



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**



FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

**“Efecto de nueve sustratos en la producción de plántones de pino (*Pinus radiata* L.) en un vivero de tecnología media en el distrito de Incahuasi -
Ferreñafe, 2022-2023”**

INVESTIGADOR:

Luis Alberto Gómez Bernilla

ASESOR:

M. Sc. Adolfo Padilla Pérez

Lambayeque, 31 de julio de 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DECANATO



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 029-2024-D-FAG

En la ciudad de Lambayeque a los treinta y un días del mes de julio del año dos mil veinticuatro, siendo las diez de la mañana, se reunieron en el Auditorio de la Facultad de Agronomía los Miembros de Jurado evaluador de la tesis titulada: **"EFECTO DE NUEVE SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTONES DE PINO (*Pinus radiata* L.) EN UN VIVERO DE TECNOLOGÍA MEDIA EN EL DISTRITO DE INCAHUASI- FERREÑAFE, 2022-2023"**, designados por Resolución N°054-2022-VIRTUAL-D-FAG, fecha 20 de octubre del 2022, con la finalidad de evaluar y calificar la Sustentación de la Tesis antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Wilfredo Nieto Delgado
Ing. M.Sc. Isaac Ramírez Lucero
Ing. M.Sc. Roso Próspero Pasache Chapoñán
Ing. M.Sc. Adolfo Padilla Pérez

Presidente
Secretario
Vocal
Patrocinador

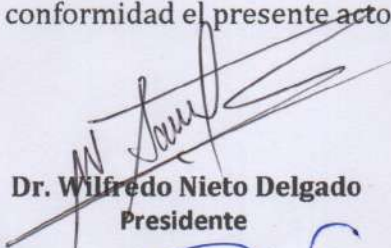
El acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N° 212-2024-D-FAG de fecha 17 de julio del 2024.

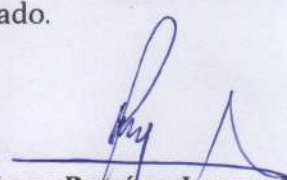
La tesis fue presentada y sustentada por el Bachiller **LUIS ALBERTO GÓMEZ BERNILLA**, tuvo una duración 90 de minutos. Después de la sustentación y absueltas las preguntas y observaciones de los Miembros de Jurado, se procedió a la calificación respectiva otorgándole el calificativo de 16 en la escala vigesimal, con mención

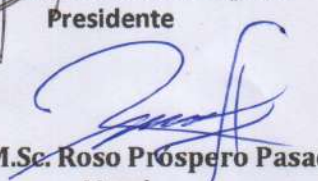
BUENO

Por lo que queda **APTO** para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo de acuerdo con la Ley Universitaria N° 30220 y el Art. 46° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 11:30 am, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad el presente acto con las firmas de los Miembros de Jurado.


Dr. Wilfredo Nieto Delgado
Presidente


Ing. M.Sc. Isaac Ramírez Lucero
Secretario


Ing. M.Sc. Roso Próspero Pasache Chapoñán
Vocal

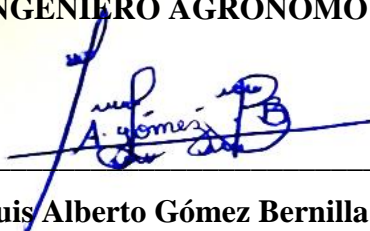

Ing. M.Sc. Adolfo Padilla Pérez
Patrocinador

TESIS

**“Efecto de nueve sustratos en la producción de plántones de pino (*Pinus radiata* L.) en un vivero de tecnología media en el distrito de Incahuasi -
Ferreñafe, 2022-2023”**

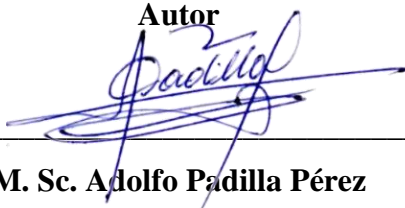
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO



Luis Alberto Gómez Bernilla

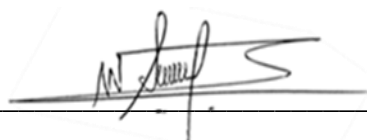
Autor



M. Sc. Adolfo Padilla Pérez

Asesor

APROBADO POR:



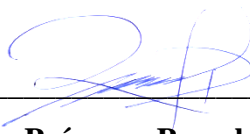
Dr. Wilfredo Nieto Delgado

Presidente del jurado



M. Sc. Isaac Ramírez Lucero

Secretario del jurado



M. Sc. Roso Próspero Pasache Chaponán

Vocal del jurado

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Adolfo Padilla Pérez, en mi calidad de asesor de la tesis titulada: "Efecto de nueve sustratos en la producción de plántones de pino (*Pinus radiata* L.) en un vivero de tecnología media en el distrito de Incahuasi - Ferreñafe, 2022-2023", presentada por el bachiller Luis Alberto Gómez Bernilla, confirmo que, tras una revisión detallada del documento, el índice de similitud obtenido es del 19%, según el reporte generado por el programa Turnitin.

Después de revisar cuidadosamente dicho informe, concluyo que las coincidencias encontradas no representan casos de plagio. De acuerdo con mi criterio y entendimiento, la tesis cumple con las normativas vigentes de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en cuanto al uso adecuado de citas y referencias.

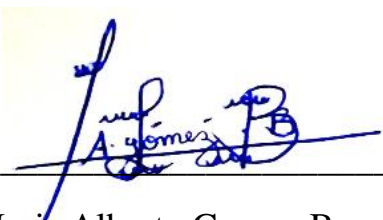
Lambayeque, 31 de julio de 2024



M. Sc. Adolfo Padilla Pérez

DNI N° 16725584

Asesor



Bach. Luis Alberto Gómez Bernilla

Código Universitario N° 154002-D

Autor

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación a Dios todopoderoso porque siempre ha estado conmigo en cada instante de mi vida siempre ayudándome para no desfallecer en el camino y cumplir con uno de los objetivos de mi vida que es mi tesis.

A mi padre por ser el eje principal en mi formación profesional dándome su apoyo incondicional siempre diciendo tú puedes hijo eres capaz, eres un campeón tienes que lograr tu objetivo salga bien o mal.

Dedico el presente trabajo de investigación a mi madre amada Jacinta por ser el motor y motivo de mi vida, por su aliento positivo de ver la vida como una oportunidad y no rendirse tan fácilmente y que nada es imposible en este mundo.

Este trabajo va dedicado para mi hija Gianira Yeshbhet Arely que es la alegría de mí existir.

Dedico la presente tesis para Silvia Nelida Díaz Quispe por su apoyo incondicional.

A mi hermano y hermana por sus consejos y la buena vibra para poner ese toque de alegría en el hogar de nuestra familia.

Luis Alberto Gómez Bernilla

Agradecimiento.

Un especial agradecimiento al Ing. M. Sc. Adolfo Padilla Pérez, por su apoyo valioso, dedicación y recomendación brindada a lo largo de esta investigación. También por la confianza depositada y el aliento proporcionado, así como por tomarse el tiempo de desplazarse hasta el lugar donde se llevó a cabo la ejecución de la tesis.

Mi agradecimiento infinito a mi abuelita Rosa Paico Neyra por el cuidado y cariño durante mi estudio universitario.

Agradezco también a los comuneros y comuneras del Caserío Shita de la comunidad “San Martín Atumpampa” para llevar con bien este proyecto ya que sin el apoyo de ellos(as) no habría sido posible ejecutar el presente trabajo de tesis.

A mis padres, quienes han sido la base de todo lo que soy y de mi formación, tanto en lo académico como en lo personal. Su apoyo constante e incondicional a lo largo del tiempo ha hecho posible la realización de este trabajo.

Agradezco a técnico agropecuario José Mercedes Lucero Manayay por su gran experiencia en el manejo forestal, también agradezco al Ing. Renzo Carrillo Gonzales por haberme brindado un vivero de media tecnología para poner en marcha la tesis también mi agradecimiento al biólogo Jesús Zamora Ponce por su apoyo incondicional para llevar con bien la tesis.

Agradecer de manera especial a los docentes cuyas sabidurías me han acompañado y guiado a lo largo de todos estos años en mi formación profesional.

Deseo manifestar mi agradecimiento al personal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, así como a todas las personas que colaboraron y apoyaron en la realización de mi trabajo de investigación.

Luis Alberto Gómez Bernilla.

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en el caserío de Shita, ubicado en el “distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, en la región Lambayeque”, desde mayo de 2022 hasta febrero de 2023. Se ubica geográficamente con coordenadas 6° 14' 2" de latitud sur y 79° 19' 5" de longitud oeste, a una altitud de 3,200 msnm. El principal objetivo del estudio fue determinar el efecto de nueve sustratos en la producción de plantones de pino en vivero de tecnología media en el distrito de Incahuasi - Ferreñafe, durante el año 2022-2023. La investigación tuvo un enfoque experimental y se aplicó un diseño de “Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones y nueve tratamientos”. Mediante la “prueba de Duncan” se evaluaron las variables porcentaje de germinación (a los 44 días después de siembra - dds), altura de planta, número de hojas por planta y diámetro del tallo (a los 258 dds), encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los promedios. En cuanto al porcentaje de germinación, el sustrato suelo agrícola colorada alcanzó un 85.4% de germinación. La mayor altura de planta se logró con el sustrato compuesto por suelo agrícola, turba, arena y materia orgánica, alcanzando 13.9 cm. Respecto al número de hojas por planta, el sustrato micorrizado al contorno del pino fue el más destacado con 381.4 hojas. Para el diámetro de tallo, el mejor resultado se obtuvo con humus de lombriz, alcanzando un diámetro de 2.61 mm. Además, la prueba de Duncan mostró que el mayor número de raíces por planta (a los 258 dds) se encontró en el sustrato micorrizado al contorno del pino con 472 raíces, mientras que el sustrato suelo agrícola colorada fue el que presentó el mayor número de plantas aptas para el campo definitivo, con 80.5 plantas. Este último resultado se atribuye a la presencia de minerales como la laterita, rica en hierro.

Palabras clave: Efecto, sustratos, producción, pino, Incahuasi.

ABSTRACT

The study was carried out in the hamlet of Shita, located in the "Incahuasi district, Ferreñafe province, in the Lambayeque region", from May 2022 to February 2023. It is geographically located with coordinates $6^{\circ} 14' 2''$ south latitude and $79^{\circ} 19' 5''$ west longitude, at an altitude of 3,200 meters above sea level. The main objective of the study was to determine the effect of nine substrates on the production of pine seedlings in a medium-technology nursery in the Incahuasi - Ferreñafe district, during the year 2022-2023. The research had an experimental approach and a "Randomized Complete Block" design was applied, with four replications and nine treatments. The "Duncan test" was used to evaluate the variables germination percentage (at 44 days after sowing - das), plant height, number of leaves per plant and stem diameter (at 258 das), finding statistically significant differences between the averages. Regarding the germination percentage, the red agricultural soil substrate reached 85.4% germination. The highest plant height was achieved with the substrate composed of agricultural soil, peat, sand and organic matter, reaching 13.9 cm. Regarding the number of leaves per plant, the mycorrhizal substrate around the pine was the most outstanding with 381.4 leaves. For the stem diameter, the best result was obtained with worm humus, reaching a diameter of 2.61 mm. Furthermore, the Duncan test showed that the highest number of roots per plant (at 258 das) was found in the mycorrhizal substrate around the pine tree with 472 roots, while the red agricultural soil substrate was the one that presented the highest number of plants suitable for the final field, with 80.5 plants. This last result is attributed to the presence of minerals such as laterite, rich in iron.

Key words: effect, substrates, production, pine, Incahuasi.

ÍNDICE

RESUMEN	5
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. DISEÑO TEÓRICO.....	14
2.1. ANTECEDENTES.....	14
2.1.1. Internacionales	14
2.1.2. Nacionales.....	15
2.2. BASE TEÓRICA.....	19
2.2.1. Origen del pino	19
2.2.2. Clasificación taxonómica.....	19
2.2.3. Características morfológicas.....	19
Tallo	19
Hojas	19
Flor masculina y flor femenina	19
Fruto.....	20
Semilla	20
2.2.4. Beneficios de las plantaciones forestales	20
2.2.5. Requerimientos edafoclimáticos del <i>Pinus radiata</i>	21
2.2.6. Usos de los productos forestales maderables y no maderables obtenidos de las plantaciones forestales	22
2.2.7. El sustrato	22
2.2.8. Funciones del sustrato	23
2.2.9. Componentes de sustratos.....	23
Tierra agrícola.....	23
Turba.....	23
Arena.....	23
Humus de lombriz.....	24
2.2.10. Micorrizas.....	27
2.2.11. Aserrín de pino.....	27
2.2.12. Suelo de jalca.....	28
2.2.13. Suelo agrícola colorada.....	28
2.2.14. Gallinaza.....	28
2.2.15. Compost	30
2.3. VARIABLES DE ESTUDIO	33
2.3.1. Variables independientes.....	33
2.3.2. Variables dependientes	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1. ÁREA EXPERIMENTAL.....	34
3.1.1. Localización.....	34
3.1.2. Características climatológicas de la zona en estudio.....	34
Temperatura	34
Humedad relativa	35
Precipitación	35

3.2.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE SUSTRATOS EN ESTUDIO	36
3.2.1.	<i>El aserrín de pino</i>	36
3.2.2.	<i>Tierra agrícola + turba + arena + estiércol de oveja</i>	37
3.2.3.	<i>Humus de lombriz</i>	39
3.2.4.	<i>Turba + aserrín de pino</i>	40
3.2.5.	<i>Tierra micorrizada al contorno del pino</i>	41
3.2.6.	<i>Gallinaza</i>	42
3.2.7.	<i>Compost</i>	43
3.2.8.	<i>Tierra agrícola colorada</i>	44
3.2.9.	<i>Tierra de jalca</i>	44
3.3.	DISPOSICIÓN EXPERIMENTAL	45
3.3.1.	<i>Diseño experimental</i>	45
3.3.2.	<i>Tratamiento en estudio</i>	45
3.3.3.	<i>Croquis del campo experimental</i>	46
3.3.4.	<i>Características del campo experimental</i>	46
3.4.	MATERIALES DEL CAMPO EXPERIMENTAL	47
3.5.	CONDUCCIÓN EXPERIMENTAL	47
3.6.	CARACTERÍSTICAS EVALUADAS	47
3.7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	48
3.8.	COEFICIENTE DE VARIABILIDAD	49
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	51
3.9.	ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS CARACTERÍSTICAS EVALUADAS	51
3.9.1.	<i>Porcentaje de germinación (%)</i>	51
3.9.1.1.	Porcentaje de germinación (%) a los 27 días después de la siembra (dds). ...	51
3.9.1.2.	Porcentaje de germinación (%) a los 35 días después de la siembra (dds). ...	53
3.9.1.3.	Porcentaje de germinación (%) a los 44 días después de la siembra (dds). ...	56
3.9.2.	<i>Altura de planta (cm)</i>	59
3.9.2.1.	Altura de planta (cm) a los 45 días después de la siembra (dds).	59
3.9.2.2.	Altura de planta (cm) a los 135 días después de la siembra (dds)	62
3.9.2.3.	Altura de planta (cm) a los 258 días después de la siembra (dds)	64
3.9.3.	<i>Número de hojas por planta</i>	67
3.9.3.1.	Número de hojas por planta a los 45 días después de la siembra (dds).	67
3.9.3.2.	Número de hojas por planta a los 135 días después de la siembra (dds).	69
3.9.3.3.	Número de hojas por planta a los 258 días después de la siembra (dds).	71
3.9.4.	<i>Diámetro de tallo (mm)</i>	73
3.9.4.1.	Diámetro de tallo (mm) a los 45 días después de la siembra (dds).	74
3.9.4.2.	Diámetro de tallo a los 135 (mm) días después de la siembra (dds).	76
3.9.4.3.	Diámetro de tallo (mm) a los 258 días después de la siembra (dds).	78
3.9.5.	<i>Número de raíces por planta</i>	81
3.9.6.	<i>Número de plantas aptas para campo definitivo</i>	83
V.	CONCLUSIONES.....	86
VI.	RECOMENDACIONES.....	87
VII.	REFERENCIAS.....	88
VIII.	ANEXOS.....	95

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. VALORES MEDIOS ANALÍTICOS DEL HUMUS DE LOMBRIZ	26
TABLA 2. VALORES ANALÍTICOS DEL COMPOST.....	33
TABLA 3. DATOS CLIMATOLÓGICOS ESTACIÓN METEOROLÓGICA. SENAMHI – INCAHUASI. AÑO 2022-2023.....	35
TABLA 4. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO, QUÍMICO Y BIOLÓGICO DEL ASERRÍN	37
TABLA 5. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO, QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE TIERRA AGRÍCOLA + TURBA + ARENA + MATERIA ORGÁNICA.	38
TABLA 6. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO, QUÍMICO Y BIOLÓGICO DEL HUMUS DE LOMBRIZ..	39
TABLA 7. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO, QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE TURBA + ASERRÍN DE PINO.....	40
TABLA 8. ANÁLISIS CARACTERÍSTICAS FÍSICO, QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE TIERRA MICORRIZADA AL CONTORNO DEL PINO.	41
TABLA 9. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO, QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE LA GALLINAZA	42
TABLA 10. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO, QUÍMICO Y BIOLÓGICO DEL COMPOST	43
TABLA 11. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DE TIERRA AGRÍCOLA COLORADA. CASERÍO SHITA – INCAHUASI - FERREÑAFE.....	44
TABLA 12. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DE TIERRA DE JALCA. CASERÍO SHITA – INCAHUASI - FERREÑAFE	44
TABLA 13. TRATAMIENTOS Y PORCENTAJE DE LOS SUSTRATOS.	45
TABLA 14. FORMA GENERAL DEL ANÁLISIS DE VARIANZA.....	49
TABLA 15. PRECISIÓN DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN	50
TABLA 16. GRADO DE VARIABILIDAD DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN.....	50
TABLA 17. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE GERMINACIÓN A LOS 27 DDS.....	51
TABLA 18. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN (%) A LOS 27 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA	52
TABLA 19. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE GERMINACIÓN A LOS 35 DDS.....	54
TABLA 20. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN (%) A LOS 35 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA	55
TABLA 21. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE GERMINACIÓN A LOS 44 DDS.....	57
TABLA 22. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN (%) A LOS 44 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA	58
TABLA 23. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ALTURA DE PLANTA (CM) A LOS 45 DDS.....	60
TABLA 24. ALTURA DE PLANTA (CM) A LOS 45 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA	61
TABLA 25. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ALTURA DE PLANTA (CM) A LOS 135 DDS.....	62
TABLA 26. ALTURA DE PLANTA (CM) A LOS 135 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA	63
TABLA 27. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ALTURA DE PLANTA (CM) A LOS 258 DDS.....	65
TABLA 28. ALTURA DE PLANTA (CM) A LOS 258 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA	66
TABLA 29. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA A LOS 45 DDS.....	67
TABLA 30. NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA A LOS 45 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA	68
TABLA 31. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA A LOS 135 DDS.....	69
TABLA 32. NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA A LOS 135 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA	70
TABLA 33. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA A LOS 258 DDS.....	71
TABLA 34. NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA A LOS 258 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA	72
TABLA 35. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DIÁMETRO DE TALLO (MM) A LOS 45 DDS.....	74
TABLA 36. DIÁMETRO DE TALLO (MM) A LOS 45 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA	75
TABLA 37. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DIÁMETRO DE TALLO (MM) A LOS 135 DDS.....	76
TABLA 38. DIÁMETRO DE TALLO (MM) A LOS 135 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA	77
TABLA 39. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DIÁMETRO DE TALLO (MM) A LOS 258 DDS.....	79
TABLA 40. DIÁMETRO DE TALLO (MM) A LOS 258 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA	80
TABLA 41. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA NÚMERO DE RAÍCES POR PLANTA.....	81
TABLA 42. NÚMERO DE RAÍCES POR PLANTA A LOS 258 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA	82
TABLA 43. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA NÚMERO DE PLANTAS APTAS PARA CAMPO DEFINITIVO	83

TABLA 45. <i>NÚMERO DE PLANTAS APTAS PARA CAMPO DEFINITIVO</i>	85
--	----

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. <i>CROQUIS DEL CAMPO EXPERIMENTAL</i>	46
FIGURA 2. <i>PORCENTAJE DE SEMILLAS GERMINADAS DE PINO A LOS 27 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA</i>	53
FIGURA 3. <i>PORCENTAJE DE SEMILLAS GERMINADAS DE PINO A LOS 35 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA</i>	56
FIGURA 4. <i>PORCENTAJE DE SEMILLAS GERMINADAS DE PINO A LOS 44 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA</i>	59
FIGURA 5. <i>ALTURA DE PLANTA (CM) A LOS 45 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA</i>	61
FIGURA 6. <i>ALTURA DE PLANTA (CM) A LOS 135 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA</i>	64
FIGURA 7. <i>ALTURA DE PLANTA (CM) A LOS 258 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA</i>	66
FIGURA 8. <i>NUMERO DE HOJAS POR PLANTA A LOS 45 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA</i>	68
FIGURA 9. <i>NUMERO DE HOJAS POR PLANTA A LOS 135 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA</i>	71
FIGURA 10. <i>NUMERO DE HOJAS POR PLANTA A LOS 258 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA</i>	73
FIGURA 11. <i>DIÁMETRO DE TALLO (MM) A LOS 45 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA</i>	75
FIGURA 12. <i>DIÁMETRO DE TALLO (MM) A LOS 135 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA</i>	78
FIGURA 13. <i>DIÁMETRO DE TALLO (MM) A LOS 258 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA</i>	80
FIGURA 14. <i>NÚMERO DE RAÍCES POR PLANTA A LOS 258 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA</i>	83
FIGURA 16. <i>NUMERO PLANTA APTA PARA CAMPO DEFINITIVO A LOS 258 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA</i> ..	85

I. INTRODUCCIÓN

El Perú cuenta con 78.8 millones de hectáreas de bosques naturales, distribuidas en 74.2 millones en la selva, 3.6 millones en la costa y 1 millón en la sierra. Esta extensión lo sitúa como el séptimo país a nivel mundial en cuanto a superficie forestal y el segundo en América Latina, solo por detrás de Brasil. Además, tiene un alto potencial para la producción forestal, la cual podría superar actividades como la agricultura o la ganadería. Dispone de 10.5 millones de hectáreas de suelos aptos para plantaciones forestales, de las cuales 7.5 millones están en la sierra, 2.5 millones en la selva y 0.5 millones en la costa. Hasta 2012, la superficie reforestada acumulada alcanzaba las 755,471 hectáreas, de las cuales el 13.52% (96,632 ha) se localizan en la región Cusco. (INIE - CENAGRO, 2012).

“El *Pinus radiata*, conocido comúnmente como pino insigne, es originario de la costa occidental de los Estados Unidos de Norteamérica, específicamente de California” (Pacific Forest, s. f, p. 1). “Por su rápido crecimiento ha sido extensamente utilizado en varios países, en Sudamérica se han establecido plantaciones en Argentina, Brasil, Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú” (Ospina et al, 2011, p.2). Patiño (s. f), citado por Del Pozo (1996), se menciona que la madera, con una densidad de entre 0.46 y 0.48 g/cm³, es de tipo suave y se utiliza en estructuras que no demandan alta resistencia. “En la región Cajamarca se ha adaptado en zonas, entre los 2500 y 3300 msnm con temperaturas promedios de 10 a 17°C y en suelos profundos, francos arenosos, de buen drenaje” (Villar et al, 2014, p.5).

“En las parcelas, cumple la función de cerco vivo minimizando los efectos de las heladas en los cultivos aledaños” (Menéndez y Corasma, 2014). “Siendo de gran importancia a nivel medio ambiental trabajar en la mitigación del cambio climático y efecto invernadero” (Sánchez, 2013, p.12). Además de presentar un comportamiento simbiótico con el hongo comestible *Suillus luteus* generador de actividad económica del distrito de Incahuasi por su acceso al mercado internacional.

Es el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, el encargado de orientar las actividades de siembra, y en su portal web muestran diversos proyectos financiados para la plantación de pinos en 10 regiones del Perú. Pero no se encontraron proyectos basados en especies nativas. Esto se debe al rápido crecimiento de los pinos lo que brinda una ventaja al acortar el tiempo para obtener madera. (MIDAGRI, 2022).

Conociendo los beneficios ambientales, sociales y económicos que brinda las plantaciones forestales, está siendo sobreexplotada por lo que existen programas de forestación y reforestación con de intervención del Estado tales como: Recuperación del servicio ambiental y suelos en los caseríos de Canchachalá, Cueva Blanca, Huasicaj, Janque, Lanchipampa, Llamica, Mushkalin, Señor de la Humildad, Shita, Susupampa y Tungula del distrito de Inkawasi; Chiñama, Naranjo y Pampagrande del distrito de Cañaris, provincia de Ferreñafe y Lanchaco del distrito de Salas, provincia de Lambayeque, región Lambayeque – 2022, con estos programas que busca la forestación y reforestación a la vez recuperación de queñual, aliso, pino pátula, pino radiata y quina, cuya ejecución está a cargo de la gestión del Gobierno Regional de Lambayeque; con el propósito de mejora ambiental en las comunidades campesinas de Lambayeque, dentro de este programa actualmente se contempla la siembra de 20,000 plántones de pino, proyecto que será ejecutado por el Gobierno Regional y Agro rural. A nivel de Incahuasi, son pocos los viveros que se dedican a la propagación de esta especie con fines de forestación y reforestación debido a que carecen del conocimiento técnico para la preparación de sustratos adecuados para la propagación de pino.

El gobierno a través del MIDAGRI, viene ejecutando proyectos siempre velando por la disminución del impacto negativo en el medio ambiente, pero no se han realizados estudios en sustratos ideales para la obtención de plántones de pino; por tal razón, el estudio tuvo como objetivo responder a la siguiente interrogante. ¿Cuál es el efecto de nueve sustratos en la producción de plántones de pino (*Pinus radiata* L.) en un vivero de tecnología media ubicado

en el distrito de Incahuasi - Ferreñafe, durante el periodo 2022-2023? Esto llevó a la formulación de los siguientes objetivos:

- ✓ Determinar el efecto de nueve sustratos en la producción de plantones de pino en vivero de tecnología media en el distrito de Incahuasi - Ferreñafe, durante el año 2022-2023.
- ✓ Evaluar las características morfológicas de los plantones de pino (*Pinus radiata* L.) con nueve sustratos en un vivero de tecnología media en el distrito de Incahuasi.
- ✓ Seleccionar el sustrato más apropiado en la producción de plantones de pino (*Pinus radiata* L.) en un vivero de tecnología media en el distrito de Incahuasi.

II. DISEÑO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Zapeta (2021) en su trabajo de investigación en el desarrollo inicial del “pino blanco *Pinus ayacahuite Ehrenberg*”, los mejores sustratos que sobresalieron fueron:

S₁ (40% peat moss + 30% lombricompost + 20% suelo negro + 10% arena);

S₂ (30% peat moss + 30% broza + 20% suelo negro + 20% lombricompost);

T₀ (50% Peat moss, 50% tierra negra).

En dicho estudio encontró los siguientes resultados: Altura de planta: S₂ con 4.58 cm y S₁ con 4,54 cm; número de acículas: S₂ con 21 acículas en promedio, diámetro de tallo: No hubo diferencia estadística, aunque numéricamente el T₀ tuvo 1.33 cm, Infiltración de agua: S₁ con 69.93 ml, el mejor resultado de potencial de hidrogeno fue el T₀ con 6.72 dS/m, mientras que mejor resultado en adobe sin cuarteaduras fue el S₂ con 72%, finalmente el índice de Dikson fue el S₂ con 0.8

Suazo (2020) menciona de los ocho sustratos evaluados los mejores sustratos obtenidos en la producción de *Pinus oocarpa* en tubetes fueron: S₁ (60% de turba+20% de perlita + 20% de vermiculita); S₂ (60% de turba + 10% de perlita + 30% de vermiculita) y S₇ (60% de perlita + 40% de aserrín) estos sustratos mostraron los mejores resultados en relación a la altura de planta, diámetro de tallo y peso seco de raíz.

Flores y et al. (2019) en su estudio de seis especies de pino para restaurar zonas degradadas de México, obtuvo lo siguiente: El T₁: (*Pinus pseudostrobus*) con 15458.97 has a reforestar; el T₂: (*Pinus engelmannii*) con 8685.33 has; T₃ (*Pinus montezumae*) con 8413.30 has; T₄ (*Pinus greggii*)

con 7618.73 has; T₅ (*Pinus arizonica*) con 3081.18 has y T₆ (*Pinus durangensis*) con 1400.10 has. Reduciendo así 57.52% del área total degradada.

Espinoza (2014), en su investigación encontró que el tratamiento T₁*S₂ obtuvo los mejores resultados en cuanto a altura de planta (7.8 cm), número de hojas (82) y diámetro de raíz (1.85 mm).; asimismo, indica que el T₂*S₃, tuvo el menor costo de producción 950.60 Bs/ha. Los tratamientos y sustratos utilizados fueron:

T1: (Inmersión en agua a temperatura ambiente durante 48 horas),

T2: (Inmersión en agua hervida durante 45 minutos).

S₃: 3 de turba + 2 de suelo de lugar + 1 de arena + 1 de micorriza.

S₂: 2 de turba + 3 de suelo de lugar + 1 de arena + 1 de micorriza.

Proyecto FAO/Holanda (1983), citado por Cáceres (2013), menciona que para un buen desarrollo radicular del pino se necesita una mezcla adecuada de suelo, de textura suelta que permita buena aireación y drenaje. Ello se consigue con la mezcla de arena con 75% + 25% de arcilla a la vez recomienda no mezclar materia orgánica porque aumenta el riesgo de enfermedad de los almácigos.

Perera y otros (s.f.), “indica que para *Pinus caribaea morelet* variedad Hondurensis recomienda utilizar 75% suelo de monte + 25% arena de río; 50% suelo de monte + 50% arena de río y 40% de suelo de monte + 60% de arena de río”. (p. 4).

2.1.2. Nacionales

INIA (2021) menciona que la región Cajamarca cuenta con un potencial de 666 463 hectáreas de tierras aptas para la instalación de macizos forestales (Pacheco et al, 2016), además de las tierras dedicadas a la actividad agrícola y pecuaria, en donde es posible establecer plantaciones agroforestales, las cuales constituyen una alternativa viable, necesaria y de gran

relevancia socioeconómica y biofísica gracias a su capacidad de compatibilizar la producción y la conservación.

SERFOR (2021) indica que las plantaciones forestales consisten en cultivos de especies nativas o exóticas, destinados a la producción de madera, obtención de productos forestales no maderables, protección del entorno, restauración, establecimiento de sistemas agroforestales y la provisión de servicios ambientales, entre otros.

Rodríguez y Santillana (2021) indican que los mejores resultados se dan a notar en la mezcla de ambas micorrizas con *Escleroderma verrucosum* (Vaill) Pers + *Rhizopogon iuteolus* Fr.& Nordh en el sustrato: 3 de tierra negra + 1 de arena, en altura de planta, materia seca de raíz y materia seca total.

Lázaro (2020) en su investigación sobresale el sustrato con micorriza como fitorregulador (T₂) alcanzaron mejores resultados que con el sustrato de humus de lombriz, logrando 16.87 cm de altura de planta, un 8.64 cm de tallo y su grosor 1.01 cm, 73 hojas y una raíz con longitud de 10.38 cm..

Caso (2018) en su investigación de “métodos de micorrización en plántulas de *Pinus tecunumanii* Equiluz & j.p.Perry”. Después del repique, los mejores resultados se obtuvieron en el tratamiento T6 (carpóforo de hongo licuado en agua), con una supervivencia del 96.3%, altura de planta de 49.28 cm, 4.02 mm de diámetro de tallo, raíz principal con 31.94 cm y un 80.56% de raicillas micorrizadas. Además, el peso fresco de la raíz fue de 3.20 g, el peso seco de 0.89 g, el peso fresco de la parte aérea alcanzó 21.93 g y el peso seco 4.56 g, con una calidad de planta calificada como buena (B) en un 98.1%. Le siguieron los tratamientos T5 “micorriza comercial diluida en agua antes del repique” y T2 “suelo con micorriza y abono orgánico antes del repique”.

Finalmente comparando con el T₀ (plantas sin inoculación) todos los tratamientos fueron superiores.

Bobadilla (2018) en su trabajo de las dos variedades de pino en contenido de humus a distintos porcentajes, concluyó que la variable porcentaje de prendimiento de 8 tratamientos evaluados logrando los mejores resultados el T₅ a2xb1 (40% de humus + variedad radiata) alcanzó 100% de prendimiento y el T₃ a1b1 (30% de humus + variedad radiata) con 97.33% de prendimiento.

Investigaciones recientes revelan que en las regiones de la Sierra y Costa del Perú existen 100,567 hectáreas dedicadas al cultivo de eucalipto (en su mayoría *Eucalyptus globulus*) y 14,721 hectáreas plantadas con diversas especies de pino (como *Pinus radiata*, *P. patula*, *P. pseudostrobus*, *P. greggii*, entre otras). Estas áreas plantadas cuentan con un volumen aprovechable de 8 760,961 m³ de eucalipto y 1 776,989 m³ de pino. Sin embargo, la producción actual en el país es de 586,882 m³ de eucalipto y 14,315 m³ de pino. Las principales regiones productoras son Junín, Cusco, La Libertad, Cajamarca, Huánuco y Ancash, con Junín liderando en la producción de eucalipto (18.36%) y Cajamarca en la de pino (61.14%) (FAO, 2018). Las plantaciones forestales en Perú se caracterizan por su baja productividad, debido a una gestión silvicultural inadecuada, el uso de semillas de baja calidad genética, escasas técnicas de mejora de suelos y falta de criterios sólidos para la selección de los sitios de plantación (Guariguata et al., 2017).

Solano y otros (2017) dieron a conocer los resultados en la inoculación de tierra micorrizada y micorriza comercial donde el mejor resultado se dio con la inoculación de 16 g en tierra micorrizada presentando mejores características en altura de planta, peso seco de plantines, diámetro de tallo y longitud de raíz, mientras que la inoculación de 8 g de micorriza comercial dio

mayor respuesta en la variable peso seco de raíz, tanto que la mayor cantidad de micorrizas en las raíces fue con tierra micorrizada de los pinares de Tambo La Mar que la micorriza comercial.

Melgarejo (2017) señala que, entre las distintas formas de uso del hongo micorrícico *Boletus edulis*, la tierra micorrizada de pino fue la que mostró los mejores resultados. Logró una altura de planta de 25,20 cm, un diámetro de tallo de 4 mm, también 41,40 hojas por planta, un excelente nivel de micorrización y vigor, una longitud de raíz de 48,90 cm, 82,63 plantas vivas y la misma cantidad de plantas listas para el campo definitivo.

Pizarro (2015) en su investigación utilizando 3 sustratos: “turba; aserrín y cascarilla de arroz y el testigo” en *Pinus radiata*, encontró que el sustrato aserrín de pino ocupó el primer lugar en germinación de semillas con 96.25%, le sigue la turba con 90%; luego cascarilla de arroz con 87.5% finalmente el testigo con 76.66% de germinación.

Gutiérrez (2014), “en su trabajo de investigación, de los 8 tratamientos evaluados en el enraizamiento de las estacas de pino, sobresalió el T₇ (Arena + 2000 ppm de ácido naftaleno acético) alcanzó un 7.5% de enraizamiento de estacas de *Pinus radiata* D.DON” (p.11).

Rodríguez (2000), citado por Espinoza (2014), menciona que los pinos logran un desarrollo óptimo en simbiosis con hongos micorríticos, ya que las micorrizas aportan hormonas que facilitan el crecimiento radicular mejorando la asimilación de nutrientes, además constituyen una barrera de protección contra heladas y sequías, PH extremos y protege a la planta de posibles patógenos en las raíces.

2.2. Base teórica

2.2.1. Origen del pino

“El *Pinus radiata*, conocido comúnmente como pino insigne, es originario de la costa occidental de los Estados Unidos de Norteamérica, específicamente de California” (Pacific Forest, s. f, p.1).

2.2.2. Clasificación taxonómica

Según Limache (1985), citado por Melgarejo (2017), clasificó taxonómicamente al pino de la siguiente manera: El pino radiata pertenece al reino vegetal, dentro del subreino Cormofito y la división Cormofito embrionario. Está clasificado en la subdivisión de las gimnospermas, en la clase de las coníferas y el orden Pinales. A nivel familiar, forma parte de las Pinaceae y de la subfamilia Pinoidea. Su género es *Pinus* y la especie específica es *Radiata*.

2.2.3. Características morfológicas

Tallo

Según López y Sánchez (2004), citado por Espinoza (2014), el árbol adulto puede alcanzar 30-40 metros con su corteza de color marrón oscuro y agrietado, a la vez (Botanical, s.f.) “diserta que sus ramas le dan la forma piramidal” (p.21).

Hojas

Botanical online. El Mundo de las Plantas (s.f.), citado por Espinoza (2014), menciona que las hojas del pino tienen una longitud de 3 a 8 cm con punzantes de coloración verde en grupos de 3 a 4.

Flor masculina y flor femenina

Gonzales y Arbo (2012) afirman que el pino es una planta monoica. Las flores masculinas también se denominan conos polínicos, son amentiformes (inflorescencia

racimosa), son pequeñas, de 2-3 cm, tienen estambres en espiral que llevan dos sacos polínicos en la base, y la flor femenina se ubica en la axila de cada bráctea estéril, que consta de carpelos llamado escama ovulífera y cada escama lleva dos óvulos en el ápice.

Fruto

Arbolespain (2012), citado por Martínez y otros (2012), plantea que el fruto es conocido como piña tiene la forma ovoidal de coloración marrón oscuro, se presentan asimétricamente en grupos de tres a cinco, de acuerdo con (Lamprecht, 1990, citado en Espinoza Argollo, 2014) cada piña contiene 200 semillas aproximadamente inclusive recomienda coleccionar de pinos de 15 a 20 años de edad.

Semilla

Rodríguez y Rodríguez (s.f.), “las semillas miden aproximadamente de 0.5 – 0.7 cm de largo, con alas de 2 cm de largo” (p.29).

2.2.4. Beneficios de las plantaciones forestales

INIA (2021) menciona que las plantaciones forestales tienen los siguientes beneficios:

- ✓ Producen oxígeno y purifican el aire
- ✓ Forman suelos fértiles
- ✓ Previenen la erosión del suelo.
- ✓ Ayudan a mantener limpios los ríos.
- ✓ Facilitan la captación de agua para los acuíferos.
- ✓ Proveen refugio para la fauna local.
- ✓ Disminuyen la temperatura del suelo.
- ✓ Fomentan el crecimiento de otras especies.
- ✓ Contribuyen a la regeneración de nutrientes en el suelo.

- ✓ Embellecen el paisaje.
- ✓ El impacto de las plantaciones sobre la regulación del escurrimiento de las aguas de la lluvia, es una realidad comprobada al obtener la recolonización vegetal ocurrida naturalmente sobre las riberas de los ríos y la desaparición de las cárcavas de erosión de las laderas.
- ✓ En las zonas libres de las plantaciones y debajo del dosel de plantaciones podadas y raleadas, aparecen plantas herbáceas, arbustivos y árboles de la flora nativa, dejando entrever una verdadera posibilidad de restablecer bosques nativos en paralelo a la plantación de especies introducidas.

2.2.5. Requerimientos edafoclimáticos del *Pinus radiata*

INIA (2021) indica los principales requerimientos edafoclimáticos:

Altitud. Crece bien entre los 2 500 a 3 300 msnm, sin embargo, su mejor crecimiento tiene lugar entre los 2 700 a 3 000 msnm.

Temperaturas. Prefiere climas templados fríos a templados cálidos, con temperaturas medias que oscilan entre 10 a 17 °C, no soporta las temperaturas muy bajas ni las heladas.

Precipitación. Requiere entre 600 a 1 200 mm de precipitación anual. En climas húmedos o de neblina es atacado por el hongo *Dothistroma pini*, causándole defoliación la cual puede llegar a ser total; de modo similar, las granizadas también afectan sus acículas provocando defoliación.

Suelos. Presenta un óptimo desarrollo en suelos profundos, húmedos, franco arenoso, de buen drenaje, pH neutro a moderadamente ácido y ricos en materia orgánica. No tolera

suelos pesados, mal drenado, superficiales ni de pH alcalino, pero si tolera aquellos moderadamente pedregosos, de regular drenaje y fertilidad media.

2.2.6. Usos de los productos forestales maderables y no maderables obtenidos de las plantaciones forestales

INIA (2021) indica los usos de las plantaciones forestales:

- ✓ Madera rolliza: Postes
- ✓ Madera para aserrín, triplay, chapas, para cajas de empaque, molduras
- ✓ Madera para construcción
- ✓ Fabricación de ventanas y muebles finos
- ✓ Pulpa para papel
- ✓ Hongos comestibles
- ✓ Resinas
- ✓ Artesanía y ebanistería
- ✓ Carbón y leña

2.2.7. El sustrato

Oliva (2014), citado por Lázaro (2020), menciona al sustrato como la mezcla de suelo negro, con “materia orgánica (humus de lombriz, gallinaza, compost, etc.) y arena”.

Abad (1993), citado por Lázaro (2020), describe que el sustrato adecuado es inexistente, pero si se puede adecuar un medio óptimo para cada especie que se quiera propagar, inclusive da a conocer que el sustrato (Abad, 1993 citado en Lázaro, 2020), “debe tener las siguientes condiciones:

Material vegetal (referido a estacas, esquejes, semillas)

- ✓ Tipo de vegetal.

- ✓ Condiciones meteorológicas.
- ✓ Periodicidad de riego” (p.34).

2.2.8. Funciones del sustrato

Vifinex (2002), citado por Lázaro (2020), “indica las siguientes funciones del sustrato:

- ✓ Es base para las plantas.
- ✓ Permite retener la humedad.
- ✓ Permite la interacción de oxigenación entre el suelo y las raíces.
- ✓ Provisión de nutrientes.
- ✓ Componentes del sustrato” (pp.35-36).

2.2.9. Componentes de sustratos

Tierra agrícola

Gaytan (2001), citado por Espinoza (2014), define a la tierra como suelos propios donde se va ejecutar la investigación, por debajo de los 3 000 msnm. Posee la capacidad de reemplazar otros sustratos de manera económica y sencilla. Además, proporciona a la planta un entorno similar al que encontrará en su lugar definitivo de cultivo.

Turba

Agramonte y otros (1998), citado por Espinoza (2014), se conoce como turba una masa porosa enriquecida en abono, lo cual es la descomposición de las masas vegetales, en combinación a cualquier sustrato le hace ser muy higroscópicos.

Arena

Gaytan (2001), citado por Espinoza (2014), da a conocer como la sustancia mayor utilizada, ayuda mejorar la estructura del sustrato, aporta peso, además permite la oxigenación y buen drenaje al suelo.

Humus de lombriz

Bobadilla (2018) “indica que el humus de lombriz es una sustancia proveniente de la materia orgánica que ha sido descompuesta por la excreta de *Eisenia fétida*” .

Nieves (2012), el vermicompost, también llamado “humus de lombriz”, se genera a partir de la descomposición de materia orgánica gracias a la acción de organismos y microorganismos como bacterias y hongos. Se localiza en capas superficiales de suelos de actividad orgánica y ha alcanzado tal nivel de descomposición que resulta imposible determinar si su origen es animal o vegetal. Constituye el grado máximo de descomposición de la materia orgánica y, a diferencia del humus natural, proporciona una mayor cantidad de sustancias húmicas, microorganismos beneficiosos y nutrientes.

Nieves (2012) El humus de lombriz tiene varias propiedades destacables:

- ✓ Es de color oscuro con un aroma agradable, similar al mantillo del bosque.
- ✓ Es limpio y suave al tacto, con alta estabilidad biológica que previene su fermentación o descomposición.
- ✓ Contiene una gran cantidad de enzimas y bacterias que solubilizan los nutrientes, facilitando su absorción por las raíces y evitando su pérdida por el agua de riego.
- ✓ Promueve eficazmente la germinación de semillas y el desarrollo de plántulas.
- ✓ Incrementa significativamente el crecimiento de plantas, árboles y arbustos en comparación con ejemplares de la misma edad.
- ✓ Durante el trasplante, previene enfermedades y minimiza el estrés por cambios bruscos en temperatura y humedad.
- ✓ Puede utilizarse puro y está libre de nematodos.

- ✓ Favorece la formación de micorrizas y su pH neutro lo hace ideal para plantas delicadas.
- ✓ Su acción antibiótica fortalece las plantas contra plagas y patógenos.
- ✓ Contribuye al mantenimiento de la microflora y microfauna del suelo, mejorando la absorción de nutrientes.
- ✓ Transmite hormonas y vitaminas desde el suelo a la planta.
- ✓ Libera gradualmente nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, mejorando la fertilidad del suelo.
- ✓ Absorbe compuestos de reducción presentes en el terreno, mejora la estructura del suelo y combate la clorosis férrica.
- ✓ Neutraliza contaminantes como herbicidas y ésteres fosfóricos, y facilita el trabajo mecánico del terreno.
- ✓ También incrementa la resistencia de las plantas a las heladas.

INIA (2013) tras el tamizado, el humus de lombriz adquiere una textura fina, similar a arena gruesa pero más ligera, con un color café-grisáceo y sin olor. Su calidad depende del contenido de nutrientes, el cual está influenciado por los ingredientes utilizados y el manejo del proceso. Para mantener viva la población microbiana, el humus debe tener una humedad superior al 40%, ya que contiene aproximadamente veinte mil millones de colonias microbianas por gramo, cifra que puede aumentar. La calidad del humus se determina mediante análisis de laboratorio, evaluando sus características y composición química, cuyos valores promedios se presentan a continuación:

Tabla 1*Valores medios analíticos del humus de lombriz*

Parámetros	Resultados
pH	7.3
Carbonato de calcio	10.0 %
Cenizas	54.0 %
Nitrógeno	2.8 %
Fósforo	1.2 %
Potasio	1.0 %
Materia orgánica	53.6 %
Humedad	36.8 %
Ácidos húmicos	5.6 %
Ácidos fúlvicos	2.8 %
Magnesio	0.48 %
Calcio	5.69 %
Manganeso	380 ppm
Cobre	92.3 ppm
Zinc	350 ppm
Relación C/N	11.3 %
C. I. C.	77.20 meq/100 gr
C. E.	3.5 dS/m
Retención de humedad	1800 a 2000 cc/kg seco
Superficie específica	700 a 800 m ² /gr.

Microorganismos aeróbicos	9,5 x 10 ¹² u. f. c.
Carga microbiana	7,8 x 10 ⁶ u. f. c.
Detección de salmonellas	Negativo
Detección de hongos patógenos	Negativo

Nota. La tabla muestra los valores promedios obtenidos a partir del análisis del humus de lombriz. Fuente: INIA (2013).

2.2.10. Micorrizas

Solares (2007), citado por Lázaro (2020), define a las micorrizas como hongos que pueden encontrarse en las raíces de las plantas, ayudándolas a obtener nutrientes. Si el hongo se encuentra en el exterior de las raíces, se denomina ectomicorriza, y si está en el interior, endomicorriza. Estos hongos extienden sus filamentos, llamados micelio, en el suelo para extraer agua y nutrientes, los cuales son compartidos con las plantas en una relación simbiótica.

2.2.11. Aserrín de pino

El aserrín tiene un gran potencial como sustrato. En México, se procesan más de 8 millones de metros cúbicos de madera al año, de los cuales el 70% se destina a la industria, generando residuos como aserrín y virutas, con una producción aproximada de 2.8 millones de metros cúbicos (SEMARNAT, 2007). Las características físicas del aserrín dependen del tamaño de sus partículas, y se recomienda que entre el 20% y 40% sean menores a 0.8 mm. Es un material liviano, con una densidad que varía entre 0.1 y 0.45 g/cm³, una porosidad superior al 80% y una capacidad de retención de agua de baja a media, aunque con buena aireación (Maher et al., 2008). Su principal ventaja es su bajo costo, aunque, al ser un material orgánico, tiende a descomponerse, lo que limita su durabilidad como sustrato. Sin embargo, al combinarlo con materiales inorgánicos como el

tezontle (arena volcánica), es posible ralentizar el deterioro de sus propiedades físicas, prolongando su vida útil sin incrementar significativamente los costos.

2.2.12. Suelo de jalca

Sánchez y Dillon (2006) señalan que los suelos de las jalcas en Perú son diversos debido a la complejidad geológica, fisiográfica y climática, así como a las actividades humanas. Estos suelos tienen una textura ligeramente a medianamente ácida (pH 4.5) y un alto contenido de materia orgánica. Sin embargo, no siempre presentan niveles elevados de nitrógeno, lo que se debe a las bajas temperaturas que reducen la actividad microbiológica, impidiendo una descomposición eficiente de la materia orgánica. Esto lleva a una acumulación de materia orgánica y a un aumento en la relación carbono-nitrógeno. Los niveles de fósforo y potasio varían, y aunque los suelos son ácidos y contienen aluminio en diferentes proporciones, este solo representa un problema cuando la materia orgánica es baja.

2.2.13. Suelo agrícola colorada

Un suelo de color rojizo o cobrizo indica un alto contenido de óxido de hierro, lo que generalmente lo convierte en un suelo de buena calidad. En contraste, un suelo de color marrón claro suele ser menos rico en nutrientes, mientras que un suelo grisáceo probablemente sea calcáreo o bajo en hierro. La tierra colorada es un tipo de suelo que contiene minerales de laterita, ricos en hierro, y está clasificada dentro del orden de los oxisoles según el Soil Taxonomy. Estos suelos, típicos de climas tropicales húmedos, son rojos, muy lavados y tienen una estructura débil en bloques (Wikipedia, 2016).

2.2.14. Gallinaza

La gallinaza es un fertilizante muy efectivo cuando se emplea adecuadamente. Proporciona altos niveles de nitrógeno, así como minerales y diversos micronutrientes. Además, su uso en el

suelo incrementa la materia orgánica, mejorando tanto la fertilidad como la calidad del mismo. En comparación con otros abonos orgánicos, la gallinaza ofrece un mayor aporte de nutrientes, como se muestra en la tabla 2:

Tabla 2

Contenido nutrimental del estiércol de bovino comparado con la gallinaza.

Nutrientes	Estiércol de bovino	Gallinaza
	Kg/tonelada	
Nitrógeno	14.2	34.7
Fosforo (P ₂ O ₅)	14.6	30.8
Potasio (K ₂ O)	34.1	20.9
Calcio	36.8	61.2
Magnesio	7.1	8.3
Sodio	5.1	5.6
Sales solubles	50	56
Materia orgánica	510	700

Nota. La tabla muestra el contenido nutrimental del estiércol de bovino comparado con la gallinaza. Fuente: INTAGRI (2022).

Es importante señalar que la gallinaza es uno de los abonos orgánicos con mayor velocidad de mineralización, lo que la convierte en una excelente fuente de nitrógeno para los cultivos. En unas tres semanas, aproximadamente el 75% del nitrógeno orgánico presente en la gallinaza se mineraliza. Por ejemplo, al aplicar 10 toneladas de gallinaza con un 80% de materia seca (equivalente a 8 toneladas) y un 4% de nitrógeno (320 kg de nitrógeno orgánico), se liberarían 240 kg de nitrógeno disponible para el cultivo después de la mineralización. Un aspecto fundamental

al utilizar gallinaza es verificar si el fósforo que contiene está disponible de manera inmediata para las plantas.

Consideraciones en el uso de la gallinaza. INTAGRI (2022):

Mezclar adecuadamente la gallinaza con el suelo es crucial para evitar la pérdida de nitrógeno, ya que una mala incorporación puede llevar a que se pierda más del 50% del nitrógeno presente en el abono. Además, es recomendable realizar análisis tanto del contenido de nutrientes de la gallinaza como de la fertilidad del suelo, de modo que se puedan ajustar las dosis de gallinaza y otros fertilizantes de acuerdo con las necesidades del cultivo. Debido a su alto contenido de sales, es esencial monitorear el suelo en cada aplicación para prevenir la acumulación excesiva de salinidad, ya que altos niveles de sal pueden afectar la disponibilidad de nutrientes. En cuanto a los metales pesados, su acumulación en el suelo no está directamente vinculada a la aplicación de gallinaza, sino que depende de la procedencia del abono, por lo que es necesario realizar análisis que detecten posibles contaminantes. En resumen, la gallinaza es un abono nutritivo que mejora la calidad del suelo, pero es fundamental tener en cuenta varios aspectos, como la calidad del abono y análisis regulares, para asegurar su correcta aplicación sin riesgos para los cultivos.

2.2.15. Compost

INIA (2013) Define los siguientes términos:

El compost es un abono orgánico que se genera cuando los materiales vegetales o animales de origen orgánico se transforman en humus a través de un proceso en pilas o huecos. El compostaje es el conjunto de procesos biológicos en el que millones de microorganismos descomponen la materia orgánica. La compostera es el espacio designado para este proceso, que puede ser de distintos tipos y ubicarse en diferentes lugares. El compostaje es un proceso biológico controlado que garantiza la fermentación y descomposición de residuos orgánicos en presencia de

aire, dando como resultado un producto estable, sin impurezas, y con un aspecto similar al de la tierra. El compost puede obtenerse entre los 45 y 60 días después de iniciar el proceso (Cañari, 2002).

INIA (2013) manifiesta que el compost es importante por las siguientes razones:

- ✓ Mejora la estructura del suelo al favorecer la formación y estabilización de los agregados
- ✓ Incrementa y favorece la actividad de los microorganismos del suelo
- ✓ Aumenta la capacidad de retención de humedad del suelo
- ✓ Incrementa la capacidad de absorción y disponibilidad de nutrientes
- ✓ Favorece el desarrollo de las plantas, al incrementar su resistencia al ataque de plagas, enfermedades y a factores climáticos adversos
- ✓ Contribuye en la reducción de la contaminación.

INIA (2013), menciona los factores que determinan la calidad del compost son:

- ✓ Temperatura; las óptimas son de 35 a 55 °C
- ✓ Humedad; la adecuada es de 40 – 60 %
- ✓ pH; pH ideal de 6.0 – 7.5
- ✓ Relación C/N; la más adecuada es de 25 a 35
- ✓ Oxígeno; presencia de aire
- ✓ Población microbiana, bacterias, hongos y actinomicetos

INIA (2013), los principales ingredientes para hacer abono y alimentar a las lombrices son estiércol, residuos de plantas y agua.

a) Estiércol

Es importante que los excrementos sean de buena calidad y estén libres de contaminación o materias extrañas (como tierra o arena). No se recomienda utilizar estiércol fresco, ya que su alta alcalinidad puede dañar a las lombrices.

b) Rastrojos

Todos los restos de cosecha son útiles, especialmente los de leguminosas, ya que aportan nitrógeno. Usar rastrojo fresco es preferible porque reduce el consumo de agua y la acumulación de sales en el compost. También se pueden utilizar fuentes de celulosa como papel y cartón. El heno de taralla (planta de maíz seca) es recomendable picarlo antes de usarlo en la compostera.

Papel/cartón

Pueden usarse como fuente de celulosa, representando entre el 20-25% del compost. Al emplear aserrín o residuos vegetales, hay que tener cuidado con su baja proporción de nitrógeno y presencia de sustancias como latinos.

Paja

Es una excelente fibra rica en carbono pero baja en nitrógeno. Es ideal para facilitar la circulación de aire en el compost. Se recomienda triturarla y humedecerla antes de su uso.

Recortes de césped

Para evitar la compactación, es importante mezclarlos con otros residuos, ya que son una buena fuente de nitrógeno. Para un mejor compostaje, se deben combinar con materiales ricos en carbono, como las hojas.

c) Agua

El agua es el tercer ingrediente esencial para producir compost. Debe ser de buena calidad, ya que si tiene un alto contenido de sales, puede generar humus salino y acumular sales en el producto final.

Tabla 2*Valores analíticos del compost*

Parámetros	Muestra de compost
pH	7.80
CEe (dS/m)	8.83
Materia orgánica (%)	38.67
Nitrógeno (%)	1.87
Fosforo (P ₂ O ₅) (%)	1.53
Potasio (K ₂ O) (%)	1.07
Calcio (CaO) (%)	2.52
Magnesio (MgO) (%)	0.93
Materia seca (%)	44.67
Humedad (%)	55.33
Ceniza (%)	15.50
Carbono (%)	22.43
Relación C/N (%)	12.00

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis de compost. Fuente: Laboratorios suelos INIA – EEA. Vista Florida – Chiclayo (2020).

2.3. Variables de estudio

2.3.1. Variables independientes

- ✓ Nueve tipos de sustratos.
- ✓ Una dosis de micorrizas (60 gr).

2.3.2. Variables dependientes

- ✓ Plantones de pino.
- ✓ Características biométricas del pino.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área experimental

3.1.1. Localización

El estudio se desarrolló en el “caserío de Shita, ubicado en el distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, región Lambayeque”, desde mayo de 2022 hasta febrero de 2023. Ubicado con coordenadas $6^{\circ} 14' 2''$ de latitud sur y $79^{\circ} 19' 5''$ de longitud oeste, a una altitud de 3,200 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1. Vista satelital del caserío Shita - Incahuasi



Nota. La figura muestra el caserío de Shita – Incahuasi. Fuente: Satélite (2023).

3.1.2. Características climatológicas de la zona en estudio

Temperatura

El calor, tuvo promedios durante el experimento de 15.73°C para la máxima, 11.24°C para la media y 6.76°C para la mínima. El pino radiata se desarrolla mejor en climas templados fríos a cálidos, con temperaturas medias entre 10°C y 17°C , siendo

intolerante a las heladas y temperaturas extremadamente bajas (INIA, 2021). La temperatura media registrada (11.24°C) fue óptima para la germinación y el crecimiento del pino, según SENAMHI (2022-2023).

Humedad relativa

Este parámetro mide agua en su fase de vapor, dependiendo de la temperatura y la estación del año. Durante el experimento, los valores fluctuaron, alcanzando un máximo de 91.63% en febrero de 2023 y un mínimo de 81.86% en julio de 2022, con un promedio de 86.07%. Estos niveles de humedad fueron adecuados para la germinación y el crecimiento del pino.

Precipitación

Alcanzó 555.70 mm de lluvia, valor ubicado dentro del rango anual del “distrito de Incahuasi (800 a 1,200 mm)”, según SENAMHI (2022-2023). La mayor precipitación se registró en enero de 2023 con 105.0 mm, y la menor en noviembre de 2022 con 22.50 mm, promediando 55.82 mm al mes, lo que resultó adecuado para el suministro de agua necesario para el crecimiento y germinación del pino (Tabla 4).

Tabla 3

Datos climatológicos estación meteorológica. SENAMHI – Incahuasi. Año 2022-2023

Meses	Temperatura (°C)			HR	PP
	Máxima	Mínima	Media	%	mm
Mayo 2022	15.69	7.40	11.55	86.00	50.40
Junio 2022	14.92	6.23	10.58	85.87	70.10
Julio 2022	15.26	6.87	11.06	81.86	32.70
Agosto 2022	15.40	6.23	10.81	84.54	36.60

Setiembre 2022	16.67	6.73	11.70	85.25	25.00
Octubre 2022	16.27	6.75	11.51	84.58	63.30
Noviembre 2022	16,57	6.39	11.48	84.71	22.50
Diciembre 2022	16.26	6.66	11.46	86.37	65.00
Enero 2023	15.34	6.46	10.90	89.91	105.00
Febrero 2023	14.91	7.83	11.37	91.63	85.10
Promedio	15.73	6.76	11.24	86.07	55.82
Total, PP ejecución del experimento					555.70

Nota. La tabla muestra los datos climatológicos. Fuente: SENAMHI – Incahuasi, (2023)

3.2. Características físicas, químicas y biológicas de los sustratos en estudio

Se analizaron siete (07) sustratos orgánicos y dos (02) muestras de tierra (colorada y jalca) donde se determinaron las características físicas, químicas y biológicas de cada uno de ellos, las muestras fueron analizados en la “Estación Experimental Agraria Vista Florida – Chiclayo del Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA”.

3.2.1. El aserrín de pino

Sustrato de reacción ligeramente ácida (6.50) y sales soluble de nivel bajo (0.80 dS/m), presentan alto tenor de materia orgánica (26.20%), calcio (4.70%), magnesio (1.70%) y cenizas (13.32%). La relación C/N (14.76%) es buena e indica descomposición progresiva y sostenida al tener contacto con el suelo. No exige exposición al aire al tener baja humedad (13.28%) y alto contenido de materia seca (86.72%) (Tabla 5).

Tabla 4*Análisis de las características físico, químico y biológico del aserrín*

Parámetros	Resultado de la muestra
pH	6.50
Cec (dS/m)	0.80
Materia orgánica (%)	26.20
Nitrógeno (%)	1.03
Fosforo (P ₂ O ₅) (%)	0.25
Potasio (K ₂ O) (%)	0.16
Calcio (CaO) (%)	4.70
Magnesio (MgO) (%)	1.70
Materia seca (%)	86.72
Humedad (%)	13.28
Ceniza (%)	13.32
Carbono (%)	15.20
Relación C/N (%)	14.76

Nota. La tabla presenta los resultados del análisis físico, químico y biológico del aserrín. Fuente:

“Laboratorio de aguas y suelos EEA. Vista Florida – Chiclayo - INIA. (2022)”.

3.2.2. Tierra agrícola + turba + arena + estiércol de oveja

Se obtuvo un “Sustrato de reacción ligeramente ácida” (6.90) y “Bajo nivel de sales solubles” (1.40 dS/m), presentan alto tenor de materia orgánica (12.78%), bajo en calcio (0.84%), magnesio (0.30%) y cenizas (7.70%). La relación C/N (11.97%) es buena e indica descomposición

progresiva y sostenida al tener contacto con el suelo. No exige exposición al aire al tener baja humedad (16.22%) y alto contenido de materia seca (83.78%) (Tabla 6).

Tabla 5

Análisis de las características físico, químico y biológico de tierra agrícola + turba + arena + materia orgánica.

Parámetros	Resultado de la muestra
pH	6.90
Cec (dS/m)	1.40
Materia orgánica (%)	12.70
Nitrógeno (%)	0.62
Fosforo (P ₂ O ₅) (%)	0.27
Potasio (K ₂ O) (%)	0.52
Calcio (CaO) (%)	0.84
Magnesio (MgO) (%)	0.30
Materia seca (%)	83.78
Humedad (%)	16.22
Ceniza (%)	7.70
Carbono (%)	7.42
Relación C/N (%)	11.97

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis físico, químico y biológico de la mezcla de tierra agrícola, turba, arena y materia orgánica. Fuente: “Laboratorio de aguas y suelos EEA. Vista Florida – Chiclayo - INIA. (2022)”.

3.2.3. Humus de lombriz

Sustrato de reacción ligeramente ácida (6.40) y salinidad fuerte (12.45 dS/m), presentan alto tenor de materia orgánica (30.54%), calcio medio (2.86%), magnesio bajo (1.07%) y buen tenor de cenizas (11.86%). La relación C/N (12.12%) es buena e indica descomposición progresiva y sostenida al tener contacto con el suelo. La humedad es alta (47.22%) y contenido medio de materia seca (52.78%) (Tabla 7).

Tabla 6

Análisis de las características físico, químico y biológico del humus de lombriz

Parámetros	Resultado de la muestra
pH	6.40
Cec (dS/m)	12.45
Materia orgánica (%)	30.54
Nitrógeno (%)	1.46
Fosforo (P ₂ O ₅) (%)	1.25
Potasio (K ₂ O) (%)	0.74
Calcio (CaO) (%)	2.86
Magnesio (MgO) (%)	1.07
Materia seca (%)	52.78
Humedad (%)	47.22
Ceniza (%)	11.86
Carbono (%)	17.70
Relación C/N (%)	12.12

Nota. La tabla presenta los resultados del análisis físico, químico y biológico del humus de lombriz.

Fuente: “Laboratorio de aguas y suelos EEA. Vista Florida – Chiclayo - INIA. (2022)”.

3.2.4. Turba + aserrín de pino

Sustrato de reacción alcalina (7.80) y bajo nivel de sales solubles (1.15 dS/m), presentan alto tenor de materia orgánica (20.60%), calcio medio (3.13%), magnesio bajo (1.20%) y buen tenor de cenizas (10.23%). La relación C/N (10.30%) es buena e indica descomposición progresiva y sostenida al tener contacto con el suelo. La humedad es alta (40.40%) y contenido medio de materia seca (59.60%) (Tabla 8).

Tabla 7

Análisis de las características físico, químico y biológico de turba + aserrín de pino

Parámetros	Resultado de la muestra
pH	7.80
Cec (dS/cm)	1.15
Materia orgánica (%)	20.60
Nitrógeno (%)	1.16
Fosforo (P ₂ O ₅) (%)	0.37
Potasio (K ₂ O) (%)	0.22
Calcio (CaO) (%)	3.13
Magnesio (MgO) (%)	1.20
Materia seca (%)	59.60
Humedad (%)	40.40
Ceniza (%)	10.23
Carbono (%)	11.95
Relación C/N (%)	10.30

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis, mezcla de turba y aserrín pino. Fuente: “Laboratorio de aguas y suelos EEA. Vista Florida – Chiclayo - INIA. (2022)”

3.2.5. Tierra micorrizada al contorno del pino

Sustrato de reacción ligeramente ácida (6.85) y bajo nivel desales solubles (1.10 dS/m), presentan alto tenor de materia orgánica (20.67%), calcio bajo (1.62%), magnesio bajo (0.55%) y buen tenor de cenizas (13.00%). La relación C/N (12.61%) es buena e indica descomposición progresiva y sostenida al tener contacto con el suelo. La humedad es baja (22.15%) y contenido alto de materia seca (77.85%) (Tabla 9).

Tabla 8

Análisis características físico, químico y biológico de tierra micorrizada al contorno del pino.

Parámetros	Resultado de la muestra
pH	6.85
Cec (dS/m)	1.10
Materia orgánica (%)	20.67
Nitrógeno (%)	0.95
Fosforo (P ₂ O ₅) (%)	0.32
Potasio (K ₂ O) (%)	0.57
Calcio (CaO) (%)	1.62
Magnesio (MgO) (%)	0.55
Materia seca (%)	77.85
Humedad (%)	22.15
Ceniza (%)	13.00
Carbono (%)	11.98
Relación C/N (%)	12.61

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis de la tierra micorrizada al contorno del pino.

Fuente: “Laboratorio de aguas y suelos EEA. Vista Florida – Chiclayo - INIA. (2022)”.

3.2.6. Gallinaza

Sustrato de reacción alcalina (8.30) y salinidad extrema (33.97 dS/m), presentan alto tenor de materia orgánica (24.63%), calcio medio (3.00%), magnesio bajo (1.20%) y buen tenor de cenizas (12.20%). La relación C/N (11.16%) es buena e indica descomposición progresiva y sostenida al tener contacto con el suelo. La humedad es baja (17.77%) y contenido alto de materia seca (82.23%) (Tabla 10).

Tabla 9

Análisis de las características físico, químico y biológico de la gallinaza

Parámetros	Resultado de la muestra
pH	8.30
Cec (dS/cm)	33.97
Materia orgánica (%)	24.63
Nitrógeno (%)	1.28
Fosforo (P ₂ O ₅) (%)	2.13
Potasio (K ₂ O) (%)	1.66
Calcio (CaO) (%)	3.00
Magnesio (MgO) (%)	1.20
Materia seca (%)	82.23
Humedad (%)	17.77
Ceniza (%)	12.20
Carbono (%)	14.28
Relación C/N (%)	11.16

Nota. La tabla presenta los resultados del análisis físico, químico y biológico de la gallinaza.

Fuente: “Laboratorio de aguas y suelos EEA. Vista Florida – Chiclayo - INIA. (2022)”.

3.2.7. Compost

Sustrato de reacción alcalina (7.80) y salinidad moderada (4.53 dS/m), presentan alto tenor de materia orgánica (22.52%), calcio bajo (1.68%), magnesio bajo (0.64%) y tenor medio de cenizas (9.86%). La relación C/N (10.88%) es buena e indica descomposición progresiva y sostenida al tener contacto con el suelo. La humedad es alta (37.55%) y contenido alto de materia seca (62.45%) (Tabla 11).

Tabla 10

Análisis de las características físico, químico y biológico del compost

Parámetros	Resultado de la muestra
pH	7.80
Cec (dS/m)	4.53
Materia orgánica (%)	22.52
Nitrógeno (%)	1.20
Fosforo (P ₂ O ₅) (%)	0.67
Potasio (K ₂ O) (%)	1.06
Calcio (CaO) (%)	1.68
Magnesio (MgO) (%)	0.64
Materia seca (%)	62.45
Humedad (%)	37.55
Ceniza (%)	9.86
Carbono (%)	13.06
Relación C/N (%)	10.88

Nota. La tabla presenta los resultados del análisis de la gallinaza. Fuente: “Laboratorio de aguas y suelos EEA. Vista Florida – Chiclayo - INIA. (2022)”.

3.2.8. Tierra agrícola colorada

Suelo de reacción ligeramente alcalina (7.40) y bajo nivel de sales solubles (1.15 dS/m), presentan bajo tenor de materia orgánica (1.42%) y su fertilidad baja es deficiente de nutrientes. (P = 6.0 y K = 122 ppm), carbonato de calcio bajo (0.47%), perteneciente a un suelo franco arcillo arenoso (Tabla 12).

Tabla 11

Análisis físico – químico de tierra agrícola colorada. Caserío Shita – Incahuasi - Ferreñafe

Muestra	Extracto saturado						Texturas			Clase
	pH	CE.	M.O	P	K	CaCO ₃	Ao	Lo	Ar	textural
M – 1		dS/m	%	ppm	Ppm	%	%	%	%	
	7.40	1.15	1.42	6.00	122	0.47	62	17	21	Fo Ar Ao

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis de la tierra agrícola colorada. Fuente: “Laboratorio de aguas y suelos EEA. Vista Florida – Chiclayo - INIA. (2022)”.

3.2.9. Tierra de jalca

Suelo de reacción ligeramente ácida (6.90) y bajo nivel de salinidad (1.17 dS/m), presentan un alto tenor de materia orgánica (10.23%) y deficiencia en relación a la fertilidad con bajos nutrientes (P = 5.70 y K = 106 ppm), carbonato de calcio bajo (0.42%), pertenece a una clase textural franco arenoso (Tabla 13).

Tabla 12

Análisis físico – químico de tierra de jalca. Caserío Shita – Incahuasi - Ferreñafe

Muestra	Extracto saturado						Texturas			Clase
	pH	CE.	M.O	P	K	CaCO ₃	Ao	Lo	Ar	textural
M – 1		dS/m	%	ppm	Ppm	%	%	%	%	
	6.90	1.17	10.23	5.70	106	0.42	67	16	17	Fo Ao

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis químico y físico de la tierra de jalca. Fuente: “Laboratorio de aguas y suelos EEA. Vista Florida – Chiclayo – INIA, (2022)”.

3.3. Disposición experimental

3.3.1. Diseño experimental

El diseño experimental fue “Bloques Completos al Azar (BCA), con 4 repeticiones y 9 tratamientos por repetición”.

3.3.2. Tratamiento en estudio

Tabla 13

Tratamientos y porcentaje de los sustratos.

N° Trat.	Sustrato	Porcentaje (%)	Bloque			
			I	II	III	IV
1	Aserrín	100	101	209	307	406
2	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	102	208	305	409
3	Humus de lombriz	100	103	201	304	408
4	Turba + aserrín de pino	60+40	104	206	301	403
5	Suelo de jalca	100	105	202	308	407
6	Suelo micorrizado alcontorno del pino	100	106	203	302	401
7	Suelo agrícola colorada	100	107	205	309	404
8	Gallinaza	100	108	204	303	402
9	Compost	100	109	207	306	405

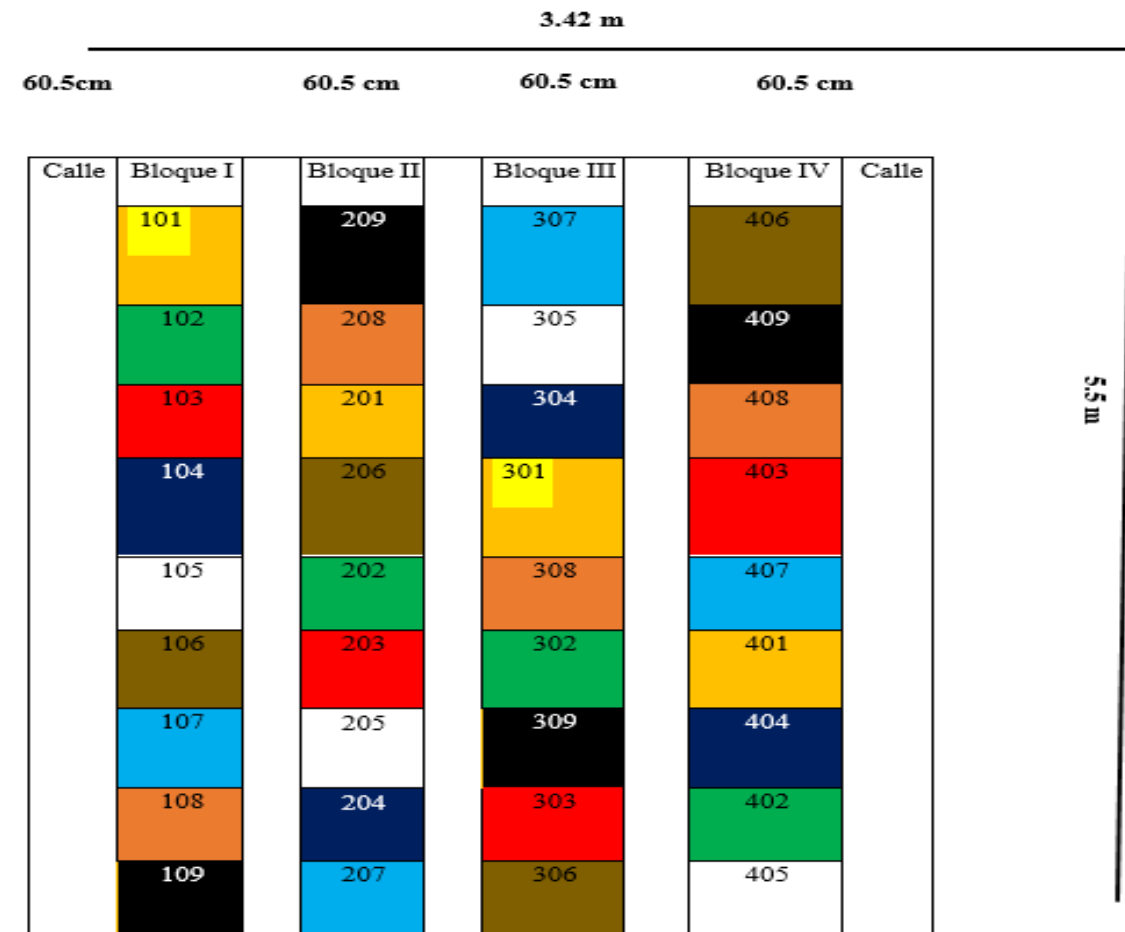
Nota. La tabla muestra los tratamientos y el porcentaje de sustratos. Fuente: Gómez (2022).

Factor en estudio. Se estudió el factor sustrato.

3.3.3. Croquis del campo experimental

Figura 1

Croquis del campo experimental



Nota. La figura muestra la distribución de los tratamientos. Fuente: Gómez, 2022.

3.3.4. Características del campo experimental

Las unidades experimentales (UE) se distribuirán según el esquema del campo experimental. Habrá 4 repeticiones y 9 tratamientos por repetición, lo que resulta en un total de 36 unidades experimentales. Cada UE contará con 96 semillas, sumando un total de 3,456 semillas para el ensayo. El área neta del experimento será de 2.42 m x 4.5 m, lo que equivale a 10.89 m², mientras que el área total del experimento será de 3.42 m x 5.5 m, con una superficie de 18.81 m².

3.4. Materiales del campo experimental.

En este estudio se emplearon diversos equipos, entre ellos un laboratorio para análisis de sustratos, un pie de rey, un termómetro ambiental, una computadora, una mochila manual de 20 litros y una balanza. Los insumos utilizados incluyeron semillas de pino radiata, micorriza, sustratos, hipoclorito de sodio, agua y pesticidas. También se dispuso de materiales como zaranda, bandejas con ubetes, cuchillas, palanas, wincha, estacas, machete, cordel, etiquetas.

3.5. Conducción experimental

- ✓ Trazado y diseño de camas
- ✓ Preparación de sustratos
- ✓ Siembra directa en tubetes
- ✓ Deshierbos
- ✓ Riego
- ✓ Abonamiento
- ✓ Aplicación de micorrizas
- ✓ Control de plagas y enfermedades

3.6. Características evaluadas

- ✓ **Porcentaje de germinación.** Se evaluó desde los 27 días en adelante hasta encontrar la emergencia de la mayoría de las semillas en cada uno de los 9 sustratos.
- ✓ **Altura de planta (cm) a los 45, 135 y 258 dds.** Con una cinta métrica se midió entre el suelo y el cuello de las plántulas hasta la yema apical a los 45, 135 y 258 días después de la siembra.

- ✓ **Numero de hojas por planta a los 45, 135 y 258 dds.** Se contó las acículas totales de las plantas de cada tratamiento a los 45, 135 y 258 días después de la siembra.
- ✓ **Diámetro de tallo por planta (cm) a los 45, 135 y 258 dds.** Se midió con pie de rey a media altura del tallo de las plantas a los 45, 135 y 258 días después de la siembra.
- ✓ **Numero de raíces.** Se contabilizó el número de raíces por planta cuando estuvieron listas para campo definitivo.
- ✓ **Número de plantas aptas para campo definitivo.** Se contabilizó a los 9 meses el número de plántulas aptas de cada tratamiento para la siembra en campo definitivo.

3.7. Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza (ANAVAS), siguiendo el “modelo lineal aditivo” descrito por Martínez (1995).

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} representa la observación del tratamiento i -ésimo en el bloque j -ésimo; μ corresponde a la media general del experimento, mientras que t_i denota el efecto asociado al tratamiento i -ésimo. β_j es el efecto relacionado con el bloque j -ésimo, y ε_{ij} representa la variación aleatoria asociada a la parcela del genotipo i -ésimo en el bloque j -ésimo.

Tabla 14*Forma general del análisis de varianza*

Fuentes de varianza	Grados de libertad	Suma de cuadrados
Bloques	$(r-1) = 3$	$\frac{\sum x_j^2}{t} - \frac{(\sum x_j)^2}{rt} = sc. \text{ Bloques}$
Tratamientos	$(t-1) = 8$	$\frac{\sum x_j^2}{r} - \frac{x^2}{rt} = sc. \text{ Tratamientos}$
Error	$(r-1)(t-1) = 24$	Por diferencia
Total	$(txr-1) = 35$	$\frac{\sum x^2}{ijij} - \frac{(\sum xi)^2}{rt} = sc. \text{ Total}$

Nota. La tabla muestra la forma general del análisis de varianza. Fuente: Stell y Torrie (2008).

Para contrastar las hipótesis propuestas, se efectuaron análisis de varianza y “coeficiente de variabilidad” (CV). Adicionalmente, se empleó Duncan al 5% para confrontar lo promedios de los tratamientos si existe significancia..

3.8. Coeficiente de variabilidad

El cociente σ/μ , expresado como porcentaje ($100\sigma/\mu$). Se dice que “Un coeficiente de variación del 3% significa que $\sigma = 3\%$ de la media μ ” (Box y Hunter, 2008). Según Martínez (1995), se ha establecido una “escala convencional para evaluar la precisión” o calidad de los datos obtenidos en los diseños experimentales utilizando este coeficiente (ver Tabla 16).

Tabla 15*Precisión del coeficiente de variación*

Coeficiente de variación	Precisión
5 -10	Muy buena
10 -15	Buena
15 – 20	Regular
20 – 25	Mala
> 25	Muy mala

Nota. La tabla muestra la precisión del coeficiente de variación. Fuente: Martínez (1995).

Tabla 16*Grado de variabilidad del coeficiente de variación*

Coeficiente de variación	Grado de variabilidad
$0 \leq cv < 10$	Datos muy homogéneos
$10 \leq cv < 15$	Datos regularmente homogéneos
$15 \leq cv < 20$	Datos regularmente variables
$20 \leq cv < 25$	Datos variables
$cv \geq 25$	Datos muy variables

Nota. La tabla muestra el grado de variabilidad del coeficiente de variación. Fuente. Toma y Rubio (2008).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.9. Análisis de varianza de las características evaluadas

3.9.1. Porcentaje de germinación (%)

La evaluación de porcentaje de germinación se realizó a los días 27, 35 y 44 después de la siembra (dds) de los nueve tratamientos.

3.9.1.1. Porcentaje de germinación (%) a los 27 días después de la siembra (dds).

El análisis de varianza de esta característica reveló una alta significancia estadística tanto para los bloques como para los tratamientos, dado que el p-valor fue menor a 0.05. Esto lleva a aceptar la hipótesis alterna, indicando un procedimiento heterogéneo en la germinación, atribuido a los diferentes efectos en los grupos (ver Tabla 18).

Tabla 17

Análisis de varianza para porcentaje de germinación a los 27 dds

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F. C.	F. T. 5%	F. T. 1%	Sig.
Bloques	3407.1604	3	1135.7201	13.71	3.01	4.72	**
Tratamientos	3887.2922	8	485.9115	5.86	2.36	3.36	**
Error	1988.7510	24	82.8646				
Total	9283.2036	35					

C. V. = 33.00%

Nota. La tabla muestra el análisis de varianza para germinación a los 27 dds. Fuente: SAS (2023).

Un 33.00%, se obtuvo como coeficiente de variación, quiere decir que hay poca precisión en la conducción de la investigación y en la toma de datos, reflejando una elevada

variabilidad en los resultados (Toma y Rubio, 2008), lo que, según Martínez (1995), sugiere una muy mala precisión experimental (ver Tabla 18).

El promedio general de germinación fue 25.17% (Tabla 19).

La prueba de Duncan realizada a los 27 días después de la siembra detectó significancias entre las medias, identificando tres subgrupos distintos. En tratamiento 1, los sustratos de suelo de jalca, suelo agrícola colorada, suelo micorrizado al contorno del pino, turba + aserrín de pino, humus de lombriz y suelo agrícola + turba + arena + materia orgánica presentaron porcentajes de germinación de 42.2, 39.1, 35.7, 29.7, 26.8 y 23.4, respectivamente. El siguiente grupo lo conforman el compost y el aserrín, con tasas de germinación de 16.1% y 13.5%. En el caso del sustrato de gallinaza, no se obtuvo ninguna semilla germinada (ver Tabla 19).

Tabla 18

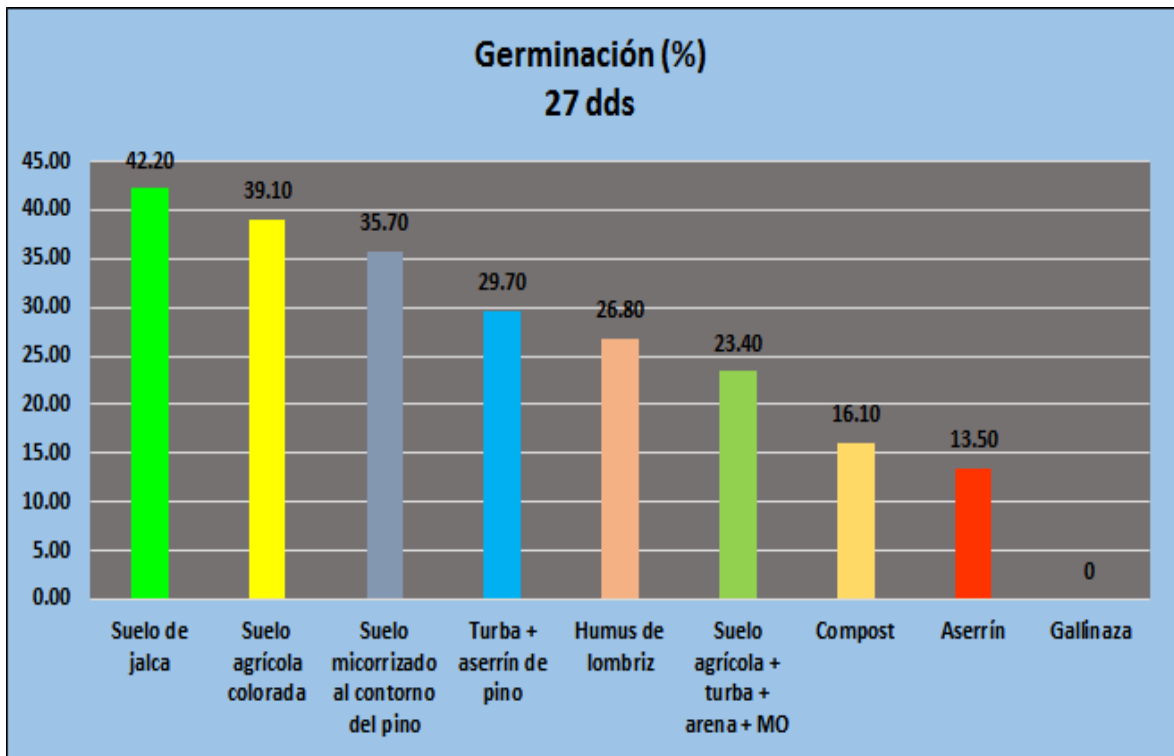
Porcentaje de germinación (%) a los 27 días después de la siembra

O.M	Sustratos	(%)	% Germin.	Sign.
1	Suelo de jalca	100	42.2	A
2	Suelo agrícola colorada	100	39.1	AB
3	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	35.7	AB
4	Turba + aserrín de pino	60+40	29.7	AB
5	Humus de lombriz	100	26.8	AB
6	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	23.4	AB
7	Compost	100	16.1	B
8	Aserrín	100	13.5	B
9	Gallinaza	100	0.0	C
Promedio			25.17	

Nota. La tabla muestra las medias de la prueba de Duncan, letras iguales no hay significación estadística ($p > 0.05$). Fuente: SAS (2023).

Figura 2

Porcentaje de semillas germinadas de pino a los 27 días después de la siembra.



Nota. La figura muestra el porcentaje de semillas germinadas de pino a los 27 días después de la siembra. Gómez (2023).

3.9.1.2. Porcentaje de germinación (%) a los 35 días después de la siembra (dds).

El análisis de varianza de esta característica mostró una significancia estadística elevada tanto para los bloques como para los tratamientos, debido a que p-valor fue menor a 0.05, aceptando la hipótesis alternativa, quiere decir un comportamiento diverso en el porcentaje de germinación como consecuencia de los diferentes efectos en los grupos aplicados (ver Tabla 20).

Tabla 19

Análisis de varianza para porcentaje de germinación a los 35 dds.

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F. C.	F. T. 5%	F. T. 1%	Sig.
Bloques	3171.055	3	1057.018	13.85	3.01	4.72	**
Tratamientos	18788.038	8	2348.505	30.77	2.36	3.36	**
Error	1831.658	24	76.319				
Total	23790.750	35					
C. V. = 15.50%							

Nota. La tabla muestra el análisis de varianza para germinación a los 35 dds. Fuente: SAS (2023).

El 15.50% fue el coeficiente de variabilidad, reflejando una confiabilidad aceptable, aunque el estudio presenta una precisión moderadamente baja (Martínez, 1995) y los resultados muestran una variabilidad moderada (Toma y Rubio, 2008). Aun así, el promedio sigue siendo representativo (ver Tabla 20).

El promedio de germinación alcanzado en el experimento fue 56.36% (Tabla 21).

La prueba de Duncan, realizada a los 35 días después de la siembra, mostró significancia entre las medias, organizándolos en tres subgrupos. El primer grupo, con los mejores resultados, incluyó los sustratos de suelo de jalca, suelo agrícola colorada, suelo agrícola + turba + arena + materia orgánica, suelo micorrizado al contorno del pino, turba + aserrín de pino y humus de lombriz, con porcentajes de germinación de 75.8, 73.4, 71.4, 70.3, 65.6 y 62.2, respectivamente. En el segundo grupo, conformado por compost y aserrín, se obtuvieron porcentajes de 47.4% y 41.1%. No se registró germinación en el sustrato de gallinaza (ver Tabla 21).

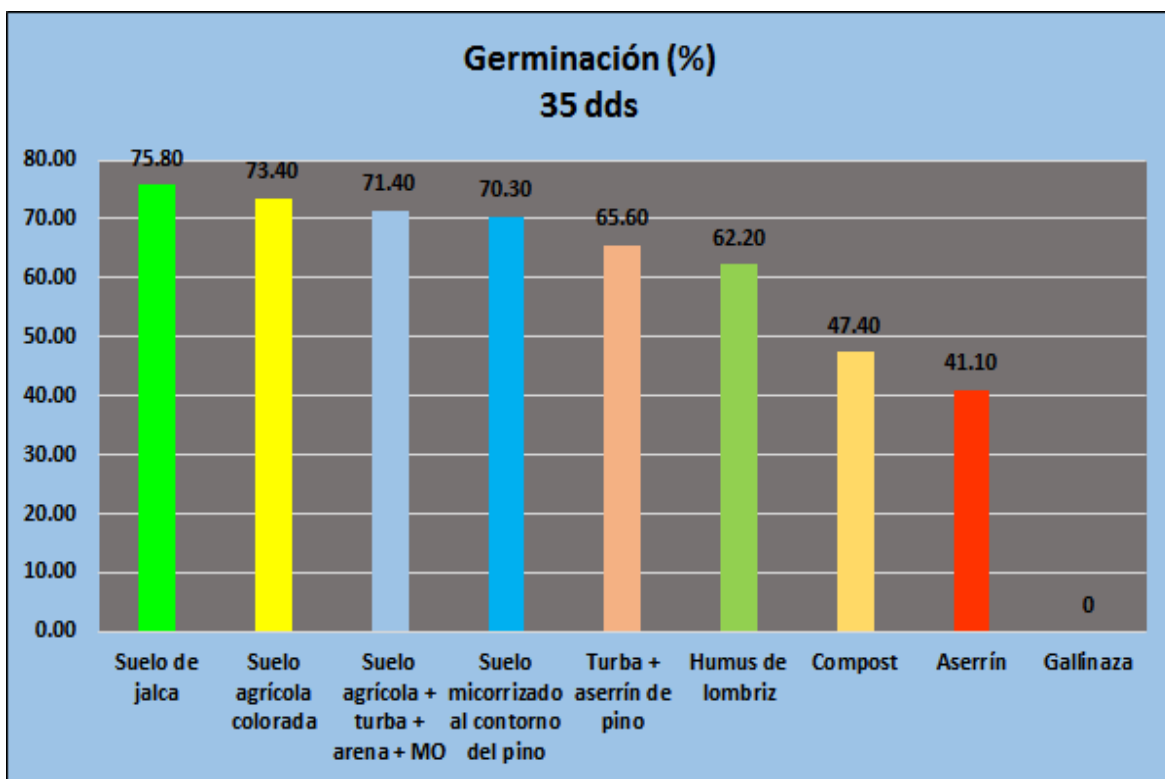
Tabla 20*Porcentaje de germinación (%) a los 35 días después de la siembra*

O.M	Sustratos	(%)	% Germin.	Sign.
1	Suelo de jalca	100	75.8	A
2	Suelo agrícola colorada	100	73.4	A
3	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	71.4	A
4	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	70.3	A
5	Turba + aserrín de pino	60+40	65.6	A
6	Humus de lombriz	100	62.2	A
7	Compost	100	47.4	B
8	Aserrín	100	41.1	B
9	Gallinaza	100	0.0	C
Promedio			56.36	

Nota. La tabla muestra las medias de la prueba de Duncan, letras iguales no hay significación estadística ($p > 0.05$). Fuente: SAS (2023).

Figura 3

Porcentaje de semillas germinadas de pino a los 35 días después de la siembra.



Nota. La figura muestra el porcentaje de semillas germinadas de pino a los 35 días después de la siembra. Fuente: Gómez (2023).

3.9.1.3. Porcentaje de germinación (%) a los 44 días después de la siembra (dds).

Presento diferencias significativas en la variación de los tratamientos, ya que el p-valor fue inferior a 0.05. Esto permitió aceptar la hipótesis alterna, lo que refleja un comportamiento diverso en el porcentaje de germinación, atribuido a los distintos efectos que tuvieron los tratamientos aplicados (ver Tabla 22).

Tabla 21*Análisis de varianza para porcentaje de germinación a los 44 dds*

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F. C.	F. T. 5%	F. T. 1%	Sig.
Bloques	180.4531	3	60.1510	1.92	3.01	4.72	N.S.
Tratamientos	24605.5773	8	3075.6972	98.32	2.36	3.36	**
Error	750.8078	24	31.2837				
Total	25536.8381	35					
C. V. = 8.02%							

Nota. La tabla muestra el análisis de varianza para germinación a los 44 dds. Fuente: SAS (2023).

El coeficiente de variabilidad 8.02%, lo que indica una gran confiabilidad en la investigación reflejando una precisión notablemente alta (Martínez, 1995) y una baja variabilidad en los resultados (Toma y Rubio, 2008). De esta manera, la media es representativa de la tendencia central (ver Tabla 22).

El promedio de germinación obtenido en el experimento fue 69.72% (ver Tabla 23). La prueba de Duncan a los 44 días después de la siembra, mostró diferencias significativas entre las media, identificando tres subgrupos. El grupo 1, con los mejores resultados, incluyó los sustratos de suelo agrícola colorada, suelo agrícola + turba + arena + materia orgánica, suelo de jalca, suelo micorrizado al contorno del pino, turba + aserrín de pino, humus de lombriz y compost, con porcentajes de germinación de 85.4, 85.2, 84.4, 82.8, 80.5, 77.1 y 76.6, respectivamente. El sustrato de aserrín alcanzó un 55.5% de germinación. El alto porcentaje de germinación en la tierra colorada se atribuye a su característico color, el cual se debe a la presencia de minerales de laterita ricos en hierro (Wikipedia, 2016). En

el sustrato de gallinaza no se obtuvo ninguna semilla germinada, lo cual se debe a su elevado contenido de sales solubles (56 kg/t) según INTAGRI (2022). Los análisis físico-químicos y biológicos de la gallinaza utilizada en este estudio revelaron una conductividad eléctrica de 33.97 mmhos/cm (INIA, 2022) (ver Tabla 23).

Tabla 22

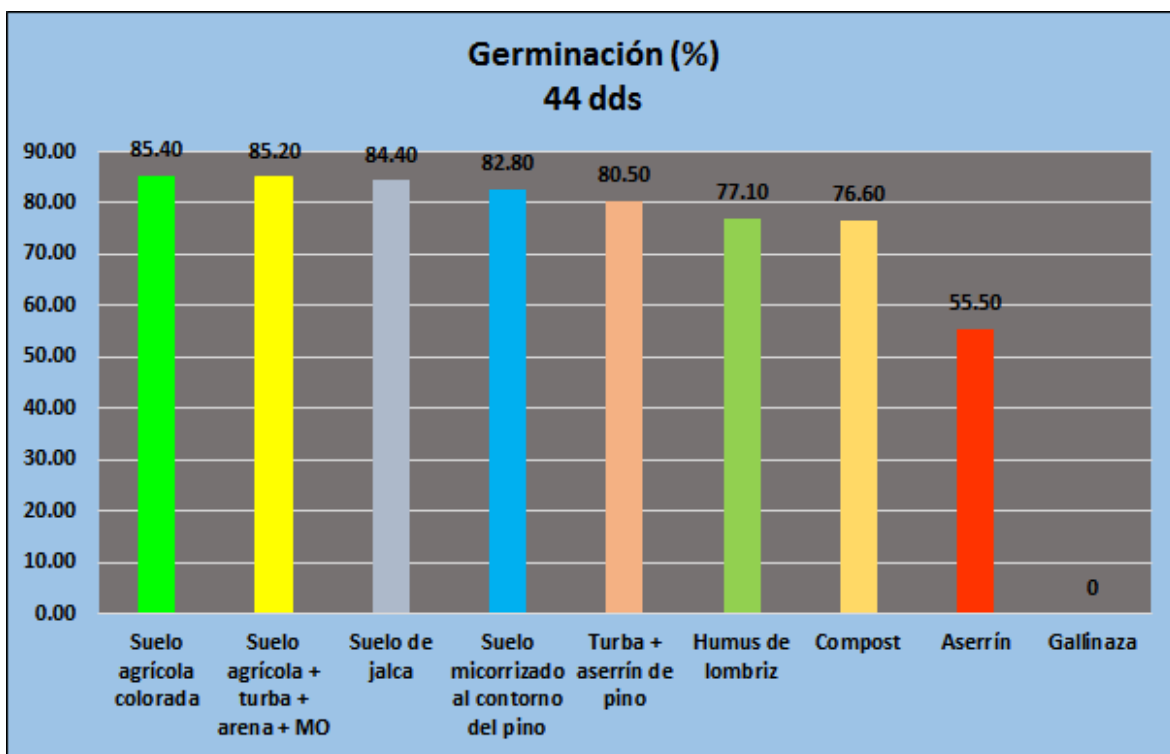
Porcentaje de germinación (%) a los 44 días después de la siembra

O.M	Sustratos	(%)	% germinac.	Sign.
1	Suelo agrícola colorada	100	85.4	A
2	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	85.2	A
3	Suelo de jalca	100	84.4	A
4	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	82.8	A
5	Turba + aserrín de pino	60+40	80.5	A
6	Humus de lombriz	100	77.1	A
7	Compost	100	76.6	A
8	Aserrín	100	55.5	B
9	Gallinaza	100	0.0	C
Promedio			69.72	

Nota. La tabla muestra las medias de la prueba de Duncan, letras iguales no hay significación estadística ($p > 0.05$). Fuente: SAS (2023).

Figura 4

Porcentaje de semillas germinadas de pino a los 44 días después de la siembra.



Nota. La figura muestra el porcentaje de semillas germinadas de pino a los 44 días después de la siembra. Fuente; Gómez (2023).

3.9.2. Altura de planta (cm)

La evaluación de altura de planta se realizó a los días 45, 135 y 258 después de la siembra (dds) de los nueve tratamientos.

3.9.2.1. Altura de planta (cm) a los 45 días después de la siembra (dds).

El análisis de varianza para la altura de planta a los 45 días después de la siembra mostró una significancia estadística elevada tanto en los bloques como en los tratamientos, dado que el p-valor fue inferior a 0.05. Esto llevó a aceptar la hipótesis alterna, evidenciando un comportamiento variable en la altura de las plantas, atribuible a los distintos efectos de los tratamientos aplicados (ver Tabla 24).

Tabla 23*Análisis de varianza para altura de planta (cm) a los 45 dds*

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F. C.	F. T. 5%	F. T. 1%	Sig.
Bloques	0.4338	3	0.1446	5.18	3.01	4.72	**
Tratamientos	21.3270	8	2.6659	95.49	2.36	3.36	**
Error	0.6700	24	0.0279				
Total	22.4308	35					
C. V. = 8.03%							

Nota. La tabla muestra el Análisis de varianza para altura de planta (cm) a los 45 dds.

Fuente: SAS (2023).

El coeficiente de variación fue de 8.03%.

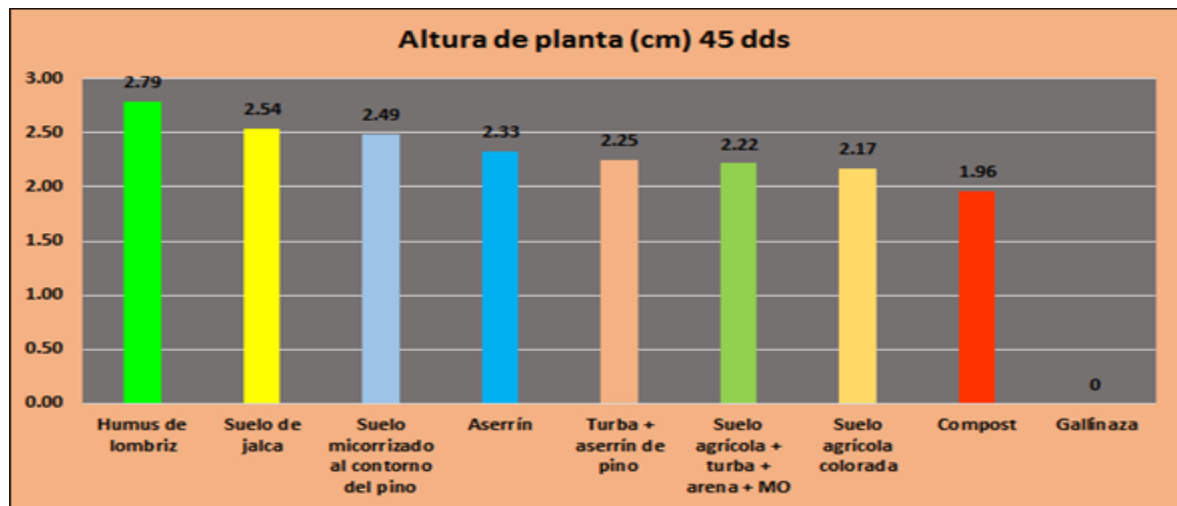
La media experimental de altura de planta fue de 2.08 cm (ver Tabla 25).

La prueba de Duncan a los 45 días después de la siembra reveló entre las medias significancia, observando seis subgrupos. El primero, con el mayor valor, fue el sustrato de humus de lombriz con 2.79 cm. Le siguen los sustratos de suelo de jalca, suelo micorrizado al contorno del pino y aserrín, con alturas de 2.54, 2.49 y 2.33 cm, respectivamente. En el siguiente lugar se encuentra el sustrato turba + aserrín de pino con 2.25 cm, mientras que el sustrato de suelo agrícola + turba + arena + materia orgánica alcanzó 2.22 cm. Los sustratos de suelo agrícola colorada y compost obtuvieron alturas de 2.17 y 1.96 cm, respectivamente. No se observaron plantas en el sustrato de gallinaza para su medición (ver Tabla 25).

Tabla 24*Altura de planta (cm) a los 45 días después de la siembra*

O.M	Sustratos	(%)	Altura planta (cm)	Sign.
1	Humus de lombriz	100	2.79	A
2	Suelo de jalca	100	2.54	B
3	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	2.49	BC
4	Aserrín	100	2.33	BCD
5	Turba + aserrín de pino	60+40	2.25	CD
6	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	2.22	D
7	Suelo agrícola colorada	100	2.17	DE
8	Compost	100	1.96	E
9	Gallinaza	100	0.0	F
Promedio			2.08	

Nota. La tabla muestra las medias de la prueba de Duncan, letras iguales no hay significación estadística ($p > 0.05$). Fuente: SAS (2023).

Figura 5*Altura de planta (cm) a los 45 días después de la siembra.*

Nota. La figura muestra la altura de planta (cm) a los 45 días después de la siembra. Fuente: Gómez (2023).

3.9.2.2. Altura de planta (cm) a los 135 días después de la siembra (dds)

A los 135 días después de la siembra se observó una significancia en el análisis de varianza en relación a la altura de planta, con un p-valor menor a 0.05. Esto llevó a aceptar la hipótesis alterna, lo que sugiere un comportamiento variado en la altura de las plantas debido a los distintos efectos producidos por los tratamientos aplicados, detallados en la siguiente tabla:

Tabla 25

Análisis de varianza para altura de planta (cm) a los 135 dds

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F. C.	F. T. 5%	F. T. 1%	Sig.
Bloques	1.4831	3	0.4944	1.04	3.01	4.72	N.S.
Tratamientos	224.6146	8	28.0768	58.80	2.36	3.36	**
Error	11.4599	24	0.4775				
Total	237.5577	35					
C. V. = 12.51%							

Nota. La tabla muestra el análisis de varianza para altura de planta (cm) a los 135 dds.

Fuente: SAS (2023).

El coeficiente de variabilidad fue 12.51%. La media de altura de planta en el experimento fue 5.53 cm (ver Tabla 27).

La prueba de Duncan a los 135 días después de la siembra, evidenció diferencias significativas entre los promedios, identificando seis subgrupos. El sustrato que destacó fue el suelo micorrizado al contorno del pino con una altura de 8.2 cm, seguido de los sustratos suelo agrícola + turba + arena + materia orgánica y humus de lombriz, con 7.9 cm y 7.7 cm, respectivamente. El siguiente grupo lo conformaron compost y suelo de jalca, con

alturas de 6.9 cm y 6.0 cm, respectivamente. En el siguiente nivel, el sustrato suelo agrícola colorada registró 5.5 cm, mientras que los sustratos aserrín y turba + aserrín de pino obtuvieron 3.9 cm y 3.7 cm de altura, respectivamente. No se registraron plantas en el sustrato de gallinaza para su medición (ver Tabla 27).

Tabla 26

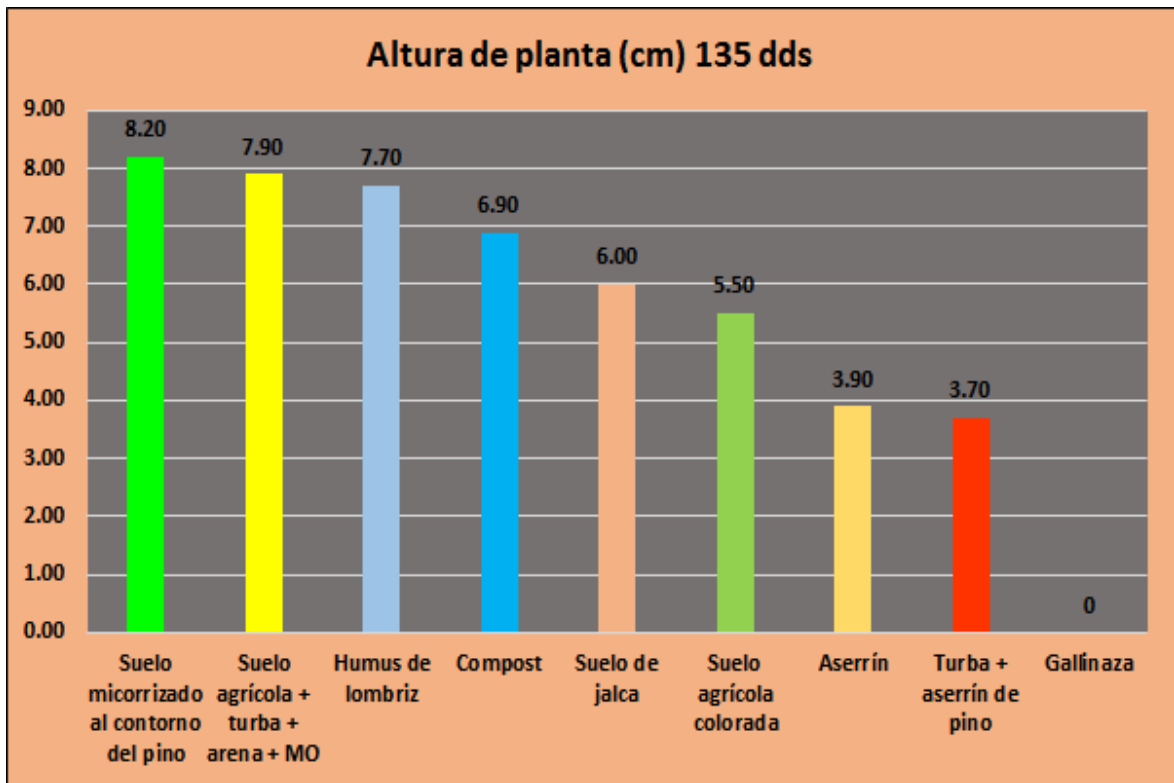
Altura de planta (cm) a los 135 días después de la siembra

O.M	Sustratos	(%)	Altura planta (cm)	Sign.
1	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	8.2	A
2	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	7.9	AB
3	Humus de lombriz	100	7.7	AB
4	Compost	100	6.9	BC
5	Suelo de jalca	100	6.0	CD
6	Suelo agrícola colorada	100	5.5	D
7	Aserrín	100	3.9	E
8	Turba + aserrín de pino	60+40	3.7	E
9	Gallinaza	100	0.0	F
Promedio			5.53	

Nota. La tabla muestra las medias de la prueba de Duncan, letras iguales no hay significación estadística ($p > 0.05$). Fuente: SAS (2023).

Figura 6

Altura de planta (cm) a los 135 días después de la siembra



Nota. La figura muestra la altura de planta (cm) a los 135 días después de la siembra.

Fuente: Gómez (2023).

3.9.2.3. Altura de planta (cm) a los 258 días después de la siembra (dds)

A los 258 días después de la siembra mostró una significancia en relación al análisis de varianza para la altura, ya que el p-valor fue inferior a 0.05. Esto permitió aceptar la hipótesis alterna, evidenciando un comportamiento diverso en la altura de las plantas (ver Tabla 28).

Tabla 27*Análisis de varianza para altura de planta (cm) a los 258 dds*

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F. C.	F. T. 5%	F. T. 1%	Sig.
Block	4.4750	3	1.4917	1.18	3.01	4.72	N.S.
Tratamiento	776.9921	8	97.1240	76.74	2.36	3.36	**
Error	30.3753	24	1.2656				
Total	811.8424	35					
C. V. = 13.81%							

Nota. La tabla muestra el análisis de varianza para altura de planta (cm) a los 258 dds.

Fuente: SAS (2023).

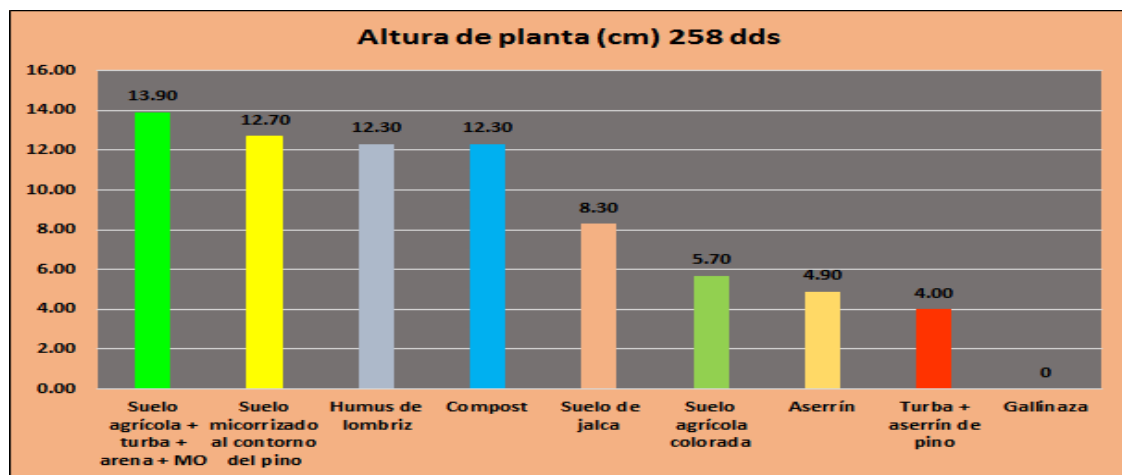
Se obtuvo un 13.81% de coeficiente de variabilidad, lo que refleja una buena confiabilidad. El promedio de altura fue 8.23 cm (ver Tabla 29).

La prueba de Duncan a los 258 días después de la siembra identificó diferencias significativas entre los promedios, agrupando los resultados en cinco subgrupos. En el primer grupo, los sustratos suelo agrícola + turba + arena + materia orgánica, suelo micorrizado al contorno del pino, humus de lombriz y compost destacaron con valores de 13.9, 12.7, 12.3 y 12.3 cm, respectivamente. Le sigue el sustrato de suelo de jalca con 8.3 cm, y luego el grupo compuesto por suelo agrícola colorada y aserrín, con 5.7 cm y 4.9 cm, respectivamente. El sustrato turba + aserrín de pino alcanzó 4.0 cm de altura. La mayor altura se atribuye a que el sustrato suelo agrícola + turba + arena + materia orgánica tiene un alto contenido de materia orgánica (12.78%), con una buena relación C/N (11.97%), lo que favorece una descomposición sostenida en contacto con el suelo (INIA, 2022). No se observaron plantas en el sustrato de gallinaza para su medición (ver Tabla 29).

Tabla 28*Altura de planta (cm) a los 258 días después de la siembra*

O.M	Sustratos	(%)	Altura planta (cm)	Sign.
1	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	13.9	A
2	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	12.7	A
3	Humus de lombriz	100	12.3	A
4	Compost	100	12.3	A
5	Suelo de jalca	100	8.3	B
6	Suelo agrícola colorada	100	5.7	C
7	Aserrín	100	4.9	CD
8	Turba + aserrín de pino	60+40	4.0	D
9	Gallinaza	100	0.0	E
Promedio			8.23	

Nota. La tabla muestra las medias de la prueba de Duncan, letras iguales no hay significación estadística ($p > 0.05$). Fuente: SAS (2023).

Figura 7*Altura de planta (cm) a los 258 días después de la siembra.*

Nota. La figura muestra la altura de planta (cm) a los 258 días después de la siembra.

Fuente: Gómez (2023).

3.9.3. Número de hojas por planta

La evaluación de número de hojas por planta se realizó a los días 45, 135 y 258 después de la siembra (dds) en las unidades experimentales de los tratamientos.

3.9.3.1. Número de hojas por planta a los 45 días después de la siembra (dds).

Se observó significancia en el análisis de varianza ($p < 0.05$). Esto permitió aceptar la hipótesis alterna (ver Tabla 30).

Tabla 29

Análisis de varianza para número de hojas por planta a los 45 dds

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F. C.	F. T. 5%	F. T. 1%	Sig.
Block	0.1364	3	0.0455	0.40	3.01	4.72	N.S.
Tratamiento	188.2822	8	23.5353	206.82	2.36	3.36	**
Error	2.7311	24	0.1138				
Total	191.1497	35					
C. V. = 8.23%							

Nota. La tabla muestra el análisis de varianza para número de hojas a los 45 dds. Fuente: SAS (2023).

El coeficiente de variabilidad fue de 8.23%. La media fue de 6.48 hojas por planta (ver Tabla 31).

La prueba de Duncan a los 45 días después de la siembra hubo significancia en las medias, dividiéndolos en dos subgrupos. En el grupo superior se destacaron los sustratos de suelo de jalca, suelo micorrizado al contorno del pino, suelo agrícola colorada, humus de lombriz, compost, suelo agrícola + turba + arena + materia orgánica, aserrín y turba + aserrín de pino, con valores de 7.5, 7.5, 7.4, 7.3, 7.3, 7.2, 7.1 y 7.0 hojas por planta,

respectivamente. No se observaron plantas en el sustrato de gallinaza para su medición (ver Tabla 31).

Tabla 30

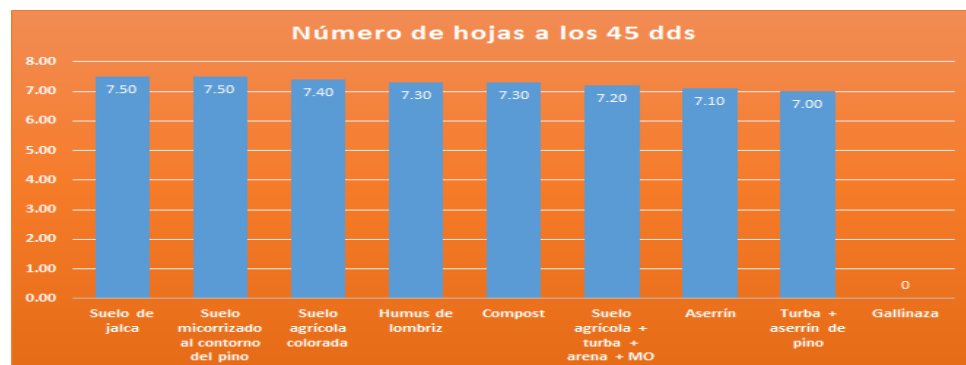
Numero de hojas por planta a los 45 días después de la siembra

O.M	Sustratos	(%)	N° hojas/pta	Sign.
1	Suelo de jalca	100	7.5	A
2	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	7.5	A
3	Suelo agrícola colorada	100	7.4	A
4	Humus de lombriz	100	7.3	A
5	Compost	100	7.3	A
6	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	7.2	A
7	Aserrín	100	7.1	A
8	Turba + aserrín de pino	60+40	7.0	A
9	Gallinaza	100	0.0	B
Promedio			6.48	

Nota. La tabla muestra las medias de la prueba de Duncan, letras iguales no hay significación estadística ($p > 0.05$). Fuente: SAS (2023).

Figura 8

Numero de hojas por planta a los 45 días después de la siembra



Nota. La figura muestra el número de hojas por planta a los 45 días después de la siembra.

Fuente: Gómez (2023).

3.9.3.2. Número de hojas por planta a los 135 días después de la siembra (dds).

El análisis de varianza mostró una significancia considerable en la fuente de variación de los tratamientos, ya que el p-valor fue menor a 0.05. Esto llevó a aceptar la hipótesis alterna, indicando un procedimiento diverso en la cantidad de hojas/planta (ver Tabla 32).

Tabla 31

Análisis de varianza para número de hojas por planta a los 135 dds

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F. C.	F. T. 5%	F. T. 1%	Sig.
Block	32.6631	3	10.8877	0.10	3.01	4.72	N.S.
Tratamiento	43029.8950	8	5378.7369	51.07	2.36	3.36	**
Error	2527.6294	24	105.3179				
Total	45590.1875	35					
C. V. = 13.59%							

Nota. La tabla muestra el análisis de varianza para número de hojas a los 135 dds. Fuente: SAS (2023)

El coeficiente de variabilidad fue de 13.59%.

El promedio experimental de hojas por planta fue de 75.49 (ver Tabla 33).

La prueba de Duncan a los 135 días pos siembra, se observó significancias entre las medias, agrupándolos en cinco subgrupos. En el grupo superior destacaron los sustratos de suelo micorrizado al contorno del pino y compost, con 118.4 y 109.0 hojas por planta, respectivamente. Los sustratos de humus de lombriz y suelo agrícola + turba + arena + materia orgánica presentaron 100.0 y 97.2 hojas. El sustrato de suelo de jalca registró 81.0 hojas, mientras que los sustratos de suelo agrícola colorada, turba + aserrín de pino y aserrín

tuvieron 64.5, 54.9 y 54.4 hojas por planta, respectivamente. No se registraron plantas en el sustrato de gallinaza para el conteo de hojas (ver Tabla 33).

Tabla 32

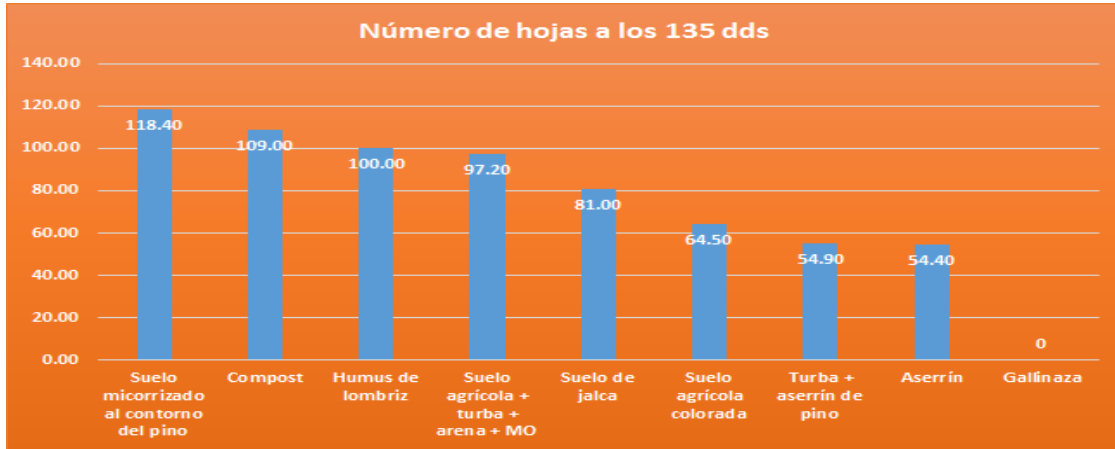
Numero de hojas por planta a los 135 días después de la siembra

O.M	Sustratos	(%)	N° hojas/pta	Sign.
1	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	118.4	A
2	Compost	100	109.0	AB
3	Humus de lombriz	100	100.0	B
4	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	97.2	B
5	Suelo de jalca	100	81.0	C
6	Suelo agrícola colorada	100	64.5	D
7	Turba + aserrín de pino	60+40	54.9	D
8	Aserrín	100	54.4	D
9	Gallinaza	100	0.0	E
Promedio			75.49	

Nota. La tabla muestra las medias de la prueba de Duncan, letras iguales no hay significación estadística ($p > 0.05$). Fuente: SAS (2023).

Figura 9

Numero de hojas por planta a los 135 días después de la siembra



Nota. La figura muestra el número de hojas por planta a los 135 días después de la siembra.

Fuente: Gómez (2023).

3.9.3.3. Número de hojas por planta a los 258 días después de la siembra (dds).

Hubo diferencias significativas en el análisis de varianza, permitiendo aceptar la hipótesis alterna, evidenciando un comportamiento diverso en la cantidad de hojas por planta (ver Tabla 34).

Tabla 33

Análisis de varianza para número de hojas por planta a los 258 dds

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F. C.	F. T. 5%	F. T. 1%	Sig.
Bloques	24909.850	3	8303.283	3.96	3.01	4.72	*
Tratamientos	490937.545	8	61367.193	29.23	2.36	3.36	**
Error	50386.233	24	2099.426				
Total	566233.628	35					

C. V. = 24.64%

Nota. La tabla muestra el análisis de varianza para número de hojas a los 258 dds. Fuente: SAS (2024)

El coeficiente de variabilidad 24.64%. El promedio experimental fue de 185.93 hojas por planta (ver Tabla 35). La prueba de Duncan realizada a los 258 días después de la siembra mostró diferencias significativas entre los promedios, identificando seis subgrupos distintos. En el grupo superior destacó el sustrato de suelo micorrizado al contorno del pino con 381.4 hojas, seguido por los sustratos de suelo agrícola + turba + arena + materia orgánica, compost y humus de lombriz, con 286.4, 256.7 y 243.5 hojas/planta, respectivamente. Los sustratos de suelo de jalca y suelo agrícola colorada registraron 212.2 y 168.6 hojas, respectivamente, mientras que los sustratos de aserrín y turba + aserrín de pino presentaron 62.5 y 62.1 hojas por planta, respectivamente. La cantidad número de hojas por planta se atribuye al sustrato micorrizado al contorno del pino, que presenta un alto contenido de materia orgánica (20.67%) y una buena relación C/N (12.61%), lo que favorece una descomposición constante en contacto con el suelo (INIA, 2022). Además, las micorrizas en el sustrato influyen en el crecimiento y desarrollo de la planta, promoviendo una mayor cantidad de hojas. No se registraron plantas en el sustrato de gallinaza para su medición (ver Tabla 35).

Tabla 34

Numero de hojas por planta a los 258 días después de la siembra

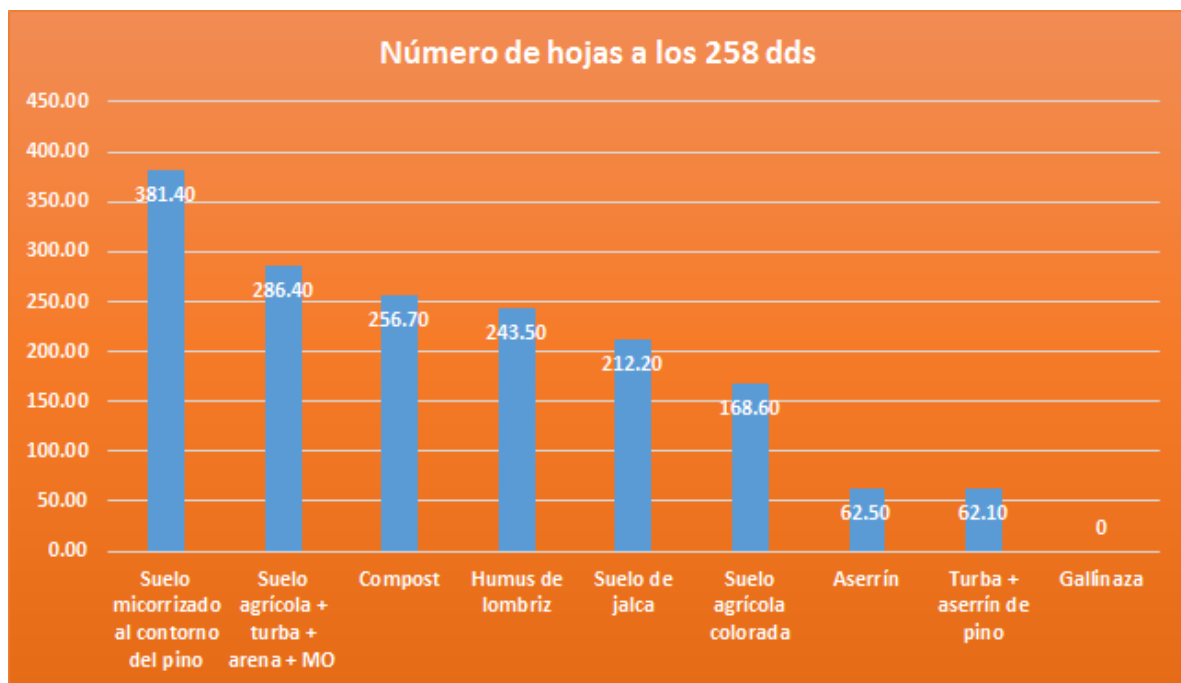
O.M	Sustratos	(%)	N° hojas/pta	Sign.
1	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	381.4	A
2	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	286.4	B
3	Compost	100	256.7	BC
4	Humus de lombriz	100	243.5	BC
5	Suelo de jalca	100	212.2	CD

6	Suelo agrícola colorada	100	168.6	D
7	Aserrín	100	62.5	E
8	Turba + aserrín de pino	60+40	62.1	E
9	Gallinaza	100	0.0	F
Promedio			185.93	

Nota. La tabla muestra las medias de la prueba de Duncan, letras iguales no hay significación estadística ($p > 0.05$). Fuente: SAS (2023).

Figura 10

Numero de hojas por planta a los 258 días después de la siembra



Nota. La figura muestra el número de hojas por planta a los 258 días después de la siembra.

Fuente: Gómez (2023).

3.9.4. Diámetro de tallo (mm)

La evaluación para diámetro de tallo se realizó a los días después 45, 135 y 258 de la siembra (dds) en los nueve tratamientos.

3.9.4.1. Diámetro de tallo (mm) a los 45 días después de la siembra (dds).

Hubo una significancia en el análisis de varianza permitiendo aceptar la hipótesis alterna, indicando un comportamiento diverso en el diámetro del tallo, resultado de los diferentes efectos en los grupos (ver Tabla 36).

Tabla 35

Análisis de varianza para diámetro de tallo (mm) a los 45 dds

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F. C.	F. T. 5%	F. T. 1%	Sig.
Block	0.0024	3	0.0008	0.87	3.01	4.72	N.S.
Tratamiento	0.2049	8	0.0256	28.41	2.36	3.36	**
Error	0.0216	24	0.0009				
Total	0.2289	35					
C. V. = 14.35%							

Nota. La tabla muestra el análisis de varianza para diámetro (mm) de tallo a los 45 dds.

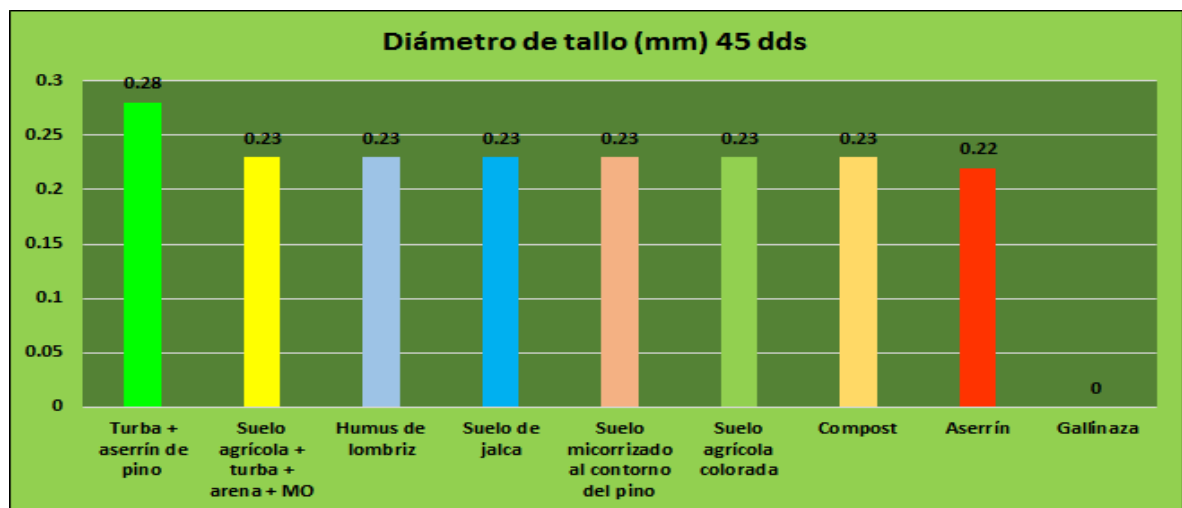
Fuente: SAS (2023).

El coeficiente de variabilidad 14.35% reflejando una buena confiabilidad. La media experimental para el diámetro del tallo fue de 0.21 mm (ver Tabla 37). La prueba de Duncan realizada a los 45 días después de la siembra mostró significancia en los promedios, agrupándolos en tres subgrupos. El sustrato turba + aserrín de pino se destacó en el primer grupo con un diámetro de 0.28 mm, seguido por el segundo grupo compuesto por los sustratos suelo agrícola + turba + arena + materia orgánica, humus de lombriz, suelo de jalca, suelo micorrizado al contorno del pino, suelo agrícola colorada, compost y aserrín, todos con un diámetro de 0.23 mm, excepto aserrín con 0.22 mm. No se observaron plantas en el sustrato de gallinaza para la medición del diámetro del tallo (ver Tabla 37).

Tabla 36*Diámetro de tallo (mm) a los 45 días después de la siembra*

O.M	Sustratos	(%)	Diámetro tallo (mm)	Sign.
1	Turba + aserrín de pino	60+40	0.28	A
2	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	0.23	B
3	Humus de lombriz	100	0.23	B
4	Suelo de jalca	100	0.23	B
5	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	0.23	B
6	Suelo agrícola colorada	100	0.23	B
7	Compost	100	0.23	B
8	Aserrín	100	0.22	B
9	Gallinaza	100	0.0	C
Promedio			0.21	

Nota. La tabla muestra las medias de la prueba de Duncan, letras iguales no hay significación estadística ($p > 0.05$). Fuente: SAS (2023).

Figura 11*Diámetro de tallo (mm) a los 45 días después de la siembra*

Nota. La figura muestra el diámetro de tallo (mm) a los 45 días después de la siembra.

Fuente: Gómez (2023).

3.9.4.2. Diámetro de tallo a los 135 (mm) días después de la siembra (dds).

El análisis de varianza realizado para esta evaluación evidenció una significancia estadística notable en la fuente de variación de los tratamientos, ya que el p-valor fue menor a 0.05. Esto permitió aceptar la hipótesis alterna, indicando un comportamiento diverso en el diámetro del tallo (ver Tabla 38).

Tabla 37

Análisis de varianza para diámetro de tallo (mm) a los 135 dds

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F. C.	F. T. 5%	F. T. 1%	Sig.
Block	0.0642	3	0.0214	0.62	3.01	4.72	N.S.
Tratamiento	11.4088	8	1.4261	41.30	2.36	3.36	**
Error	0.8288	24	0.0345				
Total	12.3018	35					
C. V. = 13.34%							

Nota. La tabla muestra el análisis de varianza para diámetro de tallo (mm) a los 135 dds.

Fuente: SAS (2023).

El coeficiente de variabilidad 13.34%.

La media del diámetro del tallo fue de 1.39 mm (ver Tabla 39).

La prueba de Duncan realizada a los 135 días pos siembra mostró significancia entre los promedios, agrupándolos en cuatro subgrupos. En el grupo superior se destacaron los sustratos de suelo agrícola + turba + arena + materia orgánica, suelo micorrizado al contorno del pino, compost y humus de lombriz, con diámetros de 1.91, 1.90, 1.87 y 1.62 mm, respectivamente. Le siguió el sustrato de suelo de jalca con 1.55 mm, mientras que los sustratos de aserrín, turba + aserrín de pino y suelo agrícola colorada presentaron

diámetros de 1.27, 1.22 y 1.20 mm, respectivamente. No se observaron plantas en el sustrato de gallinaza para la medición (ver Tabla 39).

Tabla 38

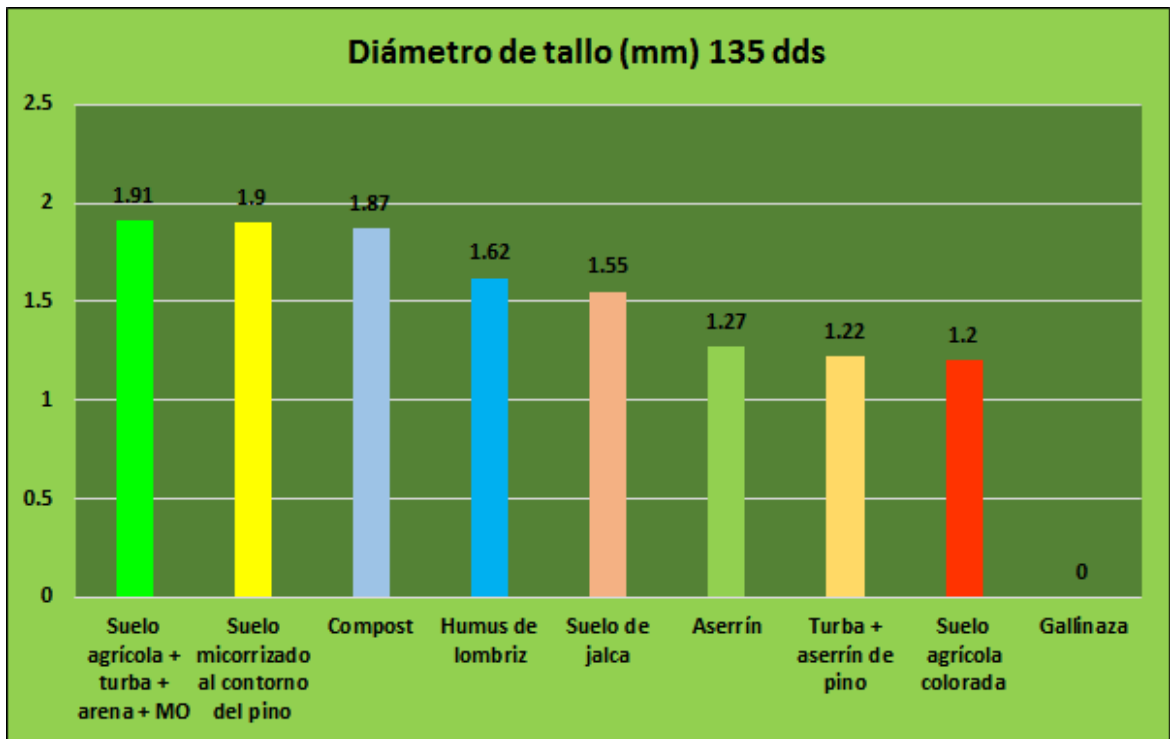
Diámetro de tallo (mm) a los 135 días después de la siembra

O.M	Sustratos	(%)	Diámetro tallo (mm)	Sign.
1	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	1.91	A
2	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	1.90	A
3	Compost	100	1.87	A
4	Humus de lombriz	100	1.62	AB
5	Suelo de jalca	100	1.55	B
6	Aserrín	100	1.27	C
7	Turba + aserrín de pino	60+40	1.22	C
8	Suelo agrícola colorada	100	1.20	C
9	Gallinaza	100	0.0	D
Promedio			1.39	

Nota. La tabla muestra las medias de la prueba de Duncan, letras iguales no hay significación estadística ($p > 0.05$). Fuente: SAS (2023).

Figura 12

Diámetro de tallo (mm) a los 135 días después de la siembra



Nota. La figura muestra el diámetro de tallo (mm) a los 135 días después de la siembra.

Fuente: Gómez (2023).

3.9.4.3. Diámetro de tallo (mm) a los 258 días después de la siembra (dds).

Existe significancia en el análisis de varianza permitiendo aceptar la hipótesis alterna, lo que refleja un comportamiento variado en el diámetro del tallo, atribuible a los distintos efectos en los grupos (ver Tabla 40).

Tabla 39*Análisis de varianza para diámetro de tallo (mm) a los 258 dds*

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F. C.	F. T. 5%	F. T. 1%	Sig.
Block	0.0703	3	0.0234	1.15	3.01	4.72	N.S.
Tratamiento	22.0562	8	2.7570	135.70	2.36	3.36	**
Error	0.4876	24	0.0203				
Total	22.6141	35					
C. V. = 6.70%							

Nota. La tabla muestra el análisis de varianza para diámetro de tallo (mm) a los 258 dds.

Fuente: SAS (2023).

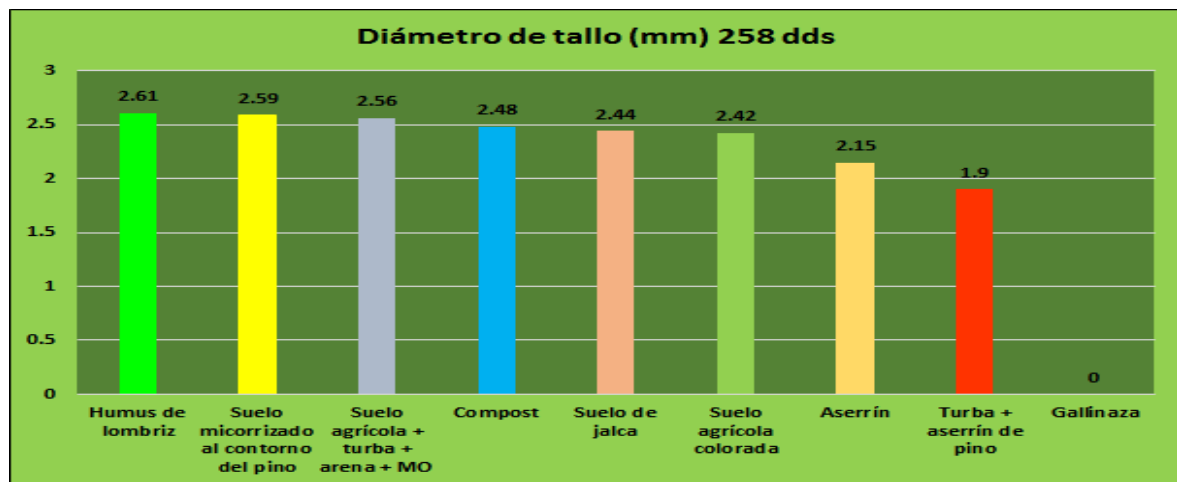
El coeficiente de variabilidad 6.70%, sugiriendo una confiabilidad en la realización del estudio. La media fue de 2.13 mm de diámetro de tallo (ver Tabla 41).

La prueba de Duncan realizada a los 258 días después de la siembra señala significancia, agrupándolos en cuatro subgrupos. En el grupo superior se destacaron los sustratos de humus de lombriz, suelo micorrizado al contorno del pino, suelo agrícola + turba + arena + materia orgánica, compost, suelo de jalca y suelo agrícola colorada, con diámetros de 2.61, 2.59, 2.56, 2.48, 2.44 y 2.42 mm, respectivamente. Le siguió el sustrato de aserrín con 2.15 mm, mientras que el sustrato turba + aserrín de pino obtuvo 1.9 mm de diámetro de tallo. El diámetro mayor de tallo pertenece al sustrato de humus de lombriz, que presenta materia orgánica (30.54%) y proporciona nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y calcio, los cuales influyen en el crecimiento del tallo (INIA, 2022). No se observaron plantas en el sustrato de gallinaza para su medición (ver Tabla 41).

Tabla 40*Diámetro de tallo (mm) a los 258 días después de la siembra*

O.M	Sustratos	(%)	Diámetro tallo (mm)	Sign.
1	Humus de lombriz	100	2.61	A
2	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	2.59	A
3	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	2.56	A
4	Compost	100	2.48	A
5	Suelo de jalca	100	2.44	A
6	Suelo agrícola colorada	100	2.42	A
7	Aserrín	100	2.15	B
8	Turba + aserrín de pino	60+40	1.90	C
9	Gallinaza	100	0.0	D
Promedio			2.13	

Nota. La tabla muestra las medias de la prueba de Duncan, letras iguales no hay significación estadística ($p > 0.05$). Fuente: SAS (2023).

Figura 13*Diámetro de tallo (mm) a los 258 días después de la siembra*

Nota. La figura muestra el diámetro de tallo (mm) a los 258 días después de la siembra.

Fuente: Gómez (2023).

3.9.5. Número de raíces por planta

El análisis de varianza para esta evaluación mostró una significancia importante de los tratamientos. Esto permitió aceptar la hipótesis alterna, lo que evidencia un proceder variable en el número de raíces por planta, atribuible a los diferentes efectos de los grupos (ver Tabla 42).

Tabla 41

Análisis de varianza para número de raíces por planta

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F. C.	F. T. 5%	F. T. 1%	Sig.
Block	1234.682	3	411.561	0.19	3.01	4.72	N.S.
Tratamientos	826537.080	8	103317.135	47.17	2.36	3.36	**
Error	52571.878	24	2190.495				
Total	880343.640	35					

C. V. = 18.78%

Nota. La tabla muestra el análisis de varianza para número de raíces por planta. Fuente: SAS (2023).

El coeficiente de variabilidad 18.78%. La media fue de 221.34 raíces/planta (ver Tabla 43). La prueba de Duncan realizada a los 258 días después de la siembra mostró diferencias significativas entre los promedios, identificando cinco subgrupos. En el grupo superior, los sustratos de suelo micorrizado al contorno del pino y suelo agrícola + turba + arena + materia orgánica destacaron con 472.0 y 459.4 raíces por planta, respectivamente. A continuación, el grupo formado por suelo agrícola colorada, humus de lombriz y suelo de jalca presentó valores de 304.7, 302.9 y 259.4 raíces, respectivamente. El sustrato compost registró 229.2 raíces, seguido por turba + aserrín de pino con 152.9 raíces, mientras que el sustrato de aserrín alcanzó 62.2 raíces por planta. El mayor número de raíces se atribuye a que el sustrato micorrizado al contorno del pino

tiene un alto contenido de materia orgánica (20.67%) y contiene micorrizas que fomentan una mayor simbiosis con la planta de pino (INIA, 2022). No se registraron plantas en el sustrato de gallinaza para su evaluación (ver Tabla 43).

Tabla 42

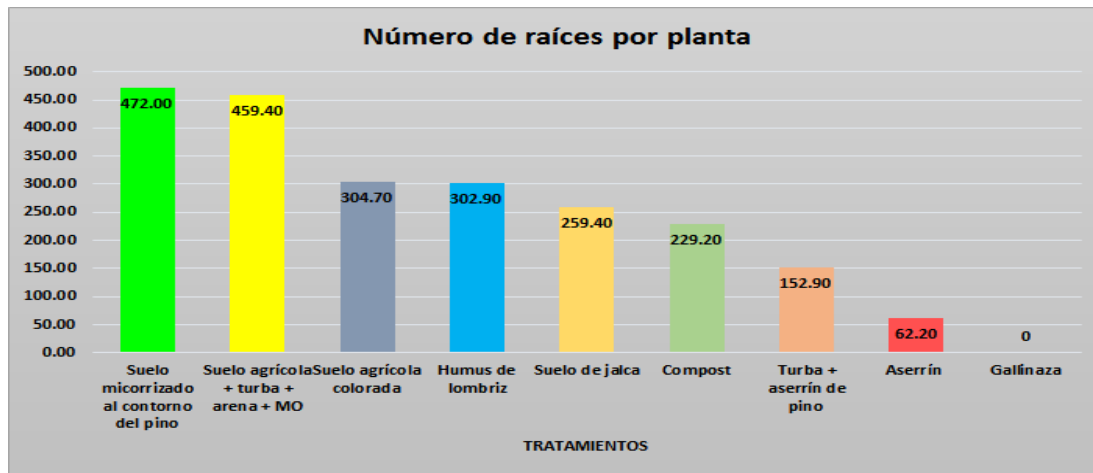
Número de raíces por planta a los 258 días después de la siembra

O.M	Sustratos	(%)	N° raíces	Sign.
1	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	472.0	A
2	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	459.4	A
3	Suelo agrícola colorada	100	304.7	B
4	Humus de lombriz	100	302.9	B
5	Suelo de jalca	100	259.4	BC
6	Compost	100	229.2	C
7	Turba + aserrín de pino	60+40	152.9	D
8	Aserrín	100	62.2	E
9	Gallinaza	100	0.0	E
Promedio			221.34	

Nota. La tabla muestra las medias de la prueba de Duncan, letras iguales no hay significación estadística ($p > 0.05$). Fuente: SAS (2023).

Figura 14

Número de raíces por planta a los 258 días después de la siembra



Nota. La figura muestra el N° de raíces/planta a los 258 días dds. Fuente: Gómez (2023).

3.9.6. Número de plantas aptas para campo definitivo

El análisis de varianza para esta característica mostró significancia, indicando una aceptación de la hipótesis alterna (ver Tabla 44).

Tabla 43

Análisis de varianza para número de plantas aptas para campo definitivo

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	F. C.	F. T. 5%	F. T. 1%	Sig.
Block	225.556	3	75.185	1.76	3.01	4.72	N.S.
Tratamientos	20878.889	8	2609.861	61.02	2.36	3.36	**
Error	1026.444	24	42.769				
Total	22130.889	35					

C. V. = 10.13%

Nota. La tabla muestra el análisis de varianza para número de plantas aptas para campo definitivo.

Fuente: SAS (2023).

El coeficiente de variabilidad 10.13%.

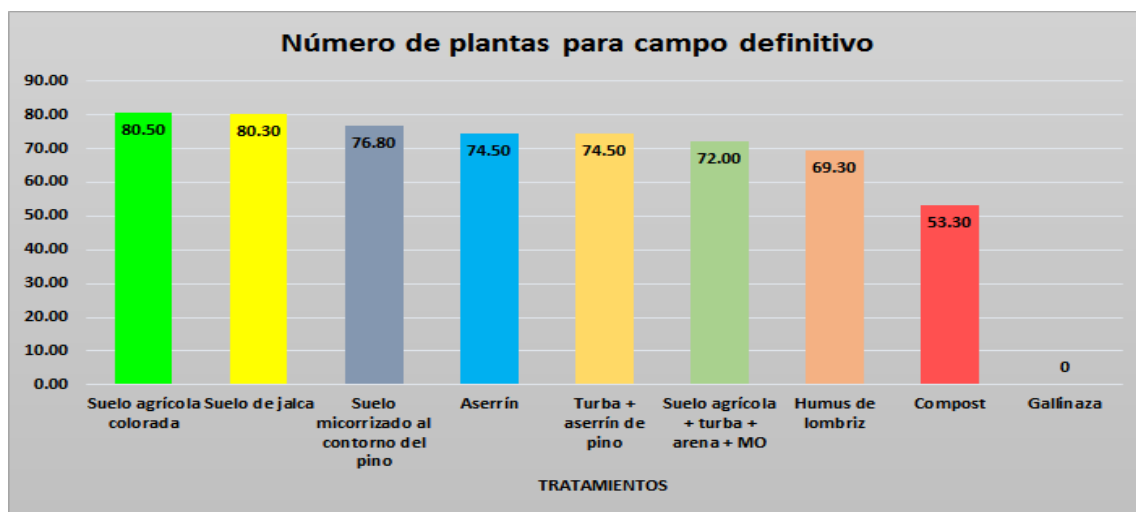
La media fue de 64.38 plantas aptas para el campo definitivo (ver Tabla 45).

La prueba de Duncan realizada a los 258 días después de la siembra revelando significancia en las medias, identificando cuatro subgrupos. En el grupo superior destacaron los sustratos de suelo agrícola colorada, suelo de jalca, suelo micorrizado al contorno del pino, aserrín, turba + aserrín de pino y suelo agrícola + turba + arena + materia orgánica, con 80.5, 80.3, 76.8, 74.5, 74.5 y 72.0 plantas aptas para campo definitivo, respectivamente. Le siguió el humus de lombriz con 69.3 plantas y el compost con 53.3 plantas. El número de plantas aptas para campo definitivo se atribuye a las características del suelo agrícola colorada, que resulta de la descomposición de rocas de origen arenoso-basáltico, y su color rojo distintivo se debe a la presencia de minerales ricos en hierro, como la laterita (WikipediA, 2016). No se obtuvo ninguna planta en el sustrato de gallinaza, ya que este presenta altos contenidos de sales solubles (56 kg/t, según INTAGRI, 2022), y los análisis físicos, químicos y biológicos de la gallinaza usada en el estudio mostraron una conductividad eléctrica de 33.97 dS/m (INIA, 2022), lo que impidió la germinación (ver Tabla 45).

Tabla 44*Número de plantas aptas para campo definitivo*

O.M	Sustratos	(%)	N° plantas campo definitivo	Sign.
1	Suelo agrícola colorada	100	80.5	A
2	Suelo de jalca	100	80.3	A
3	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	76.8	AB
4	Aserrín	100	74.5	AB
5	Turba + aserrín de pino	60+40	74.5	AB
6	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	72.0	AB
7	Humus de lombriz	100	69.3	B
8	Compost	100	53.3	C
9	Gallinaza	100	0.0	D
Promedio			64.38	

Nota. La tabla muestra las medias de la prueba de Duncan, letras iguales no hay significación estadística ($p > 0.05$). Fuente: SAS (2023).

Figura 15*Número de plantas aptas para campo definitivo a los 258 días después de la siembra.*

Nota. La figura muestra el número de plantas aptas para campo definitivo a los 258 días después de la siembra. Fuente: Gómez (2023).

V. CONCLUSIONES

1. Los sustratos utilizados si tuvieron efecto en la producción de plantones de pino, el sustrato suelo agrícola colorada destacó para porcentaje de germinación y número de plantas aptas para campo definitivo, mientras que el sustrato suelo micorrizado al contorno del pino, sobresalió para número de hojas y número de raíces por planta.
2. La prueba de Duncan para porcentaje de germinación (44 dds), altura de planta, número de hojas por planta y diámetro de tallo (258 dds), detectó diferencias significativas entre promedios, para % de germinación destaca el sustratos suelo agrícola colorada con 85.4%, la mayor altura de planta se obtuvo con el sustrato suelo agrícola + turba + arena + materia orgánica con 13.9 cm; mientras que para número de hojas por planta, destaca el sustrato suelo micorrizado al contorno del pino con 381.4 hojas; en tanto, que para diámetro de tallo destaca el sustrato humus de lombriz con 2.61 mm. Asimismo, la prueba de Duncan para número de raíces por planta, detectó diferencias significativas entre promedios, sobresaliendo el sustrato suelo micorrizado al contorno del pino con 472.0 raíces
3. El sustrato suelo agrícola colorada a los 258 después de la siembra, presentó el mayor número de plantas aptas para campo definitivo con 80.5 plantas, se atribuye a la presencia de minerales como la laterita que es rico en hierro.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso del sustrato suelo agrícola colorada en la producción de pino, ya que destacó en el porcentaje de germinación (85.4%) y N° de plantas aptas para campo definitivo (80.5 plantas). También se recomienda el empleo de suelo micorrizado al contorno del pino por presentar el mayor número de hojas y raíces.
2. De acuerdo a los resultados del trabajo de investigación no es recomendable el uso de gallinaza como sustrato por su alto contenido de sales (33.97 dS/m) de conductividad eléctrica; así como, el no empleo de aserrín por su lenta descomposición y alta relación carbono nitrógeno (100%).
3. Se recomienda una evaluación en campo definitivo para conocer la evolución de plantones forestales de pino y tomar decisiones para futuras investigaciones.

VII. REFERENCIAS

- Ancco Ñahuirima, Y. (2019). "Evaluación del inoculo micorrizal del hongo (*boletus edulis*) en la produccion de plantones de pino (*pinus radiata* d. don) en Andahuaylas". Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Andahuaylas – Perú. Recuperado el 24 de 04 de 2022.
- Ancco Ñahuirima, Y. (2019). "Evaluación del inoculo micorrizal del hongo (*boletus edulis*) en la produccion de plantones de pino (*pinus radiata* d. don) en Andahuaylas". Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Andahuaylas – Perú. Recuperado el 24 de 04 de 2022
- Bobadilla Triveño, L. (2018). Aplicación de tecnología de producción en vivero para dos variedades de pino en el distrito de Santo Tomás provincia de Chumbivilcas región Cusco. Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua - Perú. Recuperado el 25 de 04 de 2022
- Cáceres Inofuente, I. R. (2013). Efecto de cristales hidrosolubles (*hidrosorb®*), frecuencias de riego y sustrato en el almacenado de pino (*pinus radiata* d.) en el C. P. de Jaillihuaya. Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú. Recuperado el 28 de 04 de 2022, de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1844>
- Cañari, C. (2002). "Manual técnico de lombricultura". Huancayo: INIA. 20 p.
- Caso Gómez, J. A. (2018). Métodos de micorrización para la producción de plantas de *Pinus tecunumanii* Equiluz & J.P. Perry, Satipo. Universidad Nacional del Centro del Perú, Satipo - Perú. Recuperado el 24 de 04 de 2022
- Céspedes Correa, G., Cobas López, M., & Falcón Oconor, E. (2020). Efectos de diferentes sustratos orgánicos en la producción de plántulas de *Caesalpineia violacea* en tubetes.

- Instituto de Información Científica y Tecnológica, Cuba, Cuba. Recuperado el 24 de 04 de 2022, de <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/441/4411976003/index.html>
- Choque Ticona, A. (2015). La germinación del pino (*pinus radiata*) en relación de diferentes sustratos y pre – tratamientos germinativos en el departamento de la Paz. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia. Recuperado el 28 de 04 de 2022
- Córdova Nuñez, R. L. (sf). Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo-Facultad de Agronomía, Lambayeque-perú. Recuperado el 28 de 04 de 2022
- Cuba Vargas, L. G. (2014). Respuesta del pino (*pinus radiata* d. don.) a la aplicación de suelo micorrizado y dos tipos de sustrato en etapa de vivero en la Estación Experimental de Cota – La Paz. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz – Bolivia. Recuperado el 26 de 04 de 2022.
- Espinoza Argollo, R. E. (2014). Efecto de dos tratamientos pregerminativos y tres niveles diferentes de sustratos en la germinación de pino (*pinus radiata* d. don.). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia. Recuperado el 28 de 04 de 2022.
- Flores, A., Pineda Ojeda, T., & Flores Ayala, E. (2019). Potencial de reforestación de seis especies de pino para la restauración de zonas degradadas. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, México. Recuperado el 24 de 04 de 2022, de <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i55.604>.
- Gómez, L. (2022). Elaboración de la tabla de los tratamientos tesis “Efecto de nueve sustratos en la producción de plantones de pino (*Pinusradiata* L.) en un vivero de tecnología media en el distrito de Incahuasi - Ferreñafe, 2022-2023”. Incahuasi – Ferreñafe - Lambayeque.
- Granados Aguedo, M. P. (2015). Producción de plantulas de pino (*Pinus radiata*) en mezclas de sustrato con hidrogel y tres niveles de riego, bajo condiciones de invernadero en el distrito

- de Independencia, provincia Huaraz - Ancash, 2013". Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", Huaraz-Perú. Recuperado el 25 de 04 de 2022.
- Guariguata, M.; Arce, J.; Ammour, T.; Capella, L. (2017). Las plantaciones forestales en Perú. Reflexiones, estatus actual, y perspectivas a futuro. Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR). Indonesia. 41 p. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/317021930_Las_Plantaciones_Forestales_en_Peru_reflexiones_estatus_actual_y_perspectivas_a_futuro/link/591f6cd60f7e9b99793c589b/download
- Guerrero Larreátegui, L. A., & Rojas Espinoza, J. C. (2016). “Adaptación y rendimiento de cinco ecotipos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en la parte media del valle Chancay, Lambayeque.”. "Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo", Lambayeque – Perú. Recuperado el 28 de 04 de 2022
- Gutierrez Yarleque, N. M. (2014). Evaluación del efecto del tipo sustrato y dosis de ácido naftaleno acético (ana) en el enraizamiento de estacas *Pinus radiata* D. Universidad Nacional de Cajamarca, Jaén-Perú. Recuperado el 26 de 04 de 2022
- Incahuaman Sauñe, V. R. (2019). Efecto de abonos orgánicos en el crecimiento inicial de pino (*Pinus radiata*), en vivero forestal de Kesari-Circa Abancay. Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay-Apurímac. Recuperado el 26 de 04 de 2022, de <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/169>.
- INEI, 2012. IV Censo Nacional Agropecuario – CENAGRO. Ministerio de Agricultura y Riego. Lima – Perú.
- INIA (2022). Análisis físico – químico de los sustratos en estudio: Laboratorio de aguas y suelos EEA. Vista Florida – Chiclayo.

- INIA (2021). Plantaciones forestales. Modelo de forestación del proyecto piloto desarrollado en Porcón – Cajamarca – Perú.
- INIA (2013). Tecnología de lombricultura “Techo a dos aguas”. Manual Técnico. Lambayeque – Perú.
- INTAGRI (2022). La gallinaza como fertilizante. Artículo científico. México.
- Lázaro Baldeón, F. (2020). “Efectos del humus de lombriz y micorrizas en el crecimiento de plántulas de pino (*Pinus radiata*), distrito de Pillco Marca - Huánuco 2020”. Universidad de Huanuco, Huánuco – Perú. Recuperado el 27 de 04 de 2022
- Melgarejo Camones, R. D. (2017). Producción de plantones de pino (*pinus radiata* d. don) con cuatro tipos de micorrización, en el distrito de San Marcos, provincia de Huari, región Ancash. Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua - Perú. Recuperado el 26 de 04 de 2022
- Menéndez Cárdenas, M. A., & Corasma Quispe, R. (2014). "Controlador de variables medioambientales con monitoreo remoto aplicado a un vivero de plántulas de pino de la provincia de Tayacaja". Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica. Recuperado el 23 de 04 de 2022, de <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/779/TP%20-%20UNH%20ELECT.%200017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- MINAGRI (2022). Informe técnico anual 2020-2021. Plantaciones forestales. Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI. Lima, Perú.
- Nieves, D. (2012). Evaluación económica de un proyecto de lombricultura. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. División de Ciencias Sociales y Humanidades Departamento de Economía. México.

Pacific Forest (s, f). <https://www.pacificforest.cl/nacional/especies/pino-radiata/>

Perera Lumbí, J. F., & Musálem, M. A. (sf). Guía de semillas, vivero y plantación de *pinus caribaea* morelet variedad Hondurensis (sénéclauze) barrett y golfari en Nicaragua. Universidad Autónoma Chapingo, Nicaragua. Recuperado el 26 de 04 de 2022

Pizarro Melendez, M. (2015). "Germinación de pino (*pinus radiata* d. don) a partir de semilla botánica utilizando sustratos: aserrín, turba y cascarilla de arroz en san Jerónimo Cusco". Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay-Perú. Recuperado el 26 de 04 de 2022

Quispe Peña, R. (2020). Efecto de sustratos y micorriza en producción de pinos (*pinus radiata* d. don.) en vivero forestal del distrito de Santo Tomás - Cusco. Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua - Perú. Recuperado el 24 de 04 de 2022

Rodriguez Carrillo, M., & Santillana, N. (2021). Calidad morfológica y biológica de *pinus radiata* d. don, micorrizado con *Scleroderma verrucosum* (Vaill) Pers. Y *Rhizopogon luteolus* Fr. & Nordh. en condiciones de vivero. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú, Lima-Perú. Recuperado el 26 de 04 de 2022, de <https://doi.org/10.21704/rea.v20i2.1809>

Sanchez Leiva, F. (2013). "Influencia de sustratos activos para el crecimiento de pino (*pinus radiata* don.) producidos bajo condiciones del vivero forestal en la comunidad de Cuticsa - Santo Tomas de Pata - Angaraes • Huancavelica". Universidad Nacional de Huancavelica, Acobamba-Huancavelica-Peru. Recuperado el 26 de 04 de 2022

Sanchez Rodriguez, R. (2013). Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, América Latina. Recuperado el 23 de 04 de 2022, de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36622/S2013813_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sánchez, I y Dillon, N. (2006). Jalcas. Botánica económica de los andes centrales La Paz.: 77 - 99
pág.

Senilliani, M. G., Alvarez, P., Guzmán, A., & Brassiolo, M. (sf). Fases de crecimiento y producción de sustratos locales en vivero de *Prosopis alba* Griseb mediante sistema de producción de tubetes. Universidad Nacional de Santiago del Estero., Chaco-Argentina. Recuperado el 26 de 04 de 2022

Solano Ramos, R. A., Esquivel Quispe, R., & Chaupín Mejía, O. (2017). Formas de inoculación y niveles de hongos micorrícicos en las características de plantones de *Pinus radiata* en vivero, Ayacucho 2017. Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Agrarias- Programa de Investigación en Cultivos Alimenticios, Ayacucho. Recuperado el 25 de 04 de 2022

Suazo Gonzales, C. M. (2020). Evaluación de ocho sustratos para la producción de plántulas de *Pinus oocarpa* en tubetes, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Recuperado el 24 de 04 de 2022

Terán Soto, A. (2018). Efecto de dos fertilizantes de liberación controlada sobre el crecimiento de *pinus tecumanii* en la etapa de vivero-Oxapampa. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima - Perú. Recuperado el 25 de 04 de 2022

Tito Oscoco, F. (2019). Efecto de micorriza y compost en el crecimiento inicial de pino (*Pinus radiata* D. Don y *Pinus patula*) en condiciones del vivero, Ccoyahuacho - San Jeronimo, Andahuaylas - Apurímac 2017. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Andahuaylas – Apurímac – Perú. Recuperado el 24 de 04 de 2022

- Vargas Ochoa, K. (2013). Efecto del sustrato de compost de corteza de pino de diferentes viveros y la temperatura, sobre *Fusarium circinatum* y sus antagonistas para el control en *Pinus radiata*. Universidad de Concepción, Concepción-Chile. Recuperado el 26 de 04 de 2022
- Vargas Piña, S. (2015). “Propagación sexual de cinco especies forestales comerciales y crecimiento inicial de las plántulas, en vivero. Pucallpa, Ucayali, Perú.”. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos - Perú. Recuperado el 26 de 04 de 2022.
- VillarCabezal; Fátima Elizabeth Marcelo Bazán; Juan Rodrigo Baselly Villanueva Jin Jairo Villena Velázquez (2014). Estimación de volúmenes maderables en plantaciones de *Pinus patula* Schltdl. & Cham. en la Cooperativa Atahualpa Jerusalén Granja Porcón en la región Cajamarca.
- Wikipedia (2016). Artículo tierra colorada (suelo). La enciclopedia libre.
- Zapeta Ajpop, A. M. (2021). Evaluación del crecimiento inicial de plántulas de pino blanco (*Pinus ayacahuite Ehrenberg*) utilizando contenedor en cuatro sustratos. Universidad de San Carlos de Guatemala, Totonicapán, Guatemala. Recuperado el 24 de 04 de 2022

VIII. ANEXOS

Anexo 8. 1. *Análisis de varianza de las características evaluadas*

Anexo 8.1.1. *Análisis de varianza del porcentaje de germinación 27 dds. (Datos transformados)*

<i>F.V.</i>	<i>S.C.</i>	<i>G.L.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F.C.</i>	<i>F.T. 5%</i>	<i>F.T. 1%</i>	<i>Sig.</i>
Block	3407.1604	3	1135.7201	13.71	3.01	4.72	**
Tratam.	3887.2922	8	485.9115	5.86	2.36	3.36	**
Error	1988.7510	24	82.8646				
Total	9283.2036	35					
C.V. (%)			33.00				

Anexo 8.1.2. *Análisis de varianza del porcentaje de germinación 35 dds*

<i>F.V.</i>	<i>S.C.</i>	<i>G.L.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F.C.</i>	<i>F.T. 5%</i>	<i>F.T. 1%</i>	<i>Sig.</i>
Block	3171.055	3	1057.018	13.85	3.01	4.72	**
Tratam.	18788.038	8	2348.505	30.77	2.36	3.36	**
Error	1831.658	24	76.319				
Total	23790.750	35					
C.V. (%)			15.50				

Anexo 8.1.3. Análisis de Varianza del porcentaje de germinación 44 dds.

<i>F.V.</i>	<i>S.C.</i>	<i>G.L.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F.C.</i>	<i>F.T. 5%</i>	<i>F.T. 1%</i>	<i>Sig.</i>
Block	180.4531	3	60.1510	1.92	3.01	4.72	N.S.
Tratam.	24605.5773	8	3075.6972	98.32	2.36	3.36	**
Error	750.8078	24	31.2837				
Total	25536.8381	35					
C.V. (%)			8.02				

Anexo 8.1.4. Porcentaje de germinación de semillas de pino en diferentes sustratos, Incahuasi, 2022.

Tratamiento (1)			Porcentaje de Germinación		
Nº	Sustratos	Porcentaje sustrato	27 dds (2)	35 dds	44 dds
T1	Aserrín	100	13.5 b	41.1 b	55.5 b
T2	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	23.4 ab	71.4 a	85.2 a
T3	Humus de lombriz	100	26.8 ab	62.2 a	77.1 a
T4	Turba + aserrín de pino	60+40	29.7 ab	65.6 a	80.5 a
T5	Suelo de jalca	100	42.2 ab	75.8 a	84.4 a
T6	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	35.7 ab	70.3 a	82.8 a
T7	Suelo agrícola colorada	100	39.1 a	73.4 a	85.4 a
T8	Gallinaza	100	0.0 c	0.0 c	0.0 c
T9	Compost	100	16.1 b	47.4 b	76.6 a
C.V. (%)			33.0	15.5	8.0

Tratamientos seguidos por la misma letra, en las columnas, no muestran diferencia significativa (Duncan 5 %).

Tratamiento (1)			Altura de Planta (cm)		
N°	Sustratos	Porcentaje sustrato	45 dds	135 dds	258 dds
T1	Aserrín	100	2.33 bcd	3.9 e	4.9 cd
T2	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+1 0	2.22 d	7.9 ab	13.9 a
T3	Humus de lombriz	100	2.79 a	7.7 ab	12.3 a
T4	Turba + aserrín de pino	60+40	2.25 cd	3.7 e	4.0 d
T5	Suelo de jalca	100	2.54 b	6.0 cd	8.3 b
T6	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	2.49 bc	8.2 a	12.7 a
T7	Suelo agrícola colorada	100	2.17 de	5.5 d	5.7 c
T8	Gallinaza	100	0.00 f	0.0 f	0.0 e
T9	Compost	100	1.96 e	6.9 bc	12.3 a
C.V. (%)			8.0	12.5	13.8

Tratamientos seguidos por la misma letra, en las columnas, no muestran diferencia significativa (Duncan 5 %).

Tratamiento (1)			Número de Hojas por Planta		
N°	Sustratos	Porcentaje sustrato	45 dds	135 dds	258 dds
T1	Aserrín	100	7.1 a	54.4 d	62.5 e
T2	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	7.2 a	97.2 b	286.4 b
T3	Humus de lombriz	100	7.3 a	100.0 b	243.5 bc
T4	Turba + aserrín de pino	60+40	7.0 a	54.9 d	62.1 e
T5	Suelo de jalca	100	7.5 a	81.0 c	212.2 cd
T6	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	7.5 a	118.4 a	381.4 a
T7	Suelo agrícola colorada	100	7.4 a	64.5 d	168.6 d
T8	Gallinaza	100	0.0 b	0.0 e	0.0 f
T9	Compost	100	7.3 a	109 ab	256.7 bc
C.V. (%)			5.2	13.6	24.6

Tratamientos seguidos por la misma letra, en las columnas, no muestran diferencia significativa (Duncan 5 %).

Anexo 8.1.13. *Análisis de varianza del diámetro de tallo (mm) 45 dds.*

<i>F.V.</i>	<i>S.C.</i>	<i>G.L.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F.C.</i>	<i>F.T. 5%</i>	<i>F.T. 1%</i>	<i>Sig.</i>
Block	0.0024	3	0.0008	0.87	3.01	4.72	N.S.
Tratam.	0.2049	8	0.0256	28.41	2.36	3.36	**
Error	0.0216	24	0.0009				
Total	0.2289	35					
C.V. (%)			14.35				

Anexo 8.1.14. *Análisis de varianza del diámetro de tallo (mm) 135 dds*

<i>F.V.</i>	<i>S.C.</i>	<i>G.L.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F.C.</i>	<i>F.T. 5%</i>	<i>F.T. 1%</i>	<i>Sig.</i>
Block	0.0642	3	0.0214	0.62	3.01	4.72	N.S.
Tratam.	11.4088	8	1.4261	41.30	2.36	3.36	**
Error	0.8288	24	0.0345				
Total	12.3018	35					
C.V. (%)			13.34				

Anexo 8.1.15. Análisis de varianza del diámetro de tallo (mm) 258 dds

<i>F.V.</i>	<i>S.C.</i>	<i>G.L.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F.C.</i>	<i>F.T. 5%</i>	<i>F.T. 1%</i>	<i>Sig.</i>
Block	0.0703	3	0.0234	1.15	3.01	4.72	N.S.
Tratam.	22.0562	8	2.7570	135.70	2.36	3.36	**
Error	0.4876	24	0.0203				
Total	22.6141	35					
C.V. (%)			6.70				

Anexo 8.1.16. *Diámetro de tallo (mm) por planta de pino, después de la siembra, creciendo en diferentes substratos, Incahuasi, 2022*

Tratamiento (1)			Diámetro de tallo (cm.)		
N°	Sustratos	Porcentaje sustrato	45 dds	135 dds	258 dds
T1	Aserrín	100	0.22 b	1.27 c	2.15 b
T2	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	0.23 b	1.91 a	2.56 a
T3	Humus de lombriz	100	0.23 b	1.62 ab	2.61 a
T4	Turba + aserrín de pino	60+40	0.28 a	1.22 c	1.90 c
T5	Suelo de jalca	100	0.23 b	1.55 b	2.44 a
T6	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	0.23 b	1.90 a	2.59 a
T7	Suelo agrícola colorada	100	0.23 b	1.20 c	2.42 a
T8	Gallinaza	100	0.00 c	0.00 d	0.00 d
T9	Compost	100	0.23 b	1.87 a	2.48 a
C.V. (%)			14.4	13.3	6.7

Anexo 8.1.17. *Análisis de varianza del número de raíces.*

<i>F.V.</i>	<i>S.C.</i>	<i>G.L.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F.C.</i>	<i>F.T.</i> 5%	<i>F.T. 1%</i>	<i>Sig.</i>
Block	1234.682	3	411.561	0.19	3.01	4.72	N.S.
Tratam.	826537.080	8	103317.135	47.17	2.36	3.36	**
Error	52571.878	24	2190.495				
Total	880343.640	35					
C.V. (%)			18.78				

Anexo 8.1.18. *Análisis de varianza para número de plantas aptas para campo definitivo.*

<i>F.V.</i>	<i>S.C.</i>	<i>G.L.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F.C.</i>	<i>F.T. 5%</i>	<i>F.T. 1%</i>	<i>Sig.</i>
Block	225.556	3	75.185	1.76	3.01	4.72	N.S.
Tratam.	20878.889	8	2609.861	61.02	2.36	3.36	**
Error	1026.444	24	42.769				
Total	22130.889	35					
C.V. (%)			10.13				

Anexo 8.1.19. Número de raíces y total de plantas aptas para campo para campo definitivo,
Incahuasi, 2022

Tratamiento (1)			Número de raíces	Plantas aptas a campo
Nº	Sustratos	Porcentaje sustrato		
T1	Aserrín	100	62.2 e	74.5 ab
T2	Suelo agrícola + turba + arena + MO	60+20+10+10	459.4 a	72.0 ab
T3	Humus de lombriz	100	302.9 b	69.3 b
T4	Turba + aserrín de pino	60+40	152.9 d	74.5 ab
T5	Suelo de jalca	100	259.4 bc	80.3 a
T6	Suelo micorrizado al contorno del pino	100	472 a	76.8 ab
T7	Suelo agrícola colorada	100	304.7 b	80.5 a
T8	Gallinaza	100	0.0 e	0.0 d
T9	Compost	100	229.2 c	53.3 c
C.V. (%)			18.8	10.1
	Tratamientos seguidos por la misma letra, en las columnas, no muestran diferencia significativa (Duncan 5 %).			

Anexo 8. 2. Análisis de las características físicos, químicos y biológicos de los sustratos en estudio



LABORATORIO ANALISIS DE SUELOS Y AGUAS

Tipo de Análisis	Completo
Nombre	LUIS ALBERTO GOMEZ BERNILLA
Procedencia	SHITA - DISTRITO: INCAHUASI - PROVINCIA: FERREÑAFE - REGIÓN: LAMBAYEQUE
Muestra	ASERRIN DE PINO
Referencia	Ing. ADOLFO PADILLA P.
Fecha de Emisión	18/05/2022

Muestra	M-1
pH	6.50
Cec (mmhos/Cm)	0.80
Materia Orgánica (%)	26.20
Nitrógeno (%)	1.03
Fósforo (P ₂ O ₅) (%)	0.25
Potasio (K ₂ O) (%)	0.16
Calcio (CaO) (%)	4.70
Magnesio (MgO) (%)	1.70
Materia Seca (%)	86.72
Humedad (%)	13.28
Cenizas (%)	13.32
Carbono (%)	15.20
Relación C/N (%)	14.76


 Ing. Dante Bolivia Díaz
 Jefe Laboratorio de Química y Suelos
 este Lab. de Química y Suelos

LABORATORIO ANALISIS DE SUELOS Y AGUAS

Tipo de Análisis: Completo
 Nombre: LUIS ALBERTO GOMEZ BERNILLA
 Procedencia: SHITA - DISTRITO: INCAHUASI - PROVINCIA:
 FERREÑAFE - REGIÓN: LAMBAYEQUE
 Muestra: T.AGRICOLA + TURBA + ARENA + E. DE OVEJA
 Referencia: Ing. ADOLFO PADILLA P.
 Fecha de Emisión: 18/05/2022

Muestra	M-6
pH	6.90
Cec (mmhos/Cm)	1.40
Materia Orgánica (%)	12.78
Nitrógeno (%)	0.62
Fósforo (P ₂ O ₅) (%)	0.27
Potasio (K ₂ O) (%)	0.52
Calcio (CaO) (%)	0.84
Magnesio (MgO) (%)	0.30
Materia Seca (%)	83.78
Humedad (%)	16.22
Cenizas (%)	7.70
Carbono (%)	7.42
Relación C/N (%)	11.97



Ing. Dante Bolivia Díaz
 Jefe Laboratorio de Química y Suelos
 Jefe Lab. de Químicos y Suelos

LABORATORIO ANALISIS DE SUELOS Y AGUAS

Tipo de Análisis	Completo
Nombre	LUIS ALBERTO GOMEZ BERNILLA
Procedencia	SHITA - DISTRITO: INCAHUASI - PROVINCIA: FERREÑAFE - REGIÓN: LAMBAYEQUE
Muestra	HUMUS DE LOMBRIZ
Referencia	Ing. ADOLFO PADILLA P.
Fecha de Emisión	18/05/2022

Muestra	M-5
pH	6.40
Cec (mmhos/Cm)	12.45
Materia Orgánica (%)	30.54
Nitrógeno (%)	1.46
Fósforo (P ₂ O ₅) (%)	1.25
Potasio (K ₂ O) (%)	0.74
Calcio (CaO) (%)	2.86
Magnesio (MgO) (%)	1.07
Materia Seca (%)	52.78
Humedad (%)	47.22
Cenizas (%)	11.86
Carbono (%)	17.70
Relación C/N (%)	12.12



Ing° Dante Bolivia Díaz
Jefe Laboratorio de Química y Suelos
Jefe Lab. de Química y Suelos

LABORATORIO ANALISIS DE SUELOS Y AGUAS

Tipo de Análisis: **Completo**
 Nombre: **LUIS ALBERTO GOMEZ BERNILLA**
 Procedencia: **SHITA - DISTRITO: INCAHUASI - PROVINCIA: FERREÑAFE - REGIÓN: LAMBAYEQUE**
 Muestra: **TURBA + ASERRIN (60 - 40 %)**
 Referencia: **Ing. ADOLFO PADILLA P.**
 Fecha de Emisión: **18/05/2022**

Muestra	M-2
pH	7.80
Cec (mmhos/Cm)	1.15
Materia Orgánica (%)	20.60
Nitrógeno (%)	1.16
Fósforo (P ₂ O ₅) (%)	0.37
Potasio (K ₂ O) (%)	0.22
Calcio (CaO) (%)	3.13
Magnesio (MgO) (%)	1.20
Materia Seca (%)	59.60
Humedad (%)	40.40
Cenizas (%)	10.23
Carbono (%)	11.95
Relación C/N (%)	10.30



Ing. Dante Bolivia Díaz
 Jefe Laboratorio de Química y Suelos
 Jefe Lab. de Químicos y Suelos

LABORATORIO ANALISIS DE SUELOS Y AGUAS

Tipo de Análisis: **Completo**
 Nombre: **LUIS ALBERTO GOMEZ BERNILLA**
 Procedencia: **SHITA - DISTRITO: INCAHUASI - PROVINCIA: FERREÑAFE - REGIÓN: LAMBAYEQUE**
 Muestra: **TIERRA MICRORRIZADA CONTORNO**
 Referencia: **Ing. ADOLFO PADILLA P.**
 Fecha de Emisión: **18/05/2022**

Muestra	M-9
pH	6.85
Cec (mmhos/Cm)	1.10
Materia Orgánica (%)	20.67
Nitrógeno (%)	0.95
Fósforo (P ₂ O ₅) (%)	0.32
Potasio (K ₂ O) (%)	0.57
Calcio (CaO) (%)	1.62
Magnesio (MgO) (%)	0.55
Materia Seca (%)	77.85
Humedad (%)	22.15
Cenizas (%)	13.00
Carbono (%)	11.98
Relación C/N (%)	12.61



Ing° Dante Bolivia Díaz
 Jefe Laboratorio de Química y Suelos
 Jefe Lab. de Química y Suelos

LABORATORIO ANALISIS DE SUELOS Y AGUAS

Tipo de Análisis	Completo
Nombre	LUIS ALBERTO GOMEZ BERNILLA
Procedencia	SHITA - DISTRITO: INCAHUASI - PROVINCIA: FERREÑAFE - REGIÓN: LAMBAYEQUE
Muestra	GALLINAZA
Referencia	Ing. ADOLFO PADILLA P.
Fecha de Emisión	18/05/2022

Muestra	M-4
pH	8.30
Cec (mmhos/Cm)	33.97
Materia Orgánica (%)	24.63
Nitrógeno (%)	1.28
Fósforo (P2O5) (%)	2.13
Potasio (K2O) (%)	1.66
Calcio (CaO) (%)	3.00
Magnesio (MgO) (%)	1.20
Materia Seca (%)	82.23
Humedad (%)	17.77
Cenizas (%)	12.20
Carbono (%)	14.28
Relación C/N (%)	11.16



Ing. Dante Bolivia Díaz
Jefe Laboratorio de Química y Suelos
Jefe Lab. de Química y Suelos

LABORATORIO ANALISIS DE SUELOS Y AGUAS

Tipo de Análisis	Completo
Nombre	LUIS ALBERTO GOMEZ BERNILLA
Procedencia	SHITA - DISTRITO: INCAHUASI - PROVINCIA: FERREÑAFE - REGIÓN: LAMBAYEQUE
Muestra	COMPOST
Referencia	Ing. ADOLFO PADILLA P.
Fecha de Emisión	18/05/2022

Muestra	M-3
pH	7.80
Cec (mmhos/Cm)	4.53
Materia Orgánica (%)	22.52
Nitrógeno (%)	1.20
Fósforo (P ₂ O ₅) (%)	0.67
Potasio (K ₂ O) (%)	1.06
Calcio (CaO) (%)	1.68
Magnesio (MgO) (%)	0.64
Materia Seca (%)	62.45
Humedad (%)	37.55
Cenizas (%)	9.86
Carbono (%)	13.06
Relación C/N (%)	10.88



Ing° Dante Bolivia Díaz
Jefe Laboratorio de Química y Suelos
Jefe Lab. de Química y Suelos

LABORATORIO DE ANALISIS : AGUAS Y SUELOS

Tipo de Análisis

FERTILIDAD

Muestras Suelos - 1

Nombre

LUIS ALBERTO GOMEZ BERNILLA

Referencia

Ing. ADOLFO PADILLA

Procedencia

SHITA - DISTRITO: INCAHUASI - PROVINCIA: FERREÑAFE
REGIÓN: LAMBAYEQUE

Fecha de Emisión 20/05/2022

MUESTRA	Extracto Saturado									
	pH	C. elec	M.O	P	K	CaCO ₃	Texturas (%)			
		milimhos/cm	%	ppm	ppm	%	Ao.	Lo	Ar	Tipo de suelo
M-7 TIERRA AGRICOLA LADRILLO	7.40	1.15	1.42	6.00	122	0.47	62	17	21	FRANCO ARCILLO ARENOSO
M-8 TIERRA DE JALCA	6.90	1.17	10.23	5.70	106	0.42	67	16	17	FRANCO ARENOSO

Resultado: Suelos de reacción ligeramente alcalina (TIERRA AGRICOLA LADRILLO), ligeramente ácida (TIERRA DE JALCA) y bajos niveles de salinidad cuyos valores son aptos para instalar los cultivos pretendidos

La fertilidad es baja con deficiencias de nutrientes y Materia Orgánica alta en la M-8 (TIERRA DE JALCA) con 10.23%.

La textura es de retención media.



ING. DANTE BOLIVIA DIAZ
 Jefe Laboratorio de Química y Suelos
 Jefe Lab. de Químicos y Suelos

Anexo 8. 3. Láminas fotográficas



Nota. Lámina 1. Trazado del vivero



Nota. Lámina 2. Llenado de bases para el techado del vivero



Nota. Lámina 3. Construcción del techo del vivero (Arco tipo túnel)



Nota. Lámina 4. Vivero experimental con techo de arco tipo túnel



Nota. Lámina 5. Zarandeo de sustratos



Nota. Lámina 6. Sustrato zarandeado



Nota. Lámina 7. Sustrato de los nueve tratamientos



Nota. Lámina 8. Llenada de sustrato en cubetas



Nota. Lámina 9. Cubetas llenadas con sustrato en el vivero experimental



Nota. Lámina 10. Pino sembrado en las cubetas



Nota. Lámina 11. Evaluación de plántulas de pino



Nota. Lámina 12. Evaluación de plántulas de pino



Lámina 13. Evaluación de diámetro de tallo plántulas de pino



Nota. Lámina 14. Evaluación de raíces de plántulas de pino




Nota. Lámina 15. Plantas para campo definitivo

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Adolfo Padilla Pérez, en mi calidad de asesor de la tesis titulada: "Efecto de nueve sustratos en la producción de plantones de pino (*Pinus radiata* L.) en un vivero de tecnología media en el distrito de Incahuasi - Ferreñafe, 2022-2023", presentada por el bachiller Luis Alberto Gómez Bernilla, confirmo que, tras una revisión detallada del documento, el índice de similitud obtenido es del 19%, según el reporte generado por el programa Turnitin.

Después de revisar cuidadosamente dicho informe, concluyo que las coincidencias encontradas no representan casos de plagio. De acuerdo con mi criterio y entendimiento, la tesis cumple con las normativas vigentes de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en cuanto al uso adecuado de citas y referencias.

Lambayeque, 31 de julio de 2024



M. Sc. Adolfo Padilla Pérez

DNI N° 16725584

Asesor

Efecto de nueve sustratos en la producción de plantones de pino (Pinus radiata L.) en un vivero de tecnología media en el distrito de Incahuasi - Ferreñafe, 2022-2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	19%	4%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE


Ing. M. Sc. Adolfo Padilla Pérez
Asesor

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net	4%
	Fuente de Internet	
2	repositorio.unprg.edu.pe	4%
	Fuente de Internet	
3	Submitted to Universidad Politécnica Estatal de Carchi	1%
	Trabajo del estudiante	
4	ri.ues.edu.sv	1%
	Fuente de Internet	
5	repositorio.ucv.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
6	cenida.una.edu.ni	<1%
	Fuente de Internet	
7	Submitted to Universidad Católica de Santa María	<1%
	Trabajo del estudiante	
8	repositorio.unsaac.edu.pe	

<1 %

9

repositorio.unp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

10

journals.sapienzaeditorial.com

Fuente de Internet

<1 %

11

repositorio.unapiquitos.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

12

www.scielo.org.mx

Fuente de Internet

<1 %

13

dspace.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

14

pgc-snia.inia.gob.pe:8080

Fuente de Internet

<1 %

15

oldri.ues.edu.sv

Fuente de Internet

<1 %

16

ANGULO NAJARRO JOSE JUNIOR. "Informe de Gestión Ambiental del Proyecto de Mejoramiento, Ampliación del Servicio de Agua, Para el Sistema de Riego en la Comunidad Campesina de Huirahuacho, Distrito de Circa, Provincia de Abancay y Departamento de Apurímac-IGA0013821", R.D.G. N° 227-2017-MINAGRI-DVDIAR DGAA, 2021

Publicación

<1 %

17	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
20	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Universidad Popular del César, UPC Trabajo del estudiante	<1 %
22	Submitted to Universidad Jose Carlos Mariategui Trabajo del estudiante	<1 %
23	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	Fernando Abasolo Pacheco, Carlos Michel Ojeda Silvera, Jonathan Enrique Cervantes Molina, Enma Moran Villacreses et al. "Respuesta agronómica del Nabo (Brassica napus L.) a la aplicación de medicamentos homeopáticos", REVISTA TERRA LATINOAMERICANA, 2020 Publicación	<1 %
25	elhuerto20.wordpress.com	

<1 %

26

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

27

Submitted to Universidad Nacional Agraria La Molina

Trabajo del estudiante

<1 %

28

doaj.org

Fuente de Internet

<1 %

29

www.fontagro.org

Fuente de Internet

<1 %

30

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

31

Submitted to Universidad Autónoma de Nuevo León

Trabajo del estudiante

<1 %

32

espartaco.azc.uam.mx

Fuente de Internet

<1 %

33

revistas.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

34

Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

35

Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

<1 %

36

repositorio.uladech.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

37

Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes

Trabajo del estudiante

<1 %

38

repositorio.utea.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

39

es.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

40

repositorio.ug.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

41

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

42

Submitted to unhuancavelica

Trabajo del estudiante

<1 %

43

www.repositorio.usac.edu.gt

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 20 words

Excluir bibliografía

Activo






Ing. M. Sc. Adolfo Padilla Pérez
Asesor

Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Luis Alberto Gómez Bernilla
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Efecto de nueve sustratos en la producción de plántones de ...
Nombre del archivo: Informe_fina_tesis_Luis_G_mez._Ultimo_parafraseo.docx
Tamaño del archivo: 15.37M
Total páginas: 123
Total de palabras: 20,347
Total de caracteres: 101,371
Fecha de entrega: 10-sept.-2024 01:01a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2449870455

	UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO	
FACULTAD DE AGRONOMÍA		
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA		
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE PROFESIONAL DE:		
INGENIERO AGRÓNOMO		
"Efecto de nueve sustratos en la producción de plántones de pino (<i>Pinus radiata</i> L.) en un vivero de tecnología media en el distrito de Incahuasi - Ferreñafe, 2022-2023"		
INVESTIGADOR:	Luis Alberto Gómez Bernilla	
ASESOR:	M.Sc. Adolfo Padilla Pérez	
Lambayeque, 31 de julio de 2024		

1