado en el departamento de Oxapampa el autor Terán (2018), que en su estudio consideró utilizar dos distintos tipos de envases y dos tipos de fertilizantes de Liberación Controlada (FLC) reportando que a los tres meses de aplicado los tratamientos, se obtuvieron promedios desde 2,53 mm hasta 3,03 mm cuando se utilizó envases en tubetes y fertilizantes, pero en el caso de no fertilizar se registró solamente 1,54 mm de promedio en el mismo tipo de envase; para el caso de que se use bolsas de polietileno y se aplique la FLC los mayores promedios comprendieron desde 2,37 mm hasta 3,25 mm, mientras que en el caso del testigo solamente alcanzó un promedio de 1,92 mm, dando realce a la importancia de la fertilización y el uso de envases adecuados para la producción de plantones.

A pesar que hay experiencias favorables de la fertilización sobre el crecimiento en diámetro del tallo de *P. tecunumanii*, se muestran otros factores que limitan el crecimiento de esta variable que lo reportó López (2020), en donde solamente registró 0,903 mm de diámetro en plantones no fertilizados, mientras que menores valores se obtuvieron cuando estos fueron fertilizados, esto posiblemente estuvo vinculado más que a los elementos nutricionales se debió al uso del envase (Leyva *et al.*, 2008) tubete, ya que una de sus desventajas es que se requiere de mayor necesidad de monitoreo y cuidado del riego, necesitando una atención constante al riego para evitar que los plantones se sequen o se dañen debido a la falta de agua, esto concuerda con el antecedente citado debido a que no se instaló un sistema de riego en su ensayo y solamente abastecía de agua a los individuos mediante una regadera que no es muy efectiva en el caso de que se use un sistema de alta tecnología como los tubetes.

4.1.1.3. Longitud de raíz de *P. tecunumanii*

En el análisis de la varianza ejecutado con los datos correspondientes a la longitud de la raíz en los plántones de *P. tecunumanii* se determinó alta significancia estadística en el uso de diferentes dosis de micorrizas, en el caso de los abonos orgánicos empleados se registró diferencias altamente significativas; también, se encontró significancia estadística entre los niveles de los dos factores en estudio con lo cual el análisis se enfocó en los efectos simples de las combinaciones. El coeficiente de variación registrada para los datos obtenidos de la variable indicada fue homogéneo (**Tabla 16**).

Tabla 16. ANVA para la longitud de la raíz en plántones de *P. tecunumanii* por efecto de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Dosis de micorrizas	1099,786	2	549,893	165,430	<0,001**
Abonos orgánicos	414,150	3	138,050	41,531	<0,001**
Dosis de micorriza * Abonos orgánicos	86,824	6	14,471	4,353	0,001**
Error experimental	279,218	84	3,324		
Total	1879,978	95			

** : Alta significancia estadística; CV: 11,58%.

En los análisis de las varianzas realizadas para determinar los efectos simples, se registró significancia estadística al 99% de los niveles del factor A sobre B y también de los niveles del factor B sobre el factor A (**Tabla 17**).

Tabla 17. ANVA resumido para la longitud de la raíz en plántones de *P. tecunumanii* por efectos simples de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Sin micorrizas (a ₁) vs Abonos orgánicos (B)	189,376	3	63,125	23,856	<0,001**
3 ml de micorrizas (a ₂) vs Abonos orgánicos (B)	60,465	3	20,155	8,063	0,001**
6 ml de micorrizas (a ₃) vs Abonos orgánicos (B)	251,133	3	83,711	17,345	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs sin abono orgánico (b ₁)	389,370	2	194,685	134,238	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs Guano de islas (b ₂)	241,128	2	120,564	30,869	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs Estiércol cuy (b ₃)	135,910	2	67,955	24,747	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs Gallinaza (b ₄)	420,203	2	210,102	40,450	<0,001**

** : Alta significancia estadística.

En la comparación de medias de cada nivel del factor A sobre el factor B, al no utilizar dosis de micorriza en los plantones, los niveles del factor B presentan efectos significativos registrando mayor longitud de la raíz al utilizar guano de isla, estiércol de cuy y gallinaza. En el caso de utilizar 3 ml de micorrizas, se registró diferencias estadísticas en los niveles del factor B, donde el mayor promedio fue registrado al usar la gallinaza; en el caso de que se aplique 6 ml de micorriza a los plantones, se registra significancia en los niveles del factor B, siendo mejor el promedio al utilizar la gallinaza (**Tabla 18 y Figura 9**).

Tabla 18. Comparación de medias de la longitud de la raíz en plantones de *P. tecunumanii* por efectos simples de los niveles de micorrizas sobre los abonos orgánicos.

Niveles de los factores	Micorrizas (0 ml)	Micorrizas (3 ml)	Micorrizas (6 ml)
Sin abono	7,44 ^b	14,79 ^b	16,81 ^c
Guano de isla	12,93 ^a	15,91 ^b	20,63 ^b
Estiércol de cuy	11,86 ^a	14,96 ^b	17,69 ^{bc}
Gallinaza	13,74 ^a	18,24 ^a	23,96 ^a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

Analizando cada nivel del factor B sobre el factor A, al no usar abono orgánico en los plantones, los niveles del factor A presentan efectos significativos resaltando mayor promedio de la longitud radicular al utilizar 6 ml de micorrizas. Al usar guano de islas en los plantones, se registró diferencias estadísticas en los niveles del factor A, siendo mejor al utilizar 6 ml de micorriza. Al emplear estiércol del cuy en los plantones, se registró significancia en los niveles del factor A, siendo mayor el promedio al usar 6 ml de micorrizas; además, al aplicar gallinaza a los plantones se registró diferencias estadísticas en el factor A, siendo mejor el promedio en el uso de los 6 ml de micorrizas (**Tabla 19 y Figura 9**).

Tabla 19. Comparación de medias de la longitud de la raíz en plantones de *P. tecunumanii* por efectos simples de los niveles de abonos orgánicos sobre las dosis de micorrizas.

Niveles de los factores	sin abono	Guano de isla	Estiércol de cuy	Gallinaza
micorrizas (0 ml)	7,44 ^c	12,93 ^c	11,86 ^c	13,74 ^c
Micorrizas (3 ml)	14,79 ^b	15,91 ^b	14,96 ^b	18,24 ^b
Micorrizas (6 ml)	16,81 ^a	20,63 ^a	17,69 ^a	23,96 ^a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

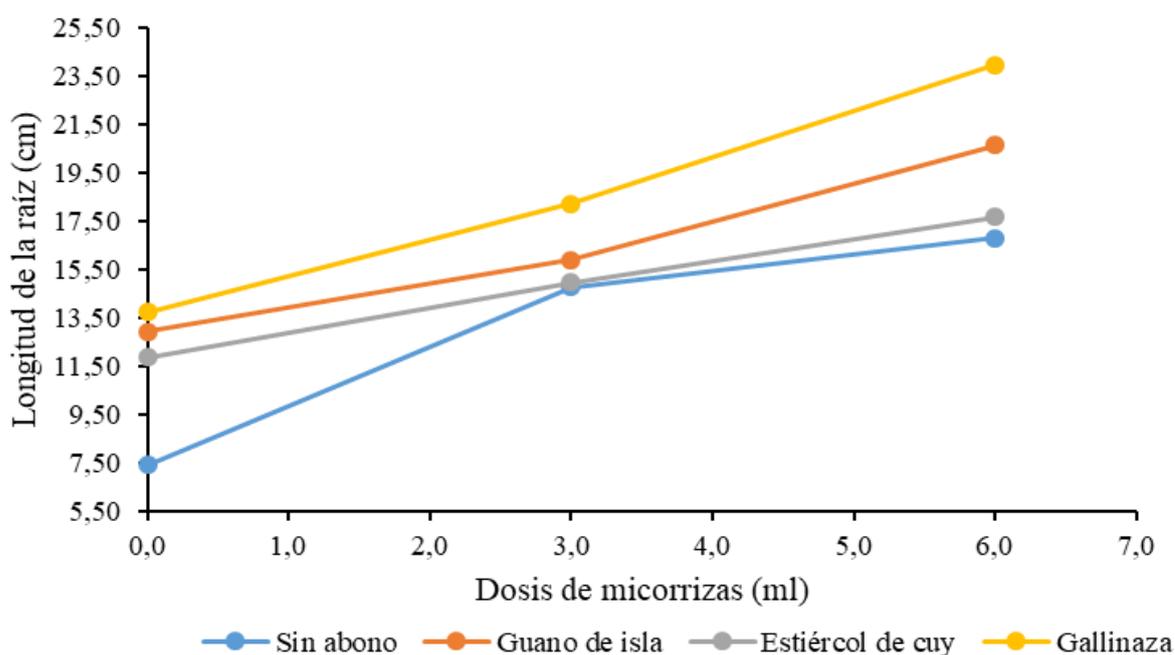


Figura 9. Longitud de la raíz en plantones de *P. tecunumanii* por efectos de los abonos orgánicos y las dosis de micorrizas.

El uso del abonamiento orgánico empleando la gallinaza combinada con la dosificación de 6 ml de micorrizas favoreció de manera significativa en alcanzar el mayor promedio de los plantones de *P. tecunumanii* (23,96 cm), dicho resultado fue superior a lo reportado por Luque (2019) en dos viveros de la provincia de Leoncio Prado que a pesar de encontrar efectos en el uso de la gallinaza (vivero Forestal 11,24 cm y vivero Agrokumi con 18,95 cm) respecto al tratamiento testigo (vivero Forestal 8,15 cm y vivero Agrokumi con 11,48 cm), no logró superar a la longitud radicular en el caso de utilizar al abono orgánico Mallki, esto aclara que los efectos de los abonos orgánicos es diferentes tanto entre tipos de productos, marcas y hasta en el caso de los lotes de producción debido a que los elementos nutricionales son variables.

Los usos de los abonos orgánicos combinados con las micorrizas favorecieron en que los plantones de *P. tecunumanii* registren mayores promedios de la longitud del sistema radicular, esto es beneficioso como lo aclara Thompson (1985) debido a que la actividad de absorción de agua y nutrientes se concentra en las raíces más delgadas, ya que son más activas y permeables en comparación con las raíces más gruesas, que principalmente desempeñan un papel en la sujeción de la planta al suelo. Además, Leyva *et al.* (2008) considera que, una planta con un suministro abundante de agua, no estimula el crecimiento de las raíces, pero en condiciones de escasez de agua, la planta necesita desarrollar un sistema de raíces.

4.1.1.4. Biomasa o peso seco del plantón de *P. tecunumanii*

En el análisis de la varianza realizado con los datos correspondientes a la biomasa de los plantones de *P. tecunumanii*, se determinó alta significancia estadística en el uso de diferentes dosis de micorrizas, en el caso de los abonos orgánicos empleados se registró diferencias altamente significativas; también, se encontró significancia estadística entre los niveles de los dos factores en estudio con lo cual el análisis se enfocó en los efectos simples de las combinaciones. El coeficiente de variación registra que los datos obtenidos para la biomasa total fueron homogéneos (**Tabla 20**).

Tabla 20. ANVA para la biomasa de los plantones de *P. tecunumanii* por efecto de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Dosis de micorrizas	1,948	2	0,974	269,095	<0,001**
Abonos orgánicos	0,875	3	0,292	80,582	<0,001**
Dosis de micorriza * Abonos orgánicos	0,514	6	0,086	23,682	<0,001**
Error experimental	0,304	84	0,004		
Total	3,641	95			

** : Alta significancia estadística; CV: 16,77%.

En los análisis de las varianzas ejecutadas para determinar los efectos simples, se registró significancia estadística al 99% de los niveles del factor A en B y también de los niveles del factor B sobre A (**Tabla 21**).

Tabla 21. ANVA resumido para la biomasa en plantones de *P. tecunumanii* por efectos simples de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Sin micorrizas (a ₁) vs Abonos orgánicos (B)	0,012	3	0,004	6,958	0,001**
3 ml de micorrizas (a ₂) vs Abonos orgánicos (B)	0,404	3	0,135	53,236	<0,001**
6 ml de micorrizas (a ₃) vs Abonos orgánicos (B)	0,973	3	0,324	41,732	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs sin abono orgánico (b ₁)	0,143	2	0,071	69,678	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs Guano de islas (b ₂)	1,064	2	0,532	177,935	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs Estiércol cuy (b ₃)	0,145	2	0,073	53,372	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs Gallinaza (b ₄)	1,110	2	0,555	60,978	<0,001**

** : Alta significancia estadística.

En la comparación de medias de cada nivel del factor A sobre el factor B, al no utilizar dosis de micorriza en los plantones, los niveles del factor B presentan efectos significativos siendo mayor el diámetro basal sin utilizar abono, al utilizar guano de isla y gallinaza. En el caso de utilizar 3 ml de micorrizas, se registró diferencias en los niveles del factor B, donde el mayor promedio fue registrado al usar la gallinaza; en el caso de que se aplique 6 ml de micorriza a los plantones, se registra significancia en los niveles del factor B, siendo mejores los promedios al utilizar guano de islas y gallinaza (**Tabla 22 y Figura 10**).

Tabla 22. Comparación de medias de la biomasa en plantones de *P. tecunumanii* por efectos simples de los niveles de micorrizas sobre los abonos orgánicos.

Niveles de los factores	Micorrizas (0 ml)	Micorrizas (3 ml)	Micorrizas (6 ml)
Sin abono	0,22 ^a	0,26 ^{bc}	0,40 ^b
Guano de isla	0,22 ^a	0,30 ^b	0,70 ^a
Estiércol de cuy	0,18 ^b	0,21 ^c	0,35 ^b
Gallinaza	0,22 ^a	0,51 ^a	0,75 ^a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

Analizando cada nivel del factor B sobre el factor A, al no usar abono orgánico en los plantones, los niveles del factor A presentan efectos significativos, siendo mayor el promedio de la biomasa al utilizar 6 ml de micorrizas. Al utilizar guano de islas en los plantones, se registró diferencias estadísticas en los niveles del factor A, siendo mejor al emplear 6 ml de micorriza. Al aplicar estiércol del cuy en los plantones, se registró significancia en los niveles del factor A, siendo mayor el promedio al usar 6 ml de micorrizas; además, al aplicar gallinaza a los plantones se registró diferencias estadísticas en el factor A, siendo mejor el promedio en el uso de los 6 ml de micorrizas (**Tabla 23 y Figura 10**).

Tabla 23. Comparación de medias de la biomasa en plantones de *P. tecunumanii* por efectos simples de los niveles de abonos orgánicos sobre las dosis de micorrizas.

Niveles de los factores	sin abono	Guano de isla	Estiércol de cuy	Gallinaza
micorrizas (0 ml)	0,22 ^c	0,22 ^c	0,18 ^b	0,22 ^c
Micorrizas (3 ml)	0,26 ^b	0,30 ^b	0,21 ^b	0,51 ^b
Micorrizas (6 ml)	0,40 ^a	0,70 ^a	0,35 ^a	0,75 ^a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

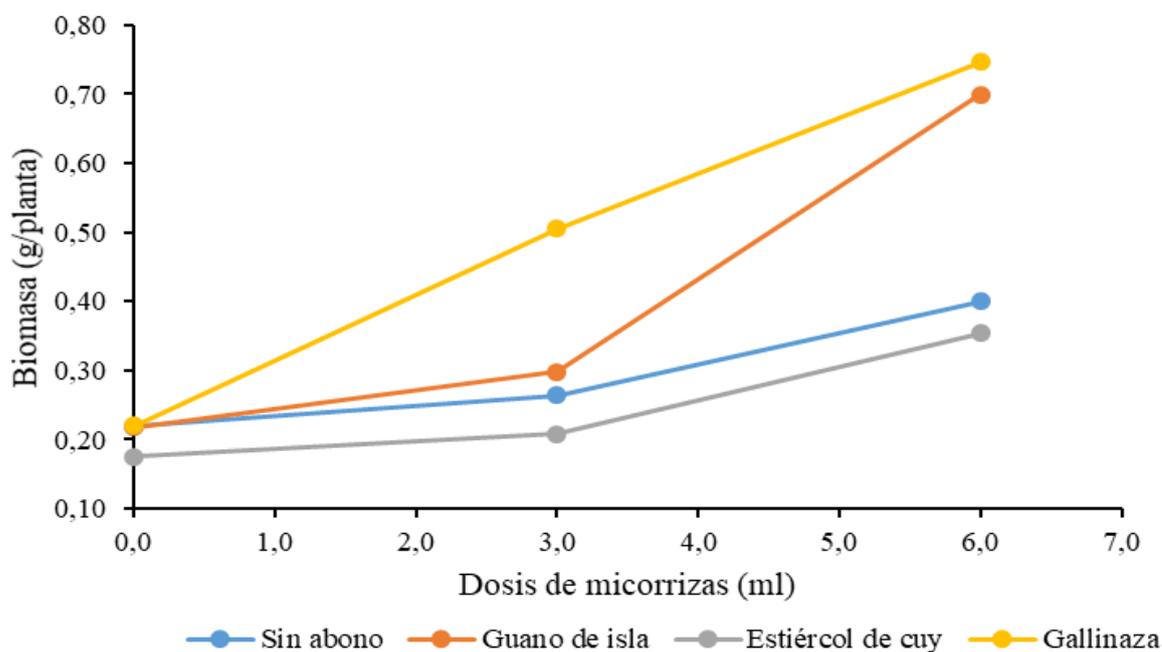


Figura 10. Biomasa en plantones de *P. tecunumanii* por efectos de los abonos orgánicos y las dosis de micorrizas.

El uso de la gallinaza repercutió de manera significativa sobre la biomasa de los plantones siendo el promedio de 0,22 g en el caso de que no esté acompañado con micorrizas y llegando hasta 0,75 g en el caso de que se utilice dosis de 6 ml de micorrizas, este efecto significativo también se vio reflejado en el estudio llevado a cabo por Luque (2019) en dos viveros de la provincia de Leoncio Prado, de los cuales en el vivero Forestal los plantones que recibieron dosis de gallinaza obtuvo 0,14 g en comparación a los que no recibieron dicho abono que alcanzaron solamente 0,12 g, esta superioridad de peso se mantuvo en el vivero AgroKumi con 0,36 g en plantones abonadas y 0,20 g al no recibir dosis de abono. Dichos reportes sobre la superioridad de los promedios en individuos abonados se mantuvieron también cuando se modificó las proporciones de los sustratos, que inicialmente fue tierra negra, arena y aserrín (datos citados) en proporción 3-2-1, luego fueron variaciones de 2-3-1 y 3-1-1 de los mismos componentes.

El uso de los abonos orgánicos favoreció en la ganancia e biomasa por parte de los plantones de *P. tecunumanii*, pero los promedios son inferiores en comparación al uso de los fertilizantes sintéticos u otros tipos de productos como los utilizados por Terán (2018) que realizó la producción de plantones empleando Fertilizantes de Liberación Controlada (FLC) y a los tres meses de aplicado los tratamientos, obtuvo promedios que fluctuaron desde 0,91 g hasta 1,64 g, muy por encima del promedio de 0,64 g que observó

cuando a los sustratos no se le aplicaron dosificación alguna, esta diferencia de mejor acumulación de biomasa en los plántones es favorable en cierta medida aunque va existir diferencias en los costos de producción pudiéndose contrarrestar con el menor tiempo de permanencia de los plántones en la tapa de vivero, es por esto que Johnson y Cline (1991) aclaran que, agregando el aspecto económico a la definición de calidad y describen un plánton de alta calidad como aquel que se produce al menor costo posible en función de su objetivo, y que tiene la capacidad de sobrevivir y crecer adecuadamente después de ser plantada. Este último aspecto es muy necesario ya que en muchos casos es favorable el uso de abonos orgánicos en otros no, aunque en los últimos años optan por utilizar una mezcla de ambos.

A parte del efecto de los sustratos, hay reportes donde se considera a la altitud como variable interviniente en las características de *P. tecunumanii* durante la fase de vivero, esto fue notorio en el estudio ejecutado por Luque (2019), en donde el vivero que se encontraba a una altitud de 660 msnm el promedio global de los plántones de la especie en mención solamente fue 0,16 g, mientras que en el caso de otro vivero ubicado a 894 msnm reportó un promedio general de 0,37 g, este comportamiento puede estar vinculado a las condiciones de clima que por lo general diferencia de un lugar a otro lugar, esto fue tomado en consideración por Huaraca (2020), realizando un estudio con dos procedencias de semillas (nativa e introducida) en el departamento de Oxapampa, registró que los plántones producidas de semillas que se cosecharon de árboles introducidos hace 30 años tuvieron ligero valor promedio (1,0647 g) en comparación a los individuos producidos utilizando las semillas nativas de Honduras que registraron una biomasa promedio de 1,059 g a los cinco meses y medio de edad.

Los plántones de menor biomasa son las que no presentaban dosis de micorrizas (**Figura 10**), esto es una desventaja para poder categorizarla de buena calidad en indicadores como la relación BSA/BSR o el índice de calidad de Dickson que utilizan los valores de biomasa, además autores como Rodríguez (2008) y Prieto *et al.* (2009) resaltan que la biomasa se encuentra estrechamente vinculado con la capacidad del plánton para sobrevivir y desarrollarse en su entorno natural, ya que está relacionado con la distribución irregular de la humedad en la estructura del mismo. Para evitar fluctuaciones en los resultados, se prefiere medir el peso seco del plánton, que refleja su capacidad para realizar la fotosíntesis y la transpiración, así como su capacidad para almacenar carbohidratos. Thompson (1985) añade que, para asegurar la supervivencia de un plánton, es esencial seleccionar aquellas que tengan la mayor cantidad de biomasa posible y que mantengan un equilibrio adecuado entre las partes de la planta que transpiran y las que absorben agua y nutrientes.

4.1.1.5. Índice de robustez de *P. tecunumanii*

En el análisis de la varianza realizado con los datos correspondientes al índice de robustez en los plantones de *P. tecunumanii* se determinó ausencia de significancia estadística en el uso de diferentes dosis de micorrizas, en el caso de los abonos orgánicos empleados se registró diferencias altamente significativas; además, se encontró significancia estadística entre los niveles de los dos factores en estudio con lo cual el análisis se enfocó en los efectos simples de las combinaciones. El coeficiente de variación registrada registra que los datos obtenidos para la robustez fueron muy homogéneos (**Tabla 24**).

Tabla 24. ANVA para el índice de robustez en plantones de *P. tecunumanii* por efecto de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Dosis de micorrizas	0,859	2	0,430	2,277	0,109 ^{ns}
Abonos orgánicos	62,830	3	20,943	110,995	<0,001**
Dosis de micorriza * Abonos orgánicos	30,194	6	5,032	26,670	<0,001**
Error experimental	15,850	84	0,189		
Total	109,732	95			

ns: No significativo; **: Alta significancia estadística; CV: 5,90%.

En los análisis de las varianzas ejecutadas para determinar los efectos simples, se registró significancia estadística de los niveles del factor A en B y también de los niveles del factor B sobre A, caso contrario fue del nivel a₁ en el factor B (**Tabla 25**).

Tabla 25. ANVA resumido para el índice de robustez en plantones de *P. tecunumanii* por efectos simples de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Sin micorrizas (a ₁) vs Abonos orgánicos (B)	1,021	3	0,340	2,174	0,113 ^{ns}
3 ml de micorrizas (a ₂) vs Abonos orgánicos (B)	33,207	3	11,069	83,136	<0,001**
6 ml de micorrizas (a ₃) vs Abonos orgánicos (B)	58,796	3	19,599	70,922	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs sin abono orgánico (b ₁)	20,082	2	10,041	77,546	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs Guano de islas (b ₂)	5,256	2	2,628	14,252	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs Estiércol cuy (b ₃)	2,143	2	1,071	6,216	0,008**
Dosis de micorrizas (A) vs Gallinaza (b ₄)	3,573	2	1,786	6,652	0,006**

ns: no significativo; **: Alta significancia estadística.

En la comparación de medias de cada nivel del factor A sobre el factor B, al no utilizar dosis de micorriza en los plantones, los niveles del factor B no presentan efectos significativos sobre la robustez. En el caso de utilizar 3 ml de micorrizas, se registró diferencias estadísticas en los niveles del factor B, donde la mayor robustez fue registrado al usar guano de islas y gallinaza; en el caso de que se aplique 6 ml de micorriza a los plantones, se registró significancia en los niveles del factor B, siendo mejor el promedio al utilizar el guano de islas, estiércol de cuy y gallinaza (**Tabla 26** y **Figura 11**).

Tabla 26. Comparación de medias del índice de robustez en plantones de *P. tecunumanii* por efectos simples de los niveles de micorrizas sobre los abonos orgánicos.

Niveles de los factores	Micorrizas (0 ml)	Micorrizas (3 ml)	Micorrizas (6 ml)
Sin abono	7,47 ^a	9,11 ^c	9,62 ^b
Guano de isla	7,46 ^a	6,88 ^a	6,31 ^a
Estiércol de cuy	7,04 ^a	7,60 ^b	6,91 ^a
Gallinaza	7,21 ^a	6,41 ^a	6,38 ^a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

Analizando cada nivel del factor B sobre el factor A, al no usar abono orgánico en los plantones, los niveles del factor A presentan efectos significativos resaltando mayor promedio del índice de robustez al no utilizar micorrizas. Al usar guano de islas en los plantones, se registró diferencias estadísticas en los niveles del factor A, siendo mejor al utilizar 6 ml de micorriza. Al emplear estiércol del cuy en los plantones, se registró significancia en los niveles del factor A, siendo mayor el promedio al usar 0 y 6 ml de micorrizas; además, al aplicar gallinaza a los plantones se registró diferencias estadísticas en el factor A, siendo mejor el promedio al no aplicar dosis de micorrizas (**Tabla 27** y **Figura 11**).

Tabla 27. Comparación de medias del índice de robustez en plantones de *P. tecunumanii* por efectos simples de los niveles de abonos orgánicos sobre las dosis de micorrizas.

Niveles de los factores	sin abono	Guano de isla	Estiércol de cuy	Gallinaza
micorrizas (0 ml)	7,47 ^a	7,46 ^c	7,04 ^a	7,21 ^a
Micorrizas (3 ml)	9,11 ^b	6,88 ^b	7,60 ^b	6,41 ^b
Micorrizas (6 ml)	9,62 ^c	6,31 ^a	6,91 ^a	6,38 ^b

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

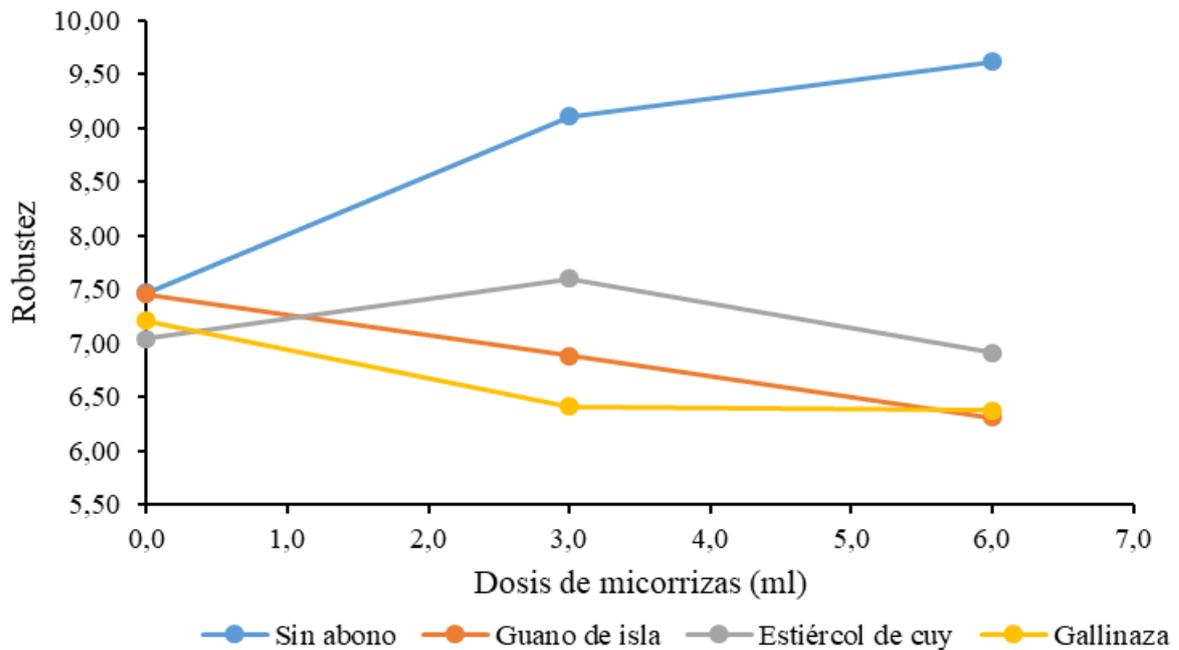


Figura 11. Robustez en plántones de *P. tecunumanii* por efectos de los abonos orgánicos y las dosis de micorrizas.

Los plántones producidos con un sustrato a las que se aplicó guano de islas más 6 ml de micorrizas fueron más robustos (6,31), resultados superiores a lo encontrado por Terán (2018) que investigó cómo afectan dos tipos de Fertilizantes de Liberación Controlada (FLC) en *P. tecunumanii* reportando que a los tres meses de aplicado los tratamientos, se obtuvieron promedios desde 5,51 hasta 5,80 cuando se utilizó envases en tubetes, reporte de mejor promedio se registró solamente 5,19; mientras que los registros de mayores promedios fueron obtenidos desde 6,54 hasta 7,67 cuando se realizó la producción de los plántones empleando bolsas de polietileno, mientras que en el caso del testigo alcanzó 6,83, esto ratifica que el uso de los fertilizantes hace que los plántones alcancen mayor altura y el diámetro posee un pequeño incremento. Además, Huaraca (2020) encontró que los plántones de la especie en estudio son más robustos cuando proceden de semillas que son cosechadas de árboles introducidos con una edad de 30 años (6,175) en comparación a los plántones procedentes de semillas que fueron introducidos de otro país donde es nativo y crecieron más alargadas (robustez: 8,76), posiblemente en respuesta a las condiciones de clima ya que se trajeron de una altitud de 550 msnm y se almacenó a un medio donde la altitud fue 1820 msnm (vivero), mientras que el árbol donde se cosechó las semillas se encontraba a 1912 msnm.

La robustez de *P. tecunumanii* se muestran muy bajas o son individuos muy etiolados, este comportamiento también fue reportado López (2020), en donde

realizó la producción de plántones de la especie en estudio y a la edad de 2,67 meses desde el repique se obtuvieron un grupo de plántones que registraron en promedio una robustez de 9,75 cuando se aplicó fertilizantes, mientras que hubo situaciones de mejor robustez en el caso de no recibir aplicación de nutrientes (testigo) donde el promedio fue 6,14; este comportamiento se debe a que los abonos y fertilizantes contienen nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, como el nitrógeno, el fósforo y el potasio, así como una gran variedad de micronutrientes. Estos nutrientes son absorbidos por las raíces de los plántones y son necesarios para el normal desarrollo de los tejidos y las estructuras, incluyendo el crecimiento en altura total.

Los plántones de *P. tecunumanii* producidos se caracterizaron por presentar mayor longitud y poco diámetro basal del tallo que se traducen en individuos menos robustos por la existencia desproporcional de la altura con el diámetro de dicho individuo; siendo recomendado por lo general valores inferiores a seis (Prieto *et al.*, 2003). Dicho indicador sirve para estimar el grado de resistencia de los plántones a factores adversos y con el resultado obtenido habría la posibilidad que en terreno definitivo se logre crecimiento lento de las plantas en comparación con individuos saludables y vigorosas, las plantas poco robustas pueden ser más frágiles y susceptibles a daños por factores externos como viento, lluvia intensa o manipulación. Además, los plántones poco robustos suelen tener un sistema inmunológico más débil, lo que las hace más propensas a enfermedades y plagas con la cual se va requerir un mayor esfuerzo para el control de enfermedades y plagas; cuando un plánton poco robusto sufre estrés, como sequías o inundaciones, puede tener dificultades para recuperarse en comparación a plántones más robustos, esto puede llevar a una mayor mortalidad de plantas en condiciones adversas. Finalmente, en la naturaleza, las plantas poco robustas pueden ser menos competitivas en la lucha por los recursos, como la luz solar y los nutrientes, lo que puede dificultar su supervivencia y reproducción (Cuevas, 1995).

La robustez junta dos variables y en el caso de que los plántones sean robustos, se garantiza una influencia en su capacidad fotosintética, Prieto *et al.* (2003) aclaran que, los plántones que posean dimensiones grandes, donde la longitud sea más de 15 cm de altura y un diámetro de cuello menor a 5 mm dando el valor del índice de robustez igual a 3,0, tienen una mayor superficie fotosintética en teoría, pero también presentan tasas de transpiración más elevadas, pero con el valor del diámetro del tallo se va poder tolerar acciones físicas como del viento y tampoco estarán propensos a quebrarse en el caso de que exista la presencia de vegetación competitiva alrededor de dicha planta, garantizando la competencia por espacio.

4.1.1.6. Relación altura: longitud de la raíz de *P. tecunumanii*

En el ANVA realizado con los datos correspondientes a la relación entre la altura con la longitud de la raíz en los plántones de *P. tecunumanii* se determinó alta significancia estadística en el uso de diferentes dosis de micorrizas, en el caso de los abonos orgánicos empleados se registró diferencias altamente significativas; además, se encontró significancia estadística entre los niveles de los dos factores en estudio con lo cual el análisis se enfocó en los efectos simples de las combinaciones. El coeficiente de variación registra que los datos obtenidos para dicha relación fueron homogéneos (**Tabla 28**).

Tabla 28. ANVA para la relación altura/longitud radicular en plántones de *P. tecunumanii* por efecto de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Dosis de micorrizas	0,740	2	0,370	37,275	<0,001**
Abonos orgánicos	0,348	3	0,116	11,676	<0,001**
Dosis de micorriza * Abonos orgánicos	0,404	6	0,067	6,784	<0,001**
Error experimental	0,834	84	0,010		
Total	2,327	95			

** : Alta significancia estadística; CV: 12,20%.

En los análisis de las varianzas ejecutadas para determinar los efectos simples, solamente se registró significancia estadística de los niveles a_1 en B y también de los niveles b_1 , b_2 y b_4 sobre el factor A (**Tabla 29**).

Tabla 29. ANVA resumido para la relación altura/ longitud radicular en plántones de *P. tecunumanii* por efectos simples de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Sin micorrizas (a_1) vs Abonos orgánicos (B)	0,718	3	0,239	15,632	<0,001**
3 ml de micorrizas (a_2) vs Abonos orgánicos (B)	0,021	3	0,007	1,145	0,348 ^{ns}
6 ml de micorrizas (a_3) vs Abonos orgánicos (B)	0,013	3	0,004	0,525	0,669 ^{ns}
Dosis de micorrizas (A) vs sin abono orgánico (b_1)	0,934	2	0,467	47,171	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs Guano de islas (b_2)	0,087	2	0,043	4,397	0,025*
Dosis de micorrizas (A) vs Estiércol cuy (b_3)	0,031	2	0,016	1,492	0,248 ^{ns}
Dosis de micorrizas (A) vs Gallinaza (b_4)	0,092	2	0,046	4,891	0,018*

ns: no significativo; *: significativo; **: Alta significancia estadística.

En la comparación de medias de cada nivel del factor A sobre el factor B, al no utilizar dosis de micorriza en los plantones, los niveles del factor B presentan efectos significativos siendo mayor dicha relación al no utilizar abono orgánico. En el caso de utilizar 3 ml de micorrizas, no se registró diferencias estadísticas en los niveles del factor B; en el caso de que se aplique 6 ml de micorriza a los plantones, no se registró significancia estadística en los niveles del factor B (**Tabla 30** y **Figura 12**).

Tabla 30. Comparación de medias de la relación altura/ longitud radicular en plantones de *P. tecunumanii* por efectos simples de los niveles de micorrizas sobre los abonos orgánicos.

Niveles de los factores	Micorrizas (0 ml)	Micorrizas (3 ml)	Micorrizas (6 ml)
Sin abono	1,20 ^a	0,81 ^a	0,75 ^a
Guano de isla	0,87 ^b	0,78 ^a	0,72 ^a
Estiércol de cuy	0,84 ^b	0,80 ^a	0,75 ^a
Gallinaza	0,85 ^b	0,74 ^a	0,71 ^a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

Analizando cada nivel del factor B sobre el factor A, al no usar abono orgánico en los plantones, los niveles del factor A presentan efectos significativos resaltando mayor promedio de dicha relación al no utilizar micorrizas. Al usar guano de islas en los plantones, se registró diferencias estadísticas en los niveles del factor A, siendo mejor sin micorriza. Al emplear estiércol del cuy en los plantones, no se registró significancia en los niveles del factor A; además, al aplicar gallinaza a los plantones se registró diferencias estadísticas en el factor A, siendo mejor el promedio sin micorrizas (**Tabla 31** y **Figura 12**).

Tabla 31. Comparación de medias de la relación altura/ longitud radicular en plantones de *P. tecunumanii* por efectos simples de los niveles de abonos orgánicos sobre las dosis de micorrizas.

Niveles de los factores	sin abono	Guano de isla	Estiércol de cuy	Gallinaza
micorrizas (0 ml)	1,20 ^a	0,87 ^a	0,84 ^a	0,85 ^a
Micorrizas (3 ml)	0,81 ^b	0,78 ^{ab}	0,80 ^a	0,74 ^{ab}
Micorrizas (6 ml)	0,75 ^b	0,72 ^b	0,75 ^a	0,71 ^b

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

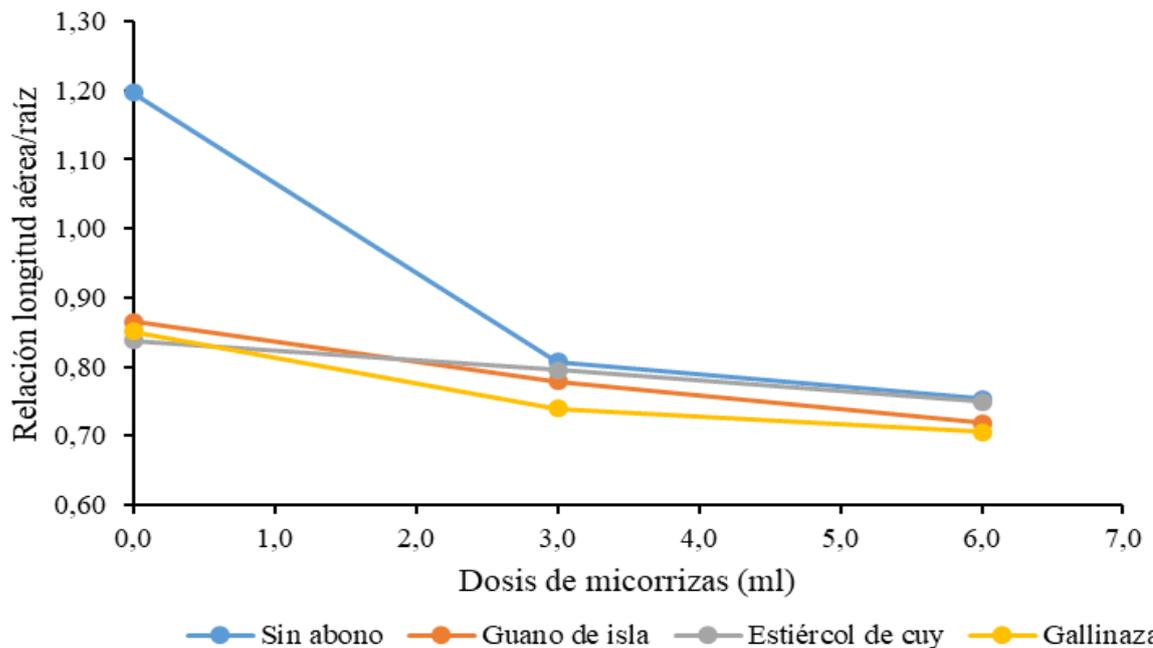


Figura 12. Relación longitud aérea/ longitud radicular en plántones de *P. tecunumanii* por efectos de los abonos orgánicos y las dosis de micorrizas.

Mejor valor de la relación entre la longitud aérea/longitud radicular se registró en los plántones que fueron producidos empleando gallinaza y 6 ml de micorrizas donde el promedio fue 0,71, valores un poco inferiores se observó en el reporte realizado por Luque (2019) en donde el valor más alto fue de 0,89 al utilizar la gallinaza que fue añadido al sustrato constituido por tierra negra, arena y aserrín en proporción de 3-2-1, este resultado es favorable para que los plántones producidos en el presente estudio puedan adaptarse con mayor facilidad al terreno definitivo debido a que sus raíces son más largas que la parte aérea llegando a ser más eficiente en la captación de nutrientes y el agua que son esenciales para su crecimiento y desarrollo. Además, le servirá para que posean mejor estabilidad adicional a la planta, especialmente en suelos sueltos o en áreas propensas a la erosión, las raíces largas pueden anclarse en el suelo y ayudar a evitar que la planta se caiga o sea derribada por el viento (Prieto *et al.*, 1999).

Todos los plántones presentaron mejores valores de la relación altura total y longitud radicular, esto es muy favorable debido a que según Leyva *et al.* (2008), tener plántones que sean resistentes al estrés en función de las condiciones del suelo y del clima en el sitio de plantación, que tengan una capacidad fotosintética adecuada y reservas para un inicio vigoroso en el campo, contribuye a la formación de bosques de alta calidad ya que no existirá notoriedad en la presencia de un estrés posterior al establecimiento definitivo en terreno.

4.1.1.7. Relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz de *P. tecunumanii*

En el análisis de la varianza realizado con los datos correspondientes a la relación biomasa aérea con la biomasa radicular en los plantones de *P. tecunumanii* se determinó alta significancia estadística en el uso de diferentes dosis de micorrizas, en el caso de los abonos orgánicos empleados no se registró significancia estadística; también, se no hubo significancia estadística de la interacción entre los niveles de los dos factores en estudio. El coeficiente de variación registra que los datos obtenidos para dicha relación fueron heterogéneos (**Tabla 32**).

Tabla 32. ANVA para la relación BSA/BSR en plantones de *P. tecunumanii* por efecto de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Dosis de micorrizas	4,932	2	2,466	9,103	<0,001**
Abonos orgánicos	1,339	3	0,446	1,648	0,185 ^{ns}
Dosis de micorriza * Abonos orgánicos	0,346	6	0,058	0,213	0,972 ^{ns}
Error experimental	22,759	84	0,271		
Total	29,376	95			

ns: No significativo; **: Alta significancia estadística; CV: 22,42%.

En la comparación de medias mediante el test de Tukey, se obtuvo dos subconjuntos de los cuales el primero que reportó mejores promedios lo conformaron los plantones que recibieron la dosis de micorrizas de 3 y 6 ml con valores de 2,26 y 2,08 respectivamente (**Tabla 33**).

Tabla 33. Prueba Tukey para la relación BSA/BSR en plantones de *P. tecunumanii* por efecto de las dosis de micorrizas.

OM	Micorriza (ml)	N	Media	Subconjunto
1	Sin micorriza	32	2,62	b
2	3 ml de micorriza	32	2,26	a
3	6 ml de micorriza	32	2,08	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

El uso de las dos dosis de micorrizas favoreció en que los plantones de *P. tecunumanii* reporten mejores valores de la relación BSA/BSR en comparación

a los individuos que no presentaron micorrizas, esta práctica en el vivero es muy común ya que favorece en el crecimiento de la especie en estudio, tal es el caso de Huaraca (2020) que a pesar de realizar estudios correspondientes a las procedencias ha tenido que utilizar como complemento a su sustrato tierra micorrizada (proporción del 3,4% respecto al volumen total del sustrato) cuando los plántones presentaban una edad de cinco semanas de propagados, mientras que en el caso de Terán (2018) a pesar que no indica el uso de micorrizas pero sí considera en el sustrato como componentes a la acícula de pino molido (7,5%) y la corteza de pino molido (7,5%), reportando mejores resultados en el envase de tubetes y bajo Fertilizantes de Liberación Controlada (FLC) reportando que a los tres meses de aplicado los tratamientos, se obtuvieron promedios desde 1,50 hasta 1,97, siendo mejor aún el reporte sin fertilización donde la media fue 0,90; mientras que en el caso de emplear bolsas de polietileno la parte aérea de los plántones registraron mayores valores de biomasa registrando valores de dicha relación desde 1,68 hasta 2,24, mejorando su valor hasta 1,29 en el caso del testigo, con la cual se indicaría que la fertilización disminuye el valor de la relación BSA/BSR ya que hay mayor crecimiento en altura que la longitud de las raíces.

El sistema radicular fue favorecido en cierta medida por el uso de las micorrizas debido a que los plántones sin micorrizas tuvieron mayor valor de la relación entre la biomasa aérea con la biomasa radicular (**Tabla 33**), esto mejoró el valor de la calidad de dichos plántones ya que Sigala (2009) considera que, un individuo de alta calidad se caracteriza por tener un sistema de raíces que incluye una raíz principal bien desarrollada y recta, sin giros o enredos; este sistema radicular debe mostrar una alta proporción de fibras y contar con numerosos puntos de crecimiento activos. Además, Prieto *et al.* (1999) añaden que, a mayor sistema radical y número de raíces finas, el plántón tendrá mayores posibilidades de supervivencia en campo debido a que exploran mayor área de suelo, luego entonces tiene mayor capacidad de absorber agua y nutrientes. No obstante, si existe un desbalance con la parte aérea, se puede presentar problemas de tensión hídrica por diferencia entre la absorción de agua en la raíz y la transpiración en el follaje, esto pudiera ocurrir si se utilizaría a los plántones sin micorrizas ya que la parte aérea presenta 2,62 veces más biomasa respecto a la parte radicular.

La ventaja de que las micorrizas hayan incrementado de biomasa radicular favorece en mucho a los plántones como lo aclara Thompson (1985) que, la actividad de absorción de agua y nutrientes se concentra en las raíces más delgadas. Cuando una planta tiene un suministro abundante de agua, no se estimula el crecimiento de las raíces, pero en condiciones de escasez de agua, la planta necesita desarrollar su sistema radicular para alcanzar los nutrientes y agua (Leyva *et al.*, 2008).

4.1.1.8. Índice de calidad de Dickson de *P. tecunumanii*

En el análisis de la varianza realizado con los datos correspondientes al índice de calidad de Dickson en los plantones de *P. tecunumanii* se determinó alta significancia estadística en el uso de diferentes dosis de micorrizas, en el caso de los abonos orgánicos empleados se registró diferencias altamente significativas; también, se encontró significancia estadística entre los niveles de los dos factores en estudio con lo cual el análisis se enfocó en los efectos simples de las combinaciones. El coeficiente de variación registra que los datos obtenidos para la variable indicada fueron homogéneos (**Tabla 34**).

Tabla 34. ANVA para el índice de calidad de Dickson en plantones de *P. tecunumanii* por efecto de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Dosis de micorrizas	0,028	2	0,014	296,945	<0,001**
Abonos orgánicos	0,017	3	0,006	123,006	<0,001**
Dosis de micorriza * Abonos orgánicos	0,011	6	0,002	38,835	<0,001**
Error experimental	0,004	84	0,00005		
Total	0,060	95			

** : Alta significancia estadística; CV: 17,56%.

En los análisis de las varianzas ejecutadas para determinar los efectos simples, se registró significancia estadística al 99% de los niveles del factor A en B y también de los niveles del factor B sobre A (**Tabla 35**).

Tabla 35. ANVA resumido para el índice de calidad de Dickson en plantones de *P. tecunumanii* por efectos simples de las dosis de micorrizas y los abonos orgánicos.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Sin micorrizas (a ₁) vs Abonos orgánicos (B)	0,000	3	0,000	5,071	0,006**
3 ml de micorrizas (a ₂) vs Abonos orgánicos (B)	0,007	3	0,002	74,039	<0,001**
6 ml de micorrizas (a ₃) vs Abonos orgánicos (B)	0,021	3	0,007	68,468	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs sin abono orgánico (b ₁)	0,001	2	0,000	47,617	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs Guano de islas (b ₂)	0,018	2	0,009	223,132	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs Estiércol cuy (b ₃)	0,002	2	0,001	52,592	<0,001**
Dosis de micorrizas (A) vs Gallinaza (b ₄)	0,018	2	0,009	74,885	<0,001**

** : Alta significancia estadística.

En la comparación de medias de cada nivel del factor A sobre el factor B, al no utilizar dosis de micorriza en los plantones, los niveles del factor B presentan efectos significativos siendo mayor el índice de calidad de Dickson al utilizar guano de islas y gallinaza. Al utilizar 3 ml de micorrizas, se registró diferencias estadísticas en los niveles del factor B, donde el mayor promedio fue registrado al usar la gallinaza; en el caso de que se aplique 6 ml de micorriza a los plantones, se registra significancia en los niveles del factor B, siendo mejor los promedios al utilizar guano de islas y la gallinaza (**Tabla 36** y **Figura 13**).

Tabla 36. Comparación de medias del índice de calidad de Dickson en plantones de *P. tecunumanii* por efectos simples de los niveles de micorrizas sobre los abonos orgánicos.

Niveles de los factores	Micorrizas (0 ml)	Micorrizas (3 ml)	Micorrizas (6 ml)
Sin abono	0,021 ^{ab}	0,02 ^c	0,03 ^b
Guano de isla	0,022 ^a	0,03 ^b	0,08 ^a
Estiércol de cuy	0,018 ^b	0,02 ^c	0,04 ^b
Gallinaza	0,023 ^a	0,06 ^a	0,09 ^a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

Analizando cada nivel del factor B sobre el factor A, al no usar abono orgánico en los plantones, los niveles del factor A presentan significancia, resaltando mayor promedio del ICD al usar 6 ml de micorrizas. Al usar guano de islas en los plantones, se registró diferencias estadísticas en los niveles del factor A, siendo mejor al utilizar 6 ml de micorriza. Además, en el caso de emplear estiércol del cuy y también la gallinaza de manera independiente en los plantones, se registró significancia en los niveles del factor A, siendo mayor el promedio al usar 6 ml de micorrizas respectivamente (**Tabla 37** y **Figura 13**).

Tabla 37. Comparación de medias del índice de calidad de Dickson en plantones de *P. tecunumanii* por efectos simples de los niveles de abonos orgánicos sobre las dosis de micorrizas.

Niveles de los factores	sin abono	Guano de isla	Estiércol de cuy	Gallinaza
micorrizas (0 ml)	0,021 ^b	0,021 ^c	0,018 ^b	0,023 ^c
Micorrizas (3 ml)	0,02 ^b	0,03 ^b	0,02 ^b	0,06 ^b
Micorrizas (6 ml)	0,03 ^a	0,08 ^a	0,04 ^a	0,09 ^a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

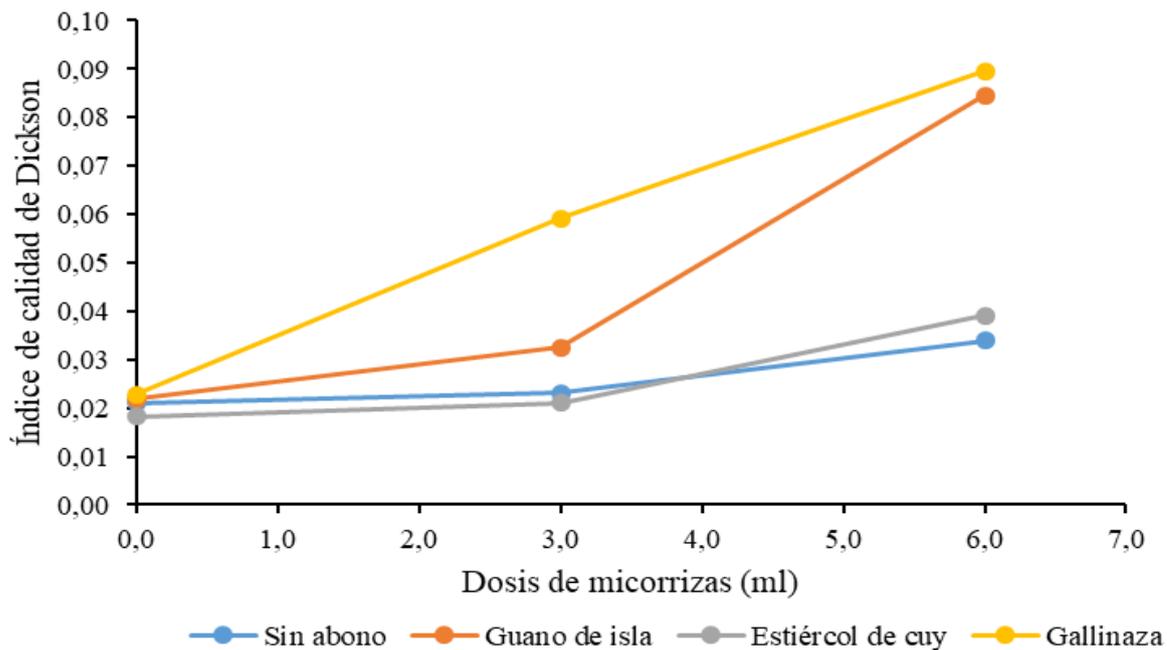


Figura 13. Índice de calidad de Dickson en plántones de *P. tecunumanii* por efectos de los abonos orgánicos y las dosis de micorrizas.

El índice de calidad de Dickson fueron bajos en *P. tecunumanii* debido a que esta variable posee una dependencia directa con el peso seco total (García, 2007), a pesar que los plántones poseen dimensiones sobresalientes, la biomasa que alcanzan en fase de vivero son bajas como lo reporta Luque (2019) donde el rango de los promedios fluctúa desde 0,12 g en el testigo hasta un 0,48 g al someterlas a un abonado con guano de islas, esto ratifica que los valores bajos representan plántones no muy bien balanceadas en sus dimensiones de la parte aérea y la parte radicular. Valores bajos correspondientes al ICD encontró también Huaraca (2020) al caracterizar la calidad de plántones de *P. tecunumanii* que se agrupaban por procedencias, siendo el valor de 0,138 cuando se utilizó semillas de árboles introducidos hace 30 años a Oxapampa y 0,0988 en el caso de que las semillas para realizar el experimento procedían del país de Honduras, a pesar que estos últimos fueron más desproporcionales se mantuvieron en la categoría de plántones con baja calidad.

Otros reportes de bajos valores respecto al ICD en el departamento de Oxapampa lo reportó Terán (2018) a pesar que utilizó Fertilizantes de Liberación Controlada (FLC) que a una edad de tres meses de aplicado los tratamientos, se obtuvieron promedios desde 0,11 hasta 0,18 (baja calidad) cuando se utilizó envases en tubetes, y al no fertilizarlas la calidad descende aún más donde el promedio fue 0,07 (baja calidad); mientras que, en el caso de que se opte por el uso de bolsas de polietileno y bajo fertilización

obtuvo desde 0,10 hasta 0,18 (baja calidad), además, en el caso de no fertilizarlas los plantones son más desproporcionadas su distribución de la parte aérea con la parte radicular donde la media registrada fue de 0,08 (baja calidad).

4.1.2. Parámetros fisiológicos

Los elementos nutricionales analizados en los tejidos de los plantones de *P. tecunumanii* fueron elevados con la cual se registró que los individuos analizados presentaban calidad alta respecto a estos indicadores fisiológicos, además, es notorio que en la parte aérea que lo conformaron el tallo y las hojas se encontró mayor contenido nutrimental en comparación a lo que posee en el sistema radicular (**Tabla 38**).

Tabla 38. Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en *P. tecunumanii* sometidas a tres combinaciones en estudio.

Combinaciones	Código	Parte	Nitrógeno (N)		Fósforo (P)		Potasio (K)	
			%	Calidad	%	Calidad	%	Calidad
Gallinaza + 3 ml micorriza	T ₈	Aérea	2,32	A	1,38	A	1,53	A
		Radicular	1,04	B	1,73	A	0,10	B
		Total	1,68	A	1,56	A	0,82	A
Guano de isla + 6 ml micorriza	T ₁₀	Aérea	1,99	A	2,24	A	1,42	A
		Radicular	1,19	B	1,83	A	0,19	B
		Total	1,59	A	2,04	A	0,81	A
Gallinaza + 6 ml micorriza	T ₁₂	Aérea	2,49	A	1,80	A	1,34	A
		Radicular	1,19	B	2,55	A	0,24	B
		Total	1,84	A	2,18	A	0,79	A

De acuerdo a la clasificación por categorías de calidad, se reportó alta calidad en las tres combinaciones de las 12 estudiadas, esto es favorable ya que de acuerdo a Rose *et al.* (1990) el concepto de calidad de los plantones se ha adoptado ampliamente entre los viveristas y se basa principalmente en las características morfológicas y fisiológicas de los plantones, que permiten evaluar su estado real y determinar si tienen las cualidades necesarias para garantizar su supervivencia y crecimiento en función de las condiciones específicas del sitio de plantación; con los resultados se estuviera ratificando que con el uso de la gallinaza y el guano de islas acompañado de las dosis de micorrizas los individuos presentan elevados contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio entre sus tejidos.

4.2. Determinación y comparación de la calidad de plántones de *P. tecunumanii* (pino rojo) empleando abonos orgánicos y micorriza en San Isidro, Huánuco, Perú

La categorización de la calidad en base a la altura total de los plántones registró que solamente dos tratamientos presentaron en promedio individuos de baja calidad, mientras que hubo seis tratamientos que alcanzaron alta calidad porque sus promedios fueron mayores o iguales a los 12 cm (**Tabla 39**), este comportamiento también fue ratificado por el estudio desarrollado por Luque (2019), quien reportó que, solamente al utilizar como sustrato tierra negra, arena y aserrín en proporción 3-2-1, sin la aplicación de ningún abono orgánico la calidad de sus plántones en dos viveros donde desarrolló su estudio obtuvo plántones de calidad media, mientras que, al aplicar abonos orgánicos como Guano de isla, Gallinaza o Mallki favorecieron en la altura reportando individuos con alta calidad.

En el caso del diámetro del tallo, *P. tecunumanii* solamente en la combinación de utilizar gallinaza y 6 ml de micorrizas obtuvo un promedio que calificó como individuos con calidad media, mientras que en el caso de las demás combinaciones la calificación fue de baja por registrar valores menores a los 2,5 mm (**Tabla 39**), resultados similares encontró Huaraca (2020) cuando también utilizó semillas adquiridas de Costa Rica con en el caso del presente estudio, en comparación de utilizar semillas que procedían de árboles ya adaptados con cerca de 30 años de edad que sus plántones lograron registrar diámetros con calidad media, esto también lo aclara Peñuelas y Ocaña (2000) cuando señala que, es importante tener en cuenta que el concepto de calidad de los plántones es relativo, ya que puede variar según factores como el clima (factor de posible implicancia a la adaptación), el tipo de suelo, la especie, los objetivos de la plantación y la época de siembra.

El índice de robustez fue de baja calidad en el caso de emplean solamente 3 y 6 ml de micorrizas, mientras que en las demás combinaciones e inclusive en el testigo se registró que la robustez fue calificada como individuos con calidad media porque los promedios fluctuaron desde 6 a 8; en el caso de la relación de la altura total con la longitud alcanzada por el sistema radicular registró una calificación de calidad alta para todas las combinaciones en estudio por presentar promedios menores o iguales a 2,0 (Tabla 40).

La relación entre la biomasa seca aérea con la biomasa seca del sistema radicular de *P. tecunumanii* lo clasificó a la mayoría de las combinaciones con un efecto sobre la calidad media ya que hubo en esta categoría siete combinaciones de las 12 consideradas en el estudio y solamente las combinaciones de guano de islas y la gallinaza, ambos de manera independientes combinadas con 6 ml de micorrizas favorecieron en obtener plántones de alta calidad por tener promedios menores o iguales a 2,0 (**Tabla 39**).

Tabla 39. Calidad de plantones de *P. tecunumanii* empleando abonos orgánicos y micorriza en vivero.

Variables	Micorriza (ml)		0				3				6			
	Abono orgánico	Sin	GI	EC	Gallinaza	Sin	GI	EC	Gallinaza	Sin	GI	EC	Gallinaza	
	Código	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	
Altura (cm)	Media	8,81	10,99	9,73	11,55	11,88	12,25	11,85	13,39	12,56	14,74	13,11	16,69	
	Calidad	B	M	B	M	M	A	M	A	A	A	A	A	
DAC (mm)	Media	1,18	1,47	1,38	1,60	1,30	1,78	1,56	2,09	1,31	2,34	1,90	2,62	
	Calidad	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	M	
Robustez	Media	7,47	7,46	7,04	7,21	9,11	6,88	7,60	6,41	9,62	6,31	6,91	6,38	
	Calidad	M	M	M	M	B	M	M	M	B	M	M	M	
R LA/LR	Media	1,20	0,87	0,84	0,85	0,81	0,78	0,80	0,74	0,75	0,72	0,75	0,71	
	Calidad	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
R BSA/BSR	Media	2,92	2,51	2,64	2,44	2,32	2,26	2,31	2,15	2,22	1,98	2,18	1,95	
	Calidad	B	B	B	M	M	M	M	M	M	A	M	A	
ICD	Media	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,06	0,03	0,08	0,04	0,09	
	Calidad	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Total	Calidad	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	M	

DAC: Diámetro del tallo.

ICD: índice de calidad de Dickson.

GI: Guano de islas.

EC: Estiércol de cuy.

B: Calidad baja.

M: Calidad media.

A: Calidad alta.

De manera general, el índice de calidad de Dickson lo considera como plantones de baja calidad al utilizar todas las combinaciones en estudio y también reclasificando todos los indicadores morfológicos se encontró solamente al combinar gallinaza con 6 ml de micorrizas (T₁₂) que los individuos presentaban una calidad media, caso contrario se observaron para las demás combinaciones donde la calidad que presentaban fue baja (**Tabla 39**). De acuerdo a la categorización final de la calidad, se reportaría que los plantones producidos no se adaptarían de manera adecuada al terreno definitivo, esto lo considera Mas (2003) al recalcar que, un individuo de alta calidad aumenta su probabilidad de que sobrevivan y se desarrollen adecuadamente una vez que se establecen en su ubicación definitiva; valores de baja calidad en la especie en estudio encontró Terán (2018), al respecto justificó que, el Índice de Calidad de Dickson (ICD) no proporciona una mejora en la capacidad de predecir la calidad de los plantones, por lo tanto, se sugiere que es más apropiado utilizar el índice de robustez, ya que este índice ofrece una mejor predicción de la supervivencia y el crecimiento saludable de los plantones en cualquier tipo de entorno de plantación, basada en dicha posición, se contaría con 10 combinaciones de los 12 estudiados que estaría presentando una calidad media en base al índice de robustez con la cual se estaría garantizando el buen comportamiento inicial luego de se establecidos en terreno definitivo.

Se determinó baja calidad de los plantones de *P. tecunumanii* a excepción de los individuos sometidos a la combinación T₁₂, esto pudo estar vinculado a muchos aspectos como lo señalan Leyva *et al.* (2008) el sustrato que se utilizó, el tamaño de las bolsas de polietileno, los elementos nutricionales, la cantidad y frecuencia de riego así como también suele incluir a las condiciones ambientales, este último aspecto es de suma importancia debido a que las semillas tenían como procedencia el país de Costa Rica con condiciones distintas y los plantones procedentes de semillas introducidas enfrentan el desafío de adaptarse a un nuevo conjunto de condiciones climáticas y ambientales en su nuevo hábitat; algunas especies pueden adaptarse con éxito y convertirse en invasivas, mientras que otras pueden tener dificultades para sobrevivir y reproducirse en un entorno diferente al de su hábitat nativo. La adaptación de una especie vegetal introducida depende de su plasticidad genética, su capacidad para competir con las especies nativas y su capacidad para aprovechar los recursos disponibles en su nuevo entorno.

V. CONCLUSIONES

1. La aplicación de 20 g de gallinaza y 6 ml de micorrizas al sustrato (T₁₂) generó plantones de *P. tecunumanii* con mayores promedios de los parámetros morfométricos, mientras que el T₈, T₁₀ y T₁₂ registraron alta calidad fisiológica.
2. Solamente el T₁₂ favoreció en obtener plantones de *P. tecunumanii* con calidad media, siendo superior a los demás tratamientos e inclusive el testigo que calificaron de calidad baja.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. En estudios con *P. tecunumanii*, se debe considerar un monitoreo permanente de todos los indicadores de la variable calidad de plántones con la finalidad de encontrar la edad adecuada para que se puedan tomar decisiones correspondientes al traspaso hacia terreno definitivo y se tenga mayor éxito en la supervivencia y crecimiento inicial pos plantación.
2. Realizar estudios en donde se efectúen aplicaciones periódicas del abono orgánico gallinaza ya sea en base a 15 o 30 días con la finalidad de mejorar los aspectos morfológicos de los plántones de *P. tecunumanii* en el menor tiempo durante la etapa de vivero.
3. En estudios respecto a la calidad de los plántones de especies introducidas y nativas, se debe considerar variables intervinientes como el clima, el tipo de suelo, los objetivos de la plantación y la época de siembra con la finalidad de que se puedan replicar la información generada para mejorar la calidad de las plantaciones forestales.

VII. REFERENCIAS

- Agrobosques. (2012). *Ficha informativa "pino"*. Agrobosques. https://00291625034510877908.googlegroups.com/attach/f610ea8fd569d63/FICHA%20INFORMATIVA%20PINO%20TECUNUMANII.pdf?part=0.1&view=1&vt=ANaJVrHglS7_iTxlJz76vb9l8jdDCMOh7fmz_hdD0x-uk41EYg-Q4IHbDr0WADxmDSZDBSw_DnMm0UT74yWBtc_87sqa-YjebBKbIqFIO0L4e31uOpRg5k
- Aliaga, B. J. (1984). *Manual práctico del Cafetalero*. EDIAGRARIA UNA.
- Bierchler, T., Rose, R. W., Royo, A., y Pardos, M. (1998). *La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica*. Oregon State University y Universidad Politécnica de Madrid.
- Blanco, E. L., y Centeno, L. R. (2020). *Efecto de cuatro tipos de sustratos y tres envases en la obtención de plántulas de pino (Pinus tecunumanii) en vivero, anexo Marapata – Paucartambo – Pasco 2017* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio institucional UNDAC. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2821>
- Bockor, L. (1986). *Resultados preliminares de los ensayos de especies y procedencias en campo abierto*. GTZ, INFOR, CENFOR.
- Bonilla, D. E. (1992). *Respuesta de Pinus rudis Endl., a la fertilización de vivero* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo].
- Cárdenas, E. (2013). *Efecto de hidrogel en el crecimiento inicial de Guazuma crinita Mart., Pinus tecunumanii (Eguiluz & Perry) y Cedrela fissilis Vell. - distrito de Pichanaqui* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3982>
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [CATIE]. (2000). *Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina*. CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2959>
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [CATIE]. (1997). *Nota técnica sobre manejo de semillas forestales (Gliricidia sepium Jacquin)*. CATIE.
- Cerda, D. A. (2007). *Evaluación de la diversidad genética de poblaciones naturales de Pinus tecunumanii de Nicaragua, mediante el uso de marcadores RAPDs*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2009). *Criterios técnicos para la producción de especies forestales de ciclo corto (rápido crecimiento), con fines de restauración*.

- CONAFOR. <https://www.conafor.gob.mx/apoyos/docs/adjuntos/8afff80b7762272f5a0e0da39ba49b31.pdf>
- Córdova, S. T. (2006). *Características de sustratos y su influencia en la producción de plántulas de Pinus patula Schl et Cham*. COLPOS.
- Cuevas, R. R. (1995). *Viveros forestales. Calidad de planta*. CENID-COMEF. INIFAP.
- Duryea, M. L. (1985). Evaluating seedling quality: Importance to reforestation. In: Duryea, M. L. (Ed.). *Evaluating seedling quality: Principles, procedures and predictive abilities of major test*. Oregon State University, Corvallis.
- Dvorak, W., Hodge, G., y Romero, J. (1995). *Resultados de veinte años de investigación sobre el Pinus tecunumanii por la Cooperativa de CAMCORE*.
- Faccini, D., y Puricelli, E. (2006). Efecto de la temperatura y de la luz sobre la germinación de *Nicotiana longiflora* Cavanites y *Oenothera indecora* Camb. *Agriscientia*, 22, 15-21.
- Gallegos, M. S. (1989). *Influencia del sustrato y dosis de fertilización en el crecimiento de Pinus cembroides Zucc. Bajo condiciones de vivero* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo].
- Gallo, Á. J. (2014). *Estudio comparativo de dos técnicas de secado natural de la especie Pinus tecunumanii Eguiluz y Perry en la ciudad de Villa Rica. Tingo María-Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- García, L. E. (1990). *Efecto del sustrato y fertilización en el crecimiento de Pinus greggii Engelm., en vivero* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo].
- García, M. A. (2007). *Importancia de la calidad del plantín forestal*. XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Área Forestal de la EEA Concordia del INTA.
- García, M. J. (1985). Ensayo de fertilización con plántulas de *Pinus douglasiana* Mtz., en vivero. *Pub. Esp. Inst. Nal. Invest. For.*, 45(1), 440-452.
- Grupo para la Filogenia de las Angiospermas [APG]. (2009). *Sistema de clasificación APG III*. EFN. <http://www.efn.uncor.edu/departamentos/divbioeco/divveg2/CLADOS%20curso%202010.pdf>.
- Haase, D. L. (2007). Morphological and physiological evaluations of seedling quality. In: Riley, L. E.; R. K. Dumroese, and T. D. Landis (Tech. Coords.). *National proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations-2006*. Proc. RMRS-P-50. Fort Collins, Co. USDA, Forest Service.
- Hartman, T., y Kestler, E. (1988). *Propagación de plantas; principio y práctica* (2 ed). McGraw-Hill.

- Hernandez, I., Flores, C., Cornejo, E., y Valencia, S. (2002). *Crecimiento de tres especies de pino en una plantación establecida en Santiago Comaltepec, Ixtlán, Oaxaca*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. P. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed.). Mc Graw Hill.
- Holdridge, L. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. Trad. por Humberto Jiménez Saa.
- Huaraca, M. R. (2020). *Caracterización de la calidad de plantones de dos procedencias de Pinus Tecunumanii en fase de vivero – Oxapampa* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional LAMOLINA. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4594>
- Johnson, M. J., Cline, M. L. (1991). Seedling quality of southern pines. In: M. L. Duryea and P. M. Dougherty (eds). *Forest Regeneration Manual*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht/Boston/London.
- Juan De Dios, C. (2015). *Efecto de sustratos comerciales en la germinación y crecimiento inicial de Pinus oocarpa Schiede ex Schlttdl. y Pinus tecunumanii F. Schwerdtf. ex Eguluz & J. P. Perry en condiciones de vivero – San Ramón – Chanchamayo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
- Landis, T. D. (1985). Mineral nutrition as an index of seedling quality, In Duryea, M. L.(Ed.). *Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major test*. Oregon State University, Corvallis.
- Landis, T. D. (1989). *Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor – Volumen cuatro – Fertilización y Riego, Capítulo 1 – Nutrientes Minerales y Fertilización*.
- Landis, T. D. (1989). *Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor – Volumen cuatro – Fertilización y Riego, Capítulo 2 – Riego y Manejo del Agua*.
- Landis, T. D., Tinus, R. W., Mcdonald, S. E., & Barnett, J. P. (1990). Containers and growing media. En *The container tree nursery manual*. Washington D.C; U.S. Department of Agriculture, Forest Service: Agric. Handdbk.
- Leyva, R. F., Rosell, P. R., Ramírez, R. A., y Romero, R. I. (2008). *Manejo de endurecimiento por riego para elevar la calidad de las plantas de Eucalyptus sp. cultivadas en vivero de la Unidad Silvícola Campechuela*. Universidad de Granma.
- López, J. J. (2020). *Efecto de sustratos y fertilizantes en la optimización del crecimiento de plántulas de Pinus tecunumanii (Schw.) en condiciones de vivero* [Tesis de pregrado,

- Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional LAMOLINA. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4389>
- Luque, E. G. (2019). *Efecto de sustratos y abonos orgánicos en la germinación y crecimiento inicial de Pinus tecunumanii Eguluz & J. P. Perry “pino rojo” en condiciones de laboratorio y viveros* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1624>
- Más, P. J. (2003). *Guía práctica para la producción de planta en un vivero*. Boletín Técnico. Comisión Forestal del Estado de Michoacán.
- Mendo, D. V. (2023). *Producción de plantones de Pinus tecunumanii a partir de espumas fenólicas y fertilizante en fase de vivero* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional LAMOLINA. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5840>
- Mexal, J. G., & Landis, T. D. (1990). Target seedling concepts: height and diameter. In: Rose, R. S. J. Campbell y T. d. Landis (eds). *Target seedling imposium Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations*. General Technical Report R. M-200.
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., y Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa – cualitativa y redacción de tesis* (4 ed.). Ediciones de la U.
- Olivares, A. A. (1995). *Ensayo de fertilización con nitrógeno y fósforo en Pinus pseudostrabus Lindl., bajo condiciones de vivero* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo].
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2005). *Especies de pino de importancia económica*. FAO. www.fao-sict.un.hn.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (1999).
- Palomino, J., Barra, M., Bohórquez, M., Sosa, G., y Hurtado, W. (1991). *Resultados preliminares de los ensayos de especies y procedencias en campo abierto*. GTZ, INIA.
- Paz, M., Rodríguez, D. A., Villanueva, A., y Borja, M. A. M. (2023). Fertilización, calidad de planta y supervivencia en campo de *Pinus* spp. en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 14(76), 71-92. DOI: 10.29298/rmcf.v14i76.1324.
- Peñuelas, J., y Ocaña, L. (1996). Cultivo de once especies mediterráneas en vivero: Implicaciones prácticas. *Revista Ecología*, 15, 213-223.
- Peñuelas, R. J. L., y Ocaña, B. L. (2000). *Cultivo de plantas forestales en contenedor*. Ediciones Mundi Prensa.

- Pineda, T., Flores, E., Flores, A., Buendía, E., Guerra, V., e Islas, F. (2020). Calidad de planta de seis especies del género *Pinus* producidas en bolsas de polietileno. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 11(62), 165-174. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i62.809>
- Prieto, R. J. A., Sígala, R. J. A., Pinedo, L. H. S., García, R. J. L., Madrid, A. R. E., García, P. J. L., y Mejía, B. J. M. (2009). *Calidad de planta en los viveros forestales del Estado de Durango*. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP.
- Prieto, R. J. A., Vera, C. G., y Merlín, B. E. (2003). *Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero*. INIFAP.
- Prieto, R. J. A., Vera, C., y Merlín, B. E. (1999). *Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación*. Folleto técnico número 12. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAP-SAGAR.
- Pulgar, V. (1938). *Las ocho regiones naturales del Perú*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia.
- Rodríguez, T. D. A. (2008). *Indicadores de calidad de planta forestal*. Ed. Mundi Prensa.
- Rodríguez-Carrillo, M., y 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. DOI: <https://doi.org/10.21704/rea.v20i2.1809>
- Rodríguez-Ortiz, G., Aragón-Peralta, R. D., Enríquez-del Valle, J. R., Hernández-Hernández, A., Santiago-García, W., y Campos-Angeles, G. V. (2020). Calidad de plántula de progenies selectas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. var. *oaxacana* del sur de México. *Interciencia*, 45(2), 96-101. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33962521007>
- Romero, W. D. (2023). *Comparativo de tres sustratos y dos fuentes de micorriza en la producción de pino (Pinus radiata D. Don) en bandejas bajo condiciones del vivero agroforestal K'ayra, San Jerónimo – Cusco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio institucional UNSAAC. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/7932>
- Rose, R., Carlson, W. C., & Morgan, P. (1990). The target seedling concept. In: R. Rose, S.J. Campbell, and T. D. Landis, (Eds.). *Target seedling symposium: Proceedings Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations*. GTR RM - 200. USDA.
- Sáenz, J. T., Muñoz, H. J., Villaseñor, F., Prieto, J. A., y Rueda, A. (2010). *Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán*. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan.

- Salcido-Ruiz, S., Prieto-Ruíz, J. A., García-Rodríguez, J. L., Santana-Aispuro, E., y Chávez-Simental, J. A. (2021). *Pinus greggii* Engelm.: Respuesta a la inoculación micorrícica controlada y a la fertilización en vivero. *Agrociencia*, 55(3), 273-290. DOI: <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i3.2419>
- Seedexport. (2023). *Pinos. Semilla de pino tecunumanii*. <https://seedexportgt.com/product/semilla-de-pino-tecunumanii/>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2023). *Datos Hidrometeorológicos en Huánuco. Estación meteorológica La Divisoria*. SENAMHI. <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=huanuco&p=estaciones>
- Sigala, R. J. A. (2009). *Calidad de planta en diez viveros forestales del estado de Durango*. UACH.
- Stanier, R. Y. (1984). *Microbiología*. Reverté.
- Terán, A. C. (2018). *Efecto de dos fertilizantes de liberación controlada sobre el crecimiento de Pinus tecunumanii en la etapa de vivero – Oxapampa* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional LAMOLINA. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3180/teran-soto-anton-cesar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Thompson, B. E. (1985). Seedling morphological evaluation. What you can tell by looking. Duryea, M. L. (Ed.). *Evaluating seedling quality: Principles, procedures and predictive abilities of major test*. Oregon State University, Corvallis. USDA, Forest Service.
- Toral, I. M. (1997). *Concepto de calidad de plantas en viveros forestales*. Documento técnico. PRODENFO-SEFUNCO.

ANEXOS

Anexo 1. Base de datos

Tabla 40. Valores y categorización de la altura y DAC en plantones de *P. tecunumanii* por tratamientos.

Trat	Micorriza (ml)	Abono orgánico	Rep	Altura (cm)	Calidad	DAC (mm)	Calidad
1	0	1	1	8,6	B	1,17	B
1	0	1	2	8,9	B	1,2	B
1	0	1	3	9,2	B	1,25	B
1	0	1	4	9,1	B	1,15	B
1	0	1	5	8,3	B	1,15	B
1	0	1	6	8,8	B	1,12	B
1	0	1	7	8,5	B	1,17	B
1	0	1	8	9,1	B	1,23	B
2	0	2	1	10,7	M	1,51	B
2	0	2	2	10,4	M	1,44	B
2	0	2	3	10,6	M	1,47	B
2	0	2	4	11,3	M	1,43	B
2	0	2	5	11,1	M	1,46	B
2	0	2	6	10,9	M	1,49	B
2	0	2	7	11,4	M	1,52	B
2	0	2	8	11,5	M	1,47	B
3	0	3	1	10,1	M	1,42	B
3	0	3	2	10,2	M	1,41	B
3	0	3	3	9,4	B	1,32	B
3	0	3	4	9,8	B	1,36	B
3	0	3	5	8,9	B	1,41	B
3	0	3	6	9,6	B	1,41	B
3	0	3	7	9,7	B	1,34	B
3	0	3	8	10,1	M	1,38	B
4	0	4	1	12,4	A	1,61	B
4	0	4	2	11,7	M	1,6	B
4	0	4	3	10,5	M	1,67	B
4	0	4	4	11,6	M	1,56	B
4	0	4	5	11,9	M	1,56	B
4	0	4	6	10,4	M	1,63	B
4	0	4	7	12,3	A	1,56	B
4	0	4	8	11,6	M	1,64	B
5	3	1	1	11,4	M	1,27	B
5	3	1	2	12,6	A	1,33	B
5	3	1	3	11,6	M	1,31	B
5	3	1	4	12,3	A	1,33	B
5	3	1	5	11,2	M	1,26	B

Trat	Micorriza (ml)	Abono orgánico	Rep	Altura (cm)	Calidad	DAC (mm)	Calidad
5	3	1	6	12,3	A	1,31	B
5	3	1	7	12,0	A	1,3	B
5	3	1	8	11,6	M	1,32	B
6	3	2	1	12,1	A	1,78	B
6	3	2	2	11,3	M	1,75	B
6	3	2	3	11,7	M	1,72	B
6	3	2	4	11,8	M	1,8	B
6	3	2	5	12,5	A	1,77	B
6	3	2	6	13,1	A	1,78	B
6	3	2	7	12,3	A	1,84	B
6	3	2	8	13,2	A	1,8	B
7	3	3	1	11,9	M	1,49	B
7	3	3	2	11,6	M	1,57	B
7	3	3	3	10,8	M	1,59	B
7	3	3	4	11,4	M	1,56	B
7	3	3	5	11,7	M	1,51	B
7	3	3	6	12,3	A	1,64	B
7	3	3	7	12,7	A	1,59	B
7	3	3	8	12,4	A	1,53	B
8	3	4	1	13,1	A	2,08	B
8	3	4	2	12,3	A	1,99	B
8	3	4	3	13,2	A	2,16	B
8	3	4	4	13,5	A	1,94	B
8	3	4	5	12,4	A	2,15	B
8	3	4	6	14,1	A	2,14	B
8	3	4	7	14,3	A	2,14	B
8	3	4	8	14,2	A	2,11	B
9	6	1	1	11,9	M	1,25	B
9	6	1	2	13,4	A	1,33	B
9	6	1	3	12,3	A	1,39	B
9	6	1	4	13,2	A	1,34	B
9	6	1	5	12,0	A	1,29	B
9	6	1	6	12,2	A	1,34	B
9	6	1	7	13,1	A	1,28	B
9	6	1	8	12,4	A	1,24	B
10	6	2	1	13,6	A	2,35	B
10	6	2	2	16,1	A	2,34	B
10	6	2	3	14,8	A	2,32	B
10	6	2	4	15,1	A	2,33	B
10	6	2	5	17,0	A	2,31	B
10	6	2	6	13,9	A	2,36	B
10	6	2	7	14,1	A	2,31	B
10	6	2	8	13,3	A	2,37	B

Trat	Micorriza (ml)	Abono orgánico	Rep	Altura (cm)	Calidad	DAC (mm)	Calidad
11	6	3	1	13,8	A	1,95	B
11	6	3	2	12,4	A	1,87	B
11	6	3	3	13,1	A	1,86	B
11	6	3	4	14,1	A	1,89	B
11	6	3	5	11,9	M	1,91	B
11	6	3	6	12,3	A	1,91	B
11	6	3	7	13,9	A	1,85	B
11	6	3	8	13,4	A	1,94	B
12	6	4	1	18,3	A	2,62	M
12	6	4	2	18,2	A	2,58	M
12	6	4	3	15,9	A	2,58	M
12	6	4	4	17,2	A	2,72	M
12	6	4	5	15,2	A	2,63	M
12	6	4	6	18,1	A	2,64	M
12	6	4	7	15,9	A	2,55	M
12	6	4	8	14,7	A	2,62	M

T₁: Pino sin micorriza y sin abono

T₂: Pino sin micorriza y con 20 g de guano de isla

T₃: Pino sin micorriza y con 20 g de estiércol de cuy

T₄: Pino sin micorriza y con 20 g de gallinaza

T₅: Pino con 3 ml de micorrizas y sin abono

T₆: Pino con 3 ml de micorrizas y con 20 g de guano de isla

T₇: Pino con 3 ml de micorrizas y con 20 g de estiércol de cuy

T₈: Pino en 3 ml de micorrizas y con 20 g de gallinaza

T₉: Pino con 6 ml de micorrizas y sin abono

T₁₀: Pino con 6 ml de micorrizas y con 20 g de guano de isla

T₁₁: Pino con 6 ml de micorrizas y con 20 g de estiércol de cuy

T₁₂: Pino en 6 ml de micorrizas y con 20 g de gallinaza

DAC: Diámetro del tallo a nivel del cuello

Tabla 41. Valores y categorización del IR, LR y R LA/LR en plantones de *P. tecunumanii* por tratamientos.

Trat	Micorriza (ml)	Abono orgánico	Rep	IR	Calidad	LR (cm)	R LA/LR	Calidad
1	0	1	1	7,35	M	7,40	1,16	A
1	0	1	2	7,42	M	6,90	1,29	A
1	0	1	3	7,36	M	6,60	1,39	A
1	0	1	4	7,91	M	8,10	1,12	A
1	0	1	5	7,22	M	6,30	1,32	A
1	0	1	6	7,86	M	7,50	1,17	A
1	0	1	7	7,26	M	8,60	0,99	A
1	0	1	8	7,40	M	8,10	1,12	A
2	0	2	1	7,09	M	12,40	0,86	A
2	0	2	2	7,22	M	9,80	1,06	A
2	0	2	3	7,21	M	11,60	0,91	A
2	0	2	4	7,90	M	13,80	0,82	A
2	0	2	5	7,60	M	12,60	0,88	A
2	0	2	6	7,32	M	16,90	0,64	A
2	0	2	7	7,50	M	12,90	0,88	A

Trat	Micorriza (ml)	Abono orgánico	Rep	IR	Calidad	LR (cm)	R LA/LR	Calidad
2	0	2	8	7,82	M	13,40	0,86	A
3	0	3	1	7,11	M	11,50	0,88	A
3	0	3	2	7,23	M	11,90	0,86	A
3	0	3	3	7,12	M	9,20	1,02	A
3	0	3	4	7,21	M	13,80	0,71	A
3	0	3	5	6,31	M	13,10	0,68	A
3	0	3	6	6,81	M	9,60	1,00	A
3	0	3	7	7,24	M	11,30	0,86	A
3	0	3	8	7,32	M	14,50	0,70	A
4	0	4	1	7,70	M	14,10	0,88	A
4	0	4	2	7,31	M	13,20	0,89	A
4	0	4	3	6,29	M	16,30	0,64	A
4	0	4	4	7,44	M	13,70	0,85	A
4	0	4	5	7,63	M	15,30	0,78	A
4	0	4	6	6,38	M	12,40	0,84	A
4	0	4	7	7,88	M	11,60	1,06	A
4	0	4	8	7,07	M	13,30	0,87	A
5	3	1	1	8,98	B	13,40	0,85	A
5	3	1	2	9,47	B	14,10	0,89	A
5	3	1	3	8,85	B	15,20	0,76	A
5	3	1	4	9,25	B	14,10	0,87	A
5	3	1	5	8,89	B	16,90	0,66	A
5	3	1	6	9,39	B	15,30	0,80	A
5	3	1	7	9,23	B	14,70	0,82	A
5	3	1	8	8,79	B	14,60	0,79	A
6	3	2	1	6,80	M	17,40	0,70	A
6	3	2	2	6,46	M	14,90	0,76	A
6	3	2	3	6,80	M	16,60	0,70	A
6	3	2	4	6,56	M	15,10	0,78	A
6	3	2	5	7,06	M	18,30	0,68	A
6	3	2	6	7,36	M	13,70	0,96	A
6	3	2	7	6,68	M	13,50	0,91	A
6	3	2	8	7,33	M	17,80	0,74	A
7	3	3	1	7,99	M	14,50	0,82	A
7	3	3	2	7,39	M	16,20	0,72	A
7	3	3	3	6,79	M	13,30	0,81	A
7	3	3	4	7,31	M	12,80	0,89	A
7	3	3	5	7,75	M	15,40	0,76	A
7	3	3	6	7,50	M	16,40	0,75	A
7	3	3	7	7,99	M	15,20	0,84	A
7	3	3	8	8,10	B	15,90	0,78	A
8	3	4	1	6,30	M	16,20	0,81	A
8	3	4	2	6,18	M	19,40	0,63	A

Trat	Micorriza (ml)	Abono orgánico	Rep	IR	Calidad	LR (cm)	R LA/LR	Calidad
8	3	4	3	6,11	M	16,80	0,79	A
8	3	4	4	6,96	M	17,50	0,77	A
8	3	4	5	5,77	A	17,30	0,72	A
8	3	4	6	6,59	M	21,40	0,66	A
8	3	4	7	6,68	M	16,90	0,85	A
8	3	4	8	6,73	M	20,40	0,70	A
9	6	1	1	9,52	B	15,70	0,76	A
9	6	1	2	10,08	B	16,90	0,79	A
9	6	1	3	8,85	B	19,40	0,63	A
9	6	1	4	9,85	B	15,10	0,87	A
9	6	1	5	9,30	B	18,20	0,66	A
9	6	1	6	9,10	B	17,90	0,68	A
9	6	1	7	10,23	B	16,50	0,79	A
9	6	1	8	10,00	B	14,80	0,84	A
10	6	2	1	5,79	A	21,40	0,64	A
10	6	2	2	6,88	M	19,80	0,81	A
10	6	2	3	6,38	M	18,20	0,81	A
10	6	2	4	6,48	M	23,90	0,63	A
10	6	2	5	7,36	M	22,70	0,75	A
10	6	2	6	5,89	A	18,40	0,76	A
10	6	2	7	6,10	M	19,40	0,73	A
10	6	2	8	5,61	A	21,20	0,63	A
11	6	3	1	7,08	M	17,30	0,80	A
11	6	3	2	6,63	M	16,80	0,74	A
11	6	3	3	7,04	M	18,70	0,70	A
11	6	3	4	7,46	M	19,20	0,73	A
11	6	3	5	6,23	M	20,10	0,59	A
11	6	3	6	6,44	M	17,30	0,71	A
11	6	3	7	7,51	M	14,50	0,96	A
11	6	3	8	6,91	M	17,60	0,76	A
12	6	4	1	6,98	M	23,20	0,79	A
12	6	4	2	7,05	M	24,10	0,76	A
12	6	4	3	6,16	M	29,30	0,54	A
12	6	4	4	6,32	M	25,70	0,67	A
12	6	4	5	5,78	A	23,40	0,65	A
12	6	4	6	6,86	M	22,60	0,80	A
12	6	4	7	6,24	M	25,10	0,63	A
12	6	4	8	5,61	A	18,30	0,80	A

T₁: Pino sin micorriza y sin abonoT₂: Pino sin micorriza y con 20 g de guano de islaT₃: Pino sin micorriza y con 20 g de estiércol de cuyT₄: Pino sin micorriza y con 20 g de gallinazaT₅: Pino con 3 ml de micorrizas y sin abonoT₆: Pino con 3 ml de micorrizas y con 20 g de guano de islaT₇: Pino con 3 ml de micorrizas y con 20 g de estiércol de cuyT₈: Pino en 3 ml de micorrizas y con 20 g de gallinazaT₉: Pino con 6 ml de micorrizas y sin abonoT₁₀: Pino con 6 ml de micorrizas y con 20 g de guano de islaT₁₁: Pino con 6 ml de micorrizas y con 20 g de estiércol de cuyT₁₂: Pino en 6 ml de micorrizas y con 20 g de gallinaza

Tabla 42. Valores del PFA, PFR, PFT, PSA, PSR y PST en plantones de *P. tecunumanii* por tratamientos.

Trat	Micorriza (ml)	Abono orgánico	Rep	PFA (g)	PFR (g)	PFT (g)	PSA (g)	PSR (g)	PST (g)
1	0	1	1	0,27	0,14	0,41	0,15	0,07	0,22
1	0	1	2	0,28	0,12	0,40	0,18	0,06	0,24
1	0	1	3	0,25	0,10	0,35	0,14	0,06	0,20
1	0	1	4	0,19	0,14	0,33	0,16	0,05	0,21
1	0	1	5	0,21	0,09	0,30	0,17	0,04	0,21
1	0	1	6	0,31	0,11	0,42	0,19	0,06	0,25
1	0	1	7	0,30	0,14	0,44	0,17	0,05	0,22
1	0	1	8	0,18	0,11	0,29	0,13	0,07	0,20
2	0	2	1	0,26	0,13	0,39	0,15	0,05	0,20
2	0	2	2	0,28	0,12	0,40	0,14	0,06	0,20
2	0	2	3	0,31	0,15	0,46	0,17	0,06	0,23
2	0	2	4	0,23	0,18	0,41	0,14	0,08	0,22
2	0	2	5	0,28	0,21	0,49	0,17	0,07	0,24
2	0	2	6	0,30	0,12	0,42	0,18	0,06	0,24
2	0	2	7	0,24	0,13	0,37	0,12	0,08	0,20
2	0	2	8	0,31	0,16	0,47	0,16	0,05	0,21
3	0	3	1	0,32	0,14	0,46	0,12	0,05	0,17
3	0	3	2	0,20	0,16	0,36	0,14	0,06	0,20
3	0	3	3	0,25	0,10	0,35	0,13	0,04	0,17
3	0	3	4	0,29	0,15	0,44	0,15	0,07	0,22
3	0	3	5	0,20	0,12	0,32	0,09	0,05	0,14
3	0	3	6	0,21	0,08	0,29	0,11	0,03	0,14
3	0	3	7	0,24	0,15	0,39	0,12	0,06	0,18
3	0	3	8	0,33	0,16	0,49	0,14	0,04	0,18
4	0	4	1	0,39	0,23	0,62	0,16	0,08	0,24
4	0	4	2	0,28	0,20	0,48	0,14	0,05	0,19
4	0	4	3	0,34	0,18	0,52	0,16	0,07	0,23
4	0	4	4	0,29	0,23	0,52	0,17	0,06	0,23
4	0	4	5	0,30	0,26	0,56	0,12	0,06	0,18
4	0	4	6	0,28	0,19	0,47	0,16	0,05	0,21
4	0	4	7	0,36	0,30	0,66	0,19	0,08	0,27
4	0	4	8	0,34	0,25	0,59	0,14	0,07	0,21
5	3	1	1	0,40	0,28	0,68	0,21	0,09	0,30
5	3	1	2	0,39	0,30	0,69	0,16	0,08	0,24
5	3	1	3	0,45	0,28	0,73	0,2	0,06	0,26
5	3	1	4	0,36	0,29	0,65	0,14	0,07	0,21
5	3	1	5	0,37	0,30	0,67	0,18	0,08	0,26
5	3	1	6	0,42	0,35	0,77	0,21	0,09	0,30
5	3	1	7	0,35	0,31	0,66	0,17	0,08	0,25

Trat	Micorriza (ml)	Abono orgánico	Rep	PFA (g)	PFR (g)	PFT (g)	PSA (g)	PSR (g)	PST (g)
5	3	1	8	0,41	0,29	0,70	0,2	0,09	0,29
6	3	2	1	0,49	0,33	0,82	0,24	0,09	0,33
6	3	2	2	0,38	0,28	0,66	0,18	0,07	0,25
6	3	2	3	0,43	0,35	0,78	0,16	0,08	0,24
6	3	2	4	0,46	0,39	0,85	0,2	0,1	0,30
6	3	2	5	0,48	0,36	0,84	0,27	0,12	0,39
6	3	2	6	0,37	0,29	0,66	0,22	0,09	0,31
6	3	2	7	0,36	0,23	0,59	0,24	0,11	0,35
6	3	2	8	0,28	0,24	0,52	0,14	0,07	0,21
7	3	3	1	0,35	0,29	0,64	0,17	0,09	0,26
7	3	3	2	0,36	0,28	0,64	0,16	0,08	0,24
7	3	3	3	0,31	0,22	0,53	0,13	0,06	0,19
7	3	3	4	0,38	0,31	0,69	0,14	0,07	0,21
7	3	3	5	0,36	0,30	0,66	0,14	0,07	0,21
7	3	3	6	0,34	0,24	0,58	0,12	0,06	0,18
7	3	3	7	0,38	0,26	0,64	0,16	0,04	0,20
7	3	3	8	0,33	0,22	0,55	0,12	0,05	0,17
8	3	4	1	1,72	0,36	2,08	0,42	0,18	0,60
8	3	4	2	0,68	0,45	1,13	0,37	0,16	0,53
8	3	4	3	1,00	0,36	1,36	0,41	0,16	0,57
8	3	4	4	1,12	0,40	1,52	0,34	0,19	0,53
8	3	4	5	0,94	0,38	1,32	0,31	0,17	0,48
8	3	4	6	0,98	0,38	1,36	0,27	0,16	0,43
8	3	4	7	1,10	0,41	1,51	0,35	0,15	0,50
8	3	4	8	0,88	0,42	1,30	0,28	0,12	0,40
9	6	1	1	0,90	0,44	1,34	0,26	0,16	0,42
9	6	1	2	0,87	0,38	1,25	0,24	0,11	0,35
9	6	1	3	0,66	0,41	1,07	0,22	0,1	0,32
9	6	1	4	0,89	0,32	1,21	0,3	0,12	0,42
9	6	1	5	0,78	0,37	1,15	0,31	0,11	0,42
9	6	1	6	0,69	0,39	1,08	0,26	0,15	0,41
9	6	1	7	0,97	0,32	1,29	0,32	0,12	0,44
9	6	1	8	0,85	0,36	1,21	0,28	0,14	0,42
10	6	2	1	1,54	0,42	1,96	0,42	0,23	0,65
10	6	2	2	1,15	0,51	1,66	0,47	0,26	0,73
10	6	2	3	1,30	0,49	1,79	0,51	0,22	0,73
10	6	2	4	1,42	0,41	1,83	0,53	0,31	0,84
10	6	2	5	1,34	0,38	1,72	0,44	0,26	0,70
10	6	2	6	1,28	0,42	1,70	0,38	0,27	0,65
10	6	2	7	1,16	0,37	1,53	0,41	0,2	0,61
10	6	2	8	1,22	0,41	1,63	0,51	0,17	0,68
11	6	3	1	0,88	0,36	1,24	0,24	0,1	0,34

Trat	Micorriza (ml)	Abono orgánico	Rep	PFA (g)	PFR (g)	PFT (g)	PSA (g)	PSR (g)	PST (g)
11	6	3	2	1,10	0,36	1,46	0,21	0,13	0,34
11	6	3	3	0,90	0,47	1,37	0,26	0,12	0,38
11	6	3	4	1,20	0,36	1,56	0,21	0,08	0,29
11	6	3	5	1,10	0,33	1,43	0,19	0,09	0,28
11	6	3	6	0,92	0,41	1,33	0,27	0,13	0,40
11	6	3	7	0,98	0,42	1,40	0,27	0,13	0,40
11	6	3	8	0,78	0,38	1,16	0,28	0,12	0,40
12	6	4	1	1,62	0,52	2,14	0,42	0,28	0,70
12	6	4	2	1,49	0,46	1,95	0,5	0,27	0,77
12	6	4	3	1,38	0,76	2,14	0,56	0,3	0,86
12	6	4	4	1,71	0,72	2,43	0,61	0,24	0,85
12	6	4	5	1,46	0,73	2,19	0,53	0,31	0,84
12	6	4	6	1,63	0,55	2,18	0,63	0,25	0,88
12	6	4	7	1,58	0,47	2,05	0,28	0,18	0,46
12	6	4	8	1,61	0,54	2,15	0,41	0,2	0,61

T₁: Pino sin micorriza y sin abono

T₂: Pino sin micorriza y con 20 g de guano de isla

T₃: Pino sin micorriza y con 20 g de estiércol de cuy

T₄: Pino sin micorriza y con 20 g de gallinaza

T₅: Pino con 3 ml de micorrizas y sin abono

T₆: Pino con 3 ml de micorrizas y con 20 g de guano de isla

T₇: Pino con 3 ml de micorrizas y con 20 g de estiércol de cuy

T₈: Pino en 3 ml de micorrizas y con 20 g de gallinaza

T₉: Pino con 6 ml de micorrizas y sin abono

T₁₀: Pino con 6 ml de micorrizas y con 20 g de guano de isla

T₁₁: Pino con 6 ml de micorrizas y con 20 g de estiércol de cuy

T₁₂: Pino en 6 ml de micorrizas y con 20 g de gallinaza

PFA: Peso fresco de la parte aérea en gramos; PFR: Peso fresco de la parte radicular en gramos; PFT: Peso fresco total en gramos; PSA: Peso seco de la parte aérea en gramos; PSR: Peso seco de la parte radicular en gramos; PST: Peso seco total en gramos

Tabla 43. Valores y categorización de la R BSA/BSR e ICD en plantones de *P. tecunumanii* por tratamientos.

Tratamiento	Micorriza (ml)	Abono orgánico	Rep	R BSA/BSR	Calidad	ICD	Calidad
1	0	1	1	2,14	M	0,023	B
1	0	1	2	3,00	B	0,023	B
1	0	1	3	2,33	M	0,021	B
1	0	1	4	3,20	B	0,019	B
1	0	1	5	4,25	B	0,018	B
1	0	1	6	3,17	B	0,023	B
1	0	1	7	3,40	B	0,021	B
1	0	1	8	1,86	A	0,022	B
2	0	2	1	3,00	B	0,020	B
2	0	2	2	2,33	M	0,021	B
2	0	2	3	2,83	B	0,023	B
2	0	2	4	1,75	A	0,023	B
2	0	2	5	2,43	M	0,024	B
2	0	2	6	3,00	B	0,023	B

Tratamiento	Micorriza (ml)	Abono orgánico	Rep	R BSA/BSR	Calidad	ICD	Calidad
2	0	2	7	1,50	A	0,022	B
2	0	2	8	3,20	B	0,019	B
3	0	3	1	2,40	M	0,018	B
3	0	3	2	2,33	M	0,021	B
3	0	3	3	3,25	B	0,016	B
3	0	3	4	2,14	M	0,024	B
3	0	3	5	1,80	A	0,017	B
3	0	3	6	3,67	B	0,013	B
3	0	3	7	2,00	M	0,019	B
3	0	3	8	3,50	B	0,017	B
4	0	4	1	2,00	M	0,025	B
4	0	4	2	2,80	B	0,019	B
4	0	4	3	2,29	M	0,027	B
4	0	4	4	2,83	B	0,022	B
4	0	4	5	2,00	M	0,019	B
4	0	4	6	3,20	B	0,022	B
4	0	4	7	2,38	M	0,026	B
4	0	4	8	2,00	M	0,023	B
5	3	1	1	2,33	M	0,027	B
5	3	1	2	2,00	M	0,021	B
5	3	1	3	3,33	B	0,021	B
5	3	1	4	2,00	M	0,019	B
5	3	1	5	2,25	M	0,023	B
5	3	1	6	2,33	M	0,026	B
5	3	1	7	2,13	M	0,022	B
5	3	1	8	2,22	M	0,026	B
6	3	2	1	2,67	B	0,035	B
6	3	2	2	2,57	B	0,028	B
6	3	2	3	2,00	M	0,027	B
6	3	2	4	2,00	M	0,035	B
6	3	2	5	2,25	M	0,042	B
6	3	2	6	2,44	M	0,032	B
6	3	2	7	2,18	M	0,039	B
6	3	2	8	2,00	M	0,023	B
7	3	3	1	1,89	A	0,026	B
7	3	3	2	2,00	M	0,026	B
7	3	3	3	2,17	M	0,021	B
7	3	3	4	2,00	M	0,023	B
7	3	3	5	2,00	M	0,022	B
7	3	3	6	2,00	M	0,019	B
7	3	3	7	4,00	B	0,017	B
7	3	3	8	2,40	M	0,016	B
8	3	4	1	2,33	M	0,070	B

Tratamiento	Micorriza (ml)	Abono orgánico	Rep	R BSA/BSR	Calidad	ICD	Calidad
8	3	4	2	2,31	M	0,062	B
8	3	4	3	2,56	B	0,066	B
8	3	4	4	1,79	A	0,061	B
8	3	4	5	1,82	A	0,063	B
8	3	4	6	1,69	A	0,052	B
8	3	4	7	2,33	M	0,055	B
8	3	4	8	2,33	M	0,044	B
9	6	1	1	1,63	A	0,038	B
9	6	1	2	2,18	M	0,029	B
9	6	1	3	2,20	M	0,029	B
9	6	1	4	2,50	M	0,034	B
9	6	1	5	2,82	B	0,035	B
9	6	1	6	1,73	A	0,038	B
9	6	1	7	2,67	B	0,034	B
9	6	1	8	2,00	M	0,035	B
10	6	2	1	1,83	A	0,085	B
10	6	2	2	1,81	A	0,084	B
10	6	2	3	2,32	M	0,084	B
10	6	2	4	1,71	A	0,103	B
10	6	2	5	1,69	A	0,077	B
10	6	2	6	1,41	A	0,089	B
10	6	2	7	2,05	M	0,075	B
10	6	2	8	3,00	B	0,079	B
11	6	3	1	2,40	M	0,036	B
11	6	3	2	1,62	A	0,041	B
11	6	3	3	2,17	M	0,041	B
11	6	3	4	2,63	B	0,029	B
11	6	3	5	2,11	M	0,034	B
11	6	3	6	2,08	M	0,047	B
11	6	3	7	2,08	M	0,042	B
11	6	3	8	2,33	M	0,043	B
12	6	4	1	1,50	A	0,083	B
12	6	4	2	1,85	A	0,086	B
12	6	4	3	1,87	A	0,107	B
12	6	4	4	2,54	B	0,096	B
12	6	4	5	1,71	A	0,112	B
12	6	4	6	2,52	B	0,094	B
12	6	4	7	1,56	A	0,059	B
12	6	4	8	2,05	M	0,080	B

T₁: Pino sin micorriza y sin abono

T₃: Pino sin micorriza y con 20 g de estiércol de cuy

T₅: Pino con 3 ml de micorrizas y sin abono

T₇: Pino con 3 ml de micorrizas y con 20 g de estiércol de cuy

T₉: Pino con 6 ml de micorrizas y sin abono

T₁₁: Pino con 6 ml de micorrizas y con 20 g de estiércol de cuy

T₂: Pino sin micorriza y con 20 g de guano de isla

T₄: Pino sin micorriza y con 20 g de gallinaza

T₆: Pino con 3 ml de micorrizas y con 20 g de guano de isla

T₈: Pino con 3 ml de micorrizas y con 20 g de gallinaza

T₁₀: Pino con 6 ml de micorrizas y con 20 g de guano de isla

T₁₂: Pino con 6 ml de micorrizas y con 20 g de gallinaza

Tabla 44. Frecuencia de la calidad de plantones de *P. tecunumanii* por tratamientos.

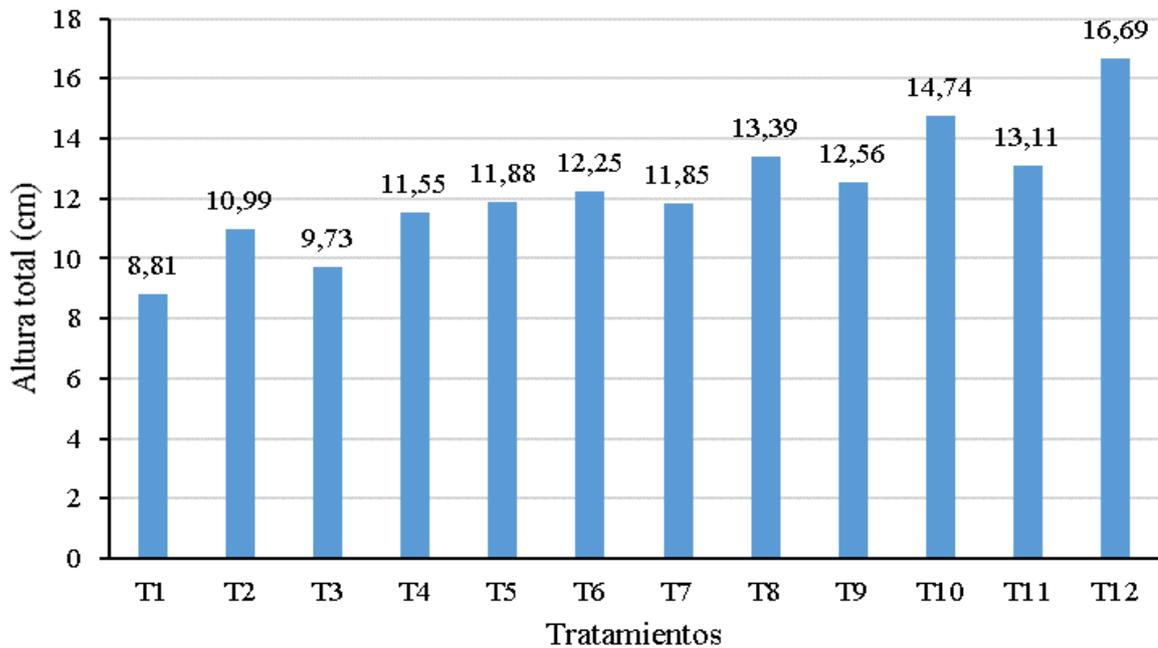
Variable	C	Tratamientos											
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂
Altura	B	100		62,5									
	M		100	37,5	75,0	50,0	37,5	62,5		12,5		12,5	
	A				25,0	50,0	62,5	37,5	100	87,5	100	87,5	100
DAC	B	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	M												100
	A												
IR	B					100		12,5		100			
	M	100	100	100	100		100	87,5	87,5		62,5	100	75,0
	A								12,5		37,5		25,0
R LA/LR	B												
	M												
	A	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
R BSA/BSR	B	62,5	50,0	37,5	37,5	12,5	25,0	12,5	12,5	25,0	12,5	12,5	25,0
	M	25,0	25,0	50,0	62,5	87,5	75,0	75,0	50,0	50,0	25,0	75,0	12,5
	A	12,5	25,0	12,5					12,5	37,5	25,0	62,5	12,5
ICD	B	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	M												
	A												

T₁: Pino sin micorriza y sin abonoT₂: Pino sin micorriza y con 20 g de guano de islaT₃: Pino sin micorriza y con 20 g de estiércol de cuyT₄: Pino sin micorriza y con 20 g de gallinazaT₅: Pino con 3 ml de micorrizas y sin abonoT₆: Pino con 3 ml de micorrizas y con 20 g de guano de islaT₇: Pino con 3 ml de micorrizas y con 20 g de estiércol de cuyT₈: Pino en 3 ml de micorrizas y con 20 g de gallinazaT₉: Pino con 6 ml de micorrizas y sin abonoT₁₀: Pino con 6 ml de micorrizas y con 20 g de guano de islaT₁₁: Pino con 6 ml de micorrizas y con 20 g de estiércol de cuyT₁₂: Pino en 6 ml de micorrizas y con 20 g de gallinaza

B: Plantones de pino con calidad baja

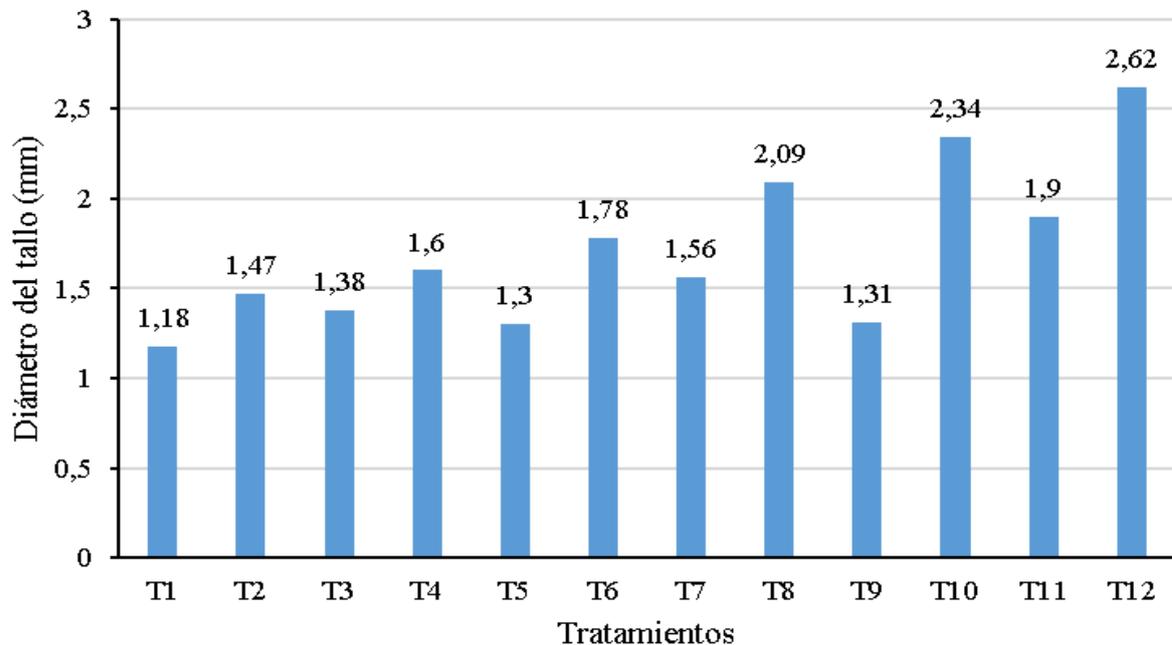
M: Plantones de pino con calidad media

A: Plantones de pino con calidad alta



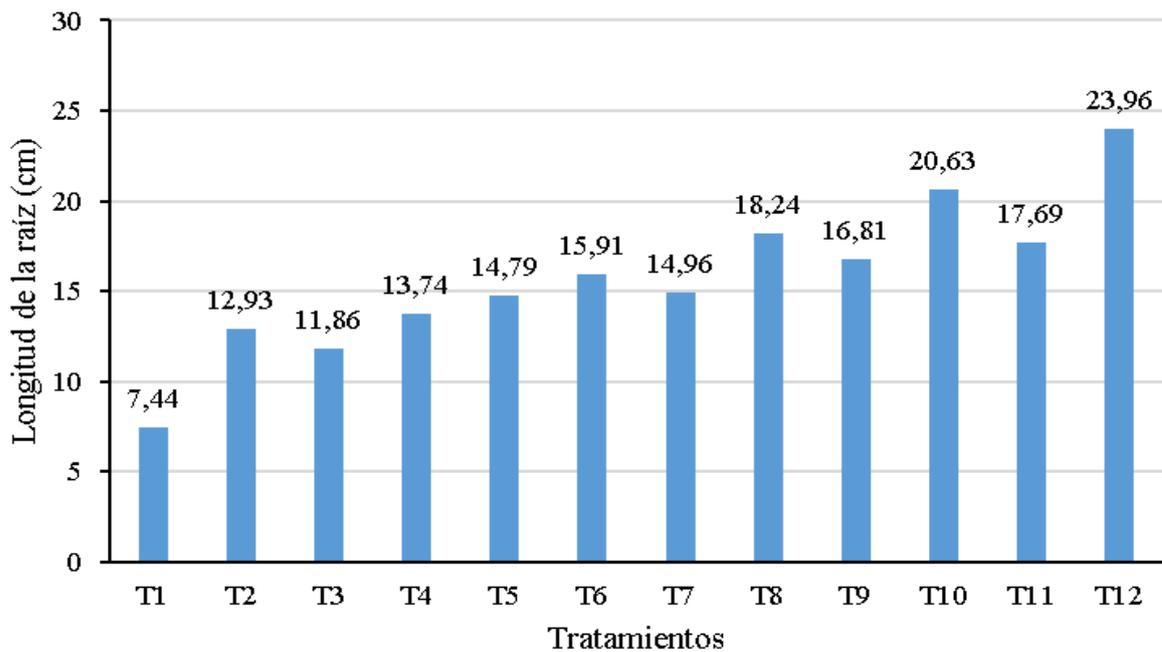
T₁: Plantón de pino sin micorriza y sin abono orgánico; T₂: Plantón de pino sin micorriza y 20 g de guano de isla; T₃: Plantón de pino sin micorriza y 20 g de estiércol de cuy; T₄: Plantón de pino sin micorriza y 20 g de gallinaza; T₅: Plantón de pino con 3 ml de micorrizas y sin abono orgánico; T₆: Plantón de pino con 3 ml de micorrizas y 20 g de guano de isla; T₇: Plantón de pino con 3 ml de micorrizas y 20 g de estiércol de cuy; T₈: Plantón de pino en 3 ml de micorrizas y 20 g de gallinaza; T₉: Plantón de pino con 6 ml de micorrizas y sin abono orgánico; T₁₀: Plantón de pino con 6 ml de micorrizas y 20 g de guano de isla; T₁₁: Plantón de pino con 6 ml de micorrizas y 20 g de estiércol de cuy y T₁₂: Plantón de pino en 6 ml de micorrizas y 20 g de gallinaza

Figura 14. Altura de plantones de *P. tecunumanii* por tratamientos



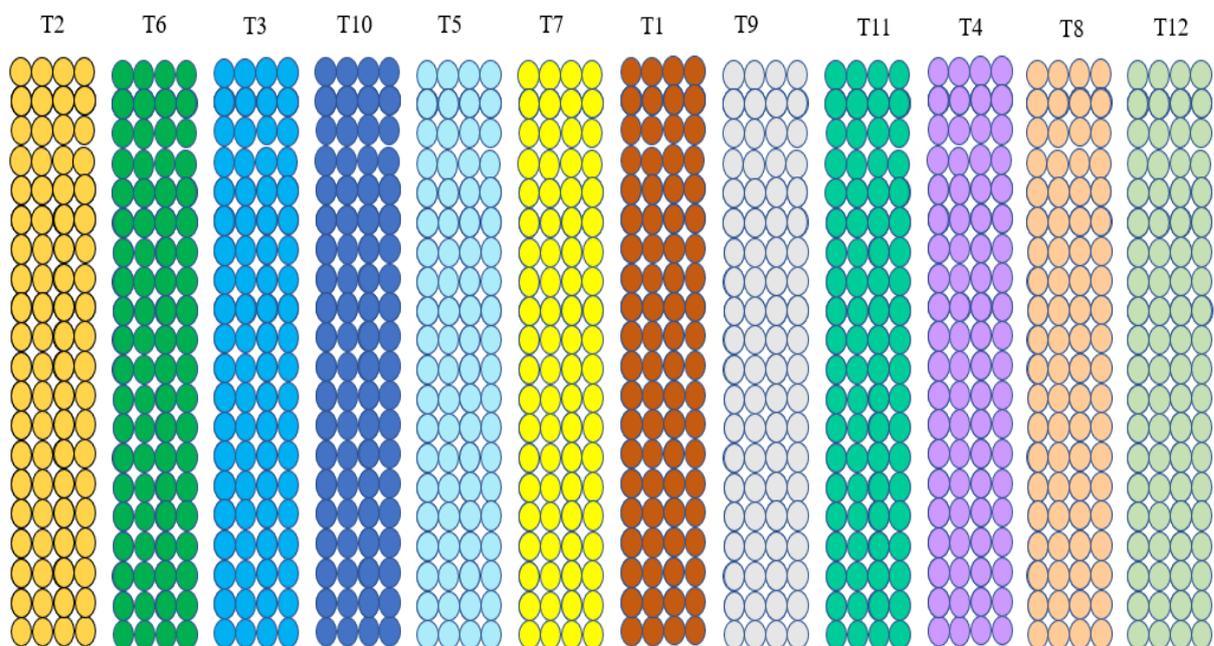
T₁: Plantón de pino sin micorriza y sin abono orgánico; T₂: Plantón de pino sin micorriza y 20 g de guano de isla; T₃: Plantón de pino sin micorriza y 20 g de estiércol de cuy; T₄: Plantón de pino sin micorriza y 20 g de gallinaza; T₅: Plantón de pino con 3 ml de micorrizas y sin abono orgánico; T₆: Plantón de pino con 3 ml de micorrizas y 20 g de guano de isla; T₇: Plantón de pino con 3 ml de micorrizas y 20 g de estiércol de cuy; T₈: Plantón de pino en 3 ml de micorrizas y 20 g de gallinaza; T₉: Plantón de pino con 6 ml de micorrizas y sin abono orgánico; T₁₀: Plantón de pino con 6 ml de micorrizas y 20 g de guano de isla; T₁₁: Plantón de pino con 6 ml de micorrizas y 20 g de estiércol de cuy y T₁₂: Plantón de pino en 6 ml de micorrizas y 20 g de gallinaza.

Figura 15. Diámetro del tallo de plantones de *P. tecunumanii* por tratamientos



T₁: Plantón de pino sin micorriza y sin abono orgánico; T₂: Plantón de pino sin micorriza y 20 g de guano de isla; T₃: Plantón de pino sin micorriza y 20 g de estiércol de cuy; T₄: Plantón de pino sin micorriza y 20 g de gallinaza; T₅: Plantón de pino con 3 ml de micorrizas y sin abono orgánico; T₆: Plantón de pino con 3 ml de micorrizas y 20 g de guano de isla; T₇: Plantón de pino con 3 ml de micorrizas y 20 g de estiércol de cuy; T₈: Plantón de pino en 3 ml de micorrizas y 20 g de gallinaza; T₉: Plantón de pino con 6 ml de micorrizas y sin abono orgánico; T₁₀: Plantón de pino con 6 ml de micorrizas y 20 g de guano de isla; T₁₁: Plantón de pino con 6 ml de micorrizas y 20 g de estiércol de cuy y T₁₂: Plantón de pino en 6 ml de micorrizas y 20 g de gallinaza

Figura 16. Longitud de la raíz de plantones de *P. tecunumanii* por tratamientos



- Número de plantón / unidad experimental : 20 plantones
- Total de repeticiones : 4 por tratamiento
- Total de tratamiento : 12 tratamientos
- Total de plantones del ensayo : 960 plantones

Figura 17. Distribución de plantones por tratamientos



Figura 18. Certificado de análisis de semillas de *P. tecunumanii*.

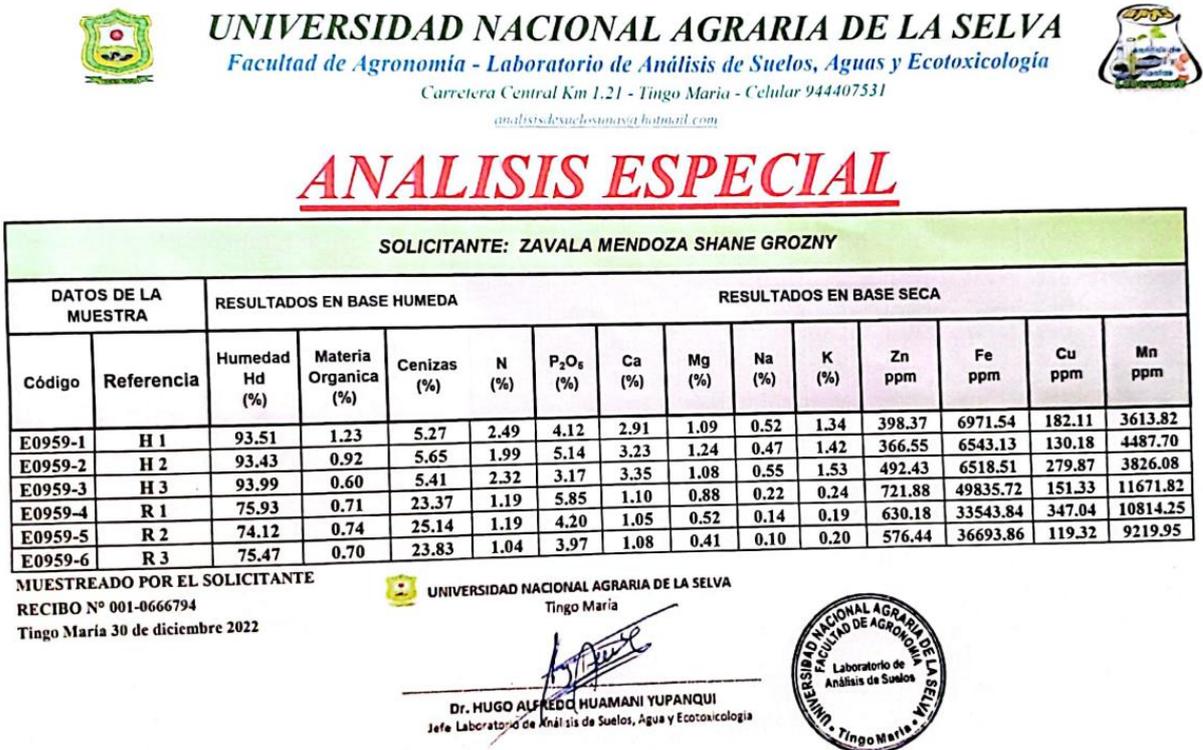


Figura 19. Reporte del análisis de tejidos en plántulas de *P. tecunumanii*.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo María
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL
 Departamento Académico de Ciencias Forestales
 Av. Universitaria Km.2 Telf. (062)562341 561009 anexo 219-237 Fax.(062)561156



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

ACTA DE VERIFICACIÓN DE EJECUCION DE TESIS

En la ciudad de Tingo María, siendo las 10:30, del día VIERNES 05 del presente año, se reunieron _____ los jurados:

1. ROBERT GILBERT PECHO DE LA CRUZ
2. _____
3. _____

Asesor:

_____ para la

verificación de la tesis titulada:

CALIDAD DE PLANTA DE PINUS Tecunumanii Eguluz & J.P. Petty CON ABONOS ORGÁNICOS Y MICORRIZAS EN VIVERO EN EL CASERIO SAN ISIDRO, HUÁNUCO.

Del tesista: ZAVALA MENDOZA, SHANE GROZNY

Con el objetivo de supervisar la ejecución de la tesis y dar algunas recomendaciones.

Se finalizó siendo las 12:00 am del mismo día.

SAN ISIDRO 05 DE AGOSTO DE 2022

Lugar y fecha de la supervisión

Miembro del Jurado



Miembro del jurado

Miembro del Jurado

Asesor

OBSERVACIONES

NINGUNA.

Figura 20. Acta de verificación de la ejecución de tesis.