

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

**Densidad de siembra en almácigo y momento de repique en la
propagación de pino (*Pinus radiata* D. Don), en vivero forestal
Anchacuay 3365 msnm, Julcamarca, Huancavelica 2023**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

Bach. John MARIN POTOINO

ASESOR:

Dr. Yuri GÁLVEZ GASTELÚ

AYACUCHO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

*Con eterno amor a Dios, por ser mí guía en
el camino de la felicidad.*

*Con mucho cariño y eterna gratitud a mis
queridos padres Eugenia Alberta y Elías, por
su cariño y comprensión, por brindarme la
educación necesaria, el apoyo incondicional
y su paciencia*

*A mis hermanos Roy, Elsa, Galia, Rous,
Noemi y Rocío, por brindarme su apoyo,
motivación y buenos consejos.*

*A mi primo Jorge, por su compañía y
constante motivación en la realización de mis
metas.*

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, alma mater de mi formación profesional.

A la Facultad de Ciencias Agrarias y con especial gratitud a todos los docentes que integran la gloriosa Escuela Profesional de Agronomía por el aporte fundamental en la formación de mis conocimientos.

Al Proyecto Especial Sierra Centro Sur (PESCS) y todo su equipo técnico por brindarme apoyo y recomendación en la realización de mi trabajo de investigación.

Al Dr. Yuri Gálvez Gastelú, docente de la Facultad de Ciencias Agrarias, gestor y asesor del presente trabajo de investigación, que con sus ideas ha contribuido con el éxito del trabajo.

Al ingeniero Carlos Ramón Untiveros Bonilla, por sus sugerencias, enseñanzas y su gran paciencia en el campo de trabajo.

Al Dr. Rómulo Agustín Solano Ramos, por su enseñanza y paciencia; expreso mi gratitud a los miembros del jurado del presente trabajo de investigación, por sus consejos y colaboración brindada.

A la comunidad de Anchacuay por brindarme el espacio para realizar mi trabajo de investigación, en especial a las autoridades.

A todas las personas que me brindaron su apoyo y colaboración en las diferentes etapas de desarrollo del trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Aspectos teóricos.....	5
1.2.1. Origen y distribución de <i>Pinus radiata</i> D. Don en el Perú	5
1.2.2. Características morfológicas del <i>Pinus radiata</i>	6
1.2.3. Clasificación taxonómica	6
1.2.4. Fisonomía del <i>Pinus radiata</i>	7
1.2.5. Características botánicas	7
1.2.6. Tipos de reproducción de la especie	8
1.3. Propagación de <i>Pinus radiata</i>	10
1.3.1. Recolección del material	10
1.3.2. Propiedades externas de las semillas.....	10
1.3.3. Propiedades internas de las semillas	11
1.3.4. Principios de la propagación por semilla	12
1.3.5. El proceso de la germinación.....	13
1.3.6. Etapas de la germinación	13
1.3.7. Factores ambientales que afectan la germinación de la semilla	15
1.3.8. Tratamientos para superar el letargo de las semillas.....	17
1.3.9. Plagas y enfermedades de <i>Pinus radiata</i>	22
1.3.10. Densidad de siembra en almacigo.....	23
1.3.11. Momento de repique de plantines.....	24
CAPÍTULO II	26
METODOLOGÍA.....	26
2.1. Ubicación del experimento.....	26

2.2. Características del lugar del vivero forestal	26
2.3. Materiales y herramientas	27
2.4. Análisis físico químico del sustrato.....	28
2.5. Condiciones climáticas.....	28
2.6. Factores de estudio	32
2.6.1. <i>Densidades de siembra</i>	32
2.6.2. <i>Momentos de repique</i>	32
2.7. Descripción de tratamientos	33
2.8. Diseño experimental.....	33
2.9. Descripción de campo experimental	34
2.9.1. <i>Croquis del campo experimental</i>	35
2.9.2. <i>Croquis de la unidad experimental</i>	35
2.9.3. <i>Distribución de tratamientos</i>	36
2.10. Duración del trabajo de investigación	36
2.11. Instalación y conducción del experimento	36
2.12. Parámetros evaluados	40
CAPÍTULO III.....	42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
3.1. Altura del plantón.....	42
3.2. Diámetro del tallo del plantón	44
3.3. Longitud de la raíz del plantón.....	47
3.4. Peso seco total del plantón	48
3.5. Peso seco de la parte aérea del plantón	49
3.6. Peso seco de la raíz del plantón.....	50
3.7. Relación parte aérea/raíz del plantón	51
3.8. Análisis económico	52
3.8.1. <i>Ingreso bruto (10,000 plantones)</i>	52
3.8.2. <i>Costo total de producción (10,000 plantones)</i>	53
3.8.3. <i>Ingreso neto</i>	53
3.8.4. <i>Rentabilidad</i>	54
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1. <i>Resultado del análisis de caracterización del sustrato obtenidos del laboratorio de suelos y foliares del “Programa de Pastos y Forrajes de la Facultad de ciencias Agrarias”, UNSCH.....</i>	28
Tabla 2.2. <i>Datos climatológicos correspondiente a la campaña agrícola 2023-2024 y Balance Hídrico. Estación Meteorológica INIA, Ayacucho</i>	30
Tabla 2.3. <i>Tratamientos aplicados</i>	33
Tabla 2.4. <i>Ficha técnica de las semillas de pino</i>	37
Tabla 3.1. <i>ANVA de altura del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de siembra en el almácigo y momentos de repique, Ayacucho, 2023.....</i>	42
Tabla 3.2. <i>Prueba de Tukey de altura de plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de densidad de siembra en momento de repique, Ayacucho, 2023.....</i>	44
Tabla 3.3. <i>ANVA del diámetro de tallo del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de siembra en el almácigo y momentos de repique, Ayacucho, 2023</i>	45
Tabla 3.4. <i>Prueba de Tukey del diámetro de tallo del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de densidad de siembra en momento de repique, Ayacucho, 2023.....</i>	46
Tabla 3.5. <i>ANVA de la longitud de la raíz del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de siembra en el almácigo y momentos de repique, Ayacucho, 2023</i>	47
Tabla 3.6. <i>ANVA del peso seco del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de siembra en el almácigo y momentos de repique, Ayacucho, 2023.....</i>	48
Tabla 3.7. <i>ANVA de peso seco de la parte aérea del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de siembra en el almácigo y momentos de repique, Ayacucho, 2023.....</i>	49
Tabla 3.8. <i>ANVA de peso seco de la raíz del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de siembra en el almácigo y momentos de repique, Ayacucho, 2023</i>	50

Tabla 3.9.	<i>ANVA de la relación parte aérea/ raíz del plantón de pino (<i>Pinus radiata</i> D. Don.), por influencia de siembra en el almacigo y momentos de repique, Ayacucho, 2023.....</i>	51
Tabla 3.10.	<i>Costo directo, indirecto y total de producción de plantones de pino</i>	53
Tabla 3.11.	<i>Ingreso neto de producción de plantones de pino</i>	53
Tabla 3.12.	<i>Rentabilidad de la producción de plantones de pinos de acuerdo diferentes densidades de almacigo</i>	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. <i>Mapa de ubicación del proyecto forestal de Julcamarca.....</i>	26
Figura 2.2. <i>Diagrama ombrotérmico, temperatura, precipitación y balance hídrico. Estación Meteorológica Pampa Cangallo, Ayacucho-Anchacuay, Huancavelica</i>	31
Figura 2.3. <i>Croquis del campo experimental de la investigación.....</i>	35
Figura 2.4. <i>Croquis de la unidad experimental.....</i>	35
Figura 2.5. <i>Croquis de la distribución de los tratamientos.....</i>	36
Figura 3.1. <i>Gráfico de barras de la Prueba de Tukey de altura de plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de momento de repique, Ayacucho, 2023.....</i>	43
Figura 3.2. <i>Prueba de Tukey del diámetro de tallo del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de momento de repique, Anchacuay 3365 msnm.....</i>	45
Figura 3.3. <i>Prueba de Tukey de la longitud de la raíz del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de momento de repique, Anchacuay 3365 msnm.....</i>	47
Figura 3.4. <i>Prueba de Tukey del peso seco del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de momento de repique, Anchacuay 3365 msnm</i>	48
Figura 3.5. <i>Prueba de Tukey de peso seco de la parte aérea del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de momento de repique, Anchacuay 3365 msnm</i>	49
Figura 3.6. <i>Prueba de Tukey de peso seco de la raíz del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de momento de repique, Anchacuay 3365 msnm.....</i>	51
Figura 3.7. <i>Prueba de Tukey de la relación parte aérea/ raíz del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de momento de repique, Anchacuay 3365 msnm</i>	52

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Análisis de suelo	62
Anexo 2. Diagnostico fitopatológico	63
Anexo 3. Altura del plantón (cm)	64
Anexo 4. Diámetro de tallo del plantón (mm)	65
Anexo 5. Longitud de la raíz del plantón (cm)	66
Anexo 6. Peso seco total del plantón (gr)	67
Anexo 7. Peso seco de la parte aérea del plantón (gr)	68
Anexo 8. Peso seco de la raíz del plantón (gr).....	69
Anexo 9. Relación parte aérea/raíz del plantón en seco	70
Anexo 10. Costos unitarios de la producción de plantones de <i>Pinus radiata</i> D. Don con densidad de 150gr/m ²	71
Anexo 11. Costos unitarios de la producción de plantones de <i>Pinus radiata</i> D. Don con densidad de 200gr/m ²	73
Anexo 12. Costos unitarios de la producción de plantones de <i>Pinus radiata</i> D. Don con densidad de 250gr/m ²	75
Anexo 13. Panel fotográfico	77

RESUMEN

El trabajo se realizó con el objetivo de conocer la influencia de la densidad de siembra en almácigo y momento de repique en la propagación de plantones de (*Pinus radiata* D. Don), bajo las condiciones de vivero forestal de Anchacuay 3365 msnm, Julcamarca, Huancavelica 2023; se utilizó el Diseño Completamente Randomizado (DCR), con un arreglo factorial de 3 densidades de siembra x 3 momentos de repique x 3 repeticiones (3D x 3F) x 3r, constituyendo un total de 27 unidades experimentales. Cada unidad experimental constituida por 60 plantones con un total de 1620 plantones. Se emplearon 3 densidades de siembra en almácigo de; **D1** 150 gr/m², **D2** 200 gr/m² y **D3** 250gr/m². Los momentos de repique en estudio fue: **M1** (cabeza de fosforo); **M2** (hoja englobada) y **M3** (hojas sueltas). El sustrato utilizado fue de 1:4 (arena fina y turba), se hizo análisis de varianza y Prueba Tukey en los parámetros de altura de plantón, diámetro de tallo, longitud de raíz, peso seco total, peso seco de la parte aérea, peso seco de raíz y relación parte aérea – raíz en peso seco. El momento de repique influye en la altura de plantón y el diámetro del tallo, obteniendo mejores resultados con el momento de repique M1 con 32.44 y cm, 3.32 mm respectivamente ($p < 0.05$). En los demás parámetros no se obtuvo diferencia significativa entre las fuentes de variación; el peso seco total 2.75 g, el peso seco de la parte aérea 1.93 g, el peso seco de raíz 0.82 g y relación parte aérea – raíz en peso seco fue 2.41g. Se obtuvo mayor rentabilidad en los plantones con densidad de almacigo D1. En conclusión, a altas densidades de siembra en el almácigo presentó *Ptythium* sp, sin embargo, luego del repique no influyen en los parámetros, el momento de repique influye en la altura y diámetro de tallo del plantón y la cantidad de semilla adecuada para la siembra en el almácigo es de 150 gr/m² y 200 gr/m² evitando los gastos innecesarios en la propagación de plantones.

Palabras clave: Momento de repique, Densidad de siembra, *Pinus Radiata*

INTRODUCCIÓN

El *Pinus radiata* es originario de la costa de California, esta especie forestal se adapta a diferentes condiciones edafoclimáticas a nivel mundial. En el Perú, esta especie fue introducida mediante semillas y en la actualidad se ha masificado las plantaciones forestales con la especie de *Pinus radiata* en las comunidades altoandinas con la finalidad de recuperar servicios ecosistémicos de regulación hídrica y control de erosión de suelos a través de diferentes proyectos de inversión públicas y privadas (Admin, 2013, p. 4). Además, los beneficios que brinda esta especie a la comunidad rural es la de afianzar la economía familiar como: madera, combustible, hongos comestibles, micorrizas y entre otros. Sobre la importancia de pino en sierra y valles interandinos en Perú Calle (2020), detalla lo siguiente: En las regiones del Perú donde hay poca cobertura forestal, como la sierra y los valles interandinos, el rol del árbol tiene connotaciones tradicionales. El pino es importante para dar sombra a los animales, proporcionar energía (leña), utilizar su madera para diversos fines, proporcionar especies para la medicina natural, fertilizar cultivos y pastizales, servir como postes y para otros fines como extraer taninos para teñir telas y utilizar exudaciones o resinas. (p. 2), Sobre la importancia de la forestación y reforestación para mitigar del cambio climático PRONAMACHCS (2004), menciona que: La reforestación y forestación tienen como objetivo aumentar la cobertura forestal o restaurar regiones deforestadas, pero en los últimos años esta actividad ha adquirido cada vez mayor importancia a nivel sectorial como parte de los planes de desarrollo social y económico, así como una forma de recuperar agua en las cabeceras de cuencas y mitigar el cambio climático (Programa Nacional de Manejo de Cuencas y Conservación del Suelo [PRONAMACHCS], 2004, p. 140). En los diferentes proyectos existe debilidades en poder contar con las informaciones probadas como la densidad de siembra idóneo en el almacigo. Al respecto, “la germinación se ve reforzada por la misma semilla. La estratificación de 0 a 7 días se recomienda para las semillas frescas y de 7 a 20 días para que la semilla sea almacenada” (Terán, 1995, p.1). Lo cual influiría en la densidad de siembra en el almacigo y generaría gastos innecesarios, mayor costo de producción y

perdidas en vivero, para lo cual se evaluó en 3 densidades de siembra en el almacigo que será de 150gr/m², 200gr/m² y 205gr/m² en el presente trabajo. El momento de repique en los proyectos forestales de *Pinus radiata* aun no son fijados para su mayor crecimiento de plántulas, ya que ello influiría al momento de arrancar desde la raíz del almacigo para el repicado, también en la reacción del prendimiento de las hojas, en el presente trabajo se evaluó de 3 momentos de repique (cabeza de fosforito, hoja englobada y hojas sueltas).

Por las razones expuestas el estudio planteó los siguientes objetivos:

1. Evaluar el efecto de la densidad de siembra en la propagación de plantones de pino (*Pinus radiata* D. Don) bajo las condiciones de vivero forestal de Anchacuay.
2. Evaluar el efecto del momento de repique en la propagación de plantones pino (*Pinus radiata* D. Don) bajo las condiciones de vivero forestal de Anchacuay.
3. Evaluar el mérito económico de la propagación de plantones de pino (*Pinus radiata* D. Don) bajo las condiciones de vivero forestal Anchacuay.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Rojas (2019) realizó una investigación “inoculación con dosis de tierra micorrizada y *Suillus luteus* comercial en la producción de plantones de *Pinus radiata* D. Don, en Paquecc (2510 msnm), Huanta – Ayacucho”, en la que menciona:

Los efectos de las dosis de inoculación con tierra micorrizada (TM1 = 20, TM2 = 30 y TM3 = 40 g/planta) y *Suillus luteus* comercial (SE1 = 0.1, SE2 = 0.2 y SE3 = 0.3 g/ 7.5 ml de agua /planta), en la producción de plantones de *Pinus radiata*. Para ello, se utilizó el diseño estadístico anidado no balanceado, modelo equilibrado. La inoculación se realizó al momento del trasplante. Se evaluaron seis meses después del trasplante las variables altura de plántula (cm), diámetro del cuello (mm), longitud de raíz (cm), peso seco de la porción aérea (g), peso seco de la raíz (g), color y conformación de las acículas, porcentaje de plántulas con micorrizas (%) y abundancia de sistemas micorrízicos en el cepellón. Los datos se sometieron a los análisis de variancia (ANOVA) y a la prueba de contraste Duncan cuyos resultados son: 1. El inóculo tierra micorrizada, alcanzó los mejores resultados en las variables de altura (31.3 cm), diámetro del cuello (3.10 mm), peso seco de la parte aérea (1.92 g), peso seco radicular (1.13 g), coloración y conformación de acículas, índice de calidad de Dickson y cantidad de micorrizas en la raíz en comparación con la solución esporal y el testigo con excepción de la variable de longitud de raíz. 2. Los niveles de inoculación con tierra micorrizada (20 g, 30 g y 40 g) y solución esporal (0.1 g/7.5 ml, 0.2 g/7.5 ml y 0.3 g/7.5 ml), no mostraron diferencias estadísticas, sin embargo, son evidentes las diferencias numéricas en todas las variables en estudio. (p. 9)

De acuerdo a estos resultados, el uso de tierras micorrizadas tuvieron efecto positivo en el desarrollo de las plántulas.

Sauñe (2019) realizó trabajo de investigación denominado “efecto de abonos orgánicos en el crecimiento inicial de pino (*Pinus radiata*), en vivero forestal de Kesari – Circa – Abancay” al respecto del crecimiento del plantón de pino con abonos orgánicos desarrolló la investigación de la siguiente forma:

Se realizó el experimento empleando el Diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA) con 3 tratamientos (T1 Guano de Isla, T2 Gallinaza y T3 Testigo), y 3 repeticiones haciendo un total de 9 unidades experimentales. Luego del análisis de los datos tomados se llegó a las siguientes conclusiones: Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de altura de planta evaluado en 07/06/17 entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 5% de significación, siendo el tratamiento T2 con una media 49.11 seguida por T1 con 45.14 y T3 con 28.33, Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Grosor de tallo en 07/06/17 entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 5% de significación, siendo el tratamiento T2 con una media 2.13 seguida por T1 con 1.96 y T3 con 1.73, por lo que se puede concluir que el tratamiento T2 mejora significativamente el desarrollo del pino a nivel vivero. (p.12)

Ticona (2015), realizó trabajo de investigación denominado “la germinación del pino (*Pinus radiata*) en relación de diferentes sustratos y pre – tratamientos germinativos en el departamento de La Paz”, que consistió en los siguientes:

Evaluar el comportamiento germinativo con diferentes sustratos, ya que debido a su sensibilidad a climas fríos no se tienen antecedentes de la explotación de esta especie en esta región. Fue la primera experiencia en el rubro forestal en la región, los pinos fueron manejados en un solo grupo desde siembra hasta el momento en el que fueron distribuidos las diferentes unidades experimentales, durante este periodo de tiempo se realizó las labores culturales hasta el crecimiento. El estudio fue al comienzo de la germinación del pino hasta poco después de alcanzar más de 10 cm, en este periodo de tiempo se fue sacando los siguientes datos de diferentes tratamientos, El trabajo fue realizado con un diseño de Bloques completos al azar con dos factores ya que influye este en diferentes aspectos, tubo 3 tratamientos y 3 repeticiones, haciendo un total de 9 unidades experimentales, con 15 bolsas de repique o plantaciones. Los parámetros evaluados fueron: porcentaje de germinación, altura de la planta, crecimiento del diámetro del cuello

de la planta, crecimiento de la longitud de raíz y los costos de producción. Los resultados mostraron que hubo diferencias significativas en la parte del porcentaje de germinación entre los diferentes tratamientos, pero si tuvo un problema con el tratamiento b3 el cual fue el menor porcentaje que presento un 63.62% del total, por otra parte, a pesar de tener bajos índices en el b3, aun así, se obtuvieron valores positivos en cuanto a la relación B/C, siendo el más alto el b2 con 1.54 Bs. Por planta ya que este es el más recomendable para la producción del pino en la zona. (p.12)

Del cual sacamos conclusión que los distintos sustratos y tratamientos pre germinativos si tuvo efecto positivo en la germinación de las semillas empleadas del pino.

1.2. Aspectos teóricos

1.2.1. Origen y distribución de *Pinus radiata* D. Don en el Perú

Originario de la costa de California, *Pinus radiata* es una especie que puede adaptarse a una variedad de tipos de suelo y climas (Admin, 2013, p. 4). Esta especie se encuentra en regiones altas tropicales, puede adaptarse hasta 3700 metros sobre el nivel del mar y no soporta un clima extremadamente húmedo (Geilfus, 1889, p. 4).

Al respecto a la distribución de *Pinus radiata*, Limache (1985) define de la siguiente manera:

El pino de monterrey, a nivel mundial es el más utilizado en plantaciones. De crecimiento rápido y su calidad de madera la hace la más demandada en el rubro de la construcción. La zona meridional de California de Estados Unidos es donde se desarrolla el *Pinus radiata*, dicha zona posee una precipitación de 425 a 825 mm anuales con lluvias en invierno y verano y su temperatura media es de 21 a 27 °C, en los meses de heladas largas coincide con la latencia de la planta. Susceptible a suelos arcilloso y poco profundos con un mal drenaje y preferente a suelos de textura ligera (franco o franco arenoso) y de fertilidad óptima. (p. 11)

El pino, es de multiuso, por ende, es muy deseable su propagación para fines de aprovechamiento a futuro.

Sobre la distribución de *pinus radiata* en el Perú, Raisman y Gonzales (2004) mencionan que:

Las primeras plantaciones realizadas con pino en el Perú datan del año 1977 en la región de Huánuco con una extensión de 5 ha, ejecutado por los Torne en los

predios de Mitotambo, jurisdicción de Kuchki. La introducción de semillas de *Pinus radiata* produjo, que mayor área fuera destinado a esta especie maderera. En el Perú, la región Cajamarca cuenta con mayor producción de pinos en los predios de la Granja Porcón con 8000 ha de los cuales el 99% son bosque de pino con varias variedades: de los cuales 1040 ha es de pino radiata de 15 años. En la actualidad se viene explotando la madera del pino dado que es una importante vía de ingreso económico para las familias que se dedican a su producción. (p. 4)

Entonces, a nivel nacional, los bosques de pinos no están siendo muy valoradas, debido a que los campesinos solo lo ven como protectores de los suelos.

1.2.2. Características morfológicas del *Pinus radiata*

Sobre las características morfológicas de pino (*Pinus radiata*), Admin (2013) detalla lo siguiente:

Presenta un porte en forma cónica, pudiendo alcanzar alturas de hasta 60 metros y 100 DAP. Las acículas son largas, miden entre 10 y 15 cm y se agrupan envainadas de tres en tres, característica que lo diferencia fácilmente de otros pinos; son además de color vivo y brillante dando a la copa un aspecto muy denso. Las piñas permanecen sujetas al árbol durante muchos años, conservando en buen estado la semilla. (p. 4)

Al final, estas características son muy dependientes de factores como la especie, condiciones ambientales, etc.

1.2.3. Clasificación taxonómica

Según Limache (1985), la taxonomía de *Pinus radiata* está clasificado de la siguiente manera:

División	: Cormofito
Subdivisión	: Gimnosperma
Clase	: Conífera
Orden	: Pinales
Familia	: Pinaceae
Sub familia	: Pinoidea
Género	: <i>Pinus</i>
Especie	: <i>Pinus radiata</i> D. Don (p. 4)

1.2.4. Fisonomía del *Pinus radiata*

Al respecto de la fisonomía del árbol de pino, Vinueza (2013) describe que:

- **El árbol:** Alcanzan hasta los 30 m de altura y 70 cm de DAP.
- **El tronco:** Es cónico y recto.
- **La corteza:** La corteza externa es café agrietada y la corteza interna es crema rosácea. Segrega una resina transparente.
- **La copa:** Es alargada y cónica. (p. 10)

1.2.5. Características botánicas

Tallo: el tallo de los pinos es muy variable, al respecto del tallo de pino, Chiclote (1995) define que:

Presenta el tallo torcido, normalmente es un arbusto de un metro a cinco metros incluso puede ser hasta 15 metros de altura de uno o de varios tallos, poseyendo varias ramificaciones que nace del tronco, la corteza que presenta es de coloración rojo a marrón, amarillento del cual se despeja unas capas delgadas, las ramas jóvenes presenta un rápido crecimiento y de diámetro. (p. 65)

No obstante, las características morfológicas de la planta generalmente es influenciado por factores ambientales.

Hojas: De color verde oscuro, aciculares y alternados en fascículos de tres a siete pulgadas de largo (Admin, 2013, p. 5).

Flores: En las puntas de las ramas se forman numerosas estructuras y el polen es amarillento. Florece en primavera y hacia finales del invierno (Admin, 2013, p. 5).

Frutos/ semillas: Los conos se adhieren a los árboles durante muchos años; son asimétricos, cerrados, cónicos y miden entre 7 y 15 cm de largo. En días extremadamente calurosos y durante las llamas, los conos se abren para descargar las semillas (Villavicencio, 2001, p. 6).

Raíces: Al respecto de la raíz del pino, Sánchez (2019) realiza las siguientes aseveraciones:

El pino posee un sistema radical potente con raíces laterales bien desarrolladas y muy extendidas, profundo cuando el suelo lo permite, es robusto y bien distribuido

y se desarrolla en forma general en los primeros 50 cm de profundidad. Las raicillas se remontan en la materia orgánica. No tiene raíz principal, salvo en su estado joven. (p. 37)

Estas plantas de pinos pertenecen a las gimnospermas, donde estas descripciones son típicas de estas plantas.

1.2.6. Tipos de reproducción de la especie

Hartmann y Kester (1997), mencionan, que el proceso de replicación de plantas mediante mecanismos asexuales y sexuales se conoce como propagación vegetal (p. 10). Por ello, estas técnicas son masivamente utilizados.

Reproducción sexual: Al respecto a la reproducción sexual de pino, Willan (1991) afirma las siguientes menciones:

La reproducción sexual implica la unión de células sexuales masculinas y femeninas, la formación de semillas y creación de una población de plántulas con genotipos nuevos y diferentes. La división celular (meiosis) que produce las células sexuales implica la división reduccional de los cromosomas, en el cual su número es reducido a la mitad (p. 10)

En pino es muy común la propagación vía sexual, debido a que se puede obtener masivamente nuevos plantones.

Semilla: sobre la importancia de la raíz del pino, William (1991) menciona de la siguiente manera:

La semilla es el medio principal por el que las plantas se perpetúan de generación en generación, la vida de la semilla es una serie de eventos biológicos, comienza con la floración de los árboles y termina con la germinación de la semilla madura”. (p. 10)

Un óvulo se convierte en una semilla, que es una unidad reproductiva, generalmente después de la fertilización (Willan, 1991, p. 10).

Partes de una semilla. Niembro (1988) menciona que “las semillas están constituidas principalmente por una cubierta seminal, endospermo y embrión” (p. 10).

Cubierta seminal. Al respecto a la cubierta seminal de la semilla, Niembro (1988) menciona de la siguiente manera:

Es la estructura que rodea y protege a las partes internas de la semilla de daños físicos y bióticos procedentes del exterior. Dicha estructura se compone de partes que integran en los tegumentos del óvulo constituyéndose en la cubierta de la semilla madura. Está cubierta consiste a veces en dos revestimientos distintos, una cubierta externa, típicamente firme, que es la testa, y otra interna, por lo general delgada y membranosa, que es el tegumen. La testa protege al contenido de la semilla de la desecación, los daños mecánicos o los ataques de hongos, bacterias e insectos, hasta que se abre en la germinación. (p. 10)

Estas estructuras son muy fundamentales, primero para protección, luego toma importancia a la hora de realizar germinación.

Endospermo. Willan (1991) respecto a endospermo de la semilla menciona de la siguiente manera:

Que el endospermo es un tejido de almacenamiento de sustancias nutritivas, químicamente está constituido por diversas sustancias entre las que se destacan los carbohidratos (almidones y hemicelulosas), los lípidos y las proteínas. Estas sustancias son utilizadas por el embrión durante su germinación y posteriormente por la plántula para sostener las primeras etapas de su crecimiento y desarrollo, hasta que esté capacitada para elaborar su propio alimento a través de la fotosíntesis. El endospermo se origina a partir de la fusión de uno de los núcleos espermáticos contenidos en el grano de polen con uno, dos o más núcleos polares del saco embrionario. La cantidad de endospermo contenida en la semilla madura, varía notablemente de acuerdo con la especie. Las semillas no endospermicas, carecen de endospermo en la madurez, debido a que este es consumido completamente por el embrión durante su crecimiento y desarrollo. Este tipo de semillas presentan un embrión masivo provisto de cotiledones gruesos y carnosos que por lo general llenan la cavidad seminal. (p. 11)

Por lo tanto, esta estructura será fundamental en proceso de germinación de las semillas, ya que brindan suficiente energía a las plántulas en su primera etapa.

Embrión. Willan (1991) menciona al respecto del embrión de la semilla de la siguiente manera:

El embrión es una planta en miniatura que se origina de la fusión de uno de los núcleos espermáticos, procedentes del grano de polen, con la oosfera del saco embrionario. En la semilla dicotiledónea el embrión está constituido por un eje y las dos primeras estructuras foliares, es decir, los cotiledones. Al eje del embrión se le conoce como hipocótilo, ya que se localiza por debajo del punto de inserción de los cotiledones, y en cuyo extremo basal se encuentra una radícula incipiente formada en su mayor parte por tejido meristemático, a partir de la cual se formará la raíz primaria de la planta. (p. 11)

En el extremo apical del eje del embrión, justamente entre los cotiledones, se localiza una zona constituida también por tejido meristemático a partir de la cual se desarrollará el tallo de la planta.

1.3. Propagación de *Pinus radiata*

1.3.1. Recolección del material

Es necesario tener en cuenta todos los factores que afectan la composición genética y la calidad física de la planta (condiciones de germinación). La calidad de los árboles elegidos para la producción de semillas determina estos factores (Pérez & Barrosa, 1993, p.12).

Sobre la importancia en la recolección del material del árbol se detallan de la siguiente manera, que:

Los frutos se colectan del suelo, y para facilitar esta acción se eliminan las malezas; las ramas se sacuden colocando debajo de ellas mantas de lona y se eliminan los frutos viejos. Los árboles deben ser mayores de ocho años de edad, sanos, con fustes rectos y bien formados y de ser posible con una buena regeneración natural. La colecta se hace en los meses de diciembre a abril. Un kilogramo contiene de 1,500 a 1,700 frutos secos. (Pérez & Barrosa, 1993, p. 12)

En este proceso es importante tener en cuenta las características de las plantas madres, donde deberían ser sanos, bien formados.

1.3.2. Propiedades externas de las semillas

Pureza física. Willam (1991) respecto de la pureza física de las semillas menciona lo siguiente, que:

La pureza física se debe determinar la composición en peso de la muestra, sobre el componente de semilla pura, haciendo referencia a la semilla de la especie en estudio; semillas maduras y sin daños, del tamaño no inferior al normal, libre de malas hierbas, estructuras seminales separadas, partículas de hoja y materiales inertes, que puedan identificarse claramente como pertenecientes a la especie de que se trate. (p.13)

En conclusión, muchas veces estos caracteres pueden ser importantes a la hora de verificación de calidad de semillas.

Número de semillas en un kilogramo. Se utiliza para la densidad de siembra, donde la semilla debe ser pura y libre de semillas vacías y malformadas. Es el número de semillas en un kilogramo de peso (Cosme, 2002, p.13).

Sobre el contenido de humedad. La Comisión Nacional de Semillas (1977) menciona lo siguiente, que:

El contenido en agua de una muestra como el peso que haya perdido al desecarla o bien la cantidad de agua obtenida al destilarla, ya que ambos métodos, secado y destilación, son los admitidos en estas reglas. La humedad se expresa en porcentaje del peso de la muestra inicial. (p. 13)

1.3.3. *Propiedades internas de las semillas*

Germinación y emergencia. Justice (1972) como se citó en Willan, (1991) define que las estructuras vitales que surgen y se desarrollan a partir del embrión de la semilla y muestran que, en las circunstancias adecuadas, la semilla puede convertirse en una planta normal (p. 14).

Sobre la germinación de las semillas de pino, Evenari (1957), sostiene la siguiente afirmación:

La germinación consiste en tres procesos parcialmente simultáneos: a) Absorción de agua, principalmente por imbibición, que hace que la semilla se hinche y acabe abriéndose la cubierta seminal; b) actividad enzimática e incremento de las tasas de respiración y asimilación, que indican la utilización de alimento almacenado y su transposición a las zonas en crecimiento; c) engrandecimiento y divisiones

celulares que tienen como consecuencia la aparición de la radícula y la plúmula (p.14)

Este proceso es crucial, donde comienza con imbibición de agua, de modo que este proceso continuo hasta la emergencia.

Viabilidad. Lohse (1997) indica que algunas semillas tienen la capacidad de sobrevivir durante un tiempo mientras están inactivas y, cuando se utilizan técnicas de pregerminación, brotan (p. 14).

Periodo de energía. Es el número de días que transcurren entre la siembra y el día en que, en circunstancias específicas, la germinación de un lote de semillas alcanza su máximo (ISTA, 1973, como se citó en Lohse, 1997, p.15).

Sanidad. Anderson y Leach (1962) mencionan sobre la sanidad de las semillas de la siguiente manera, que:

El estado sanitario se refiere a la presencia o ausencia de enfermedades, parásitos en las semillas, siendo importante conocer por las siguientes causas: un inoculo transmitido por semillas causa daños a los cultivos y por la dispersión o transporte de las semillas se introduce en nuevas regiones, las enfermedades en orden de importancia se caracterizan por ser: hongos, bacterias, virus, nematodos y otros. (p. 15)

Para evitar plantones de mala calidad, es indispensable obtener semillas certificadas de tiendas confiables.

1.3.4. Principios de la propagación por semilla

Sobre los principios de la propagación por semillas, Hartmann y Kester (1997), mencionan de la siguiente manera:

Que una semilla consiste de un embrión y su provisión de alimento almacenado, rodeado por las cubiertas protectoras, en la época que se separan de la planta la semilla tiene una cantidad de humedad y metabolismo es reducido y no ocurre una actividad aparente de crecimiento, en este estado las semillas se pueden almacenar por largos tiempos a temperaturas bajas y transportarse a cualquier parte del mundo para el momento de propagar. (p. 15)

1.3.5. *El proceso de la germinación*

Hartmann y Kester, (1997) definen sobre los procesos de la germinación en tres procesos que ocurre:

Primera: El embrión debe estar vivo y capaz de germinar para que la semilla sea viable.

Segunda: No debe haber obstáculos físicos o fisiológicos que provoquen latencia, ni barreras químicas para la germinación, ni una semilla latente ni un embrión quiescente.

Tercera: La semilla necesita estar expuesta a los factores ambientales adecuados, como la disponibilidad de agua, una temperatura adecuada, una cantidad suficiente de oxígeno y, ocasionalmente, luz. El momento y las técnicas de cuidado de las semillas pueden hacer que estos requisitos se alteren con el tiempo debido a la interacción entre el medio ambiente y ciertas condiciones de latencia. Además, al crear las condiciones ambientales adecuadas, el segundo requisito (evitar la latencia) puede satisfacerse ocasionalmente. (p. 15)

Estas etapas son cruciales y se debería tenerlo en cuenta a la hora de manejar en camas de almacigado.

1.3.6. *Etapas de la germinación*

Según Hartmann y Kester (1997) a continuación, se describen los distintos pasos sucesivos, independientes pero conectados, que componen el proceso de germinación (p. 16).

Etapas 1 – Imbibición y activación. Al respecto a la imbibición y activación de las semillas, Hartmann y Kester (1997) sostienen las siguientes afirmaciones:

La imbibición de agua ocurre cuando una semilla seca absorbe agua, lo que hace que el contenido de humedad aumente rápidamente al principio antes de estabilizarse. Los coloides en la semilla seca absorben agua durante el proceso de absorción inicial, ablandando las cubiertas de la semilla e hidratando el protoplasma. Las cubiertas pueden reventar a medida que la semilla se expande. La imbibición es un fenómeno físico y puede efectuarse aún en semillas muertas. Síntesis de enzimas; la actividad de las enzimas empieza muy rápidamente después del inicio de la germinación, a medida que se hidrata la semilla. La activación resulta en parte de la reactivación de las enzimas previamente almacenadas que se forman durante el desarrollo del embrión y en parte de la

síntesis de nuevas enzimas al comenzar la germinación. Elongación de las células y emergencia de la radícula; el primer signo visible de germinación es la emergencia de la radícula, la cual resulta de la elongación de las células más bien que de división celular. En una semilla no latente, la emergencia de la radícula puede ocurrir en unas cuantas horas o en varios días después de la siembra. (p. 16)

Por lo tanto, estas etapas se consideran muy cruciales para obtener buenos plántones y de calidad optima.

Etapas 2 – Digestión y translocación. Sobre la digestión y translocación, Hartmann y Kester (1997) definen que:

En el endospermo, los cotiledones, el perispermo, o en el gametofito femenino (coníferas) se almacenan grasas, proteínas y carbohidratos. Estos compuestos son digeridos a sustancias más simples, que son translocadas a los puntos de crecimiento del eje embrionario. Los patrones metabólicos de semillas de diferentes especies difieren con el tipo de reservas químicas de la semilla. Las grasas y los aceites, los principales constituyentes alimenticios de la mayoría de las plantas superiores, son convertidos enzimáticamente a ácidos grasos y al final de azúcares. Las proteínas almacenadas, presentes en la mayoría de las semillas, son una fuente de aminoácidos y de nitrógeno esencial para la plántula en crecimiento. (p. 17)

Etapas 3 - Crecimiento de la plántula. Asimismo, sobre el crecimiento de la plántula, Hartmann y Kester (1997) mencionan de la siguiente manera:

En la tercera etapa, el desarrollo de la plántula resulta de la división celular continuada en puntos de crecimiento separados del eje embrionario, seguido por la expansión de las estructuras de la plántula. La iniciación de la división celular en los puntos de crecimiento es indispensable de la iniciación de la elongación celular. A medida que avanza la germinación, pronto se vuelven evidentes las estructuras de la plántula. El embrión consiste en un eje que genera la formación de una o más hojas seminales o cotiledones. El punto de crecimiento de la raíz, la radícula, emerge de la base del eje embrionario. El punto de crecimiento del tallo, la plúmula, se encuentra en el extremo superior del eje embrionario, arriba de los cotiledones. El tallo de la plántula se divide en la sección que está debajo de los cotiledones del hipocótilo y la sección que está arriba de los cotiledones el

epicotilo. El crecimiento inicial de la plántula sigue uno de los patrones. En un tipo de germinación epigea, el hipocótilo se alarga y eleva los cotiledones arriba de la superficie del suelo y solo emerge el epicotilo. (Hartmann & Kester, 1997, p.17)

El conocer estas etapas es muy fundamental para su manejo respectivo en las etapas de crianza de plantones.

1.3.7. Factores ambientales que afectan la germinación de la semilla

El agua. Hartmann y Kester (1997) indican que el contenido de agua es un factor muy importante en el control de la germinación de la semilla, donde sostienen:

Con menos del 40 o 60 % de agua en la semilla (con base en peso fresco), no se efectúa la germinación. Una curva de absorción de agua por semillas secas tiene tres partes: a) una absorción inicial rápida, que en su mayor parte es de Imbibición, b) un periodo lento y c) un segundo incremento rápido a medida que emerge la radícula y se desarrolla la plántula. (p. 18)

Por ende, el correcto manejo de riego en la etapa de germinación es muy crucial para asegurar el éxito del proyecto.

La temperatura. Hartmann y Kester (1997) al respecto de la temperatura que influye en la germinación de la semilla, mencionan que:

La temperatura es uno de los principales y más influyentes factores de la germinación, se han reportados rangos mínimos por encima de 0°C, óptimos entre 25 y 31°C, máximos de 40-50°C. El factor desencadenante es la variación de la temperatura, por debajo o por encima de estos límites puede ocurrir la muerte de la semilla. Los mismos autores indican que, cuando las semillas son sometidas a temperaturas constantes se presentan modificaciones en la estructura de las capas lipídicas, si la temperatura se eleva de 30 a 35° C., se aumenta el flujo de aminoácidos durante la germinación. Asimismo, las enzimas tienen un óptimo de temperatura para su actividad metabólica, la influencia de los niveles o cambios de temperatura influyen decididamente presentando alteraciones metabólicas. La germinación es muy sensible a la variación de la temperatura en unos pocos grados, lo cual se ha verificado a través de múltiples pruebas de germinación. Algunas especies necesitan alternancia de la temperatura para inducir la germinación. (p. 18)

En conclusión, la elección del ambiente, la época y el condicionamiento de ambientes germinativos serán cruciales en el éxito de obtención de plántulas.

El oxígeno. Hartmann y Kester (1997) sobre la importancia del oxígeno que influyen en la germinación de las semillas, mencionan que:

Los procesos metabólicos importantes de la semilla, incluida la respiración, requieren oxígeno como sustrato. Si bien las reacciones siguen siendo anaeróbicas en las primeras fases de la germinación (antes de que la radícula penetre en la cubierta de la semilla), con el tiempo se vuelven totalmente dependientes del oxígeno. La disponibilidad de oxígeno también se afecta por otros factores como la temperatura, el grado de humedad, concentración de CO₂, dormancia y algunos hongos y bacterias. (p. 19)

De estas aseveraciones, colegimos que la oxigenación juega un rol muy importante en etapa de germinación de las semillas.

La luz. Wiliam (1991) sobre la importancia de la luz en la germinación de la semilla, define de la siguiente manera:

la sensibilidad de las semillas a la luz es bastante variable de acuerdo a la especie. Algunas semillas se estimulan positivamente por la luz y otras negativamente. La respuesta de las semillas a la luz, está ligada a una cromoproteína denominada (fitocromo), pigmento responsable censor de señales del medio ambiente y fotorregulador, ya que capta, traduce y amplifica la información, actuando solo en semillas hidratadas, aunque está presente en semillas secas. La luz activa el fitocromo y este a su vez favorecen la producción de giberelina estimulante de la germinación. La necesidad de luz en las semillas se reduce a medida que se acerca al nivel óptimo de la germinación. Las semillas son sensibles a la calidad, cantidad, dirección y duración de la luz. (p. 19)

De cierta manera, la luz es muy importante, dado que las semillas prefieren ciertas condiciones para su rápido germinación.

La testa dura. Sobre la testa dura de la semilla, Willan (1991) menciona de la siguiente manera:

Semilla madura. Consiste a veces en dos revestimientos distintos, una cubierta externa, típicamente firme, que es la testa, y otra interna, por lo general delgada y

membranosa, que es el tegmen. La testa protege al contenido de la semilla de la desecación, los daños mecánicos o los ataques de hongos, bacterias e insectos, hasta que se abre en la germinación. (p. 24)

En etapa de germinación, muchas veces la testa debe pasar por tratamientos pre germinativos, no obstante, en pino es suficiente con remojo anticipado.

1.3.8. *Tratamientos para superar el letargo de las semillas*

Tratamientos pre-germinativos. Estos métodos se utilizan para estandarizar y aumentar la velocidad de germinación de las semillas o para superar la obstrucción natural que impide la germinación. La estratificación con arena, la escarificación mecánica, el remojo en agua, la aplicación de ácidos y hormonas vegetales son algunas de estas técnicas (Goitia, 2003, p. 24).

Escarificación. Patiño (1983), afirma que cualquier procedimiento que rompa, raye, modifique mecánicamente o ablande las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables a los gases y al agua se denomina escarificación (p. 24).

Estratificación. Seino (1971) muestra que las semillas se siembran bastante espesas y se cubren con el mismo sustrato que el lecho de germinación, y que la estratificación se realiza dentro de un lecho de germinación que se ha mojado hasta la capacidad de campo (p. 24).

Remojo de semillas en agua a temperatura ambiente. Pérez y Barrosa (1993) mencionan dos métodos sobre el remojo de semillas:

El primero consiste en sumergir la semilla en agua natural durante tres días y se seca en la sombra para que seque y se procede a sembrar. El segundo método consiste en extender los frutos sobre el semillero, en una capa de hasta 10 centímetros, y regarlos constantemente, sin sombreado y dejando que la semilla se seque al sol entre un riego y otro. Al iniciarse la germinación, conviene alternar los riegos y colocar un sombreado ligero al semillero. La semilla que va germinando por este método, puede utilizarse para camas de crecimiento o replantar a envases. (p. 25)

En resumen, estos métodos son muy funcionales en semillas que tienen una capa no tan dura, es decir, son solo relativamente duras que el agua puede penetrar.

Remojo de semillas en agua hervido. Pérez y Barrosa (1993) respecto al remojo de la semilla en agua hirviendo menciona que:

Consiste en colocar la semilla en un pedazo de tela fina, atarla a un palo y sumergirla en agua hirviendo a 80 grados por el tiempo de 1 a 2 minutos o dependiendo de las características de cada especie luego se procede al secado y se procede a sembrarlo; se debe tener cuidado en el tiempo de inmersión, si se excede en el tiempo se podrían dañar las semillas e inutilizarlas. (p. 25)

Producción en vivero. Asimismo, Tarima (2000) menciona que los requisitos previos para la construcción de un vivero y los componentes de las áreas de producción, que debemos conocer antes de trabajar con las plantas, son las condiciones que nos permitirán cultivar plantas robustas y sanas (p. 26). Entre ellos están:

- a). El sustrato.
- b). El agua
- c). Los nutrientes: abonos y fertilizantes. (p. 26)

El sustrato. Sobre la importancia del sustrato que pueden influir en el crecimiento de los plantines, Miranda (2005) sostiene lo siguiente:

El sustrato que se usa para llenar los envases y almácigos tiene que cumplir varias funciones: dejar entrar y retener el agua; ser rico en nutrientes; blando para que la raíz pueda crecer y no desarmarse cuando se saque el envase. Como es difícil encontrar la tierra “perfecta”, se prepara un sustrato mezclando distintos materiales como arena, mantillo, lombricompost, abono, tierra, etc. La mezcla no debe ser demasiado arenosa (se escapa el agua) o demasiado arcillosa (absorbe el agua muy despacio). (p. 26)

El sustrato, se emplea principalmente como soporte mecánico y medio donde germinará las semillas de pino u otras especies.

El sustrato tiene por función que se describen a continuación:

- Generar condiciones óptimas para la germinación de las semillas.
- Favorecer la emergencia y el desarrollo inicial de las pequeñas plantas.
- Permitir que las raíces crezcan sin dificultad, favoreciendo el anclaje de las plantas al suelo (Mirando 2005, p. 26).

El agua. Sobre la importancia del agua en las plantas, Gonzales (2000) menciona en la siguiente afirmación:

El agua es vital para el crecimiento y desarrollo de las plantas, en el vivero es importante contar con agua de buena calidad y suficiente para el requerimiento de los diferentes vegetales. El agua se debe proporcionar a las plantas según su necesidad, debemos saber determinar estas necesidades y evitar excesos. Las plantas cuando más chicas son más delicadas resultan al déficit y excesos. Una planta en almacigo o maseta por ejemplo requiere un suministro frecuente y lo más fácil para determinar el mismo es observando sus hojas y la humedad del sustrato.

- a. Por observación de hojas: Hojas flácidas, ligeramente marchitas, se debe regar, hojas turgentes, firmes, está bien hidratada la planta, no requiere agua.
- b. Por tacto en el sustrato: Simplemente con introducir el dedo en el sustrato observaremos si este sale ligeramente sucio (de tierra húmeda) es el momento de regar. Si sale sucio muy húmedo está bien o ligeramente saturado de agua, no hay que regar. Si el dedo sale sin ningún tipo de suciedad, está seco y es importante suministrar agua a la brevedad. La calidad del agua es muy importante: Se debe evitar aguas saladas, sucias o contaminadas. El momento de regar es también importante, en lo que respecta al medioambiente, y horas de riego. (p. 28)

Por lo tanto, este elemento siempre será muy crucial en desarrollo de las plántulas, siempre y cuando se utiliza con buena aptitud agrícola.

Abono orgánico. Al respecto de la importancia de abonos orgánicos, Gomero (1990) señala la siguiente manera:

Abonos son sustancias que están constituidas por la descomposición de residuos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objetivo de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas, además de mantener los suelos en buenas condiciones físicas, aportando reservas de nitrógeno y otros nutrientes importantes para el desarrollo de las plantas, un adecuado equilibrio de materias orgánicas tiene gran influencia en la productividad. Desde una perspectiva ecológica los abonos orgánicos, aunque de absorción más lenta que los sintéticos, aportan al suelo bacterias descomponedores a largo plazo la cual es considerada la mejor alternativa. (p. 28)

Estos elementos darán soporte mecánico y nutricional a las plántulas durante su desarrollo hasta llevar al campo definitivo.

Asimismo, Montaña (2005) menciona que los abonos orgánicos pueden proceder de los siguientes materiales:

Restos vegetales en descomposición, ya sea conseguidos artificialmente como los resultantes del compostaje (compost), fermentación de excrementos sólidos y líquidos de animales mezclados con restos vegetales que les sirven de cama (Estiércoles); o resultado de la actividad biológica natural, como el humus que forman las bacterias y otros organismos descomponedores de los vegetales muertos que se van acumulados en la superficie de suelos. (p. 28)

En conclusión, los abonos orgánicos pueden tener distintos orígenes según sea la fuente, pero al final cumplen las mismas funciones.

Sobre la pérdida del nitrógeno de los abonos orgánicos y químicos, Delgadillo (1993) detalla lo siguiente:

Que el manejo del fertilizante tanto orgánico como químico debería contemplar qué pérdidas de nitrógeno se puede presentar y diseñar la estrategia de fertilización que minimice la incidencia global de las mismas, las pérdidas de nitrógeno que deben ser consideradas para estimar la dosis de fertilizante a agregar. (p. 28)

Estas se caracterizan de distintas maneras según sea la fuente, ya sea origen natural o químico, tan como sigue:

- Volatilización de amoníaco
- Lixiviación de nitratos
- Desnitrificación. (p. 28)

Hongos micorrízicos. Sobre la importancia de las micorrizas, Pronamachs (1998) define que cuando los hongos micorrízicos invaden las raíces de las plantas, producen hifas, que son hilos fúngicos largos que se parecen a las raíces y que aumentan la superficie de absorción al penetrar en el suelo (p. 17).

Asimismo, PRONAMACHS (1998) menciona sobre el desarrollo de los hongos micorrízicos en la siguiente manera:

Muchos autores e investigadores indican que estos hongos se desarrollan de preferencia en suelos ácidos y que el pH óptimo varía con las diferentes especies de hongos. A mayor humedad del suelo las micorrizas son más abundantes.

Además, se ha comprobado que el desarrollo de las micorrizas varía inversamente con la fertilidad del suelo. Las micorrizas ocurren normalmente en suelos que tienen deficiencia en uno o más minerales. Asimismo, se indica que la presencia de ciertas vitaminas y aminoácidos son factores que influyen en la distribución y actividades de los hongos micorrizales. (p. 17)

En conclusión, estas relaciones serán muy fundamentales en toda la vida fenológica de los pinos y otras especies que lo requieran.

Función de los hongos micorrícicos. Idema (1999) afirma que la función de los hongos micorrícicos es consiste en las siguientes afirmaciones:

Que el micelio de los hongos que se encuentra en las raíces micorrizadas desempeña un papel importante en la nutrición. Se explica que este micelio, al ocupar un mayor volumen del suelo permite a las raíces micorrizadas competir con mayor ventaja por los nutrientes del suelo en relación a los otros microorganismos. Se ha comprobado que los hongos micorrícicos producen un antibiótico atiaceteriano natural llamado "diatretnadepoliacetileno" el cuál actúa como un controlador biológico en combinación con sustratos óptimos y con pH ligeramente ácido para el caso de los hongos que producen la enfermedad conocida como "Damping off" o Chupadera fungosa en almácigos y en plantas repicadas. (p. 18)

Por ende, los hongos micorrícicos actúan funciones simbióticas de carácter mutualismo y sinergismo.

Beneficios de los hongos micorrícicos. Según Idema (1999) los beneficios de micorrizas son múltiples, entre ellos menciona:

- Incremento notable en la superficie de absorción de los pelos radiculares más la que se produce por la cobertura producida por el hongo.
- Mejoramiento de la absorción iónica y acumulación más eficiente y selectiva, especialmente en el caso del fósforo.
- Solubilización de minerales que se encuentran en el suelo, facilitando su absorción por las raíces de las plantas.
- Incremento de la vida útil de las raíces absorbentes; las raíces micorrizadas persisten durante mayor tiempo que las raíces no micorrizadas.

- Resistencia de raíces a infecciones causadas por hongos patógenos, tales como *Phytophthora* spp. *Pythium* spp., *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia*, especialmente en coníferas en época de lluvia.
- Incremento de la tolerancia del árbol a las toxinas del suelo (orgánicas e inorgánicas), con valores extremos de acidez del suelo y mayor resistencia a las sequías (Idema, 1999, p. 18)

1.3.9. *Plagas y enfermedades de Pinus radiata*

Las enfermedades son factores muy importantes en todos los vegetales, Anderson y Leach (1962) tienen las siguientes afirmaciones:

El estado sanitario se refiere a la presencia o ausencia de enfermedades, parásitos en las semillas, siendo importante conocer por las siguientes causas: un inoculo transmitido por semillas causa daños a los cultivos y por la dispersión o transporte de las semillas se introduce en nuevas regiones, las enfermedades en orden de importancia se caracterizan por ser: hongos, bacterias, virus, nematodos y otros. (p. 4)

Los hongos suelen ser la causa de las enfermedades más frecuentes que afectan a los viveros de pinos. Los síntomas aparecen en grupos de plantas y, en casos excepcionales, en plantas individuales a lo largo de los primeros meses de vida de la plántula (Lugano, 2002, p. 3).

Al respecto de plagas y enfermedades de *Pinus radiata*, Prieto et al., (2009) define en la siguiente afirmación:

En el caso de plantas de pino los daños causados por plagas son principalmente por artrópodos, entre estos están la Clase Insecta y Acárida y el *Phylum Nematoda*, mismos que durante su ciclo de vida consume parte o toda la planta, y con su hábito alimenticio contribuye en la dispersión de hongos, bacterias y virus. (p. 36)

Asimismo, Prieto et al., (2009) menciona de la enfermedad principal en los viveros forestales en la siguiente afirmación:

El Damping off es la principal enfermedad que se presenta en viveros forestales, es causada por un complejo de hongos del género *Phytium*, *Phytophthora*, *Fusarium* y *Rhizoctonia*. El síntoma es el debilitamiento del cuello del tallo

(división entre el tallo y raíz), doblamiento y muerte de la planta en las etapas de germinación y crecimiento inicial. (p. 36)

Entonces, para evitar la incidencia se recomienda generalmente el manejo adecuado del recurso hídrico, complementando con aplicación de remedios.

Sobre la incidencia del mal de los semilleros “Damping off”, Gálvez (2015) detalla en la siguiente afirmación:

Las plagas y enfermedades son una preocupación constante para los administradores de los viveros forestales que producen en contenedores. Es común la incidencia del mal de los semilleros “Damping off”, se recomienda aplicar riegos acidular el agua con ácido fosfórico o bien reducir la densidad de siembra. (p. 91)

Sobre todo, se recomienda el monitoreo constante para detectar a tiempo y por los controlar eficientemente, en caso contrario, será un poco difícil controlarlos.

1.3.10. Densidad de siembra en almácigo

Sobre la importancia de la densidad de siembra en almácigos del pino, Mate *et al.* (2018) menciona que:

Los almácigos son canteros especiales donde se ponen a germinar las semillas para después trasplantar las plantitas a los envases. En los almácigos se brindan a las plantitas todo lo necesario para desarrollarse: media sombra, humedad, protección contra vientos y suelo rico. En general, se utiliza una superficie de 0.5 m² de almácigo por cada 1000 plantas. (p. 50)

Este factor será muy fundamental para reducir la incidencia de las enfermedades en las plántulas, asimismo, en otras especies, datos que se general microclimas cuando hay una densidad alta.

Asimismo, Oliva *et al.* (2014) en su manual del vivero forestal para producción de plántones de especies forestales nativas afirma lo siguiente:

El tipo de siembra consiste de dos formas, cuando las semillas son pequeñas se emplea el método al Voleo, tomando una porción de semillas en la mano y procediendo a su distribución en forma lineal a lo largo de la cama de almácigo, realizando el tapado de las semillas con el mismo sustrato, para semillas de tamaño medianas a grandes, la siembra es directa, se realiza una por una en forma

directa y lineal, a un distanciamiento pre establecido, de 2 a 2.5 centímetros entre semillas. (p. 15)

En conclusión, los métodos de siembra de las semillas serán de acuerdo al tamaño y formas que lo poseen, dado que con las semillas grandes la densidad es baja.

Asimismo, Incahuaman (2019) afirma en su investigación con *Pinus radiata* que, cuando el sustrato alcanza su capacidad de campo, se plantan las plántulas y se dispersan las semillas al voleo sobre el sustrato previamente nivelado (1800-2000 semillas/m²) (p. 25).

1.3.11. Momento de repique de plantines

Sobre el momento de repique de los plantines, Oliva et al. (2014) menciona de la siguiente manera:

El repique consiste en trasplantar las plantitas de los almácigos a las bolsas de polietileno llenas de sustrato, un indicativo es que la plántula cuente con dos a cuatro hojas verdaderas o 10 cm de altura y para algunas especies es al mes de realizado la siembra de semillas, el repicado se recomienda realizarlo en días nublados, por las mañanas o tardes, para proceder a ello, previamente se realiza un riego a las camas de almacigo, para proceder al repicado de las bolsas, se utiliza un repicador (palo pequeño), para hacer un hoyo profundo y ancho en la parte céntrica de la bolsa, se coloca las plantitas en el hoyo, evitando que queden espacios vacíos, lo que originaría el acumulamiento de agua causando la pudrición de la raíz, también se debe evitar que la raíz entre doblada y por último realizar un riego a las plantas repicadas. (p. 16)

Por lo tanto, el adecuado traslado de plántulas para su posterior cuidado será crucial, para ello es necesario realizar los procesos de manera segura y adecuada.

Asimismo, Mate et al. (2018) enfatiza sobre la importancia del trasplante de los plantines en la siguiente definición:

El trasplante de las plantas logrará un mejor desarrollo de las raíces y también contarán con el espacio necesario para desarrollar su parte aérea. Las plantas que van a ser trasplantadas tienen que tener ciertas características: tallos de buen grosor y endurecidos, no deben ser demasiado herbáceos. Se deben descartar las

plantas que tienen un color pálido, las más pequeñas, las marchitas, las que tienen raíces poco desarrolladas y/o enroscadas. (p. 72)

Entonces, el repique solo se realizará netamente plántulas selectas, de esta manera asegurando obtener plantones de calidad.

También, Arriaga et al. (1994) mencionan que cuando las plántulas emergen antes de que aparezcan las hojas principales o las acículas, se realiza el trasplante en un recipiente. El trasplante del semillero al recipiente puede provocar lesiones si se realiza sin cuidado, en particular si la raíz está deformada (p. 15).

CAPÍTULO II

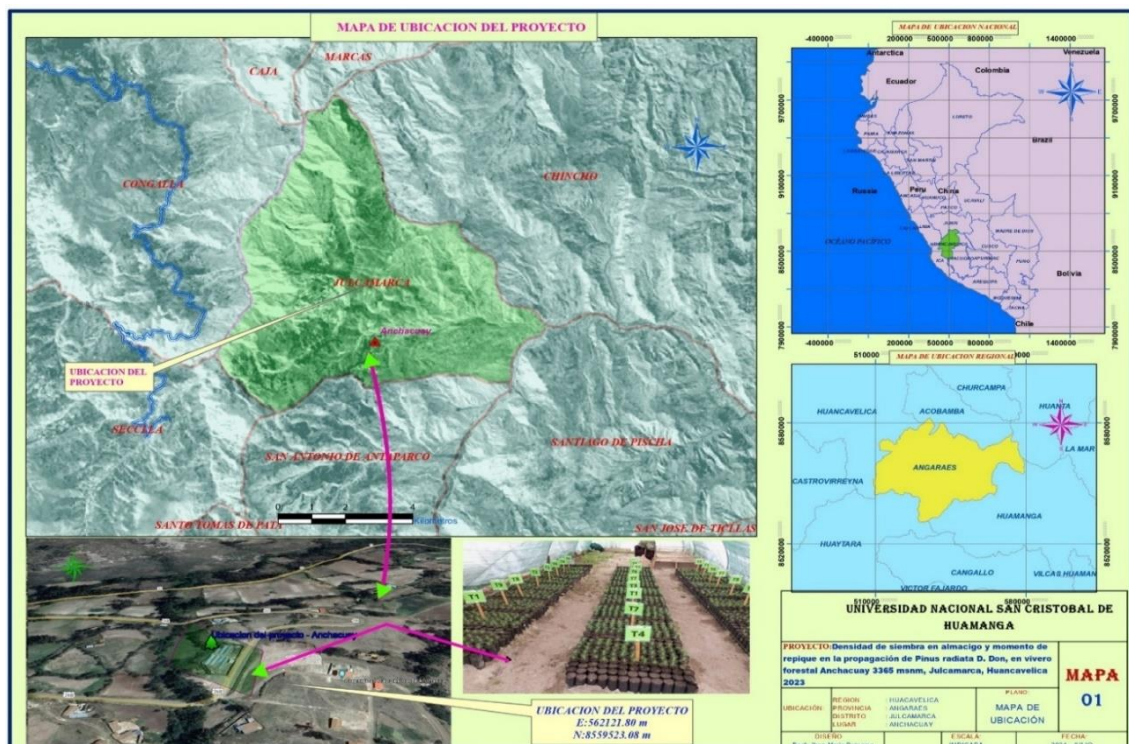
METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en el vivero forestal de Anchacuay, distrito de Julcamarca, provincia de Angaraes, región Huancavelica, ubicado a una altitud de 3365 msnm, entre las coordenadas geográficas 13° 01' 46" Latitud Sur y 74° 25' 37" Longitud Oeste.

Figura 2.1

Mapa de ubicación del proyecto forestal Julcamarca



2.2. Características del lugar del vivero forestal

El vivero forestal de Anchacuay, está ubicado en la comunidad de Anchacuay, correspondiente a la zona de vida estepa espinosa – Montano Bajo Subtropical (ee-MBS),

Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1967), la cual se define por la presencia de un clima semiárido con vegetación de árboles de zona semiárida como el molle y plantas espinosas como huarango, opuntias y cabuyas (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales) [ONERN], 1976)

El vivero tiene la capacidad de producción de 160 000 plántones de pino, presenta un túnel para el almácigo y germinación de semillas y 6 túneles para cama de crianza. Cada túnel está cubierto con plásticos de agrofil y por interior con malla rashel de 60% de sombra para el control de humedad y temperatura dentro del túnel. Se utilizó el riego cada tres días a capacidad de campo.

Antecedentes del terreno

El vivero utilizado por el proyecto de investigación pertenece al “Proyecto forestal Julcamarca” ejecutado por el “Proyecto Especial Sierra Centro Sur” (PESCS) que viene produciendo *Pinus radiata* desde los últimos tres años.

2.3. Materiales y herramientas

- Semillas de pino (*pinus radiata* D. DON) procedente de la empresa REFOANDES S.A.C.
- Tierra negra, procedente de las alturas del distrito de Congalla.
- Micorrizas, procedente de bosques de pino del distrito de Secclla.
- Arena fina, procedente de río Buena Vista.
- Formol (desinfectante de sustrato).
- Lejía (hipoclorito de sodio).
- Agua oxigenada.
- Sulfato de Cobre Pentahidratado “Phyton” (Fungicida agrícola).
- Benomil “Farmate” (insecticida).
- Ácido Giberelico (hormona enraizadora).

2.4. Análisis físico químico del sustrato

Tabla 2.1

Resultado del análisis de caracterización del sustrato obtenidos del laboratorio de suelos y foliares del “Programa de Pastos y Forrajes de la Facultad de ciencias Agrarias”, UNSCH

Componentes	Valores	Interpretación
pH	5.35	Moderadamente Ácido
Materia Orgánica (%)	5.8	Alto
Nitrógeno total (%)	0.25	Bajo
Fosforo disponible (ppm)	32.3	Alto
Potasio disponible (ppm)	37.8	Bajo
Clase textural	----	Franco Arenoso

En la Tabla 2.1. muestra el resultado del análisis de caracterización del sustrato utilizado, donde se observa que el sustrato presenta una textura franco arenoso y moderadamente ácido con alto porcentaje de materia orgánica, la disponibilidad de nitrógeno y potasio es bajo.

2.5. Condiciones climáticas

En vista que no existe una estación meteorológica en la zona de trabajo de investigación, los datos meteorológicos fueron obtenidos de la Estación Meteorológica Pampa Cangallo del Gobierno Regional de Ayacucho de la red hidrometereológica, ubicada a una altitud de 3350 msnm, latitud de 13°34'09" S y longitud de 74°11'37" O, por estar a la misma altitud del lugar donde se desarrolló el trabajo de investigación.

La instalación del trabajo investigación de la producción de los plantones, fue desde 8 de setiembre hasta marzo del 2024.

El balance hídrico se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por la (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales [ONERN], 1976).

La biotemperatura media mensual se multiplica por el multiplicador apropiado para determinar la ETP:

$$ETP = T_m \times F_m$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial

Tm = temperatura media mensual

Fm = Factor de multiplicación

Sabiendo que una temperatura de un grado centígrado puede evapotranspirar 0.16 milímetros de agua cada día, se calcula el factor de multiplicación:

$$Fm = 0.16\text{mm} \times 31 \text{ días} = 4.96\text{mm}$$

$$Fm = 0.16\text{mm} \times 30 \text{ días} = 4.80\text{mm}$$

$$Fm = 0.16\text{mm} \times 28 \text{ días} = 4.64\text{mm}$$

La ETP mensual deberá modificarse de acuerdo con la precipitación anual total y la ETP. Cuando la precipitación anual total es menor que la evapotranspiración anual total, o cuando el clima es seco, se produce una evaporación ajustada. La precipitación anual total dividida por la evapotranspiración potencial anual total produce un factor de corrección (Fc), que luego se multiplica por cada uno de los valores de ETP mensuales para obtener la condición de clima seco (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales [ONERN], 1976).

Tabla 2.2

Datos climatológicos correspondiente a la campaña agrícola 2023-2024 y Balance Hídrico. Estación Meteorológica Anchacuay, Huancavelica

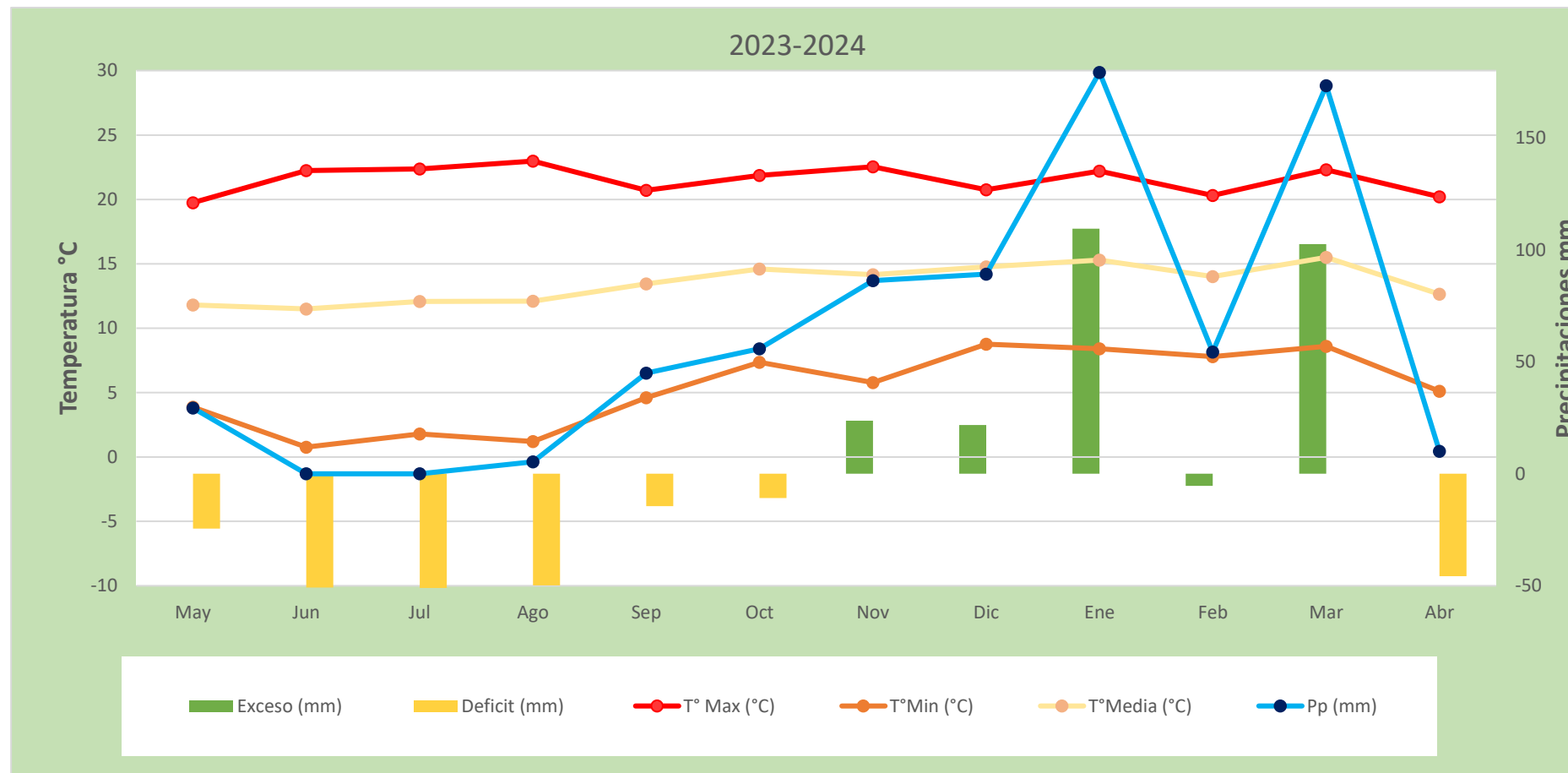
Campaña	2023						2024						Total	PROM
Meses	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr		
T° max (°C)	19.7	22.2	22.4	23.0	22.1	21.9	22.5	20.8	22.2	20.3	22.3	20.2		21.6
T° min (°C)	3.9	0.8	1.8	1.2	4.8	7.4	5.8	8.8	8.4	7.8	8.6	5.1		5.4
T° med (°C)	11.8	11.5	12.1	12.1	13.4	14.6	14.2	14.8	15.3	14.1	15.5	12.7		13.5
Numero de días	31	30	31	31	30	31	30	31	31	29	31	30		
Factor	4.96	4.8	4.96	4.96	4.8	4.96	4.8	4.96	4.96	4.64	4.96	4.8		
Precipitación (mm)	29.4	0.0	0.0	5.4	44.9	55.8	86.2	89.1	179.2	125.6	173.3	10.1	799.0	
ETP (mm)	58.6	55.2	60.0	60.0	64.5	72.4	68.0	73.2	75.9	65.2	76.6	60.7	790.2	
H del suelo (mm)	-29.2	-55.2	-60.0	-54.6	-19.6	-16.6	18.2	15.9	103.3	60.4	96.7	-50.6		
Exceso (mm)							18.2	15.9	103.3	60.4	96.7			
Déficit (mm)	-29.2	-55.2	-60.0	-54.6	-19.6	-16.6						-50.6		

$$PP \text{ total anual} = 727.8 \text{ mm} < ETP \text{ total anual} = 790.2$$

En la Tabla 2.2. se muestra los datos meteorológicos y balance hídrico de mayo 2023 a abril del 2024. Durante los meses de setiembre del 2023 a marzo del 2024 (periodo de trabajo de campo), se obtuvo una temperatura máxima promedio de 21.5°C y temperatura mínima promedio de 7.3°C. En los primeros meses de crecimiento del cultivo hubo poca precipitación (agosto a noviembre)

Figura 2.2

Diagrama ombrotérmico, temperatura, precipitación y balance hídrico. Estación Meteorológica Pampa Cangallo, Anchacuay, Huancavelica.



En la figura 2.2. la precipitación total anual del mes de mayo 2023 a abril 2024 es de 727.8 mm. Presenta dos estaciones, una lluviosa, que inicia en diciembre y se prolonga hasta marzo, la época seca inicia en abril y termina en octubre.

2.6. Factores de estudio

2.6.1. Densidades de siembra

Densidad 1: En la primera cama de almácigo con dimensiones de 1mx1m y con una altura de 0.25m, se almacigó 150gr de semilla de pino con una viabilidad apta, el almácigo instalado fue con un sustrato al 100% de arena de río, previamente desinfectado con formol al 40% e hipoclorito de sodio, en solución de 95% (lejía).

Densidad 2: En la segunda cama de almácigo con dimensiones de 1mx1m y con una altura de 0.25m, se almacigó 200gr de semilla de pino con una viabilidad apta, el almácigo instalado fue con un sustrato al 100% de arena de río, previamente desinfectado con formol al 40% e hipoclorito de sodio, en solución de 95% (lejía).

Densidad 3: En la tercera cama de almácigo con dimensiones de 1mx1m y con una altura de 0.25m, se almacigó 250gr de semilla de pino con una viabilidad apta, el almácigo instalado fue con un sustrato al 100% de arena de río, previamente desinfectado con formol al 40% e hipoclorito de sodio, en solución de 95% (lejía).

2.6.2. Momentos de repique

Repique 1: En este repique se realizó el traslado de los plantines de pino del almácigo a las bolsas de crianza de una medida de 4x7cm, el sustrato preparado fue de 1:4 (arena fina y turba) previamente desinfectado con formol al 40% e hipoclorito de sodio, en solución de 95% (lejía), cuando los plantines estaban en cabeza de fósforo.

Repique 2: Después del primer repique se realizó el traslado de los plantines de pino del almácigo con las hojas englobadas a las bolsas de crianza de una medida de 4x7cm, el sustrato preparado fue de 1:4 (arena fina y turba) previamente desinfectado con formol al 40% e hipoclorito de sodio, en solución de 95% (lejía).

Repique 3: Es el último momento de repique se realizó el trasladando de los plantines de pino del almacigo a las bolsas de crianza de una medida de 4x7cm, el sustrato preparado fue de 1:4 (arena fina y turba) previamente desinfectado con formol al 40% e hipoclorito de sodio, en solución de 95% (lejía), cuando los plantines presentaban las hojas sueltas.

2.7. Descripción de tratamientos

Densidad de siembra

d1: 150kg/m²

d2: 200 kg/m²

d3: 250 kg/m²

Momentos de repique

m1: 1ra fase (cabeza de fósforo)

m2: 2da fase (hoja englobada)

m3: 3ra fase (hojas sueltas)

Los tratamientos es el resultado de la combinación de los factores en estudio tabla 2.3

Tabla 2.3

Tratamientos aplicados en la investigación

Tratamiento	Código	Kilogramo de semilla	Momento de repique
T1	d1 x m1	150gr/m ²	1ra (cabeza de fósforo)
T2	d1 x m2	150gr/m ²	2da (hoja englobada)
T3	d1 x m3	150gr/m ²	3ra (hojas sueltas)
T4	d2 x m1	200gr/m ²	1ra (cabeza de fósforo)
T5	d2 x m2	200gr/m ²	2da (hoja englobada)
T6	d2 x m3	200gr/m ²	3ra (hojas sueltas)
T7	d3 x m1	250gr/m ²	1ra (cabeza de fósforo)
T8	d3 x m2	250gr/m ²	2da (hoja englobada)
T9	d3 x m3	250gr/m ²	3ra (hojas sueltas)

2.8. Diseño experimental

En el experimento se utilizó el Diseño Completamente Randomizado (DCR), con un arreglo factorial de 3 densidades de siembra x 3 momentos de repique x 3 repeticiones (3D x 3F) x 3r, constituyendo un total de 27 unidades experimentales. Cada unidad experimental constituida por 60 plantones con un total de 1620 plantones.

Se realizó el análisis de variancia para cada parámetro señalado en este trabajo de investigación, de acuerdo al diseño experimental DCR y las correspondientes pruebas de contraste de promedio de Tukey al nivel de significación de 0.05.

El Modelo Aditivo Lineal (MAL) fue la siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_j + (\alpha\delta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, 3 \quad d = 3$$

$$j = 1, 2, 3 \quad m = 5$$

Donde:

μ : efecto de la media

α_i : efecto del i-ésimo nivel de densidad de siembra

δ_j : efecto del j-ésimo nivel de momento de repique

$(\alpha\delta)_{ij}$: efecto de interacción i-ésimo nivel densidad de siembra por j-ésimo nivel de momento de repique

ε_{ijk} : error experimental

2.9. Descripción de campo experimental

a) Campo experimental

Largo (m)	: 7.00
Ancho (m)	: 3.90
Área total (m ²)	: 27.3

b) Repeticiones

Número de repetición	: 3
Ancho de cada repetición (m)	: 0.73
Largo de cada repetición (m)	: 3.24
Área de cada repetición (m ²)	: 2.37

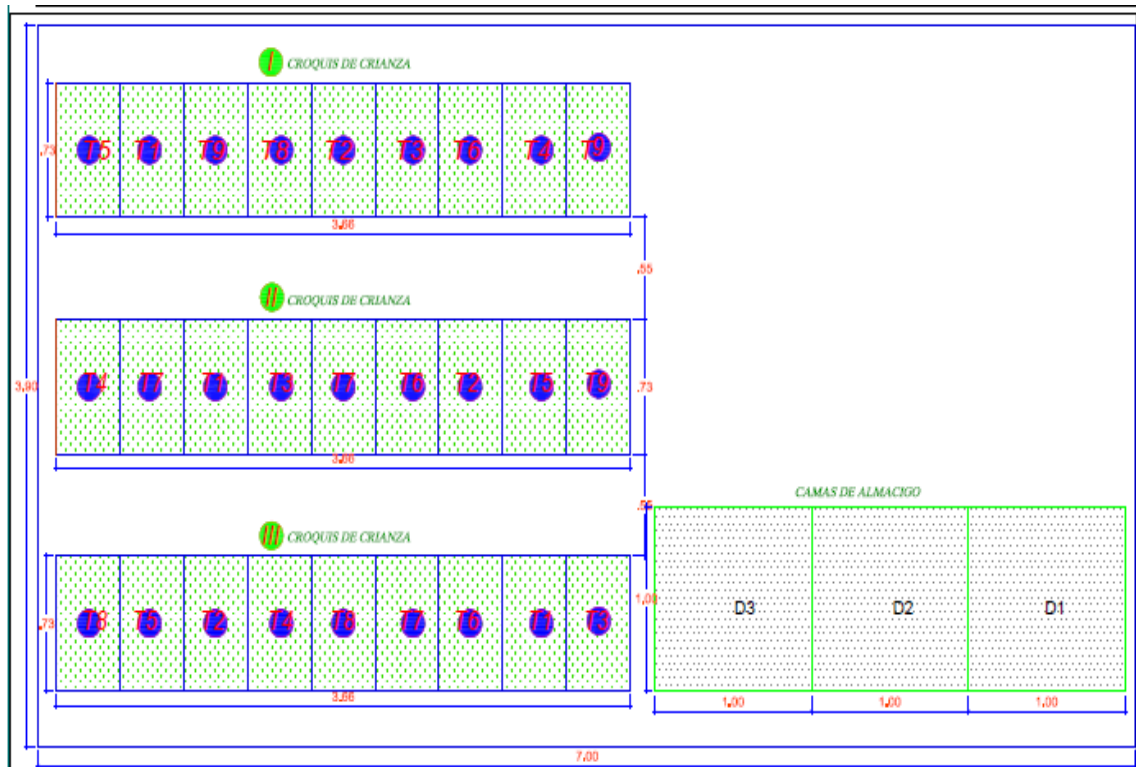
c) Tratamientos

Número de repetición	: 27
Distancia entre tratamiento	: 0.12
Distancia entre repetición	: 0.55
Nº de plantas por tratamiento	: 60
Ancho de cada repetición (m)	: 0.73
Largo de cada repetición (m)	: 3.24
Área de cada repetición (m ²)	: 2.37

2.9.1. Croquis del campo experimental

Figura 2.3

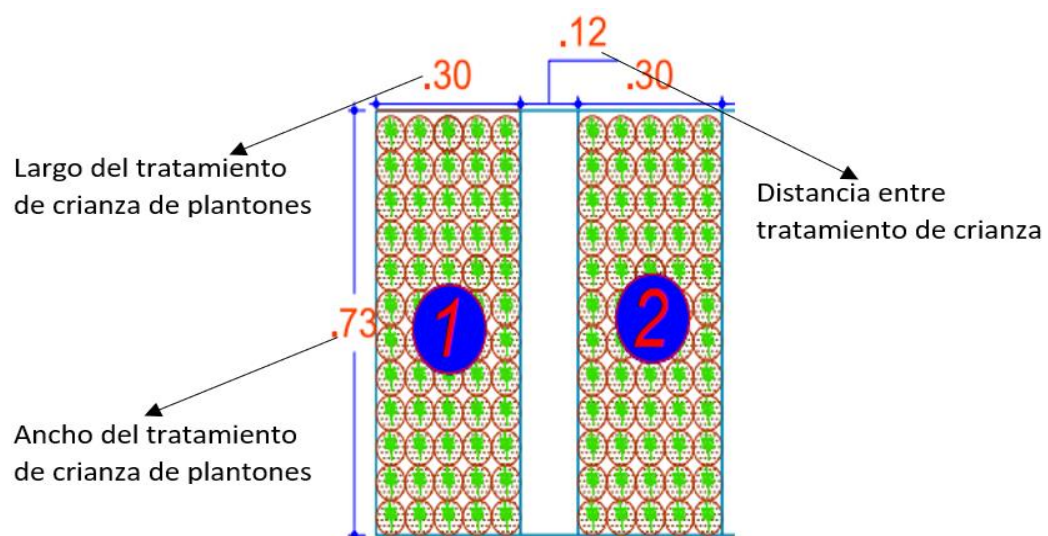
Croquis del campo experimental de la investigación



2.9.2. Croquis de la unidad experimental

Figura 2.4

Croquis de la unidad experimental



2.9.3. Distribución de tratamientos

Los tratamientos se distribuyeron al azar a las unidades experimentales, donde un recuadro representa una unidad experimental constituidos con 60 plantones de *Pinus radiata* D. Don, así como se ilustra a continuación.

Figura 2.5

Croquis de la distribución de los tratamientos

T5	T1	T9	T8	T2	T3	T6	T4	T9
T4	T7	T1	T3	T7	T6	T2	T5	T9
T8	T5	T2	T4	T8	T7	T6	T1	T3

2.10. Duración del trabajo de investigación

La investigación Se realizó durante 8 meses, es decir desde setiembre del año 2023 hasta abril del 2024.

2.11. Instalación y conducción del experimento

La instalación y conducción del ensayo se ejecutó en el vivero forestal de Anchacuay, bajo un convenio con el Proyecto Especial Sierra Centro Sur (PESCS) y la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (Facultad de Ciencias Agrarias).

El experimento se condujo teniendo en cuenta las diversas labores culturales en el marco de la producción de plantones forestales en viveros, principalmente basado en el acondicionamiento del terreno, tratamiento de las semillas, siembra o almacigado, repique, control de malezas, clasificación o selección de las plántulas de pino, control de plagas y enfermedades y evaluaciones correspondientes.

a) Actividades preliminares

Esta actividad consistió en realizar la limpieza total del área facilitada y destinada para el trabajo de investigación por el responsable del Proyecto Forestal de Julcamarca

del vivero de Anchacuay, se retiró los objetos que obstaculizan en la demarcación y preparación del campo experimental, se realizó el 5 de setiembre del 2023.

b) Demarcación de campo experimental

La demarcación del campo experimental se realizó utilizando wincha métrica, cordel, tablas, clavos de 3 y 2 pulgadas, martillo, serrucho y yeso de acuerdo al diseño experimental.

c) Adquisición de semilla

La semilla de pino (*Pinus radiata* D. Don) utilizada, fue adquirido por los responsables del “proyecto forestal de Julcamarca” (PESCS) y proveído por la empresa REFOANDES S.A.C y con certificación garantizado con las siguientes especificaciones técnicas.

Tabla 2.4

Ficha técnica de las semillas de Pino radiata

Denominación	Valores
Nombre común	Pino
Nombre científico	<i>Pinus radiata</i>
Cantidad (kg)	1
Germinación (%)	90
pureza (%)	95
Nº promedio de semillas/ kilo	20 000
Procedencia	Chile

d) Tratamiento pre germinativo de las semillas

Se realizó el tratamiento pre germinativo de las semillas, remojando en agua 2 días antes de la siembra para facilitar la rápida germinación, el agua se cambió cada dos veces al día durante 48 horas.

e) Construcción de camas de almacigo

Se construyó las camas de almacigo para cada tratamiento con dimensiones de 1mx1m, resultando un total de 3mx1m con una altura de 0.25m, en el vivero forestal de

Anchacuay, el sustrato que se utilizó fue arena de río al 100%, previamente desinfectado con 250 ml formol al 40% y 300 ml de lejía (hipoclorito de sodio), por 20 litros de agua.

f) Almacigado

Se realizó el almacigado de las semillas de *Pinus Radiata* D. Don con sistema de siembra al voleo, para ello se remojó las semillas durante 48 horas cambiando el agua 2 veces al día, luego se prosiguió con el desinfectado de las semillas con 5gr vitavax y 10ml agua oxigenada para controlar los hongos y otras enfermedades que pueden perjudicar en la emergencia de las semillas, para acelerar el enraizamiento de las plantas se aplicará Ácido Giberélico.

g) Preparación del sustrato

Se realizó zarandeo de la turba y arena de las impurezas, la preparación de sustratos fue de 4 bugues de turba y 1 bogue de arena fina, esta dosificación fue analizada de la prueba de infiltración de riego y recomendado por el viverista del proyecto, se desinfectó el sustrato con 250 ml formol al 40% y 300 ml de lejía (hipoclorito de sodio), por 20 litros de agua. Luego se cubrió herméticamente con plástico para controlar los hongos existentes durante 24 horas. y posteriormente se realizó el embolsado.

h) Embolsado

Se realizó el llenado de las bolsas de polietileno de tamaño 4x7cm y con los sustratos de 1:4 (arena y turba), luego se colocaron en las camas de crianza de acuerdo a los tratamientos investigados que mencionan.

i) Repicado

La extracción de plántulas de las camas de almacigo se realizó previo riego de 24 horas antes del repicado, esta actividad se realizó en 3 momentos de repicado (cabeza de fósforo, hoja englobada y hojas sueltas), las raíces se desinfectó con vitavax por un tiempo de 2 minutos y luego se procederá el repicado con la ayuda de un hoyador, luego de hacer el hoyo se rellenó con tierra micorrizada, asegurando que no exista espacios de aire en la parte de la raíz de la planta, el cual será preparado en proporción 1 de arena y 4 de tierra micorrizada.

j) Los momentos de repicado de *Pinus radiata*

- **Repicado en momento de cabeza de fósforo.** Se repicó en el momento donde que el plantín emerge junto con la cubierta o testa de la semilla como una apariencia de cabeza de fosforo, se realizó el 26 de setiembre del 2023.
- **Repicado en momento de hojas englobadas.** Se repicó en el momento donde las hojas forman un globo con la cubierta o testa de la semilla, se realizó el 28 de setiembre del 2023.
- **Repicado en momento de hojas sueltas.** Se repicó en el momento donde las hojas se sueltan de la testa de la semilla y se extienden después del momento de hojas englobadas, se realizó el 29 de setiembre del 2023.

k) El riego

Después del repicado de los plantines de pino, los riegos fueron realizados oportunamente cada tres días a la semana en función a la humedad del sustrato a capacidad de campo; siendo por las mañanas, utilizando regadora de 10 litros de capacidad. El agua que se utilizo fue conectado al canal de riego de la comunidad de Anchacuay con manguera polietileno HDP.

l) Deshierbe

Esta actividad se realizó cada vez que se observaba la presencia de malezas, evitando de esta manera la competencia por agua, luz y nutrientes con los plantones de pino.

m) Control fitosanitario

Para el control de *Fusarium* sp. y *Ptythium* sp. Se aplicó “Sulfato de Cobre Penta Hidratado” (Phyon 27) de 10 ml/ de mochila 20lt y para el control de plagas se aplicó “Benomil” (Farmate) de 10 ml/mochila de 20 litros, otro producto que se aplico fue “Cyberklin” de 10ml/ mochila de 20 litros.

n) Aplicación de nutrientes

Para ayudar en el crecimiento y desarrollo de las plántulas se aplicó nutrientes foliares a base de un producto de “Woxal doble” con una dosis de 25 ml por mochila de 20 litros.

ñ) Recolección de datos

La toma de datos se realizó aproximadamente a los 210 días, cuando las plantas alcanzan una altura de 30 cm, aptas para siembra definitiva en terreno.

2.12. Parámetros evaluados

La evaluación se realizó cuando las plántulas alcanzaron de 30 cm de altura aproximadamente, considerándose que las plántulas se encuentren aptas para ser llevadas al campo definitivo.

Altura del plantón (cm). Se midieron cinco plántulas por unidad experimental para determinar la altura desde el cuello hasta la parte superior de la planta utilizando una regla debidamente calibrada.

Diámetro de tallo del plantón (mm). Se midió el diámetro del tallo de cinco plántulas por unidad experimental utilizando una regla vernier a un centímetro de la base del tallo principal (cuello del tallo).

Longitud de la raíz del plantón (cm). Se seleccionaron cinco plántulas de cada unidad experimental y se midió la distancia entre el cuello de la planta y el ápice terminal de la raíz en centímetros utilizando una regla graduada.

Peso seco total del plantón (g). De cada unidad experimental se seleccionaron cinco plántulas, previamente troceadas y colocadas sobre papel Graf. Luego se hornearon durante setenta y dos horas a 70°C hasta que su peso se mantuvo constante. Se utilizó una balanza electrónica para calcular el peso final en gramos.

Peso seco de la parte aérea del plantón (g). De manera similar al caso anterior, se seleccionaron cinco plántulas de cada unidad experimental como muestra, se cortaron en cubitos y se colocaron sobre papel Graf. Luego se hornearon a 70 °C durante setenta y dos horas o hasta que su peso se mantuvo constante. Se utilizó una balanza electrónica de precisión para determinar el peso final en gramos.

Peso seco de la raíz del plantón (g). Se tomó la muestra correspondiente de cinco plántulas por unidad experimental, se trocearon y se colocaron sobre papel Graf. Luego

se hornearon a 70°C durante 72 horas o hasta que su peso se mantuviera constante, tal como en los casos anteriores. Se utilizó una balanza electrónica de precisión para determinar el peso final en gramos.

Relación parte aérea/raíz del plantón en seco. Este parámetro se evaluó teniendo en cuenta el resultado del peso seco de la parte aérea (gr) entre el peso de seco de la raíz (gr) de cada unidad experimental. Los datos registrados fueron procesados con el Software Minitab versión 17 para poder determinar si al menos una media de los tratamientos es diferente de los demás.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Altura del plantón

Tabla 3.1

ANVA de altura del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de siembra en camas de almácigo y momentos de repique, Anchacuay 3365 msnm

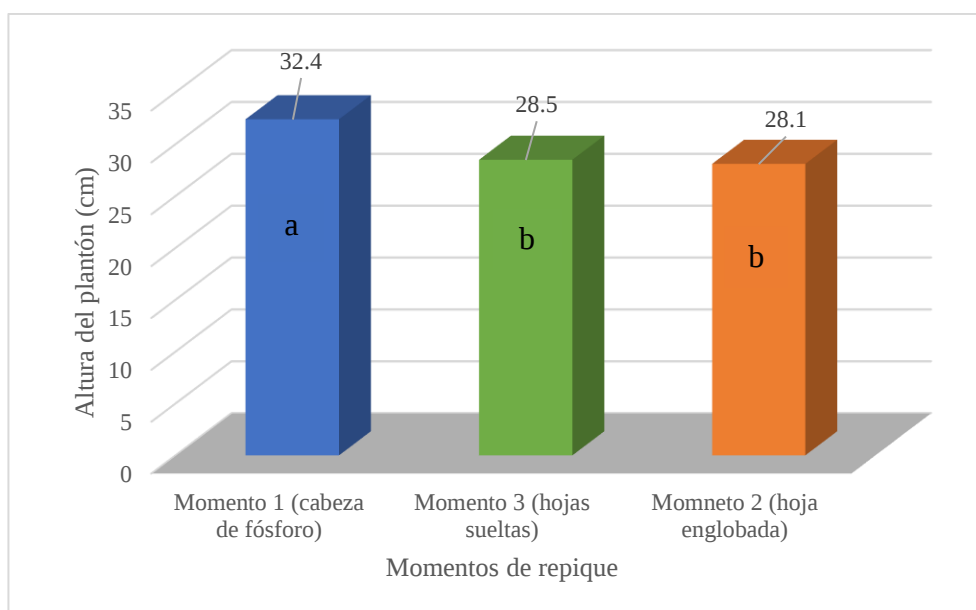
F V	G L	SC	CM	Fc	P-valor
Densidad siembra	2	0.52	0.26	0.14	0.8691 ns
Momento repique	2	104.04	52.02	28.36	0,0001**
Densidad*Momento	4	1.01	0.25	0,14	0.9661 ns
Error	18	33.01	1.83		
Total	26	138.58			
CV: 4.56 %			Promedio: 29.68 cm		

En la Tabla 3.1 análisis de varianza (ANVA) de altura del plantón de pino, se observa que la fuente de variación momento de repique presenta alta significación estadística ($p < 0.05$). El coeficiente de variación es 4.56% el cual indica que el grado de homogenización fue muy bueno. El promedio de la altura de plantón de pino fue de 29.68 cm.

En la Figura 3.1 prueba de Tukey se observa que el momento de repique 1 (cabeza de fósforo) presenta mayor altura con 32.44 cm y se diferencia de los otros momentos de repique 2 (hoja englobada) y momento de repique 3 (hojas sueltas) que alcanzan alturas de 28.53 y 28.07 cm, respectivamente.

Figura 3.1

*Prueba de Tukey del efecto principal de altura de plantón de pino (*Pinus radiata* D. Don.), por influencia de momento de repique, Ayacucho, 2023*



En la Tabla 3.2 se muestra la prueba de Tukey de altura de plantón de pino (*Pinus radiata* D. Don.) para los tratamientos, en el cual se observa que el tratamiento T7 (250 g por m² * momento 1: cabeza de fósforo) presenta mayor altura con 32.53 cm, seguido en orden descendente por los tratamientos T4 (200 g por m² * momento 1: cabeza de fósforo), T1 (150 g por m² * momento 1: cabeza de fósforo), T2 (150 g por m² * momento 2: hoja englobada) y T5 (200 g por m² * momento 2: hoja englobada); mientras los tratamientos T8 (250 g por m² * momento 1: cabeza de fósforo), T9 (250 g por m² * momento 1: cabeza de fósforo) y T3 (250 g por m² * momento 1: cabeza de fósforo) presentan menores alturas de plantón con 28.20, 27.87 y 28.80 cm, respectivamente.

El promedio de 29.68 cm de altura de plantón obtenido a los 170 días después del repique, se encuentra dentro de los valores obtenidos por Incahuaman (2019), quien entre el cuarto y el séptimo mes reporta alturas de plantón que varía entre 15.42 a 40.86 cm; ligeramente superior a los resultados encontrados por Granados (2015) con 28.19 cm en plantones de 150 días y Melgarejo (2017) con 25.20 cm en plantones de 150 días; y superior a los resultados encontrados por Gutiérrez (2019) con 23.78 cm.

De acuerdo lo observado las plántulas con momento de repique 1, presentaron menor longitud de raíz respecto a los demás, lo que ofreció a la adaptación y por ende el

rápido crecimiento de la altura de plantón. En las plántulas con momento de repique 2 y 3 que presentaron mayor longitud de raíz, ocasionando estrés post repique en consecuencia el crecimiento lento de la altura del plantón.

Gutiérrez (2019) en su investigación encontró que la mayor altura en *Pinus radiata* D. fue 29.4 cm, que es similar a la altura promedio obtenida en nuestra investigación 29.7cm.

La densidad de almacigo no influye en los resultados de altura de plantón de *Pinus radiata*.

Tabla 3.2

Prueba de Tukey de altura de plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de densidad de siembra y momento de repique, Anchacuay 3365 msnm

Tratamiento	Densidad de siembra	Momento de repique	Altura de plantón cm	Tukey 0.05
T7	250 g por m ²	Momento 1 (cabeza de fósforo)	32.53	a
T4	200 g por m ²	Momento 1 (cabeza de fósforo)	32.40	a b
T1	150 g por m ²	Momento 1 (cabeza de fósforo)	32.40	a b
T2	150 g por m ²	Momento 2 (hoja englobada)	28.73	a b c
T5	200 g por m ²	Momento 2 (hoja englobada)	28.67	a b c
T6	200 g por m ²	Momento 3 (hojas sueltas)	28.53	b c
T8	250 g por m ²	Momento 2 (hoja englobada)	28.20	c
T9	250 g por m ²	Momento 3 (hojas sueltas)	27.87	c
T3	150 g por m ²	Momento 3 (hojas sueltas)	27.80	c

DMS = ALS (T)= 3.87

3.2. Diámetro del tallo del plantón

La Tabla 3.3 presenta el análisis de varianza (ANVA) de la altura del plantón de pino en el que la fuente de variación de momento de repique presenta alta significación estadística ($p < 0.05$). El coeficiente de variación es 8.36% el cual indica un valor de buena precisión que permite confiar en el resultado.

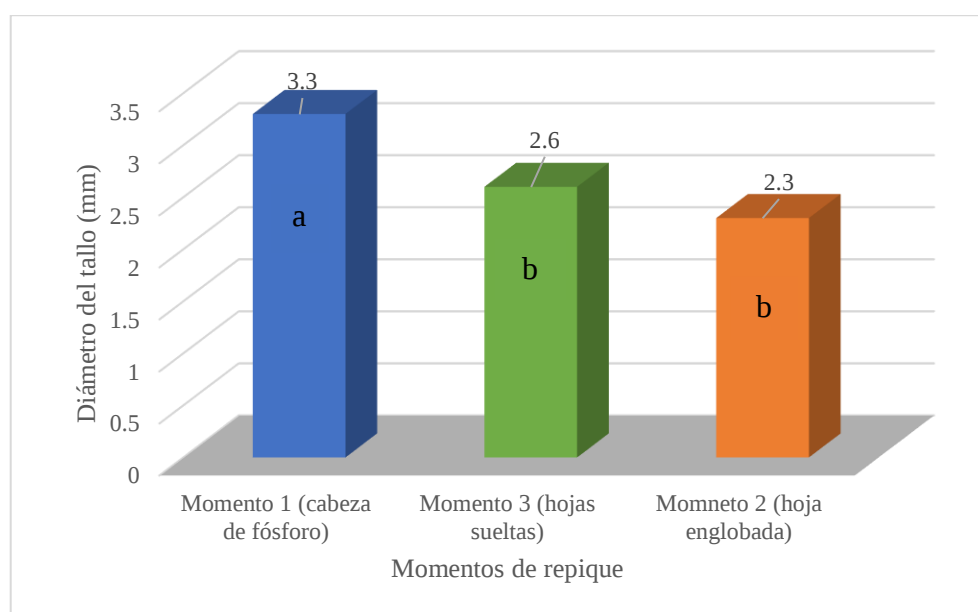
Tabla 3.3

ANVA del diámetro de tallo del plantón de pino (*Pinus radiata* D. Don.), por influencia de siembra en el almácigo y momentos de repique, Anchacuay 3365 msnm

F V	G L	SC	CM	Fc	P-valor
Densidad siembra	2	0.03	0.01	0.26	0.7774 ns
Momento repique	2	4.89	2.45	46.7	0,0001**
Densidad*Momento	4	0.01	0.0031	0.06	0.9929 ns
Error	18	0.94	0.5		
Total	26	5.88			
CV: 8.36 %		Promedio: 2.74 mm			

Figura 3.2

Prueba de Tukey del diámetro de tallo del plantón de pino (*Pinus radiata* D. Don.), por influencia de momento de repique, Anchacuay 3365 msnm



En la Figura 3.2 muestra que los plantones con momento de repique 1 (cabeza de fósforo) se logró obtener mayor diámetro de tallo con 3.32 mm, seguido del momento de repique 2 (hoja englobada) con 2.6 mm y finalmente menor diámetro de tallo del plantón con momento de repique 3 (hojas sueltas) con 2.3 mm.

Tabla 3.4

Prueba de Tukey del diámetro de tallo del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de densidad de siembra y momento de repique, Anchacuay 3365 msnm

Tratamiento	Densidad de siembra	Momento de repique	Diámetro de tallo mm	Tukey 0.05
T1	150 g por m ²	Momento 1 (cabeza de fósforo)	3.35	a
T4	200 g por m ²	Momento 1 (cabeza de fósforo)	3.32	a b
T7	250 g por m ²	Momento 1 (cabeza de fósforo)	3.27	a b
T2	150 g por m ²	Momento 2 (hoja englobada)	2.67	b c
T5	200 g por m ²	Momento 2 (hoja englobada)	2.57	c
T8	250 g por m ²	Momento 2 (hoja englobada)	2.54	c
T3	150 g por m ²	Momento 3 (hojas sueltas)	2.31	c
T9	250 g por m ²	Momento 3 (hojas sueltas)	2.30	c
T6	200 g por m ²	Momento 3 (hojas sueltas)	2.29	c

DMS = ALS (T)= 0.65489

La tabla 3.4 muestra que el tratamiento T1 (150 g por m² * momento 1: cabeza de fósforo), presenta mayor diámetro de tallo con 3.35 mm. seguido en orden descendente por los tratamientos T4 (200 g por m² * momento 1: cabeza de fósforo), T7 (250 g por m² * momento 1: cabeza de fósforo); mientras los tratamientos T5 (200 g por m² * momento 2: hoja englobada); T8 (250 g por m² * momento 2: hoja englobada), T3 (150 g por m² * momento 3: hojas sueltas), T9 (250 g por m² * momento 3: hojas sueltas) y T6 (200 g por m² * momento 3: cabeza de fósforo) presentan menores diámetros del tallo del plantón de pino con 2.257, 2.54, 2.31, 2.30 y 2.29 mm, respectivamente.

Granados (2015) en su tesis de Producción de plantones en Huaras (Ancash-Peru) reporta que el diámetro del pino (*Pinus radiata*) fue de 6.33 mm, que difiere de los resultados obtenidos en la presente investigación, en la que se obtuvo un promedio de diámetro de tallo 2.74 mm. Cuya diferencia podría deberse al tipo de sustrato y el uso del hidrogel empleado por Granados.

3.3. Longitud de la raíz del plantón

Tabla 3.5

ANVA de la longitud de la raíz del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de siembra en el almácigo y momentos de repique, Aanchacuay 3365 msnm

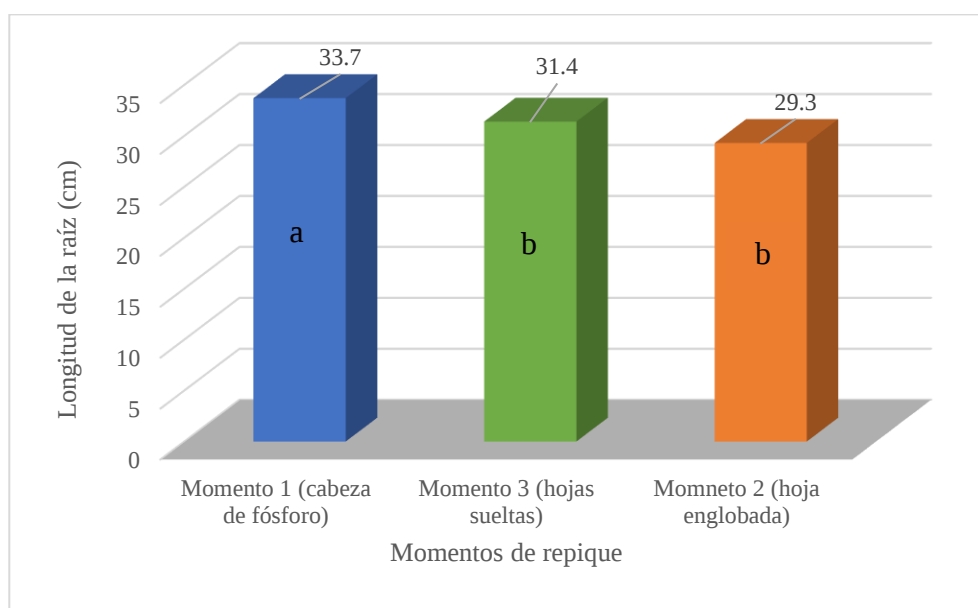
F V	G L	SC	CM	Fc	P-valor
Densidad siembra	2	78.55	39.42	2.70	0.0946 ns
Momento repique	2	88.90	44.45	3.05	0.0722 ns
Densidad*Momento	4	139.91	34.98	2.40	0.0880 ns
Error	18	262.21	14.57		
Total	26	569.56			
CV: 12.13 %		Promedio:31.46cm			

El ANVA de la longitud de la raíz de pino presentado en la Tabla 3.5, no muestra significación estadística para ninguna de las fuentes de variación. El coeficiente de variación es 12.13 % el cual indica que el grado de homogenización fue bueno.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la densidad siembra y momento de repique no tienen influencia sobre la longitud de la raíz del plantón de pino, porque al momento del repique las diferentes medidas de la raíz no se desarrollaron bien.

Figura 3.3

Prueba de Tukey de la longitud de la raíz del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de momento de repique, Anchacuay 3365 msnm



3.4. Peso seco total del plantón

Tabla 3.6

ANVA del peso seco del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de siembra en el almácigo y momentos de repique, Anchacuay 3365 msnm

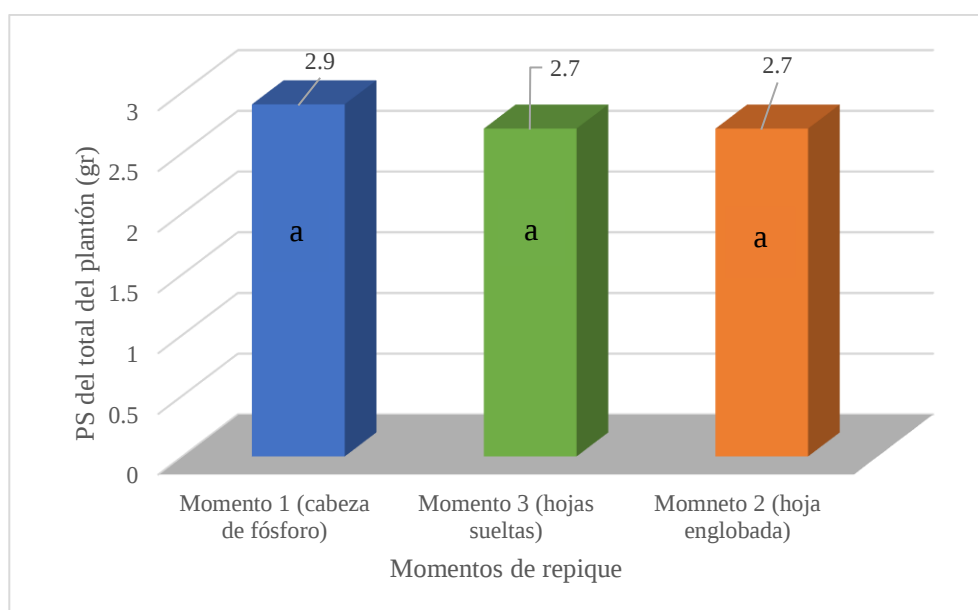
F V	G L	SC	CM	Fc	P-valor
Densidad siembra	2	0.09	0.05	0.35	0.7117 ns
Momento repique	2	0.14	0.07	0.51	0.6079 ns
Densidad*Momento	4	0.46	0.11	0.87	0.5031 ns
Error	18	2.38	0.13		
Total	26	3.06			

CV: 13.21 % Promedio: 2.75 g

La Tabla 3.6 presenta el análisis de varianza (ANVA) del peso seco total del plantón de pino, por ello no presenta variación significancia estadística ($p > 0.05$). El coeficiente de variación es 13.21% el cual indica que el grado de homogenización fue de buena precisión. De acuerdo a los resultados obtenidos, la densidad siembra y momento de repique no tienen influencia sobre el peso seco del plantón.

Figura 3.4

Prueba de Tukey del peso seco del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de momento de repique, Anchacuay 3365 msnm



3.5. Peso seco de la parte aérea del plantón

Tabla 3.7

ANVA de peso seco de la parte aérea del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de siembra en el almácigo y momentos de repique, Anchacuay 3365 msnm

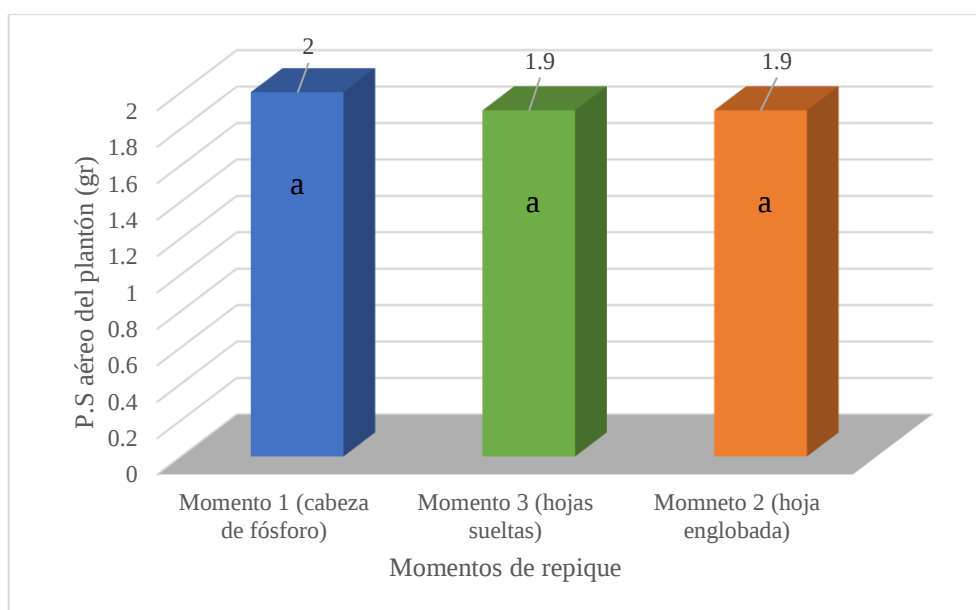
F V	G L	SC	CM	Fc	P-valor
Densidad siembra	2	0.01	0.0026	0.03	0.9671 ns
Momento repique	2	0.11	0.06	0.75	0,4880 ns
Densidad*Momento	4	0.26	0.06	0.75	0.5708 ns
Error	18	1.38	0.08		
Total	26	1.76			

CV: 14.32% Promedio: 1.93 g

En la Tabla 3.7 se muestra el análisis de varianza (ANVA) del peso seco total del plantón de pino, en el que ninguna fuente de variación presenta alta significación estadística. El coeficiente de variación es 14.32% el cual indica que el grado de homogenización fue muy bueno. El promedio de la altura de plantón de pino en nuestra investigación fue de 1.93g. De acuerdo a los resultados obtenidos, la densidad siembra y momento de repique no tienen influencia sobre el peso seco de la parte aérea del plantón.

Figura 3.5

Prueba de Tukey de peso seco de la parte aérea del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de momento de repique, Anchacuay 3365 msnm



3.6. Peso seco de la raíz del plantón

Tabla 3.8

ANVA de peso seco de la raíz del plantón de pino (*Pinus radiata* D. Don.), por influencia de siembra en el almácigo y momentos de repique, Anchacuay 3365 msnm

F V	G L	SC	CM	Fc	P-valor
Densidad siembra	2	0.06	0.03	1.44	0.2626 ns
Momento repique	2	0.0045	0.0023	0.11	0,8973 ns
Densidad*Momento	4	0.05	0.01	0.63	0.6446 ns
Error	18	0.37	0.02		
Total	26	0.49			
CV: 17.63%			Promedio: 0.82 g		

En la Tabla 3.8 en ninguna fuente de variación se encontró significación estadística el coeficiente de variación es 17.63 %, evidencia que otros factores estuvieron involucrados en la variación de este carácter.

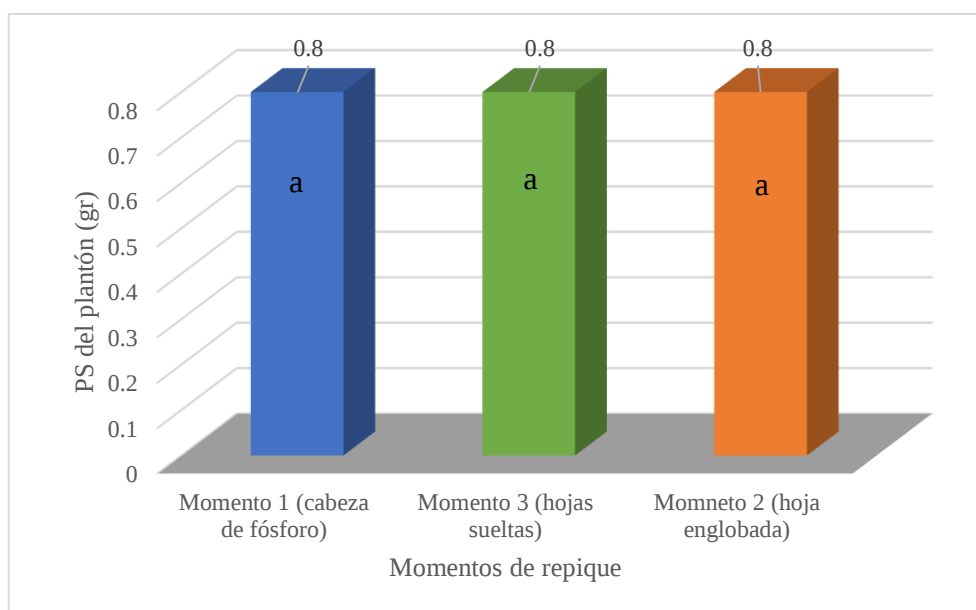
De acuerdo a los resultados obtenidos, la densidad siembra y momento de repique no tienen influencia sobre el peso seco de la raíz del plantón.

El promedio de la altura de plantón de pino en la presente investigación fue de 0.82g.

Gutiérrez (2019) menciona que el peso seco de la raíz de *Pinus radiata* D. fue 0.4g lo cual es inferior a lo obtenido en la presente investigación que en promedio fue 0.82g.

Figura 3.6

Prueba de Tukey de peso seco de la raíz del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de momento de repique, Anchacuay 3365 msnm



3.7. Relación parte aérea/raíz del plantón

Tabla 3.9

ANVA de la relación parte aérea/ raíz del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de la densidad de siembra en el almácigo y momentos de repique, Anchacuay 3365 msnm

F V	G L	SC	CM	Fc	P-valor
Densidad siembra	2	0.39	0.20	1.22	0.3178 ns
Momento repique	2	0.24	0.12	0.76	0.4810 ns
Densidad*Momento	4	0.20	0.05	0.31	0.8704 ns
Error	18	2.87	0.16		
Total	26	3.70			

CV: 16.60%

Promedio: 2.41

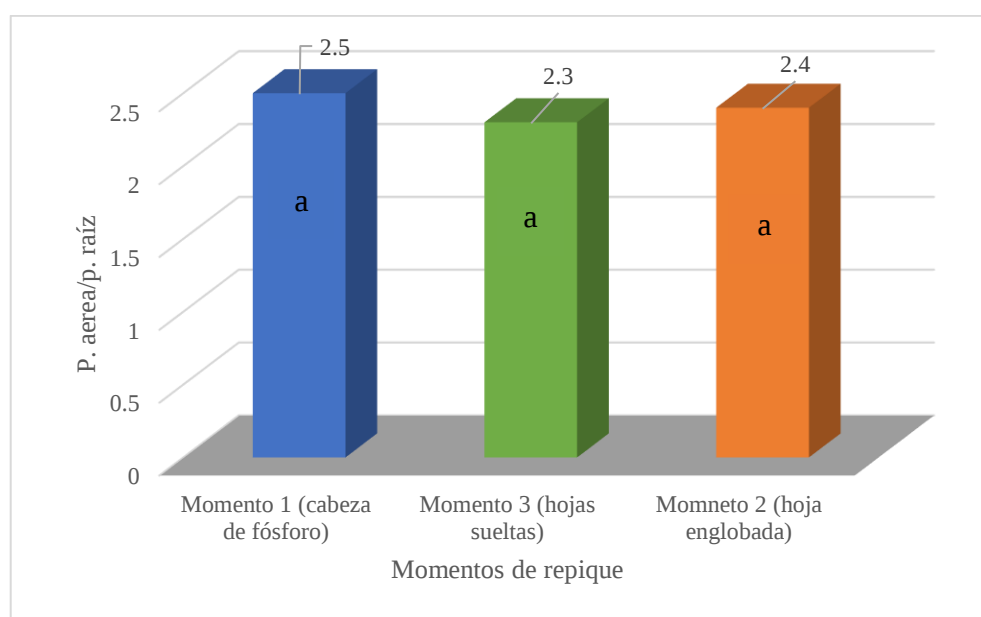
En la Tabla 3.9 se muestra el análisis de varianza (ANVA) de la relación parte aérea/raíz del plantón de pino, en el que ninguna fuente de variación presentan significación estadística, esto se debe al mismo desarrollo de la parte aérea y de la raíz ($p > 0.05$). El coeficiente de variación es 25.98% lo cual indica que otros factores estuvieron involucrados en la variación de este carácter. El promedio de la altura de plantón de pino en la presente investigación fue de 2.41cm.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la densidad siembra y momento de repique no tienen influencia sobre la relación parte aérea/raíz del plantón.

Al realizar el trabajo de investigación durante la instalación en las camas de almácigo en la germinación y emergencia se observó una capa blanquecina algodonosa que indica la infestación de hongos en las camas de almácigo 2 y 3 (200 y 250 gr/m²) se realizó diagnóstico fitopatológico en el laboratorio de Fitopatología de plantas, determinando la presencia de *Oomycetos* habitantes naturales de los suelos como es: *Ptythium* sp.

Figura 3.7

Prueba de Tukey de la relación parte aérea/ raíz del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de momento de repique, Anchacuay 3365 msnm.



3.8. Análisis económico

3.8.1. Ingreso bruto (10,000 plantones)

El ingreso bruto de la producción para cada densidad de almácigo es de 20,000 soles debido a que se logra producir 10 000 plantones y el precio por cada plantón es de 2 soles.

3.8.2. Costo total de producción (10,000 plántones)

Tabla 3.10

Costo directo, indirecto y total de producción de plántones de pino por densidad de almácigo.

Densidad en almácigo	Costo directo	Costo indirecto	Costo total
D1	S/.4,354.50	S/.8,314.50	S/.12,669.00
D2	S/.4,402.00	S/.8,362.00	S/.12,764.00
D3	S/.4,449.50	S/.8,409.50	S/.12,859.00

La tabla 3.10 muestra los costos directos, indirectos y totales por cada densidad de siembra. La diferencia entre los costos totales de producción se debe a la diferencia de cantidad de semilla utilizada, es decir a mayor densidad de almácigo corresponde mayor costo total.

3.8.3. Ingreso neto

Tabla 3.11

Ingreso neto de producción de plántones de Pinus radiata por densidad de siembra en el almácigo

Densidad en almácigo	Ingreso bruto	Costo total	Ingreso neto)
D1	S/.20000	S/.12,669.00	S/.7,331.00
D2	S/.20000	S/.12,764.00	S/.7,236.00
D3	S/.20000	S/.12,859.00	S/.7,141.00

En la tabla 3.11 se presenta el ingreso bruto, costo total y ingreso neto, se obtuvo mayor ingreso neto en plántones de densidad de almácigo 1 de S/.7,331.00 y menor en plántones de densidad de almácigo 3 con S/.7,141.00.

3.8.4. Rentabilidad

Tabla 3.12

Rentabilidad de la producción de plantones de Pinus radiata de acuerdo diferentes densidades siembran en el almácigo

Densidad en almácigo	Costo total	Ingreso neto (Beneficio)	Rentabilidad
D1	S/.12,669.00	S/.7,331.00	0.58
D2	S/.12,764.00	S/.7,236.00	0.57
D3	S/.12,859.00	S/.7,141.00	0.56

Se observa en la tabla 3.12 que los plantones con mayor relación costo/beneficio fueron los plantones de densidad de almácigo con 150gr/m² con una rentabilidad de 0.58 lo cual significa que por cada sol invertido solo se recupera 0.58 soles.

CONCLUSIONES

1. En la presente investigación de propagación *Pinus radiata*, la densidad de siembra en almácigo no tuvo efecto significativo, sin embargo, se observó la infestación de *Ptythium* sp en la densidad de 250 g por m², luego de repique, no tuvo influencia en los parámetros evaluación en el vivero forestal de Anchacuay.
2. Los momentos de repique sí influyeron en la producción de plantones de *Pinus radiata*, hecho que se evidenció con el tratamiento (T1) momento de repique 1 (cabeza de fósforo), obteniendo mayor altura y diámetro de tallo del plantón con 32.44 cm y 3.32 mm respectivamente, demostrando el mejor resultado de adaptabilidad y desarrollo del plantón, es cuando las plántulas presentan denominado “cabeza de fósforo” al momento del repique.
3. Con la densidad de siembra de almácigo de 150 gr/m² y 200 gr/m², se obtiene mejor rentabilidad y plantones más vigorosos; evitando los gastos innecesarios en la propagación de plantones.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar la densidad de siembra de 150gr/m² para evitar la enfermedad de *Ptythium* sp.
2. El momento recomendado para el repique es cuando la plántula presenta cabeza de fósforo para obtener mayor altura y diámetro de tallo del plantón.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Admin. (2013). *Fichas - técnicas de especies forestales / ficha técnica- no-13-Pino (Pinus radiata)*. ecuadorforestal.org/
- Anderson, A., & Leach, Ch. (1962). *Análisis de las Semillas para descubrir organismos que son llevados en ellas*. 1º ed. Trad. por Antonio Marino y Pánfilo Rodríguez. In: Anuario de Agricultura, Semillas. Centro Regional de Ayuda Técnica ADI México. Ed. Continental S. A. 801-804 pp.
- Arriaga, V., Cervantes., & Vargas, A., Mena, A. (1994). *Manual de reforestación con especies nativas*. Sedesol. UNAM. Facultad de ciencias. México. 219 p.
- Calle, I. M. (2020). *Efecto de la cobertura del ambiente atemperado sobre el damping off (Pythium en pino (Pinus radiata) en fase de almacenado en municipio de Patacamaya*. Bolivia: Universidad Mayor de San Andres Facultad de Agronomía.
- Chilon, E. (1997). *Guía de fertilidad de suelos*. UMSA. La Paz, Bolivia. Pp 45 – 125
- Choque A. (2015). *La germinación del pino (Pinus radiata) en relación de diferentes sustratos y pre – tratamientos germinativos en el departamento de la paz*. Bolivia.
- Comisión Nacional de Semillas. (1977). *Reglas Internacionales para los Ensayos de Semillas*. Varsovia. 35 p.
- Cosme, F. (2002). *Estudio de Técnicas Pre germinativas de Semillas de Duraznero (Prunuspersica(L.) Batsch) en Sapahaqui*, La Paz. [Tesis de Grado]. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, La Paz-Bolivia. 88 p.
- Delgadillo, G. (1993). *Comportamiento de dos poblaciones de maíz (Zea Mays), bajo la aplicación de biol*. Bolivia. [Tesis de grado], UMSS – Facultad de Agronomía. 85p.
- Estrada, W. (1997). *manual para la produccion de pino* . ecuador: EDIU.
- Gálvez, Y. (2015). *Agrotécnia Aplicada*. Capítulo de silvicultura [Guía de Estudios]. UNSCH. Ayacucho, Perú.
- Geilfus, F. (1994). *El Árbol al Servicio del Agricultor. Manual de Agroforesteria para el Desarrollo rural*. Guía de especies Vol. 2. Turrialba, Costa Rica. Edic. No. 9, Edit. ENDA-CARIBE/CATIE. 453-455 pp.
- Goitia, L. (2003). *Manual de Dasonomía y Silvicultura*. Universidad Mayor de San Andrés-Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniera Agronómica. La PazBolivia.159 p.

- Gomero, L. (1990). *Manejo ecológico del suelo*. Edición. Red de acción en alternativas al uso de agroquímicas Lima – Perú 25p.
- Gonzales, N. (2000). *Efecto de la densidad en tres variedades de maíz en dos localidades de los Valles cruceños*. Tesis de grado Cbba, Bolivia UMSS – Facultad de Agronomía 100 p.
- Granados, M. (2015). *Producción de plántulas de pino (Pinus radiata) en la mezcla de sustrato con hidrogel y tres niveles de riego, bajo condiciones de invernadero en el distrito de independencia, provincia Huras-Ancash*. Tesis. Perú
- Gutierrez, G. (2019). *Tipos y niveles de inoculos de micorrizas en la producción de dos especies de pino en tubetes*. Vivero Forestal Huamanga 2761 msnm. Ayacucho. Perú.
- Hartmann, H., & Kester, D. (1997). *Propagación de Plantas*. México D. F. Compañía Editorial Continental, S.A. de C. V. 760 p.
- Holdridge, L. (1996). *Ecología basada en zonas de vida*. 5a. reimpression. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Incahuaman, V. (2019). *Efecto de abonos organicos en el crecimiento inicial de pino (Pinus radiata D. Don), en viero forestal de Kisari - Circa - Abancay*. Abancay, Peru: Universidad Tecnologica de los Andes.
- International Seed Testing Association. ISTA (2003). *International rules for seed testing. Published. International Seed Testing Association*. P.O. BOX 308, 8303. Bassersdorff, CH-Switzerland.
- Justice, P. (1973). *Asociación Internacional de Ensayo de Semillas*. Roma. Estudio FAO: Montes No. 20/3 458 p.
- Limache, (1985). *Principales usos del Pinus radiata*. https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/269/Roberto_Tesis_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lohse, L. (1997). *Tesis de Grado: Evaluación Germinativa en Semillas de Mara (Swieteniamacrophylla, King) en seis tipos de Substratos*. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz-Bolivia. 86 p.
- Lugano, L. (2002). *Enfermedades en Viveros Forestales*. SIVICOFF. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/09%20Manuales%20t%C3%A9cnicos/Lista%20de%20documentos/Viveros%20forestales/Manual%20INTA%20plagas%20viveros.pdf>

- Mate, A. Guerra, V., Zapata, N., Olivera, L., Vásquez, L., García, S., Carrillo, S. & Busca, V. (2018) *Manual de vivero*. INTA. Buenos Aires. Argentina.
- Miranda, D. (2005). *Efecto del uso de abonos orgánicos líquidos y diferentes métodos de polinización sobre el rendimiento de variedades de tomate (Lycopersumsculentum), en carpa solar*. La Paz. [Tesis de Grado] Bolivia UMSA – Facultad de Agronomía 22 - 29 p.
- Montaño, Q. (2005). *Efecto de dos tipos de fertilización orgánica en la producción de variedades de frutilla* Cbba, Bolivia. [Tesis de grado] UMSS – Facultad de Agronomía. 105 p
- Napier, I. (1985). *Técnicas de viveros forestales, conferencia especial a Centroamérica. Siguatepeque, Honduras*: ESNACIFOR. 291 p.
- Niembro, A. (1988). *Semillas de Árboles y Arbustos, Ontogenia y Estructura*. Edit. LIMUSA S. A. Chapingo, México D. F. 285 p.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, (1976). Atlas zonas de vida del Perú.
- Oliva, M., Vacella, F., Perez, D., Tucto, A. (2014) Manual de vivero ferostal para produccion de plantones de especies forestales nativos experiencia en Molipampa. Amazonas. Perú.
- Padilla, S. (1983). Manual del Viverista. Ed. Centro de Investigación y capacitación forestal, Cajamarca y cooperación técnica belga. No 3. Cajamarca, Perú. 161 p.
- Patiño, F., De La Garza, P., Villagomez, Y., Talavera, I., & Camacho, F. (1983). *Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales*. México D. F. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Subsecretaría Forestal. Boletín Divulgativo N° 63. 181 p.
- Pérez, E., & Barrosa, J. (1993). *Producción de planta y establecimiento de plantaciones de teca en el estado de Tabasco*. 23 p.
- Prieto, J., Garcia, J., Mejia, J., Huchin, S., & Aguilar, J. (2009). *Producción de planta del género Pinus en vivero en clima templado frío* (Primera Edición ed.). INIFAP.
- Programa Nacional de Manejo de Cuencas y Conservación del Suelo, (1998). *Aspectos fitosanitarios y micorríticos en viveros forestales en la sierra peruana* 1996 - 1997. Proyecto Forestaría en Microcuencas alto andinas del Pronamachs Femap FAO/GCP/033/Net Donación del Gobierno del Reino de los países Bajos Hol
- Raisman, J., Gonzales, A. (2004). *Reino Fungi: Micorrizas*. Argentina. Recuperado el 30 de abril del 2017 de <http://www.biologia.edu.or/fungi/micorrizas.htm>

- Rojas, M. (2019). *Inoculación con dosis de tierra micorrizada y Suillus luteus comercial en la producción de plantones de Pinus radiata D. Don, en Paquecc (2510 msnm), Huanta – Ayacucho*. Pag.89
- Sánchez, F., & Rodríguez, R. (2012). *Selvicultura de Pinus Radiata. Departamento de Producción vegetal, Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela*.
- Sauñe, V. (2019). *efecto de abonos orgánicos en el crecimiento inicial de pino (pinus radiata), en vivero forestal de kesari – Circa – Abancay*. Pag. 74.
- Seino, H. (1971). *Técnicas para el Mejoramiento del cultivo del durazno en Bolivia*. Estación Experimental San Benito. Ed. Overseas Technical Cooperation Agency Tokio, Japan. Cochabamba, Bolivia. 220 p
- Semiaborio, E. (2004). *Resumen de trabajos sobre micorrizas del Perú y el Extranjero*. (Trabajo no publicado). Perú.
- Terán, J. (1995). *Sistema Silvopastoril y leñosas forrajeras en el montechaqueño serrano de Chuquisaca. Aproximaciones a la problemática e importancia socioeconómica en el sistema agrario del Rancho Corso en la Provincia Tomina, Plan Agroforestal de Chuquisaca Norte y Centro, CORDECH, COTESU, INTERCOOPERACON, Chuquisaca, Bolivia*, 135 pág.
- Ticona, A. (2015). *La germinación del pino (pinus radiata) en relación de diferentes sustratos y pre – tratamientos germinativos en el departamento de la paz La Paz – Bolivia*. 89 pág.
- Uncader. (2001). *Propagación de plantas (Bambú-Guadua)*. Curso taller. Secretaría de Desarrollo Agrícola y Pecuario. UNCADER. Coatepec, Ver. 40 p.
- Villavicencio, R. (2001) *Vegetación arbórea y arbustiva de Ayopaya. Cochabamba, Bolivia*. 166 pág.
- Vinueza, M. (2013). *Ficha Técnica N° 11 Pinus radiata D. Don*. Ecuador Forestal. <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/PINO.pdf>
- Willan, R. (1991). *Guía para la manipulación de semillas forestales, estudio con especial referencia a los trópicos*. DANIDA - FAO Montes 20/2. 502
- Yakabi, K. (2014) *Estudio de las propiedades edáficas que determinan la fertilidad del suelo en el sistema de andenería de la comunidad campesina san pedro de laraos, provincia de Huarochirí, Lima*.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN PASTOS Y GANADERÍA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANÁLISIS FOLIAR
Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996
Ayacucho – Perú

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Región	:	Huancavelica	HR: 00389
Provincia	:	Angaráes	
Distrito	:	Julcamarca	
Localidad	:	Anchahuay	
Proyecto	:	“TESIS”	
Solicitante	:	Sr. Jhon Marín Potocino	
		Substrato Vivero Anchahuay	

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Muestra	Análisis mecánico (%)		Clase Textural	pH (H ₂ O) 1:2.5	C. E. (dS/m.) 1:1	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)			Cationes cambiables (Cmol(+)/Kg)					C. I. C. (Cmol(+)/Kg)
									P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺	
01	59.1	21.6	19.3	5.35	0.50	0.0	508	0.25	32.3	37.8	2.48	2.08	0.19	0.18	0.2	0.1	18.1

Ayacucho, 17 de Noviembre del 2023.

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS
PLANTA AGUAS VERDE
RESPONSABLE

Juan B. Giron Molina
C.I.P. 77120

Ao: Arenoso; AoFr: Arena franca; FrAo: Franco arenoso; Fr: Franco; FrL: Franco limoso; L: Limoso; FrArAo: Franco arcillo arenoso; FrAr: Franco arcilloso; FrArL: Franco arcillo limoso; ArAo: Arcillo arenoso; ArL: Arcillo limoso; Ar: Arcilloso

Anexo 2. Diagnostico fitopatológico

DIAGNÓSTICO FITOPATOLÓGICO

Cultivo : Pino (*Pinus radiata*)
Lugar : Anchacuay (Julcamarca -Angaraes-Huancavelica)
Altitud : 3,365 msnm.
Solicitante : Tesista, Sr. John, Marín Potosino
Fecha : Ayacucho, 17 de enero de 2024

Resultado,

Hecha la diagnosis y de acuerdo al protocolo seguida para la determinación del agente causal de la enfermedad y de acuerdo a los síntomas que presentaba las muestras de plántulas de pino, se llegó a determinar que el agente causal es un **Oomyceto** habitantes naturales de los suelos como es : *Ptythium* sp.

RECOMENDACIONES

1. Evitar mucha humedad en las bolsas
2. Agregar bastante materia orgánica en los sustratos a utilizar
3. Trabajar con Biocontroladores como: *Trichoderma harzianum*, aplicarlo al sustrato y suelo y/o foliarmente.
4. Eliminar hojas y restos de plantas atacadas por la enfermedad del campo, ya que es un foco de infección.
5. Reforzar nutricionalmente las plántulas, aplicándolos abono foliar con microelementos.
6. Control Químicos: Fungicida a base de Cobre (Oxicloruro de Cobre). Defense 80 WP o un Cimoxanil para Oomycetos.

Atentamente.


Ing. Guillermo Carrasco Aquino

Anexo 3. Altura del plantón (cm)

DENSIDAD		150gr/ m2			200 gr/m2			250gr/m2		
REPETICIÓN	M. REPIQ	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas
1		30	31	29	33	30	29	32	29	26
2		32	29	28	31	29	28	33	29	27
3		33	30	28	30	29	28	29	29	28
4		32	27	29	33	30	25	32	29	30
5		31	29	30	33	27	27	32	32	30
prom.		31.6	29.2	28.8	32	29	27.4	31.6	29.6	28.2
1		32	30	29	34	29	26	32	26	29
2		30	31	27	30	28	28	34	26	27
3		30	28	26	31	29	28	32	28	28
4		28	27	29	32	32	27	30	28	25
5		36	29	28	30	30	28	31	23	30
prom.		31.2	29	27.8	31.4	29.6	27.4	31.8	26.2	27.8
1		35	27	26	33	26	30	36	27	27
2		34	28	27	35	26	31	31	30	26
3		34	29	25	32	28	29	38	28	27
4		36	26	27	32	28	34	34	28	28
5		33	30	29	37	29	30	32	31	30
prom.		34.4	28	26.8	33.8	27.4	30.8	34.2	28.8	27.6

Anexo 4. Diámetro de tallo del plantón (mm)

DENSIDAD		150gr/ m2			200 gr/m2			250gr/m2		
REPETICIÓN	M. REPIQ	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas
1		3.4	2.7	2.1	3.1	2.4	2.5	3.4	2.5	2.0
2		3.1	2.3	2.3	3.7	2.2	2.4	3.5	2.3	2.5
3		3.2	2.5	2.1	3.2	2.2	2.1	3.2	2.4	2.1
4		3.2	2.8	2.1	3.2	2.1	2.1	3.1	2.6	2.1
5		2.5	2.4	2.2	3.4	2.4	2.1	3.7	2.3	2.2
prom.		3.08	2.54	2.16	3.32	2.26	2.24	3.38	2.42	2.18
1		3.6	3.5	2.1	3.7	2.8	2.1	3.5	2.8	2.4
2		3.7	3.4	2.5	3.1	2.9	2.3	3.1	2.7	2.3
3		3.4	2.7	2.4	3.1	3.4	2.1	3.2	2.5	2.1
4		3.6	2.5	2.1	3.5	2.8	2.0	3.5	3.4	2.2
5		3.8	2.8	2.2	3.3	2.9	2.4	3.7	2.9	2.2
prom.		3.62	2.98	2.26	3.34	2.96	2.18	3.4	2.86	2.24
1		3.6	2.5	2.7	3.2	2.5	2.5	3.3	2.1	2.1
2		3.1	2.6	2.4	3.2	2.7	2.2	3.1	2.4	2.1
3		3.1	2.1	2.7	3.3	2.6	2.1	3.4	2.8	2.4
4		3.6	2.1	2.1	3.4	2.6	2.7	2.3	2.1	2.9
5		3.4	3.2	2.7	3.4	2.1	2.8	3.1	2.3	2.9
prom.		3.36	2.5	2.52	3.3	2.5	2.46	3.04	2.34	2.48

Anexo 5. Longitud de la raíz del plantón (cm)

DENSIDAD		150gr/ m2			200 gr/m2			250gr/m2		
REPETICIÓN	M. REPIQ	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas
1		25	30	37	37	31	30	39	28	27
2		20	24	39	26	26	35	36	26	30
3		22	26	47	28	27	27	48	27	29
4		27	49	35	27	23	25	28	28	28
5		25	36	38	29	30	28	32	21	29
prom.		23.8	33	39.2	29.4	27.4	29	36.6	26	28.6
1		42	31	37	29	27	36	39	24	28
2		40	43	39	30	28	32	60	35	22
3		30	45	47	32	30	28	33	23	23
4		31	46	48	42	36	27	36	25	26
5		45	51	45	40	34	28	46	23	22
prom.		37.6	43.2	43.2	34.6	31	30.2	42.8	26	24.2
1		32	27	34	29	26	30	57	28	35
2		42	25	30	30	27	40	47	25	38
3		60	30	32	31	22	32	43	22	33
4		31	28	30	32	23	35	56	30	30
5		43	31	31	29	22	29	28	29	40
prom.		41.6	28.2	31.4	30.2	24	33.2	46.2	26.8	35.2

Anexo 6. Peso seco total del plantón (gr)

DENSIDAD		150gr/ m2			200 gr/m2			250gr/m2		
REPETICION	M. REPIQ	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas
1		25	30	37	37	31	30	39	28	27
2		20	24	39	26	26	35	36	26	30
3		22	26	47	28	27	27	48	27	29
4		27	49	35	27	23	25	28	28	28
5		25	36	38	29	30	28	32	21	29
prom.		23.8	33	39.2	29.4	27.4	29	36.6	26	28.6
1		42	31	37	29	27	36	39	24	28
2		40	43	39	30	28	32	60	35	22
3		30	45	47	32	30	28	33	23	23
4		31	46	48	42	36	27	36	25	26
5		45	51	45	40	34	28	46	23	22
prom.		37.6	43.2	43.2	34.6	31	30.2	42.8	26	24.2
1		32	27	34	29	26	30	57	28	35
2		42	25	30	30	27	40	47	25	38
3		60	30	32	31	22	32	43	22	33
4		31	28	30	32	23	35	56	30	30
5		43	31	31	29	22	29	28	29	40
prom.		41.6	28.2	31.4	30.2	24	33.2	46.2	26.8	35.2

Anexo 7. Peso seco de la parte aérea del plantón (gr)

DENSIDAD		150gr/ m2			200 gr/m2			250gr/m2		
REPETICIÓN	M. REPIQ	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas
1		1.79	1.79	1.34	2.63	2.07	1.57	1.45	1.52	1.45
2		2.28	1.4	1.22	1.94	1.96	1.24	1.81	1.27	1.31
3		1.73	1.25	1.85	1.29	1.88	1.27	1.94	1.23	1.90
4		1.84	1.9	1.72	2.13	1.77	1.91	2.48	1.24	1.73
5		1.44	1.87	1.96	1.46	1.7	1.39	1.41	1.50	1.45
prom.		1.816	1.642	1.618	1.89	1.876	1.476	1.818	1.352	1.568
1		1.12	2.45	2.29	1.23	2.44	2.41	2.10	1.15	2.14
2		2.38	2.32	2.29	1.35	2.35	2.15	1.75	1.51	2.19
3		1.92	1.89	1.77	1.45	2.57	1.74	1.34	1.21	1.97
4		2.34	1.74	1.87	1.56	2.45	1.56	1.56	1.26	1.24
5		2.12	1.93	1.56	1.49	1.97	1.98	1.34	1.45	1.98
prom.		1.976	2.066	1.956	1.416	2.356	1.968	1.618	1.316	1.904
1		1.77	2.4	1.61	2.16	1.35	1.59	2.13	1.45	2.45
2		1.87	1.44	1.41	2.48	1.39	1.85	2.25	1.5	2.45
3		1.88	1.98	1.36	2.35	1.21	1.75	2.41	1.56	2.55
4		2.71	1.35	1.64	2.15	1.28	1.48	2.45	1.66	2.96
5		1.68	1.12	1.53	1.90	1.46	1.83	2.08	2.19	2.05
prom.		1.982	1.658	1.51	2.208	1.338	1.7	2.264	1.672	2.492

Anexo 8. Peso seco de la raíz del plantón (gr)

DENSIDAD		150gr/ m2			200 gr/m2			250gr/m2		
REPETICIÓN	M. REPIQ	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas
1		1.05	0.63	0.94	0.71	0.62	0.64	0.89	1.19	1.05
2		0.65	0.62	0.55	0.71	0.44	1.17	0.54	0.69	0.53
3		0.61	1.05	0.35	1.27	0.39	1.09	0.48	1.03	0.87
4		0.57	0.83	0.53	0.85	0.46	0.74	0.71	1.03	0.88
5		0.61	0.78	0.3	0.99	0.87	0.62	1.24	0.50	1.13
prom.		0.698	0.782	0.534	0.906	0.556	0.852	0.772	0.888	0.892
1		1.04	1.17	0.79	1.09	0.89	0.34	0.93	0.2	0.65
2		0.71	0.85	0.63	0.78	0.77	0.68	1.04	0.65	0.8
3		0.51	0.37	0.57	0.7	1	0.69	1.31	0.43	0.9
4		1.05	0.62	0.56	0.6	0.41	1.2	0.91	0.44	1.14
5		0.44	0.94	0.75	0.51	0.88	0.84	1.34	0.66	0.55
prom.		0.75	0.79	0.66	0.736	0.79	0.75	1.11	0.476	0.808
1		0.58	1.18	0.86	1.25	0.25	0.66	0.87	0.87	0.53
2		0.5	0.35	1.51	1.36	0.46	0.73	1.85	0.68	0.86
3		0.51	0.58	1.51	1.16	0.44	0.7	1.66	0.58	1.34
4		0.6	1.1	0.91	1.66	1.07	0.78	1.85	0.92	1.42
5		0.66	1.03	0.88	0.59	0.71	0.76	0.90	0.31	0.91
prom.		0.57	0.848	1.134	1.204	0.586	0.726	1.43	0.672	1.012

Anexo 9. Relación parte aérea/raíz del plantón en seco

DENSIDAD		150gr/ m2			200 gr/m2			250gr/m2		
REPETICIÓN	M. REPIQ	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas	cabeza de fósforo.	hoja englobada	hojas sueltas
1		1.70	2.84	1.43	3.70	3.34	2.45	1.63	1.28	1.38
2		3.51	2.26	2.22	2.73	4.45	1.06	3.35	1.84	2.47
3		2.84	1.19	5.29	1.02	4.82	1.17	4.04	1.19	2.18
4		3.23	2.29	3.25	2.51	3.85	2.58	3.49	1.20	1.97
5		2.36	2.40	6.53	1.47	1.95	2.24	1.14	3.00	1.28
prom.		2.73	2.20	3.74	2.29	3.68	1.90	2.73	1.70	1.86
1		1.08	2.09	2.90	1.13	2.74	7.09	2.26	5.75	3.29
2		3.35	2.73	3.63	1.73	3.05	3.16	1.68	2.32	2.74
3		3.76	5.11	3.11	2.07	2.57	2.52	1.02	2.81	2.19
4		2.23	2.81	3.34	2.60	5.98	1.30	1.71	2.86	1.09
5		4.82	2.05	2.08	2.92	2.24	2.36	1.00	2.20	3.60
prom.		3.05	2.96	3.01	2.09	3.32	3.29	1.54	3.19	2.58
1		3.05	2.03	1.87	1.73	5.40	2.41	2.45	1.67	4.62
2		3.74	4.11	0.93	1.82	3.02	2.53	1.22	2.21	2.85
3		3.69	3.41	0.90	2.03	2.75	2.50	1.45	2.69	1.90
4		4.52	1.23	1.80	1.30	1.20	1.90	1.32	1.80	2.08
5		2.55	1.09	1.74	3.22	2.06	2.41	2.31	7.06	2.25
prom.		3.51	2.38	1.45	2.02	2.88	2.35	1.75	3.09	2.74

Anexo 10. Costos unitarios de la producción de plántones de *Pinus radiata* d. Don con densidad de 150gr/m²

ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	SUB COSTO TOTAL
I. COSTO DIRECTO (CD)				4,354.50
1.1. MANO DE OBRA				2,850.00
1.1.1. ACONDICIONAMIENTO DE LUGAR DE INSTALACION				750.00
LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	Jornal	3.00	50.00	150.00
TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	Jornal	3.00	50.00	150.00
NIVELACION Y APISONADO	Jornal	1.00	50.00	50.00
ACARREO MATERIAL EXCEDENTE HASTA 10 M.	Jornal	5.00	80.00	400.00
1.1.2. CONSTRUCCION DE CAMAS DE ALMACIGO Y DE REPIQUE				50.00
CONSTRUCCION DE CAMAS DE REPIQUE SOBRE NIVEL	Jornal	1.00	50.00	50.00
1.1.3. PRODUCCION DE PLANTONES				1,050.00
CONSTRUCCION DE CAMAS DE ALMACIGO SOBRE EL NIVEL	Jornal	1.00	50.00	50.00
PREPARACION DE SUTRATO PARA CAMAS DE ALMACIGO	Jornal	6.00	50.00	300.00
PREPARACION DE SUSTRATO PARA REPIQUE	Jornal	1.00	50.00	50.00
ENBOLSADO DE SUTRADO	Jornal	6.00	50.00	300.00
ALMACIGADO DE SEMILLA	Jornal	1.00	50.00	50.00
REPIQUE DE PLANTULAS	Jornal	3.00	50.00	150.00
ENFILADO DE BOLSAS	Jornal	3.00	50.00	150.00
1.1.4. LABORES CULTURALES				350.00
MANEJO FISIONUTRICIONAL	Jornal	1.00	50.00	50.00
CONTROL FITOSANITARIO	Jornal	1.00	50.00	50.00
REMOCION Y SELECCION DE PLANTONES	Jornal	1.00	50.00	50.00
DESHIERBO EN LAS CAMAS DE REPIQUE	Jornal	3.00	50.00	150.00
SELECCION AL AZAR DE PLANTONES	Jornal	1.00	50.00	50.00
1.1.5. PROCESO DE RECOLECCION DE MUESTRAS PARA ESTUDIO MORFOLOGICO DE LOS PLANTONES				650.00
RIEGO, DESHIERBO Y REMOSION DE CAMAS DE REPIQUE	Jornal	3.00	50.00	150.00
MEDICION DE LOS PARAMETROS DE LOS PLANTONES	Jornal	3.00	50.00	150.00
TRASLADO DE PLANTONES A LABORATORIO	Jornal	1.00	50.00	50.00
ETIQUITADO DE LAS MUESTRAS	Jornal	1.00	50.00	50.00
SECADO DE LOS PLANTONES	Jornal	3.00	50.00	150.00
PESADO DE LAS MUESTRAS	Jornal	2.00	50.00	100.00
1.2. INSUMOS				1,504.50
1.2.1. SUSTRATO				690.00
ARENA FINA	KG	1,000.00	0.30	300.00
TIERRA NEGRA	KG	1,000.00	0.30	300.00
MICORRIZA	KG	30.00	3.00	90.00
1.2.2 SEMILLAS				142.50
SEMILLA DE PINUS RADIATA	KG	0.15	950.00	142.50
1.2.3 INSUMOS DE CONTROL FITOSANITARIO				102.00

FORMOL 40%	LT	1.00	12.00	12.00
HIPOCLORITO DE SODIO 4%	LT	1.00	10.00	10.00
AGUA OXIGENADA	LT	1.00	20.00	20.00
VITAVAX	KG	1.00	60.00	60.00
1.2.4 INSECTISIDAS Y FUNGICIDAS				390.00
BENOMIL	LT	1.00	180.00	180.00
SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO	LT	1.00	210.00	210.00
1.2.5 ABONO FOLIAR				80.00
WOXAL DOBLE	LT	1.00	80.00	80.00
1.2.6 HROMANAS DE ENRAIZAMIENTO				100.00
ACIDO GIBERELICO	KG	1.00	100.00	100.00
II. COSTOS INDIRECTOS				8,314.50
2.1. MATERIALES Y EQUIPOS				868.00
2.2. SERVICIOS				530.00
ANALISIS DE FERTILIDAD DE SUELO	SERVICO	1	80	80.00
ANALISIS FITOPATOLOGICO	SERVICO	1	50	50.00
FLETE POR TRASLADO DE PLANTONES	SERVICIO	1	450	450.00
2.3. GASTOS ADMINITRATIVOS 5% CD			5%	4354.5
2.4. IMPRIVISTOS 5% CD			5%	2850
III. COSTO TOTAL				12,669.00
MATERIALES Y EQUIPOS PARA TODOS LOS TRATAMIENTOS				
MATERIALES Y EQUIPOS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	SUB TOTAL S/.
BOLSA DE POLIETILENO 4''7''20mm	MILLAR	2	35	70
MOCHILA FUMIGADORA DE 15 LITROS	UNIDAD	1	180	180
PICO	UNIDAD	1	25	25
PALA	UNIDAD	1	18	18
CARRETILLA BUGUI	UNIDAD	1	220	220
MARTILLO	UNIDAD	1	25	25
ALICATE	UNIDAD	1	25	25
CORDEL	ROLLO	1	6	6
IMPRESIÓN DE VINIL 3mX1m	M2	1.5	30	45
POLICARBONATO	M2	1.5	40	60
SILICONA LIQUIDA	UNIDAD	1	12	12
LISTONES DE MADERA	UNIDAD	18	3	54
CLAVO DE MADERA CON CABEZA	KG	0.25	12	3
PLASTICO DOBLE ANCHO	METRO	10	8	80
TIJERA DE PODAR	UNIDAD	1	20	20
FLEXOMETRO 5m	UNIDAD	1	25	25
MANGUERAS	ROLLO	1	120	120
REGADERA DE 10 LT	UNIDADE	1	30	30
ZARANDA METALCA	UNIDAD	1	60	60
OLLADOR O REPICADOR	UNIDAD	1	5	5
VERNIER	UNIDAD	1	90	90
YESO DE 25KG	SACO	1	12	12
LIBRETA DE CAMPO	UNIDAD	1	8	8
INGRAPADOR Y GRAPAS	UNIDAD	1	40	40
COSTO TOTAL				868

Anexo 11. Costos unitarios de la producción de plántones de *Pinus radiata* d. Don con densidad de 200gr/m²

ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	SUB COSTO TOTAL
I. COSTO DIRECTO (CD)				4,402.00
1.1. MANO DE OBRA				2,850.00
1.1.1. ACONDICIONAMIENTO DE LUGAR DE INSTALACION				750.00
LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	Jornal	3.00	50.00	150.00
TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	Jornal	3.00	50.00	150.00
NIVELACION Y APISONADO	Jornal	1.00	50.00	50.00
ACARREO MATERIAL EXCEDENTE HASTA 10 M.	Jornal	5.00	80.00	400.00
1.1.2. CONSTRUCCION DE CAMAS DE ALMACIGO Y DE REPIQUE				50.00
CONSTRUCCION DE CAMAS DE REPIQUE SOBRE NIVEL	Jornal	1.00	50.00	50.00
1.1.3. PRODUCCION DE PLANTONES				1,050.00
CONSTRUCCION DE CAMAS DE ALMACIGO SOBRE EL NIVEL	Jornal	1.00	50.00	50.00
PREPARACION DE SUTRATO PARA CAMAS DE ALMACIGO	Jornal	6.00	50.00	300.00
PREPARACION DE SUSTRATO PARA REPIQUE	Jornal	1.00	50.00	50.00
ENBOLSADO DE SUTRADO	Jornal	6.00	50.00	300.00
ALMACIGADO DE SEMILLA	Jornal	1.00	50.00	50.00
REPIQUE DE PLANTULAS	Jornal	3.00	50.00	150.00
ENFILADO DE BOLSAS	Jornal	3.00	50.00	150.00
1.1.4. LABORES CULTURALES				350.00
MANEJO FISIONUTRICIONAL	Jornal	1.00	50.00	50.00
CONTROL FITOSANITARIO	Jornal	1.00	50.00	50.00
REMOCION Y SELECCION DE PLANTONES	Jornal	1.00	50.00	50.00
DESHIERBO EN LAS CAMAS DE REPIQUE	Jornal	3.00	50.00	150.00
SELECCION AL AZAR DE PLANTONES	Jornal	1.00	50.00	50.00
1.1.5. PROCESO DE RECOLECCION DE MUESTRAS PARA ESTUDIO MORFOLOGICO DE LOS PLANTONES				650.00
RIEGO, DESHIERBO Y REMOSION DE CAMAS DE REPIQUE	Jornal	3.00	50.00	150.00
MEDICION DE LOS PARAMETROS DE LOS PLANTONES	Jornal	3.00	50.00	150.00
TRASLADO DE PLANTONES A LABORATORIO	Jornal	1.00	50.00	50.00
ETIQUITADO DE LAS MUESTRAS	Jornal	1.00	50.00	50.00
SECADO DE LOS PLANTONES	Jornal	3.00	50.00	150.00
PESADO DE LAS MUESTRAS	Jornal	2.00	50.00	100.00
1.2. INSUMOS				1,552.00
1.2.1. SUSTRATO				690.00
ARENA FINA	KG	1,000.00	0.30	300.00
TIERRA NEGRA	KG	1,000.00	0.30	300.00
MICORRIZA	KG	30.00	3.00	90.00
1.2.2 SEMILLAS				190.00
SEMILLA DE PINUS RADIATA	KG	0.20	950.00	190.00

1.2.3 INSUMOS DE CONTROL FITOSANITARIO				102.00
FORMOL 40%	LT	1.00	12.00	12.00
HIPOCLORITO DE SODIO 4%	LT	1.00	10.00	10.00
AGUA OXIGENADA	LT	1.00	20.00	20.00
VITAVAX	KG	1.00	60.00	60.00
1.2.4 INSECTISIDAS Y FUNGICIDAS				390.00
BENOMIL	LT	1.00	180.00	180.00
SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO	LT	1.00	210.00	210.00
1.2.5 ABONO FOLIAR				80.00
WOXAL DOBLE	LT	1.00	80.00	80.00
1.2.6 HORMONAS DE ENRAIZAMIENTO				100.00
ACIDO GIBERELICO	KG	1.00	100.00	100.00
II. COSTOS INDIRECTOS				8,362.00
2.1. MATERIALES Y EQUIPOS				868.00
2.2. SERVICIOS				530.00
ANALISIS DE FERTILIDAD DE SUELO	SERVICIO	1	80	80.00
ANALISIS FITOPATOLOGICO	SERVICIO	1	50	50.00
FLETE POR TRASLADO DE PLANTONES	SERVICIO	1	450	450.00
2.3. GASTOS ADMINISTRATIVOS 5% CD			5%	4402
2.4. IMPRIVISTOS 5% CD			5%	2850
III. COSTO TOTAL				12,764.00
MATERIALES Y EQUIPOS PARA TODOS LOS TRATAMIENTOS				
MATERIALES Y EQUIPOS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	SUB TOTAL S/.
BOLSA DE POLIETILENO 4''7''20mm	MILLAR	2	35	70
MOCHILA FUMIGADORA DE 15 LITROS	UNIDAD	1	180	180
PICO	UNIDAD	1	25	25
PALA	UNIDAD	1	18	18
CARRETILLA BUGUI	UNIDAD	1	220	220
MARTILLO	UNIDAD	1	25	25
ALICATE	UNIDAD	1	25	25
CORDEL	ROLLO	1	6	6
IMPRESIÓN DE VINIL 3mX1m	M2	1.5	30	45
POLICARBONATO	M2	1.5	40	60
SILICONA LIQUIDA	UNIDAD	1	12	12
LISTONES DE MADERA	UNIDAD	18	3	54
CLAVO DE MADERA CON CABEZA	KG	0.25	12	3
PLASTICO DOBLE ANCHO	METRO	10	8	80
TIJERA DE PODAR	UNIDAD	1	20	20
FLEXOMETRO 5m	UNIDAD	1	25	25
MANGUERAS	ROLLO	1	120	120
REGADERA DE 10 LT	UNIDADE	1	30	30
ZARANDA METALCA	UNIDAD	1	60	60
OLLADOR O REPICADOR	UNIDAD	1	5	5
VERNIER	UNIDAD	1	90	90
YESO DE 25KG	SACO	1	12	12
LIBRETA DE CAMPO	UNIDAD	1	8	8
INGRAPADOR Y GRAPAS	UNIDAD	1	40	40
COSTO TOTAL				868

Anexo 12. Costos unitarios de la producción de plántones de *Pinus radiata* d. Don con densidad de 250gr/m²

ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	SUB COSTO TOTAL
I. COSTO DIRECTO (CD)				4,449.50
1.1. MANO DE OBRA				2,850.00
1.1.1. ACONDICIONAMIENTO DE LUGAR DE INSTALACION				750.00
LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	Jornal	3.00	50.00	150.00
TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	Jornal	3.00	50.00	150.00
NIVELACION Y APISONADO	Jornal	1.00	50.00	50.00
ACARREO MATERIAL EXCEDENTE HASTA 10 M.	Jornal	5.00	80.00	400.00
1.1.2. CONSTRUCCION DE CAMAS DE ALMACIGO Y DE REPIQUE				50.00
CONSTRUCCION DE CAMAS DE REPIQUE SOBRE NIVEL	Jornal	1.00	50.00	50.00
1.1.3. PRODUCCION DE PLANTONES				1,050.00
CONSTRUCCION DE CAMAS DE ALMACIGO SOBRE EL NIVEL	Jornal	1.00	50.00	50.00
PREPARACION DE SUTRATO PARA CAMAS DE ALMACIGO	Jornal	6.00	50.00	300.00
PREPARACION DE SUSTRATO PARA REPIQUE	Jornal	1.00	50.00	50.00
ENBOLSADO DE SUTRADO	Jornal	6.00	50.00	300.00
ALMACIGADO DE SEMILLA	Jornal	1.00	50.00	50.00
REPIQUE DE PLANTULAS	Jornal	3.00	50.00	150.00
ENFILADO DE BOLSAS	Jornal	3.00	50.00	150.00
1.1.4. LABORES CULTURALES				350.00
MANEJO FISIONUTRICIONAL	Jornal	1.00	50.00	50.00
CONTROL FITOSANITARIO	Jornal	1.00	50.00	50.00
REMOCION Y SELECCION DE PLANTONES	Jornal	1.00	50.00	50.00
DESHIERBO EN LAS CAMAS DE REPIQUE	Jornal	3.00	50.00	150.00
SELECCION AL AZAR DE PLANTONES	Jornal	1.00	50.00	50.00
1.1.5. PROCESO DE RECOLECCION DE MUESTRAS PARA ESTUDIO MORFOLOGICO DE LOS PLANTONES				650.00
RIEGO, DESHIERBO Y REMOSION DE CAMAS DE REPIQUE	Jornal	3.00	50.00	150.00
MEDICION DE LOS PARAMETROS DE LOS PLANTONES	Jornal	3.00	50.00	150.00
TRASLADO DE PLANTONES A LABORATORIO	Jornal	1.00	50.00	50.00
ETIQUITADO DE LAS MUESTRAS	Jornal	1.00	50.00	50.00
SECADO DE LOS PLANTONES	Jornal	3.00	50.00	150.00
PESADO DE LAS MUESTRAS	Jornal	2.00	50.00	100.00
1.2. INSUMOS				1,599.50
1.2.1. SUSTRATO				690.00
ARENA FINA	KG	1,000.00	0.30	300.00
TIERRA NEGRA	KG	1,000.00	0.30	300.00
MICORRIZA	KG	30.00	3.00	90.00
1.2.2 SEMILLAS				237.50
SEMILLA DE PINUS RADIATA	KG	0.25	950.00	237.50
1.2.3 INSUMOS DE CONTROL FITOSANITARIO				102.00

FORMOL 40%	LT	1.00	12.00	12.00
HIPOCLORITO DE SODIO 4%	LT	1.00	10.00	10.00
AGUA OXIGENADA	LT	1.00	20.00	20.00
VITAVAX	KG	1.00	60.00	60.00
1.2.4 INSECTISIDAS Y FUNGICIDAS				390.00
BENOMIL	LT	1.00	180.00	180.00
SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO	LT	1.00	210.00	210.00
1.2.5 ABONO FOLIAR				80.00
WOXAL DOBLE	LT	1.00	80.00	80.00
1.2.6 HROMANAS DE ENRAIZAMIENTO				100.00
ACIDO GIBERELICO	KG	1.00	100.00	100.00
II. COSTOS INDIRECTOS				8,409.50
2.1. MATERIALES Y EQUIPOS				868.00
2.2. SERVICIOS				530.00
ANALISIS DE FERTILIDAD DE SUELO	SERVICO	1	80	80.00
ANALISIS FITOPATOLOGICO	SERVICO	1	50	50.00
FLETE POR TRASLADO DE PLANTONES	SERVICIO	1	450	450.00
2.3. GASTOS ADMINITRATIVOS 5% CD			5%	4449.5
2.4. IMPRIVISTOS 5% CD			5%	2850
III. COSTO TOTAL				12,859.00

MATERIALES Y EQUIPOS PARA TODOS LOS TRATAMIENTOS				
MATERIALES Y EQUIPOS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	SUB TOTAL S/.
BOLSA DE POLIETILENO 4''7''20mm	MILLAR	2	35	70
MOCHILA FUMIGADORA DE 15 LITROS	UNIDAD	1	180	180
PICO	UNIDAD	1	25	25
PALA	UNIDAD	1	18	18
CARRETILLA BUGUI	UNIDAD	1	220	220
MARTILLO	UNIDAD	1	25	25
ALICATE	UNIDAD	1	25	25
CORDEL	ROLLO	1	6	6
IMPRESIÓN DE VINIL 3mX1m	M2	1.5	30	45
POLICARBONATO	M2	1.5	40	60
SILICONA LIQUIDA	UNIDAD	1	12	12
LISTONES DE MADERA	UNIDAD	18	3	54
CLAVO DE MADERA CON CABEZA	KG	0.25	12	3
PLASTICO DOBLE ANCHO	METRO	10	8	80
TIJERA DE PODAR	UNIDAD	1	20	20
FLEXOMETRO 5m	UNIDAD	1	25	25
MANGUERAS	ROLLO	1	120	120
REGADERA DE 10 LT	UNIDADE	1	30	30
ZARANDA METALCA	UNIDAD	1	60	60
OLLADOR O REPICADOR	UNIDAD	1	5	5
VERNIER	UNIDAD	1	90	90
YESO DE 25KG	SACO	1	12	12
LIBRETA DE CAMPO	UNIDAD	1	8	8
INGRAPADOR Y GRAPAS	UNIDAD	1	40	40
COSTO TOTAL				868

Anexo 10. Panel fotográfico



Foto 1. Remojado de semillas de pino para cada densidad de siembra



Foto 2. Almacigado de semillas de pino con sistema de siembra alvoleo.



Foto 3. Preparacion de sustrato



Foto 4. Embolsado de sustrato



Foto 5. Repicado de plantines con cabeza de fosforo.



Foto 6. Repicado de plantines con hojas englobadas



Foto 7. Repicado de plantines con hojas sueltas



Foto 8. Deshierbo de la cama de crianza



Foto 9. Medición de la raíz del plantón



Foto 10. Medición de altura del plantón.



Foto 11. Cortado de la raíz y tallo para poner en la estufa



Foto 12. Colocación de plantones a la estufa

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. JOHN MARIN POTOCINO
R.D. N° 343-2024-UNSCH-FCA-D

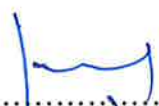
En la ciudad de Ayacucho a los veintiocho días del mes de noviembre del año dos mil veinticuatro, siendo las diez horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por Dr. Rómulo Agustín Solano Ramos, Dr. Yuri Gálvez Gastelú como asesor, Ing. Eduardo Robles García y M.Sc. Efigenio Quispe Curi; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Densidad de siembra en almácigo y momento de repique en la propagación de pino (*Pinus radiata* D. Don), en vivero forestal Anchacuay 3365 msnm, Julcamarca, Huancavelica 2023**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por el Bachiller **JOHN MARIN POTOCINO**.

El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. Rómulo Agustín Solano Ramos	14	14	16	15
Dr. Yuri Gálvez Gastelú	16	14	16	15
Ing. Eduardo Robles García	14	14	14	14
M.Sc. Efigenio Quispe Curi	16	16	16	16
PROMEDIO GENERAL				15

Acto seguido se invita al sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


.....
Dr. Rómulo Agustín Solano Ramos
Presidente


.....
Dr. Yuri Gálvez Gastelú
Asesor


.....
Ing. Eduardo Robles García
Jurado


.....
M.Sc. Efigenio Quispe Curi
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe coordinador responsable de la valoración y verificación de originalidad de los trabajos de investigación y de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, designado mediante la RCF N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo de tesis titulado;

Densidad de siembra en almácigo y momento de repique en la propagación de pino (*Pinus radiata* D. Don), en vivero forestal Anchacuay 3365 msnm, Julcamarca, Huancavelica 2023

Autor : John MARIN POTOCINO
Asesor : Yuri GÁLVEZ GASTELÚ

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, y RCU N° 1530-2023-UNSCH-CU, emitiendo un resultado de **quince (15 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2549069224

Ayacucho, 11 de diciembre de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Dr. Yuri Gálvez Gastelú
Coordinador de Control de originalidad de
trabajo de investigación y tesis

Densidad de siembra en almácigo y momento de repique en la propagación de pino (*Pinus radiata* D. Don), en vivero forestal Anchacuay 3365 msnm, Julcamarca, Huancavelica 2023

por John MARIN POTOCINO

Fecha de entrega: 11-dic-2024 09:42a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2549069224

Nombre del archivo: TESIS_JOHN_MARIN_POTOCINO.pdf (2.89M)

Total de palabras: 23089

Total de caracteres: 112260

Densidad de siembra en almácigo y momento de repique en la propagación de pino (*Pinus radiata* D. Don), en vivero forestal Anchacuay 3365 msnm, Julcamarca, Huancavelica 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	3%
3	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	2%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1%
7	docplayer.es Fuente de Internet	<1%



Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Densidad de siembra en almacigo y momento de repique en la propagación de pino (*Pinus radiata* D. Don), en vivero forestal Anchacuay 3365 msnm, Julcamarca, Huancavelica 2023

John Marín Potocino¹

john.marin.01@unsch.edu.pe

Yuri Gálvez Gastelú²

yuri.galvez@unsch.edu.pe

Área de investigación: Medio ambiente

Línea de investigación: Sistema de producción agrícola

RESUMEN

El trabajo se realizó con el objetivo de conocer la influencia de la densidad de siembra en almacigo y momento de repique en la propagación de plántones de (*Pinus radiata* D. Don), bajo las condiciones de vivero forestal de Anchacuay 3365 msnm, Julcamarca, Huancavelica 2023; se utilizó el Diseño Completamente Randomizado (DCR), con un arreglo factorial de 3 densidades de siembra x 3 momentos de repique x 3 repeticiones (3D x 3F) x 3r, constituyendo un total de 27 unidades experimentales. Cada unidad experimental constituida por 60 plántones con un total de 1620 plántones. Se emplearon 3 densidades de siembra en almacigo de; **D1** 150 gr/m², **D2** 200 gr/m² y **D3** 250gr/m². Los momentos de repique en estudio fue: **M1** (cabeza de fósforo); **M2** (hoja englobada) y **M3** (hojas sueltas). El sustrato utilizado fue de 1:4 (arena fina y turba), se hizo análisis de varianza y Prueba Tukey en los parámetros de altura de plánton, diámetro de tallo, longitud de raíz, peso seco total, peso seco de la parte aérea, peso seco de raíz y relación parte aérea – raíz en peso seco. El momento de repique influyó en la altura de plánton y el diámetro del tallo, obteniendo mejores resultados con el momento de repique M1 con 32.44 y cm, 3.32 mm respectivamente ($p < 0.05$). En los demás parámetros no se obtuvo diferencia significativa entre las fuentes de variación; el peso seco total 2.75 g, el peso seco de la parte aérea 1.93 g, el peso seco de raíz 0.82 g y relación parte aérea – raíz en peso seco fue 2.41g. Se obtuvo mayor rentabilidad en los plántones con densidad de almacigo D1. En conclusión, a altas densidades de siembra en el almacigo presentó *Pythium* sp, sin embargo, luego del repique no influyeron en los parámetros, el momento de repique influyó en la altura y diámetro de tallo del plánton y la cantidad de semilla adecuada para la siembra en el almacigo fue de 150 gr/m² y 200 gr/m² evitando los gastos innecesarios en la propagación de plántones.

Palabras clave: Momento de repique, Densidad de siembra, *Pinus radiata*

Sowing density in seedbed and timing of ringing in the propagation of pine (*Pinus radiata* D. Don), in Anchacuay forest nursery 3365 meters above sea level, Julcamarca, Huancavelica 2023

SUMMARY

The work was carried out with the aim of knowing the influence of seedling density in seedlings and ringing time on the propagation of seedlings of (*Pinus radiata* D. Don), under the conditions of the forest nursery of Anchacuay 3365 meters above sea level, Julcamarca, Huancavelica 2023; the Completely Randomized Design (DCR) was used, with a factorial arrangement of 3 seeding densities x 3 ringing moments x 3 repetitions ($3D \times 3F$) x 3r, constituting a total of 27 experimental units. Each experimental unit consists of 60 seedlings with a total of 1620 seedlings. 3 seeding densities were used in seedlings of; D1 150 gr/m², D2 200 gr/m² and D3 250gr/m². The moments of ringing under study were: M1 (match head); M2 (encompassed leaf) and M3 (loose sheets). The substrate used was 1:4 (fine sand and peat), analysis of variance and Tukey test was carried out in the parameters of seedling height, stem diameter, root length, total dry weight, dry weight of the aerial part, dry weight of the root and relationship between aerial part and root in dry weight. The chiming moment influenced the seedling height and stem diameter, obtaining better results with the m1 chiming moment with 32.44 and cm, 3.32 mm respectively ($p < 0.05$). In the other parameters, no significant difference was obtained between the sources of variation; The total dry weight was 2.75 g, the dry weight of the aerial part was 1.93 g, the dry weight of the root was 0.82 g and the ratio of the aerial part to the root in dry weight was 2.41g. Higher profitability was obtained in seedlings with D1 seedling density. In conclusion, at high planting densities in the seedling, *Ptythium sp* was present, however, after ringing did not influence the parameters, the ringing time influenced the height and diameter of the seedling stem and the amount of seed suitable for planting in the seedling was 150 gr/m² and 200 gr/m², avoiding unnecessary expenses in the propagation of seedlings.

Keywords: Time of ringing, Planting density, *Pinus radiata*

I. INTRODUCCIÓN

El *Pinus radiata* es originario de la costa de California, esta especie forestal se adapta a diferentes condiciones edafoclimáticas a nivel mundial. En el Perú, esta especie fue introducida mediante semillas y en la actualidad se ha masificado las plantaciones forestales con la especie de *Pinus radiata* en las comunidades altoandinas con la finalidad de recuperar servicios ecosistémicos de regulación hídrica y control de erosión de suelos a través de diferentes proyectos de inversión públicas y privadas (Admin, 2013, p. 4). Además, los beneficios que brinda esta especie a la comunidad rural es la de afianzar la economía familiar como: madera, combustible, hongos comestibles, micorrizas y entre otros. Sobre la importancia de pino en sierra y valles interandinos en Perú, Calle (2020), detalla lo siguiente: En las regiones del Perú donde hay poca cobertura forestal, como la sierra y los valles interandinos, el rol del árbol tiene connotaciones tradicionales. El pino es importante para dar sombra a los animales, proporcionar energía (leña), utilizar su madera para diversos fines, proporcionar especies para la medicina natural, fertilizar cultivos y pastizales, servir como postes y para otros fines como extraer taninos para teñir telas y utilizar exudaciones o resinas. (p. 2), Sobre la importancia de la forestación y reforestación para mitigar del cambio climático PRONAMACHCS (2004), menciona que: La reforestación y forestación tienen como objetivo aumentar la cobertura forestal o restaurar regiones deforestadas, pero en los últimos años esta actividad ha adquirido cada vez mayor importancia a nivel sectorial como parte de los planes de desarrollo social y económico, así como una forma de recuperar agua en las cabeceras de cuencas y mitigar el cambio climático (Programa Nacional de Manejo de Cuencas y Conservación del Suelo [PRONAMACHCS], 2004, p. 140). En los diferentes proyectos existe debilidades en poder contar con las informaciones probadas como la densidad de siembra idóneo en el almacigo. Al respecto, “la germinación se ve reforzada por la misma semilla. La estratificación de 0 a 7 días se recomienda para las semillas frescas y de 7 a 20 días para que la semilla sea almacenada” (Terán, 1995, p.1). Lo cual influiría en la densidad de siembra en el almacigo y generaría gastos innecesarios, mayor costo de producción y perdidas en vivero, para lo cual se evaluó en 3 densidades de siembra en el almacigo que será de 150gr/m², 200gr/m² y 205gr/m² en el presente trabajo. El momento de repique en los proyectos forestales de *Pinus radiata* aun no son fijados para su mayor crecimiento de plántulas, ya que ello influiría al momento de arrancar desde la raíz del almacigo para el repicado, también en la reacción del prendimiento de las hojas, en el presente trabajo se evaluó de 3 momentos de repique (cabeza de fósforo, hoja englobada y hojas sueltas). Por las razones expuestas el estudio planteó los siguientes objetivos:

1. Evaluar el efecto de la densidad de siembra en la propagación de plántones de pino (*Pinus radiata* D. Don) bajo las condiciones de vivero forestal de Anchacuay.
2. Evaluar el efecto del momento de repique en la propagación de plántones pino (*Pinus radiata* D. Don) bajo las condiciones de vivero forestal de Anchacuay.
3. Evaluar el mérito económico de la propagación de plántones de pino (*Pinus radiata* D. Don) bajo las condiciones de vivero forestal Anchacuay.

II. METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en el vivero forestal de Anchacuay, distrito de Julcamarca, provincia de Angaraes, región Huancavelica, ubicado a una altitud de 3365 msnm, entre las coordenadas geográficas 13° 01' 46" Latitud Sur y 74° 25' 37" Longitud Oeste.

2.2. Características del lugar del vivero forestal

El vivero forestal de Anchacuay, está ubicado en la comunidad de Anchacuay, correspondiente a la zona de vida estepa espinosa – Montano Bajo Subtropical (ee-MBS), Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1967), la cual se define por la presencia de un clima semiárido con vegetación de árboles de zona semiárida como el molle y plantas espinosas como huarango, opuntias y cabuyas (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales) [ONERN], 1976)

El vivero tiene la capacidad de producción de 160 000 plántones de pino, presenta un túnel para el almácigo y germinación de semillas y 6 túneles para cama de crianza. Cada túnel está cubierto con plásticos de agrofil y por interior con malla rashel de 60% de sombra para el control de humedad y temperatura dentro del túnel. Se utilizó el riego cada tres días a capacidad de campo.

2.3. Materiales y herramientas

- Semillas de pino (*Pinus radiata* D. Don) procedente de REFOANDES S.A.C.
- Tierra negra, procedente de las alturas del distrito de Congalla
- Micorrizas, procedente de bosques de pino del distrito de Secclla
- Arena fina, procedente de río Buena Vista
- Formol (desinfectante de sustrato).
- Lejía (hipoclorito de sodio)
- Agua oxigenada
- Sulfato de Cobre Pentahidratado “Phyton” (Fungicida agrícola)
- Benomil “Farmate” (insecticida)
- Ácido Giberélico (hormona enraizadora)

2.4. Análisis físico químico del sustrato

Tabla 2.1

Resultado del análisis de caracterización del sustrato obtenidos del laboratorio de suelos y foliares del “Programa de Pastos y Forrajes de la Facultad de ciencias Agrarias”, UNSCH.

Componentes	Valores	Interpretación
pH	5.35	Moderadamente Ácido
Materia Orgánica (%)	5.8	Alto
Nitrógeno total (%)	0.25	Bajo
Fosforo disponible (ppm)	32.3	Alto
Potasio disponible (ppm)	37.8	Bajo
Clase textural	----	Franco Arenoso

2.5. Condiciones climáticas

En vista que no existe una estación meteorológica en la zona de trabajo de investigación, los datos meteorológicos fueron obtenidos de la Estación Meteorológica Pampa Cangallo del Gobierno Regional de Ayacucho de la red hidrometereológica, ubicada a una altitud de 3350 msnm, latitud de 13°34'09" S y longitud de 74°11'37" O, por estar a la misma altitud del lugar donde se desarrolló el trabajo de investigación.

2.6. Factores de estudio

Densidades de siembra

Densidad 1: En la primera cama de almácigo con dimensiones de 1mx1m y con una altura de 0.25m, se almacenó 150gr de semilla de pino con una viabilidad apta, el almácigo instalado fue con un sustrato al 100% de arena de río, previamente desinfectado con formol al 40% e hipoclorito de sodio, en solución de 95% (lejía).

Densidad 2: En la segunda cama de almácigo con dimensiones de 1mx1m y con una altura de 0.25m, se almacenó 200gr de semilla de pino con una viabilidad apta, el almácigo instalado fue con un sustrato al 100% de arena de río, previamente desinfectado con formol al 40% e hipoclorito de sodio, en solución de 95% (lejía).

Densidad 3: En la tercera cama de almácigo con dimensiones de 1m x1m y con una altura de 0.25m, se almacenó 250gr de semilla de pino con una viabilidad apta, el almácigo instalado presenta un sustrato de 100% de arena de río, previamente desinfectado con formol al 40% e hipoclorito de sodio, en solución de 95% (lejía).

Momentos de repique

Repique 1: En este repique se realizó el traslado de los plantines de pino del almácigo a las bolsas de crianza de una medida de 4x7cm, el sustrato preparado fue de 1:4 (arena fina y turba) previamente desinfectado con formol al 40% e hipoclorito de sodio, en solución de 95% (lejía), cuando los plantines se encontraban en “cabeza de fósforo”.

Repique 2: Después del primer repique se realizó el traslado de los plantines de pino del almácigo con las hojas englobadas a las bolsas de crianza de una medida de 4x7cm, el

sustrato preparado fue de 1:4 (arena fina y turba) previamente desinfectado con formol al 40% e hipoclorito de sodio, en solución de 95% (lejía).

Repique 3: Es el último momento de repique se realizó el trasladando de los plantines de pino del almácigo a las bolsas de crianza de una medida de 4x7cm, el sustrato preparado fue de 1:4 (arena fina y turba) previamente desinfectado con formol al 40% e hipoclorito de sodio, en solución de 95% (lejía), cuando los plantines presentaban las hojas sueltas.

2.7. Descripción de tratamientos

Densidad de siembra

d1: 150kg/m²

d2: 200 kg/m²

d3: 250 kg/m²

Momentos de repique

m1: 1ra fase (cabeza de fósforo)

m2: 2da fase (hoja englobada)

m3: 3ra fase (hojas sueltas)

2.8. Diseño experimental

En el experimento se utilizó el Diseño Completamente Randomizado (DCR), con un arreglo factorial de 3 densidades de siembra x 3 momentos de repique x 3 repeticiones (3D x 3F) x 3r, constituyendo un total de 27 unidades experimentales. Cada unidad experimental constituida por 60 plantones con un total de 1620 plantones.

Se realizó el análisis de variancia para cada parámetro señalado en este trabajo de investigación, de acuerdo al diseño experimental DCR y las correspondientes pruebas de contraste de promedio de Tukey al nivel de significación de 0.05.

El Modelo Aditivo Lineal (MAL) fue la siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_j + (\alpha\delta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$i = 1, 2, 3 \qquad d = 3 \qquad j = 1, 2, 3 \qquad m = 5$

Donde:

μ : efecto de la media

α_i : efecto del i-ésimo nivel de densidad de siembra

δ_j : efecto del j-ésimo nivel de momento de repique

$(\alpha\delta)_{ij}$: efecto de interacción i-ésimo nivel densidad de siembra por j-ésimo nivel de momento de repique

ε_{ijk} : error experimental

2.10. Duración del trabajo de investigación

La investigación Se realizó durante 8 meses, es decir desde setiembre del año 2023 hasta abril del 2024.

2.12. Parámetros evaluados

La evaluación se realizó cuando los plantones alcanzaron de 30 cm de altura aproximadamente, considerándose que los plantones se encuentran aptos para ser llevado al campo definitivo.

Altura del plantón (cm). Se midieron cinco plantones por unidad experimental para determinar la altura desde el cuello hasta la parte superior del plantón utilizando una regla debidamente calibrada.

Diámetro de tallo del plantón (mm). Se midió el diámetro del tallo de cinco plantones por unidad experimental utilizando una regla vernier a un centímetro de la base del tallo principal (cuello del tallo).

Longitud de la raíz del plantón (cm). Se seleccionaron cinco plantones de cada unidad experimental y se midió la distancia entre el cuello de la planta y el ápice terminal de la raíz en centímetros utilizando una regla graduada.

Peso seco total del plantón (g). De cada unidad experimental se seleccionaron cinco plantones, previamente troceadas y colocadas sobre papel Graf. Luego se hornearon durante setenta y dos horas a 70°C hasta que su peso se mantuvo constante. Se utilizó una balanza electrónica para calcular el peso final en gramos.

Peso seco de la parte aérea del plantón (g). De manera similar al caso anterior, se seleccionaron cinco plantones de cada unidad experimental como muestra, se cortaron en cubitos y se colocaron sobre papel Graf. Luego se hornearon a 70 °C durante setenta y dos horas o hasta que su peso se mantuvo constante. Se utilizó una balanza electrónica de precisión para determinar el peso final en gramos.

Peso seco de la raíz del plantón (g). Se tomó la muestra correspondiente de cinco plantones por unidad experimental, se trocearon y se colocaron sobre papel Graf. Luego se hornearon a 70°C durante 72 horas o hasta obtener un peso constante, tal como en los casos anteriores. Se utilizó una balanza electrónica de precisión para determinar el peso final en gramos.

Relación parte aérea/raíz del plantón en seco. Este parámetro se evaluó teniendo en cuenta el resultado del peso seco de la parte aérea (gr) entre el peso de seco de la raíz (gr) de cada unidad experimental. Los datos registrados fueron procesados con el Software Minitab versión 17 para poder determinar si al menos una media de los tratamientos es diferente de los demás.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Altura del plantón

Tabla 3.1

ANVA de altura del plantón de pino (*Pinus radiata* D. Don.), por influencia de siembra en camas de almácigo y momentos de repique, Anchacuay 3365 msnm

F V	G L	SC	CM	Fc	P-valor
Densidad siembra	2	0.52	0.26	0.14	0.8691 ns
Momento repique	2	104.04	52.02	28.36	0,0001**
Densidad*Momento	4	1.01	0.25	0,14	0.9661 ns
Error	18	33.01	1.83		
Total	26	138.58			

CV: 4.56 %

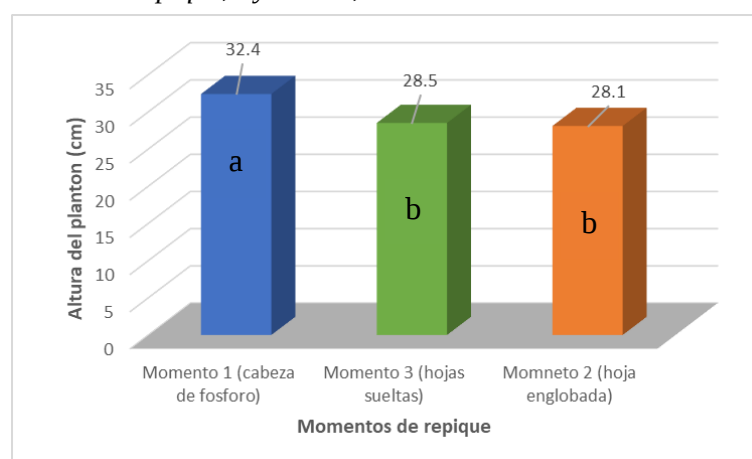
Promedio: 29.68 cm

En la Tabla 3.1 se muestra el análisis de varianza (ANVA) de altura del plantón de pino, donde se observa que la fuente de variación momento de repique presenta alta significación estadística ($p < 0.05$). El coeficiente de variación es 4.56% el cual indica que el grado de homogenización fue muy bueno. El promedio de la altura de plantón de pino fue de 29.68 cm.

En la Figura 3.1 se observa que el momento de repique 1 (cabeza de fósforo) presenta mayor altura con 32.44 cm y se diferencia de los otros momentos de repique 2 (hoja englobada) y momento de repique 3 (hojas sueltas) que alcanzan alturas de 28.53 y 28.07 cm, respectivamente.

Figura 3.1

Prueba de Tukey del efecto principal de altura de plantón de pino (*Pinus radiata* D. Don.), por influencia de momento de repique, Ayacucho, 2023.



En la Tabla 3.2 se muestra la prueba de Tukey de altura de plantón de pino (*Pinus radiata* D. Don.) para los tratamientos, en el cual se observa que el tratamiento T7 (250 g por m² * momento 1: cabeza de fósforo) presenta mayor altura con 32.53 cm, seguido en orden descendente por los tratamientos T4 (200 g por m² * momento 1: cabeza de fósforo), T1 (150 g por m² * momento 1: cabeza de fósforo), T2 (150 g por m² * momento 2: hoja englobada) y T5 (200 g por m² * momento 2: hoja englobada); mientras los tratamientos

T8 (250 g por m² * momento 1: cabeza de fósforo), T9 (250 g por m² * momento 1: cabeza de fósforo) y T3 (250 g por m² * momento 1: cabeza de fósforo) presentan menores alturas de plantón con 28.20, 27.87 y 28.80 cm, respectivamente.

El promedio de 29.68 cm de altura de plantón obtenido a los 170 días después del repique, está dentro de los valores obtenidos por Incahuaman (2019), quien entre el cuarto y el séptimo mes reporta alturas de plantón que varía entre 15.42 a 40.86 cm; ligeramente superior a los resultados encontrados por Granados (2015) con 28.19 cm en plantones de 150 días y Melgarejo (2017) con 25.20 cm en plantones de 150 días; y superior a los resultados encontrados por Gutiérrez (2019) con 23.78 cm.

De acuerdo lo observado las plántulas con momento de repique 1, presentaron menor longitud de raíz respecto a los demás, lo que ofreció a la adaptación y por ende el rápido crecimiento de la altura de plantón. En las plántulas con momento de repique 2 y 3 que presentaron mayor longitud de raíz, ocasionando estrés post repique en consecuencia el crecimiento lento de la altura del plantón.

Gutiérrez (2019) en su investigación encontró que la mayor altura en *Pinus radiata* D. fue 29.4 cm, que es similar a la altura promedio obtenida en nuestra investigación 29.7cm. La densidad de almacigo no influye en los resultados de altura de plantón de *Pinus radiata*.

Tabla 3.2

Prueba de Tukey de altura de plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de densidad de siembra y momento de repique, Anchacuay 3365 msnm

Tratamiento	Densidad de siembra	Momento de repique	Altura de plantón cm	Tukey 0.05
T7	250 g por m ²	Momento 1 (cabeza de fósforo)	32.53	a
T4	200 g por m ²	Momento 1 (cabeza de fósforo)	32.40	a b
T1	150 g por m ²	Momento 1 (cabeza de fósforo)	32.40	a b
T2	150 g por m ²	Momento 2 (hoja englobada)	28.73	a b c
T5	200 g por m ²	Momento 2 (hoja englobada)	28.67	a b c
T6	200 g por m ²	Momento 3 (hojas sueltas)	28.53	b c
T8	250 g por m ²	Momento 2 (hoja englobada)	28.20	c
T9	250 g por m ²	Momento 3 (hojas sueltas)	27.87	c
T3	150 g por m ²	Momento 3 (hojas sueltas)	27.80	c

DMS = ALS (T)= 3.87

3.2. Diámetro del tallo del plantón

La Tabla 3.3 presenta el análisis de varianza (ANVA) de la altura del plantón de pino cuya fuente de variación de momento de repique presenta alta significación estadística ($p < 0.05$). El coeficiente de variación, 8.36% indica un valor de buena precisión que permite confiar en el resultado.

Tabla 3.3

ANVA del diámetro de tallo del plantón de pino (*Pinus radiata* D. Don.), por influencia de siembra en el almácigo y momentos de repique, Anchacuay 3365 msnm

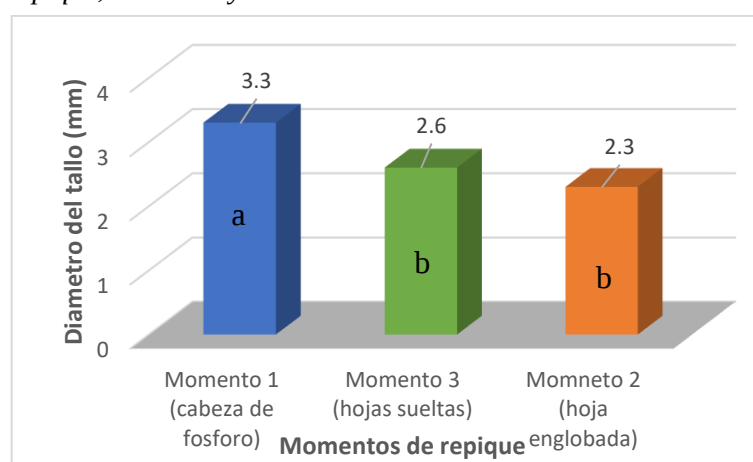
F V	G L	SC	CM	Fc	P-valor
Densidad siembra	2	0.03	0.01	0.26	0.7774 ns
Momento repique	2	4.89	2.45	46.7	0,0001**
Densidad*Momento	4	0.01	0.0031	0.06	0.9929 ns
Error	18	0.94	0.5		
Total	26	5.88			

CV: 8.36 %

Promedio = 2.74 mm

Figura 3.2

Prueba de Tukey del diámetro de tallo del plantón de pino (*Pinus radiata* D. Don.), por influencia de momento de repique, Anchacuay 3365 msnm.



En la Figura 3.2 muestra que los plantones con momento de repique 1 (cabeza de fósforo) se logró obtener mayor diámetro de tallo con 3.32 mm, seguido del momento de repique 2 (hoja englobada) con 2.6 mm y finalmente menor diámetro de tallo del plantón con momento de repique 3 (hojas sueltas) con 2.3 mm.

Tabla 3.4

Prueba de Tukey del diámetro de tallo del plantón de pino (*Pinus radiata* D. Don.), por influencia de densidad de siembra y momento de repique, Anchacuay 3365 msnm

Tratamiento	Densidad de siembra	Momento de repique	Diámetro de tallo mm	Tukey 0.05
T1	150 g por m ²	Momento 1 (cabeza de fósforo)	3.35	a
T4	200 g por m ²	Momento 1 (cabeza de fósforo)	3.32	a b
T7	250 g por m ²	Momento 1 (cabeza de fósforo)	3.27	a b
T2	150 g por m ²	Momento 2 (Hoja englobada)	2.67	b c
T5	200 g por m ²	Momento 2 (Hoja englobada)	2.57	c
T8	250 g por m ²	Momento 2 (Hoja englobada)	2.54	c
T3	150 g por m ²	Momento 3 (Hojas sueltas)	2.31	c
T9	250 g por m ²	Momento 3 (Hojas sueltas)	2.30	c
T6	200 g por m ²	Momento 3 (Hojas sueltas)	2.29	c

DMS = ALS (T)= 0.65489

La tabla 3.4 muestra que el tratamiento T1 (150 g por m² * momento 1: cabeza de fósforo), presenta mayor diámetro de tallo con 3.35 mm. seguido en orden descendente por los tratamientos T4 (200 g por m² * momento 1: cabeza de fósforo), T7 (250 g por m² * momento 1: cabeza de fósforo); mientras los tratamientos T5 (200 g por m² * momento 2: hoja englobada); T8 (250 g por m² * momento 2: hoja englobada), T3 (150 g por m² * momento 3: hojas sueltas), T9 (250 g por m² * momento 3: hojas sueltas) y T6 (200 g por m² * momento 3: hojas sueltas) presentan menores diámetros del tallo del plantón de pino con 2.257, 2.54, 2.31, 2.30 y 2.29 mm, respectivamente.

Granados (2015) en su tesis de Producción de plantones en Huaraz (Áncash-Perú) reporta que el diámetro del pino (*Pinus radiata*) fue de 6.33 mm, que difiere de los resultados obtenidos en la presente investigación, en la que se obtuvo un promedio de diámetro de tallo 2.74 mm. Cuya diferencia podría deberse al tipo de sustrato y el uso del hidrogel empleado por Granados.

3.3. Longitud de la raíz del plantón

El análisis de varianza (ANVA) de la longitud de la raíz de pino presentado en la Tabla 3.5, no muestra significación estadística para ninguna de las fuentes de variación. El coeficiente de variación es 12.13 % indicador que el grado de homogenización fue bueno.

Tabla 3.5

ANVA de la longitud de la raíz del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de siembra en el almácigo y momentos de repique, Anchacuay 3365 msnm

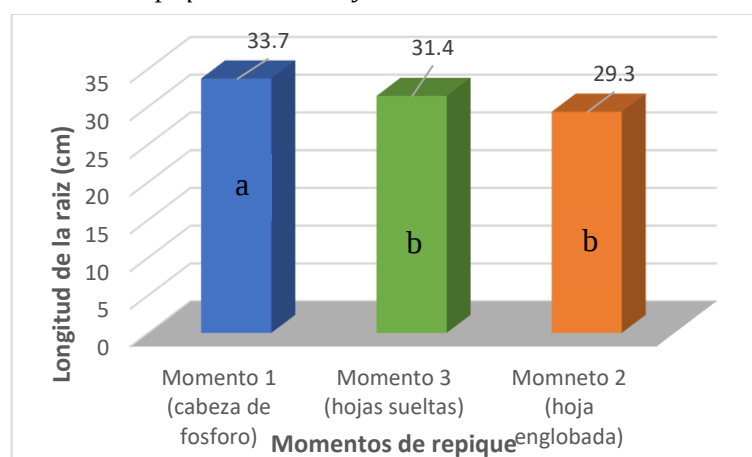
F V	G L	SC	CM	Fc	P-valor
Densidad siembra	2	78.55	39.42	2.70	0.0946 ns
Momento repique	2	88.90	44.45	3.05	0.0722 ns
Densidad*Momento	4	139.91	34.98	2.40	0.0880 ns
Error	18	262.21	14.57		
Total	26	569.56			

CV: 12.13 %

Promedio: 31.46cm

Figura 3.3

Prueba de Tukey de la longitud de la raíz del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de momento de repique, Anchacuay 3365 msnm.



3.4. Peso seco total del plantón

Tabla 3.6

ANVA del peso seco del plantón de pino (*Pinus radiata* D. Don.), por influencia de siembra en el almácigo y momentos de repique, Anchacuay 3365 msnm

F V	G L	SC	CM	Fc	P-valor
Densidad siembra	2	0.09	0.05	0.35	0.7117 ns
Momento repique	2	0.14	0.07	0.51	0.6079 ns
Densidad*Momento	4	0.46	0.11	0.87	0.5031 ns
Error	18	2.38	0.13		
Total	26	3.06			

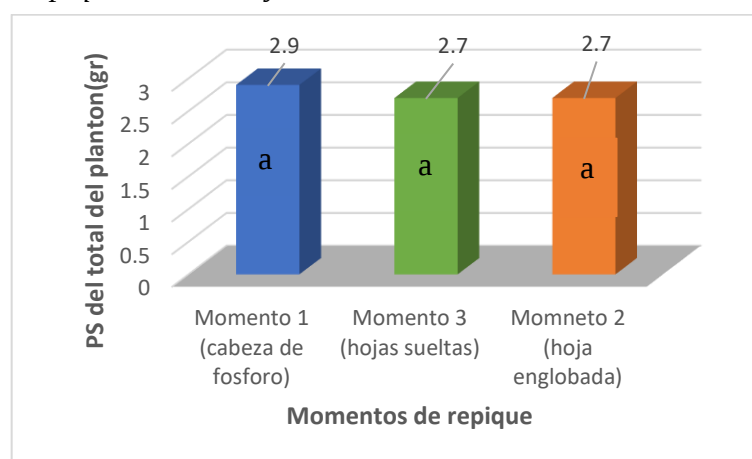
CV: 13.21 %

Promedio: 2.75 g

La Tabla 3.6 presenta el análisis de varianza (ANVA) del peso seco total del plantón de pino, por ello no presenta variación significancia estadística ($p > 0.05$). El coeficiente de variación es 13.21% el cual indica que el grado de homogenización fue de buena precisión. De acuerdo a los resultados obtenidos, la densidad siembra y momento de repique no tienen influencia sobre el peso seco del plantón.

Figura 3.4

Prueba de Tukey del peso seco del plantón de pino (*Pinus radiata* D. Don.), por influencia de momento de repique, Anchacuay 3365 msnm.



3.5. Peso seco de la parte aérea del plantón

Tabla 3.7

ANVA de peso seco de la parte aérea del plantón de pino (*Pinus radiata* D. Don.), por influencia de siembra en el almácigo y momentos de repique, Anchacuay 3365 msnm

F V	G L	SC	CM	Fc	P-valor
Densidad siembra	2	0.01	0.0026	0.03	0.9671 ns
Momento repique	2	0.11	0.06	0.75	0.4880 ns
Densidad*Momento	4	0.26	0.06	0.75	0.5708 ns
Error	18	1.38	0.08		
Total	26	1.76			

CV: 14.32%

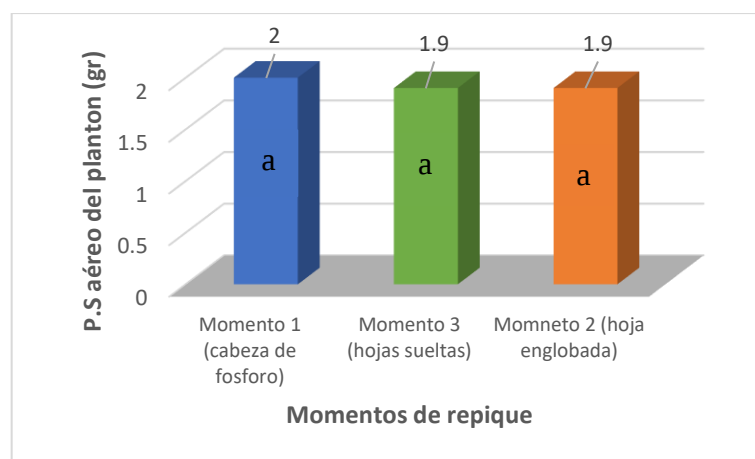
Promedio: 1.93 g

En la Tabla 3.7 se muestra el análisis de varianza (ANVA) del peso seco total del plantón de pino, en el que ninguna fuente de variación presenta alta significación estadística. El coeficiente de variación es 14.32% el cual indica que el grado de homogenización fue muy bueno. El promedio de la altura de plantón de pino en nuestra investigación fue de 1.93g

De acuerdo a los resultados obtenidos, la densidad siembra y momento de repique no tienen influencia sobre el peso seco de la parte aérea del plantón.

Figura 3.5

Prueba de Tukey de peso seco de la parte aérea del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de momento de repique, Anchacuay 3365 msnm



3.6. Peso seco de la raíz del plantón

Tabla 3.8

ANVA de peso seco de la raíz del plantón de pino (Pinus radiata D. Don.), por influencia de siembra en el almácigo y momentos de repique, Anchacuay 3365 msnm.

F V	G L	SC	CM	Fc	P-valor
Densidad siembra	2	0.06	0.03	1.44	0.2626 ns
Momento repique	2	0.0045	0.0023	0.11	0.8973 ns
Densidad*Momento	4	0.05	0.01	0.63	0.6446 ns
Error	18	0.37	0.02		
Total	26	0.49			

CV: 17.63%

Promedio: 0.82 g

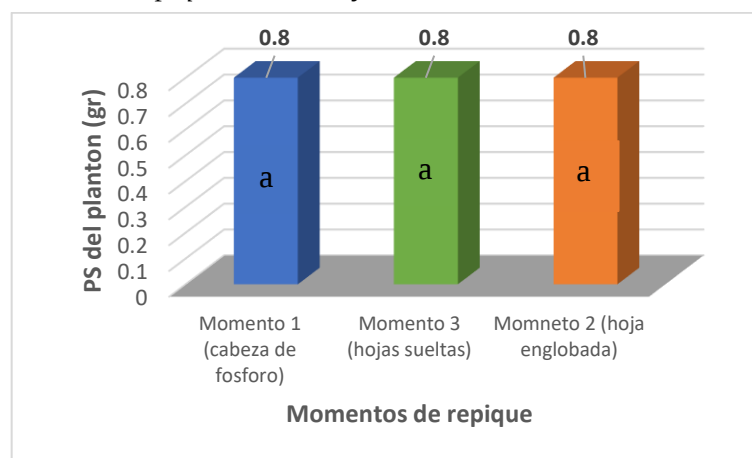
En la Tabla 3.8 en ninguna fuente de variación se encontró significación estadística el coeficiente de variación es 17.63 %, evidencia que otros factores estuvieron involucrados en la variación de este carácter.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la densidad siembra y momento de repique no tienen influencia sobre el peso seco de la raíz del plantón.

El promedio de la altura de plantón de pino en la presente investigación fue de 0.82g Gutiérrez (2019) menciona que el peso seco de la raíz de *Pinus radiata* D. fue 0.4g lo cual es inferior a lo obtenido en la presente investigación que en promedio fue 0.82g.

Figura 3.6

Prueba de Tukey de peso seco de la raíz del plantón de pino (*Pinus radiata* D. Don.), por influencia de momento de repique, Anchacuay 3365 msnm



3.7. Relación parte aérea/raíz del plantón

Tabla 3.9

ANVA de la relación parte aérea/ raíz del plantón de pino (*Pinus radiata* D. Don.), por influencia de la densidad de siembra en el almácigo y momentos de repique, Anchacuay 3365 msnm

F V	G L	SC	CM	Fc	P-valor
Densidad siembra	2	0.39	0.20	1.22	0.3178 ns
Momento repique	2	0.24	0.12	0.76	0.4810 ns
Densidad*Momento	4	0.20	0.05	0.31	0.8704 ns
Error	18	2.87	0.16		
Total	26	3.70			

CV: 16.60%

Promedio: 2.41

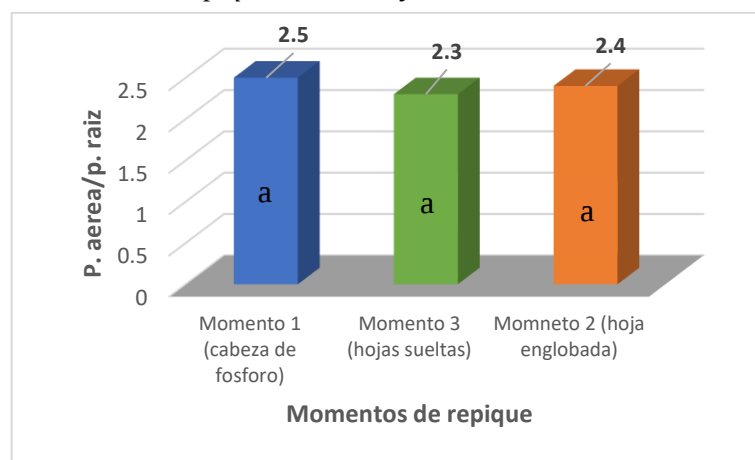
En la Tabla 3.9 se muestra el análisis de varianza (ANVA) de la relación parte aérea/raíz del plantón de pino, en el que ninguna fuente de variación presentan significación estadística, esto se debe al mismo desarrollo de la parte aérea y de la raíz ($p > 0.05$). El coeficiente de variación es 25.98% lo cual indica que otros factores estuvieron involucrados en la variación de este carácter. El promedio de la altura de plantón de pino en la presente investigación fue de 2.41cm.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la densidad siembra y momento de repique no tienen influencia sobre la relación parte aérea/raíz del plantón.

Al realizar el trabajo de investigación durante la instalación en las camas de almacigo en la germinación y emergencia se observó una capa blanquecina algodonosa que indica la infestación de hongos en las camas de almacigo 2 y 3 (200 y 250 gr/m²) se realizó diagnóstico fitopatológico en el laboratorio de Fitopatología de plantas, determinando la presencia de *Oomycetos* habitantes naturales de los suelos como es: *Pythium* sp.

Figura 3.7

*Prueba de Tukey de la relación parte aérea/ raíz del plantón de pino (*Pinus radiata* D. Don.), por influencia de momento de repique, Anchacuay 3365 msnm*



3.8. Análisis económico

3.8.1. Ingreso bruto (10,000 plantones)

El ingreso bruto de la producción para cada densidad de almacigo es de 20,000 soles debido a que se logra producir 10 000 plantones y el precio por cada plantón es de 2 soles.

3.8.2. Costo total de producción (10,000 plantones)

Tabla 3.10

Costo directo, indirecto y total de producción de plantones de pino por densidad de almacigo.

Densidad en almacigo	Costo directo	Costo indirecto	Costo total
D1	S/.4,354.50	S/.8,314.50	S/.12,669.00
D2	S/.4,402.00	S/.8,362.00	S/.12,764.00
D3	S/.4,449.50	S/.8,409.50	S/.12,859.00

La tabla 3.10 muestra los costos directos, indirectos y totales por cada densidad de siembra. La diferencia entre los costos totales de producción se debe a la diferencia de cantidad de semilla utilizada, es decir a mayor densidad de almacigo corresponde mayor costo total.

3.8.3. Ingreso neto

Tabla 3.11

*Ingreso neto de producción de plantones de *Pinus radiata* por densidad de siembra en el almacigo*

Densidad en almacigo	Ingreso bruto	Costo total	Ingreso neto)
D1	S/.20000	S/.12,669.00	S/.7,331.00
D2	S/.20000	S/.12,764.00	S/.7,236.00
D3	S/.20000	S/.12,859.00	S/.7,141.00

En la tabla 3.11 se presenta el ingreso bruto, costo total y ingreso neto, se obtuvo mayor ingreso neto en plantones de densidad de almacigo 1 de S/.7,331.00 y menor en plantones de densidad de almacigo 3 con S/.7,141.00.

3.8.4. Rentabilidad

Tabla 3.12

Rentabilidad de la producción de plantones de Pinus radiata de acuerdo diferentes densidades siembran en el almácigo

Densidad en almacigo	Costo total	Ingreso neto (Beneficio)	Rentabilidad
D1	S/.12,669.00	S/.7,331.00	0.58
D2	S/.12,764.00	S/.7,236.00	0.57
D3	S/.12,859.00	S/.7,141.00	0.56

Se observa en la tabla 3.12 que los plantones con mayor relación costo/beneficio fueron los plantones de densidad de almácigo con 150gr/m² con una rentabilidad de 0.58 lo cual significa que por cada sol invertido solo se recupera 0.58 soles.

CONCLUSIONES

1. En la presente investigación de propagación *Pinus radiata*, la densidad de siembra en almácigo no tuvo efecto significativo, sin embargo, se observó la infestación de *Pythium* sp en la densidad de 250 g por m², luego de repique, no tuvo influencia en los parámetros evaluación en el vivero forestal de Anchacuay.
2. Los momentos de repique sí influyeron en la producción de plantones de *Pinus radiata*, hecho que se evidenció con el tratamiento (T1) momento de repique 1 (cabeza de fósforo), obteniendo mayor altura y diámetro de tallo del plantón con 32.44 cm y 3.32 mm respectivamente, demostrando el mejor resultado de adaptabilidad y desarrollo del plantón, es cuando las plántulas presentan denominado “cabeza de fósforo” al momento del repique.
3. Con la densidad de siembra de almacigo de 150 gr/m² y 200 gr/m², se obtiene mejor rentabilidad y plantones más vigorosos; evitando los gastos innecesarios en la propagación de plantones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Admin. (2013). *Fichas - técnicas de especies forestales / ficha técnica- no-13-Pino (Pinus radiata)*. ecuadorforestal.org/
- Calle, I. M. (2020). *Efecto de la cobertura del ambiente atemperado sobre el damping off (Pythium en pino (Pinus radiata) en fase de almacenado en municipio de Patacamaya*. Bolivia: Universidad Mayor de San Andres Facultad de Agronomía
- Granados, M. (2015). *Producción de plántulas de pino (Pinus radiata) en la mezcla de sustrato con hidrogel y tres niveles de riego, bajo condiciones de invernadero en el distrito de independencia, provincia Huras-Ancash*. Tesis. Perú

- Gutiérrez, G. (2019). *Tipos y niveles de inóculos de micorrizas en la producción de dos especies de pino en tubetes. Vivero Forestal Huamanga 2761 msnm. Ayacucho. Perú.*
- Holdridge, L. (1996). *Ecología basada en zonas de vida*. 5a. reimpresión. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, (1976). *Atlas zonas de vida del Perú.*
- Programa Nacional de Manejo de Cuencas y Conservación del Suelo, (1998). *Aspectos fitosanitarios y micorrícicos en viveros forestales en la sierra peruana 1996 - 1997. Proyecto Forestaría en Microcuencas alto andinas del PRONAMACHS FEMAP FAO/GCP/033/Net Donación del Gobierno del Reino de los Países Bajos Holanda.*
- Terán, J. (1995). *Sistema Silvopastoril y leñosas forrajeras en el montechaqueño serrano de Chuquisaca. Aproximaciones a la problemática e importancia socioeconómica en el sistema agrario del Rancho Corso en la Provincia Tomina, Plan Agroforestal de Chuquisaca Norte y Centro, CORDECH, COTESU, INTERCOOPERACON, Chuquisaca, Bolivia, 135 pág.*