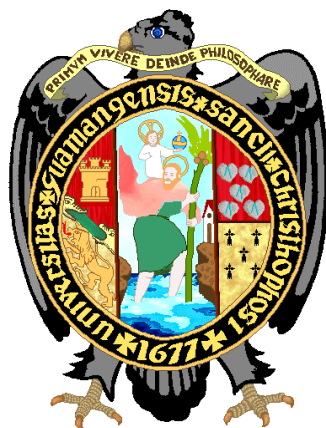


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

**Tamaños de bolsa y tipo de sustratos en la propagación de
Pinus radiata D. Don, vivero forestal Buena Vista 2658 msnm,
Julcamarca, Huancavelica, 2023**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

Bach. Crispin NUÑEZ PACOTAYPE

ASESOR:

Dr. Yuri GÁLVEZ GASTELÚ

AYACUCHO - PERÚ

2024

*A mis amados padres **Donato Nuñez** y **Cipriana Pacotaype**, por su cariño, orientación y constante apoyo incondicional que me ha permitido alcanzar mis metas personales y desarrollarme profesionalmente.*

A mis hermanos y primos: Lidia, Yolanda, Danetza, Lourdes, Leonel y Héctor, por su apoyo incondicional y estar a mi lado en este desafío personal.

A mis abuelos, Leoncia Mendieta y Alejandro Pacotaype, cuyo amor y sabiduría han sido un faro de inspiración en mi vida, guiándome a superar desafíos y alcanzar mis metas.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Alma Mater de mi formación profesional.

A los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía y Facultad de Ciencias Agrarias, quienes, a través de sus conocimientos y experiencias guiaron mi desarrollo tanto personal como profesional.

Al Dr. Yuri Gálvez Gastelú, asesor del presente trabajo, por su constante apoyo, orientación y sus valiosos conocimientos, que fueron esenciales para el desarrollo y culminación exitosa del presente trabajo de tesis.

Asimismo, expreso mi agradecimiento y reconocimiento a los profesionales del Proyecto Forestal de Julcamarca, de la unidad ejecutora del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, Proyecto Especial Sierra Centro Sur. En particular, agradezco a los ingenieros Luis Anaya Abregú, Carlos Untiveros Bonilla, Esaú De la Cruz Huaytalla, Yimi Apcho Curiñaupa y Jans Ataupillco Cisneros, por su apoyo y consejos acertados durante la ejecución y finalización del presente trabajo de investigación.

A los pobladores de la comunidad campesina de Buena Vista del distrito de Julcamarca, por su cálida hospitalidad y el invaluable apoyo brindado durante la ejecución del presente trabajo de tesis.

Índice general

	Pag.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	xii
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I	17
1.MARCO TEÓRICO	17
1.1. Antecedentes.....	17
1.2. Bases teóricas.....	20
1.2.1. <i>El pino (Pinus radiata D. Don)</i>	20
1.2.2. <i>La propagación del pino</i>	24
1.2.3. <i>Usos y beneficios del pino</i>	24
1.2.4. <i>Calidad de plantas</i>	25
1.2.5. <i>Los viveros forestales</i>	30
1.2.6. <i>Insumos y actividades en la producción de plantones en vivero</i>	37
1.2.7. <i>Plagas y enfermedades.</i>	43
1.2.8. <i>La crianza de plantones</i>	44
CAPÍTULO II.....	45
2.METODOLOGÍA.....	45
2.1. Ubicación del ensayo	45
2.2. Características del lugar del vivero forestal.....	45

2.3.	Características climáticas.....	46
2.4.	Análisis del sustrato	47
2.5.	Materiales, equipos y otros	48
2.5.1.	Insumos.....	48
2.5.2.	Equipos	49
2.5.3.	Herramientas.....	49
2.6.	Factores en estudio.....	50
2.6.1.	Variables independientes	50
2.6.2.	Variables dependientes	50
2.7.	Mérito económico	50
2.8.	Diseño experimental	51
2.9.	Características del diseño experimental.....	51
2.8.1.	<i>Dimensiones del experimento</i>	51
2.8.2.	<i>Dimensiones de los tratamientos</i>	51
2.10.	Distribución de campo experimental	52
2.11.	Parámetros de evaluación	54
2.12.	Trabajos preliminares	55
2.11.1.	<i>Limpieza y nivelado del área de producción.</i>	55
2.11.2.	<i>Las semillas.....</i>	56
2.11.3.	<i>Evaluación de calidad de semillas.....</i>	56
2.13.	Conducción del experimento	57
2.12.1.	Tratamientos pre germinativos de la semilla	57
2.12.2.	Cama de almácigo	57
2.12.3.	Siembra o almacigado	58
2.12.4.	Tamizado o zarandeo	58
2.12.5.	Preparación del sustrato	59
2.12.6.	Embolsado.....	60

2.12.7.	Enfilado o acomodo de bolsas.....	61
2.12.8.	Repicado.....	61
2.12.9.	Labores culturales	62
CAPÍTULO III.....		65
3.RESULTADOS Y DISCUSIÓN		65
3.1.	Altura de plantón	65
3.2.	Diámetro de tallo del plantón.....	71
3.3.	Longitud de la raíz	77
3.4.	Peso seco total del plantón.....	81
3.5.	Peso seco de la parte aérea del plantón.....	84
3.6.	Peso seco de la parte radical del plantón	87
3.7.	Relación peso seco de la parte área y radical.....	90
3.8.	Coeficiente de Esbeltez.....	91
3.9.	Índice de calidad de Dickson	92
3.10.	Mérito económico	95
CAPÍTULO IV		99
4.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		99
5.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		101

Índice de tablas

	Pag.
Tabla 1.1. Criterios de clasificación de calidad de plántulas en <i>Pinus taeda</i>	30
Tabla 2.1 Datos meteorológicos de la estación meteorológica de Wayllapampa	46
Tabla 2.2 Análisis de caracterización de los sustratos	48
Tabla 2.3 Descripción de los tratamientos en estudio.....	52
Tabla 2.4 Valor cultural o uso de las semillas	56
Tabla 2.5 Cantidad de sustrato requerido en volumen (m ³) en el experimento.....	60
Tabla 2.6 Cantidad de bolsas requeridos en el experimento.....	60
Tabla 2.7 Aplicación de productos contra plagas y enfermedades en el proceso productivo.	63
Tabla 2.8 Aplicación de nutriente foliar en la propagación de <i>Pinus radiata</i> D. Don. .	64
Tabla 3.1 ANVA de la altura de plantón de <i>Pinus radiata</i> D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los diferentes tipos de sustrato, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.....	65
Tabla 3.2 Prueba de Tukey (0.05) de altura de plantón en la interacción tamaños de bolsa x tipos de sustrato en la propagación de <i>Pinus radiata</i> D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.....	68
Tabla 3.3 ANVA de los efectos simples del tamaño de plantón del <i>Pinus radiata</i> D. Don. Tamaños de bolsa en cada tipo de sustrato y el tipo de sustrato en cada tamaño de bolsa.	68
Tabla 3.4 ANVA del diámetro de tallo del plantón de <i>Pinus radiata</i> D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los diferentes tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.....	71

Tabla 3.5. Prueba de Tukey (0.05) del diámetro de tallo del plantón en la interacción tamaños de bolsa x tipos de sustrato en la propagación de <i>Pinus radiata</i> D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.	74
Tabla 3.6 ANVA de los efectos simples del diámetro de tallo del plantón del <i>Pinus radiata</i> D. Don. Tamaños de bolsa en cada tipo de sustrato y el tipo de sustrato en cada tamaño de bolsa.	75
Tabla 3.7 ANVA de la longitud de raíz del plantón de <i>Pinus radiata</i> D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.....	77
Tabla 3.8 Prueba de Tukey (0.05) de la longitud de la raíz del plantón en la interacción tamaños de bolsa x tipos de sustrato en la propagación de <i>Pinus radiata</i> D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.	80
Tabla 3.9 ANVA del peso seco total del plantón de <i>Pinus radiata</i> D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m...	81
Tabla 3.10. Prueba de Tukey (0.05) del peso seco total del plantón en la interacción tamaños de bolsa x tipos de sustrato en la propagación de <i>Pinus radiata</i> D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.	83
Tabla 3.11. ANVA del peso seco de la parte aérea del plantón de <i>Pinus radiata</i> D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.....	84
Tabla 3.12 Prueba de Tukey (0.05) del peso seco de la parte aérea del plantón en la interacción tamaños de bolsa x tipos de sustrato en la propagación de <i>Pinus radiata</i> D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.....	86

Tabla 3.13 ANVA del peso seco de la parte radical del plantón de <i>Pinus radiata</i> D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.	87
Tabla 3.14 Prueba de Tukey (0.05) del peso seco de la parte radical del plantón en la interacción tamaños de bolsa x tipos de sustrato en la propagación de <i>Pinus radiata</i> D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.....	89
Tabla 3.15 ANVA de la relación peso seco de la parte aérea y radical del plantón de <i>Pinus radiata</i> D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.	90
Tabla 3.16 Análisis de variancia del coeficiente de esbeltez del plantón de <i>Pinus radiata</i> D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.....	91
Tabla 3.17. Análisis de variancia del índice de calidad de Dickson del plantón de <i>Pinus radiata</i> D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.	92
Tabla 3.18 Prueba de Tukey (0.05) del índice de calidad de Dickson del plantón en la interacción tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de <i>Pinus radiata</i> D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.....	94
Tabla 3.19 Costo de producción (costo directo e indirecto) por tratamientos en la propagación de <i>Pinus radiata</i> D. Don.	95
Tabla 3.20 Precio de venta e ingreso bruto en la propagación de <i>Pinus radiata</i> D. Don	97
Tabla 3.21 Ingreso neto en la propagación de <i>Pinus radiata</i> D. Don.....	97
Tabla 3.22 Rentabilidad en la propagación del <i>Pinus radiata</i> D. Don, expresado en beneficio/costo.	98

Índice de figuras

	Pag.
Figura 2.1 Mapa de ubicación del Vivero Forestal de Buena Vista - Julcamarca, lugar donde se instaló el experimento.....	45
Figura 2.2 Climograma o diagrama ombrotérmico	47
Figura 2.3 Croquis de la distribución de los tratamientos del experimento factorial en DCR.	53
Figura 2.4 Cama de almácigo del experimento	57
Figura 2.5 Germinación y crecimiento inicial del pino (<i>Pinus radiata</i> D. Don).....	61
Figura 3.1 Prueba de Tukey (0.05) para la altura promedio de plantón en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de <i>Pinus radiata</i> D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.	66
Figura 3.2 Prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de los tamaños de bolsa en cada tipo de sustrato para la altura de plantón de <i>Pinus radiata</i> D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.	69
Figura 3.3 Prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de los tipos de sustrato en cada tamaño de bolsa para la altura de plantón de <i>Pinus radiata</i> D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.	70
Figura 3.4 Prueba de Tukey (0.05) para el diámetro de tallo del plantón (mm) en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustrato la propagación de <i>Pinus radiata</i> D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.....	72
Figura 3.5 Prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de los tamaños de bolsa en cada tipo de sustrato para el diámetro de tallo del plantón de <i>Pinus radiata</i> D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.....	76

Figura 3.6 Prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de los tipos de sustrato en cada tamaño de bolsa para el diámetro de tallo del plantón de <i>Pinus radiata</i> D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.....	77
Figura 3.7 Longitud de la raíz del plantón (cm) en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de <i>Pinus radiata</i> D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.....	79
Figura 3.8 Prueba de Tukey (0.05) para el peso seco total del plantón promedio (g) en los diferentes de tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de <i>Pinus radiata</i> D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.....	82
Figura 3.9 Prueba de Tukey (0.05) para el peso seco de la parte aérea del plantón (g) en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de <i>Pinus radiata</i> D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.....	85
Figura 3.10 Prueba de Tukey (0.05) para el peso seco promedio de la parte radical del plantón (g) en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de <i>Pinus radiata</i> D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.....	88
Figura 3.11 Prueba de Tukey (0.05) para el índice de calidad de Dickson de los plantones en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de <i>Pinus radiata</i> D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.....	93

Índice de anexos

	Pag.
Anexo 1. Base de datos de las variables evaluadas en campo.....	107
Anexo 2. Costo de producción de <i>Pinus radiata</i> D. Don con el tratamiento B1XS1 ..	109
Anexo 3. Costo de producción de <i>Pinus radiata</i> D. Don con el tratamiento B1XS2 ..	110
Anexo 4. Costo de producción de <i>Pinus radiata</i> D. Don con el tratamiento B1XS3. .	111
Anexo 5. Costo de producción de <i>Pinus radiata</i> D. Don con el tratamiento B2XS1. .	112
Anexo 6. Costo de producción de <i>Pinus radiata</i> D. Don con el tratamiento B2XS2. .	113
Anexo 7. Costo de producción de <i>Pinus radiata</i> D. Don con el tratamiento B2XS3. .	114
Anexo 8. Costo de producción de <i>Pinus radiata</i> D. Don con el tratamiento B3XS1. .	115
Anexo 9. Costo de producción de <i>Pinus radiata</i> D. Don con el tratamiento B3XS2. .	116
Anexo 10. Costo de producción de <i>Pinus radiata</i> D. Don con el tratamiento B3XS3.	117
Anexo 11. Análisis de caracterización de los sustratos.	118
Anexo 12. Diagnóstico fitopatológico en el experimento.	119
Anexo 13. Panel fotográfico.....	120

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en Vivero Forestal Buena Vista, a 2658 msnm, distrito Julcamarca, Huancavelica, con el objetivo de conocer la influencia de tamaños de bolsa de polietileno y tipo de sustratos en la propagación de plantones de *Pinus radiata* D. Don. Se utilizó el Diseño Completamente Randomizado (DCR) con 9 tratamientos, con un arreglo factorial tres tamaños de bolsa de polietileno (4"x7", 5"x8" y 5"x10") x tres tipos de sustratos (tierra negra, compost y humus de lombriz) x 5 repeticiones, constituyendo 45 unidades experimentales. Cada unidad experimental con 30 plantones, totalizando 1350 plantones, los resultados nos muestran que en los parámetros evaluados como altura de plantón (cm), diámetro de tallo (mm), longitud de raíz (cm), peso seco total del plantón (gr), peso seco de parte aérea del plantón (gr), peso seco de la raíz del plantón (gr) y el índice de calidad de Dickson (ICD), la fuente de variación tamaño de bolsa es altamente significativo y la fuente de variación tipo de sustrato no presenta significación estadística; por tanto se concluye que el tamaño de bolsa de polietileno 5" x 10" proporciona mejores condiciones (volumen, altura, sección transversal y contenido nutricional) en la propagación de *Pinus radiata* D. Don, y los tipos de sustratos no influyeron en los parámetros evaluados. Asimismo, se evaluó el mérito económico, determinando que con el tamaño de bolsa de polietileno 4" x 7" y el tipo de sustrato con tierra negra, se obtiene la mayor rentabilidad, destacándose como la opción más eficiente en términos económicos.

Palabra clave: *Pinus radiata* D. Don, sustratos, bolsas.

ABSTRACT

This research was conducted at the Buena Vista Forest Nursery, located at an altitude of 2,658 meters above sea level, in the district of Julcamarca, Huancavelica. The objective was to evaluate the influence of polyethylene bag sizes and substrate types on the propagation of *Pinus radiata* D. Don seedlings. A Completely Randomized Design (CRD) with 9 treatments was used, employing a factorial arrangement of three polyethylene bag sizes (4"x7", 5"x8", and 5"x10") and three substrate types (black soil, compost, and worm humus), with 5 replicates, amounting to 45 experimental units. Each unit consisted of 30 seedlings, totaling 1,350 seedlings. The results indicated that for the parameters evaluated seedling height (cm), stem diameter (mm), root length (cm), total dry weight of the seedling (g), shoot dry weight (g), root dry weight (g), and Dickson's Quality Index (DQI) the size of the polyethylene bag showed a highly significant effect, whereas the substrate type did not exhibit statistical significance. It was concluded that the 5"x10" polyethylene bag size provided the best conditions (volume, height, cross-sectional area, and nutritional content) for the propagation of *Pinus radiata* D. Don seedlings. However, substrate types did not significantly affect the parameters evaluated. Additionally, an economic analysis revealed that using the 4"x7" polyethylene bag size with black soil substrate resulted in the highest profitability, making it the most economically efficient option.

Keywords: *Pinus radiata* D. Don, substrates, bags.

INTRODUCCIÓN

El pino (*Pinus radiata* D. Don), es una conífera muy versátil en su adaptabilidad a distintas condiciones ambientales en distintas partes del mundo. En el Perú, esta especie fue introducido por primera vez en el año 1940 con la finalidad de “cubrir la demanda del uso de la madera en las actividades mineras de la sierra central y como complemento de las economías familiares y comunitarias” (Guariguata et al., 2017, p. 15-17).

Hoy en día esta especie “es de gran interés para la industria por la calidad de su madera y rápido crecimiento” (Zanabria et al., 2014, p. 17). Por otro lado, Cerrón et al. (2018) señala que “esta especie desempeña un papel fundamental en la restauración de hábitats, biodiversidad, funcionalidad, creación de corredores ecológicos, y la recuperación de servicios ecosistémicos y el régimen hídrico”. Por lo tanto, el estado peruano promueve plantaciones de esta especie desde el año 1960 en la región sierra (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2020, p. 25), a través diferentes programas de forestación y reforestación.

En el proceso de producción del pino en viveros, “existen diferentes criterios en relación a la concentración de sustratos, el tamaño de bolsas de polietileno, entre otros. Notándose en algunos casos buenas intervenciones y en otras que generan pérdidas y/o altos costos de producción” (Zanabria et al., 2014, p. 47). Esta debilidad en campo se observa con mayor frecuencia debido a la falta de informaciones probadas, como los tamaños de bolsa de polietileno y tipo de sustratos idóneos, que permitan obtener plántones de pino de calidad y el más económico. A pesar de que se registran trabajos sobre evaluación de los parámetros morfológicos en especies forestales y frutícolas sobre la influencia del tamaño de bolsas y tipo de sustratos, la gran variabilidad en condiciones y procesos de producción en los viveros hace que el conocimiento aún sea limitado, por lo que es necesario realizar más investigaciones al respecto (Pineda et al., 2020). Por lo cual, se evaluó los parámetros morfológicos del plantón del pino (*Pinus radiata* D. Don), utilizando 3 dimensiones de bolsa de polietileno y 3 tipos de sustratos, para promover el uso de los tamaños de bolsa y tipo de sustratos idóneos, así solucionar en parte la

problemática de la baja productividad del pino (*Pinus radiata* D. Don), y pérdidas económicas en los viveros.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el vivero forestal de la comunidad de Buena Vista, 2658 msnm, del distrito de Julcamarca con el objetivo de conocer la influencia de los tamaños de bolsa de polietileno y tipo de sustratos en la propagación de plantones de pino (*Pinus radiata* D. Don). Lo cual contribuirá a un mejor conocimiento tecnológico en la producción de pinos en los viveros forestales, por lo cual se planteó los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Conocer la influencia de tamaños de bolsa de polietileno y tipo de sustratos en la propagación de plantones de pino (*Pinus radiata* D. Don), en el vivero forestal de la comunidad de Buena Vista, Julcamarca, Huancavelica, 2023.

Objetivos específicos

- Evaluar la influencia de los tamaños de bolsa de polietileno en la propagación de plantones de pino (*Pinus radiata* D. Don) en el vivero forestal de la comunidad de Buena Vista, Julcamarca.
- Evaluar la influencia del tipo de sustratos en la propagación de plantones de pino (*Pinus radiata* D. Don) en el vivero forestal de la comunidad de Buena Vista, Julcamarca.
- Evaluar el mérito económico de la propagación de plantones de pino (*Pinus radiata* D. Don), en el vivero forestal de la comunidad de Buena Vista, Julcamarca.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Canchari (2017) evaluó la “influencia de contenedores y sustratos en la propagación de cedro (*Cedrela lilloi*) y fresno (*Fraxinus americana*), en Ayacucho a 2792 msnm”, con el objetivo de:

Evaluar la influencia de tipos de contenedores y sustratos en la propagación de cedro (*Cedrela lilloi*) y fresno (*Fraxinus americana*) en condiciones de Vivero Forestal de Pampa del Arco, en Ayacucho a 2792 msnm; utilizando el diseño experimental de Parcelas Divididas en el Diseño Completo Randomizado (DCR), con 16 tratamientos factorial (2 especies x 2 contenedores x 4 sustratos) con 3 repeticiones. Donde ha empleado bolsas de polietileno de 4” x 7” x 0.002 mm y bandejas de celdas fijas, con dimensiones de 5.5 cm x 6 cm x 10 cm de altura. Los sustratos en estudio fueron: S1 (Tierra negra 50% + arena 33.3% + humus de lombriz 16.7%); S2 (Tierra negra 50% + arena 33.3% + compost 16.7 %); S3 (Tierra negra 50% + vermiculita 33.3% + humus de lombriz 16.7%) y S4 (Tierra negra 50% + vermiculita 33.3% + compost 16.7%) en proporciones de 3:2:1. Los resultados que reporta son las siguientes: La bolsa de polietileno (4” x 7”x 0.002 mm) y el sustrato S4 compuesto en proporción 3:2:1 de (Tierra negra 50% + vermiculita 33.3% + compost 16.7%), respectivamente; proveen las mejores condiciones en la propagación de cedro (*Cedrela lilloi*) y fresno (*Fraxinus americana*). La evaluación de 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; permiten la observación de los efectos del sustrato, contenedor y especie; porque presentan correlación estadísticamente significativa entre sí. Además, determinó el mérito económico o el costo unitario de plantones de cedro y fresno en bolsas de polietileno que fue de: S/. 0.45, S/. 0.44, S/. 0.81 y S/. 0.80; y en bandejas con celdas fijas S/. 0.46,

S/. 0.46, S/. 0.72 y S/. 0.71 para los sustratos S1, S2, S3 y S4 respectivamente. (p. 47)

Quispe (2019) realizó otro trabajo de investigación “influencia del tamaño de bolsas en el crecimiento y desarrollo de patrones de cítricos en el vivero de la E.P. Ingeniería Agroforestal, 580 msnm – Pichari, Cusco”, en condiciones de vivero se realizó la propagación de plantones de cítricos (*Citrus spp*), con el objetivo de:

Evaluar la influencia del tamaño de bolsas (15 x 36 cm y 3.5 mm, 17.5 x 28 cm y 2 mm y 15 x 29 cm y 2 mm) con tres portainjertos cítricos (limón rugoso, mandarina Cleopatra y Citrumelo Swingle CPB 4475), utilizando el Diseño Completamente Randomizado (DCR), con el arreglo factorial de tres tamaños de bolsas y tres portainjertos, con nueve tratamientos y diez repeticiones. Como resultados obtenidos en el ensayo, se reporta que se alcanzó mayor altura de plantones con bolsas de 15 x 36 cm y 3.5 mm, con 106.6 cm a los 120 días después del repique. Los plantones propagados en bolsas 15 x 36 cm y 3.5 mm se registró diferente cantidad de hojas que las dos bolsas y según el portainjerto propagado. En los tres tamaños de bolsa el diámetro de tallo se diferencia significativamente entre los patrones. En los tres tamaños de bolsa, el número de raíces secundarias y longitud de raíz principal se encontró diferencia significativa, entre patrones y diámetro de raíces de los portainjertos no existe diferencia significativa en los tres tamaños de bolsa utilizados, pero existe diferencia significativa entre los portainjertos utilizados. (p.55)

Blanco y Centeno (2017) evaluaron “efecto de 4 tipos de sustratos y 3 envases en la obtención de plantones de pino (*Pinus tecunumanii*) en vivero, Paucartambo - Pasco”, con el objetivo de:

Evaluar la calidad de plantón de pino influenciado por 4 tipos de sustratos (compost, humus de lombriz, sustrato importado, y sustrato micorrizada) y 03 tipos envases (bandejas, embolsado 4X7 y embolsado 5X7), aplicando la siembra directa, diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con factorial de 4A x 3B. Donde el resultado de la investigación fue que el tratamiento B2S3 (Humus de lombriz y envase 5x7) ha tenido mayores promedios con respecto al porcentaje de emergencia (86%) y calidad de plantón. Entre tanto recomienda el uso de sustrato con humus de lombriz y el sustrato micorrizada con envases o bolsas de 5 x 7. (p. 34)

Romero (2016) realizó la investigación “influencia del tamaño de envase y edad de plantón sobre el crecimiento inicial de *Swietenia macrophylla* KING - Huánuco”, con el objetivo de:

Evaluar la influencia del tamaño de envase y edad de plantón sobre el crecimiento inicial de la caoba, utilizando el Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) con dos factores (Factor A, tamaño de envase y Factor B, edad del plantón), siendo las variables evaluadas de calidad morfológica para la fase de vivero y la calidad de respuesta a tres meses de establecidos en terreno definitivo. Fruto de la investigación reporta que el tamaño de bolsa grande (6” x 10”) y mediana (5” x 8”) fue significativo en las variables diámetro a nivel del cuello para la fase de vivero, incremento de la altura total e incremento del diámetro a nivel del cuello, considerados como calidad de respuesta, mientras que para las demás variables no hubo diferencias; para el factor tiempo de permanencia en el vivero, los plantones de caoba presentaron diferencias en los diferentes atributos morfológicos y de respuesta, a excepción del potencial de regeneración de raíces, mortalidad y sanidad; además, solo se registró interacción estadísticas para las variables cantidad de hojas, incremento de la altura total y el incremento del diámetro a nivel del cuello, llegando a la conclusión de que los factores causaron efectos de manera independiente sobre la calidad del plantón de la caoba. (p. 32)

Vargas et al. (2020) evaluaron el “efecto de tamaño de envases y tres tipos de sustratos para la obtención de portainjerto de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en vivero experimental de Sahuayaco - La Convención, Cusco”, con el objetivo de:

Determinar la dimensión adecuada de envase, tipo de sustrato y la interacción entre estos, para garantizar la obtención de portainjertos de calidad en cacao. Se utilizaron semillas pre germinadas de cacao IMC67 y para caracterizar el comportamiento de los portainjertos, se evaluaron a los 120 días, longitud de tallo (cm), diámetro del tallo (cm) y número de hojas. Se obtuvieron los mejores resultados con la dimensión de envase 8”x12”x2 mm y el tipo de sustrato 1: mezcla 3:1:1/4; tierra agrícola: cascarilla de arroz: gallinaza, respecto a las tres variables evaluadas. En cuanto a la interacción de estas, se concluyó que el sustrato e1 fue determinante para la obtención de las mejores medias, según las variables estudiadas, mas no la dimensión de envases en la mayoría de los tratamientos. (p. 128)

1.2. Bases teóricas

1.2.1. El pino (*Pinus radiata* D. Don)

1.2.1.1. **Origen y ecología.** Según Michel (2003) “el pino (*Pinus radiata* D. Don), es un pino serótino originario de la costa pacífica de Norteamérica” (p.12).

Por otro lado, Libby y Brown (1997, como se citó en Michel, 2003) según sus estudios realizados, “encontraron tres variedades con cinco orígenes: var. *radiata* (Año nuevo, Monterrey y Cambria); var. *binata* (isla Guadalupe); y var. *cedrosensis* (isla cedros)” (p.12).

Desde la posición de McDonald y Laacke (1990) el pino adopta diferentes denominaciones.

Esta especie es conocido también por sus nombres comunes como: pino radiata o pino insigne, pino radiata es la más utilizada en todo el mundo; pino insigne es el equivalente español. El nombre científico (*Pinus radiata* D. Don) está referido a las fuertes marcas que presenta en las escamas del cono y fue observada por primera vez por Thomas Couler en Monterrey. (p.880)

Los rodales nativos del pino (*Pinus radiata* D. Don), “se reduce a unos pocos miles de hectáreas en tres puntos costeros de la California central, Año Nuevo, Monterrey y Cambria, nominadas de norte a sur, y en algunas zonas de las islas mexicanas de Guadalupe y Los Cedros” (Sánchez & Rodríguez, 2012, p. 3).

Para Scott (1961, como se citó en Sánchez y Rodríguez, 2012) las características climáticas para *Pinus radiata* D. Don son:

El clima representativo del hábitat natural de la especie es de tipo mediterráneo, muy atemperado por su cercanía al litoral y por las nievas estivales que son producidas por las corrientes frías marinas que descienden hacia el sur a lo largo de toda la costa desde donde las aguas frías de las corrientes que fluyen hacia el sur provocan alta humedad, bajas temperaturas y nieblas de verano. (p.4)

Según McDonald y Laacke (1990) las condiciones climáticas medias en el litoral continental son:

- Una precipitación media anual de gran variabilidad interanual, que disminuye de norte a sur entre 890 y 380 mm, con un máximo invernal, y ausencia de lluvias en julio y agosto.
- Alta humedad relativa, mínimas del orden del 60 – 70%, y numerosos días con niebla en verano e invierno, que producen precipitaciones horizontales de hasta 15 mm/semana en las elevaciones costeras.

- Escasa oscilación térmica anual, con temperaturas medias anuales de 9 – 11°C y 16 – 18°C en los meses de invierno y verano respectivamente.
- Temperaturas extremas de -5 y 41°C, con 300 días libres de helada al año. No se producen nevadas ni granizos. (p. 880)

En relación con las plantaciones más significativas y la utilización de la madera del pino (*Pinus radiata* D. Don) a nivel global, el Centro de Investigación Forestal [CIF] Lourizán (2017) ha indicado que:

Gracias a su rápido crecimiento y la calidad de su madera, en la primera mitad del siglo XX ya se consideraba la conífera más cultivada a nivel mundial. Hoy en día, las plantaciones de esta especie abarcan 4,2 millones de hectáreas en todo el mundo, siendo Chile, Nueva Zelanda y Australia los países con la mayor extensión de cultivo, con 1,5; 1,5 y 0,77 millones de hectáreas, respectivamente. Por otro lado, la madera del pino insigne se emplea en los distintos países del mundo para la producción de pasta de papel, madera de sierra, así como para producir madera estructural, tableros de fibras y partículas.

De manera similar, McDonald y Laacke (2004) han destacado la relevancia de las plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en algunos países del mundo, indicando lo siguiente:

En los países de Argentina, Chile, Uruguay, Kenia y la República de Sudáfrica, las plantaciones del pino de Monterrey son muy importantes debido a que significan un pilar de la economía forestal, sirve a los mercados internos, genera valiosas reservas de divisas como exportación y reduce la presión de tala sobre los bosques nativos (p.880).

1.2.1.2. Fisonomía del árbol. Al respecto, Vinueza (2013) señala las siguientes características:

- Árbol: Alcanzan hasta los 30 m de altura y 70 cm de DAP.
- Tronco: Es cónico y recto.
- Corteza: La corteza externa es café agrietada y la corteza interna es crema rosácea. Segrega una resina transparente.
- Copa: Es alargada y cónica. (s.f., párr. 3)

1.2.1.3. Clasificación taxonómica. Según Saldana (2012); Condor y Pardo (2021), la taxonomía del pino (*Pinus radiata* D. Don) se estructura de la siguiente forma.

- Reino : Plantae
- Subreino : Cormofito
- División : Cormofito embrionario
- Subdivisión : Gimnosperma
- Clase : Coníferas
- Subclase : Pinidae
- Orden : Pinales
- Familia : Pinaceae
- Subfamilia : Pinoidea
- Género : Pinus
- Especie : Radiata
- Nombre Científico : *Pinus radiata* D. Don
- Sinonimia : *Pinus Insignis Douglas.*
- Nombres Comunes : Pino Radiata, Pino Monterrey, Pino Insigne (p.10)

1.2.1.4. Características de la especie

1.2.1.4.1. Las hojas. Las hojas “son acículas largas (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” (Rodríguez et al., 2010, p. 5).

1.2.1.4.2. Las flores. Al respecto podemos citar a la Revista Forestal de Centroamérica (s.f.), quién define las flores del pino de la siguiente manera:

Las flores son pequeñas y monoicas (órganos masculinos y femeninos en flores distintas, pero en la misma planta). En inflorescencias terminales los estambres son amarillos y los carpelos rojizos ambos en forma de escamas, delgados y membranosos. Los óvulos quedan al descubierto en espera de ser fecundados y las anteras se abren con una copiosa cantidad de polen. Aunque hay excepciones, es normal que las flores femeninas se encuentren en la parte superior de la copa y las masculinas en ramas inferiores. (p.1)

1.2.1.4.3. El cono o estróbilos. El fruto de los pinos es “conos ovoides de color café oscuro, lustrosos, con escamas leñosas. Las piñas permanecen sujetas al árbol durante muchos años, conservando en buen estado la semilla, al caer arrastran consigo el peciolo” (Rodríguez et al., 2010, p. 5).

1.2.1.4.4. Las semillas. Al respecto Estrata (1997), ha señalado que:
La semilla no está encerrada en un fruto, sino que está expuesta sobre las escamas de los conos (piñas), característica de las gimnospermas, donde las semillas están protegidas dentro de un fruto (aladas). El cono del pino al madurar, deja caer unas 200 semillas aladas de 4 mm (el peso de 100 semillas es de 20 a 30 gr), de color grisáceo intenso (las de color café marrón son vanas), de aspecto triangular. (p. 14)

1.2.1.4.5. Las raíces. Al respecto Sánchez (2016), ha señalado que:
El pino posee un sistema radical potente raíz principal (pivotante) en su estado joven 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. (p.37)

1.2.1.5. Requerimientos edafoclimáticos. Según Vinueza (2013), los requisitos edafoclimáticos esenciales para el crecimiento y desarrollo óptimo del pino (*Pinus radiata* D. Don) son los siguientes:

El pino radiata necesita suelos franco arenosos, bien drenados, con pH neutro a ligeramente ácido, con profundidades de al menos de 25 cm para establecerse y superiores a 1 metro para alcanzar su altura normal. Es una especie exigente en Fósforo, Boro y Zinc, en cuanto a luminosidad, es una planta heliófita por lo que requiere abundante luz solar. Por otro lado, las condiciones climáticas óptimas para esta especie son: temperatura entre 11 - 17 °C, precipitación entre 800 – 1300 mm y el rango altitudinal entre 1800 - 3500 m.s.n.m. (p.1)

Sobre las características meteorológicas del hábitat natural del pino, Gandullo et al. (1974, como se citó en Duran, 2018) han señalado que:

El pino (*Pinus radiata* D. Don) en su distribución natural crece en altitudes de hasta 420 msnm, con una precipitación media anual entre 425 y 700 mm. El clima

del área de procedencia natural de la especie destaca por ser benigno respecto a temperaturas, con un escaso período de heladas y temperaturas estivales moderadas. (p. 8)

Por otro lado, Duran (2018) señala que “el crecimiento de las plantaciones de pino (*Pinus radiata* D. Don), disminuye a medida que aumenta la elevación sobre el nivel del mar, lo que puede ser explicado parcialmente por la disminución de la temperatura con la elevación” (p. 7).

1.2.2. La propagación del pino

Según Hartmann y Kester (1997, como se cito en Choque, 2015), sostienen que la propagación es el “proceso de multiplicar plantas por medios tanto sexual y asexual” (p. 9).

1.2.2.1. Propagación sexual. Según Choque (2015), la propagación del pino “se realiza comúnmente mediante semilla, pero el crecimiento es un poco lento y un cultivo forestal puede tardar un tiempo relativamente largo para que la planta llegue a tener una altura aceptable y poder ser trasplantada al suelo definitivo” (p. 2).

1.2.2.2. Propagación asexual. Al respecto la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2003), sostiene que “es posible propagar el pino (*Pinus radiata* D. Don), mediante los métodos tradicionales de propagación vegetativa, como las varetas, acodos, esquejes, raquetas y estacas” (p. 4).

1.2.3. Usos y beneficios del pino

El Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM, 2020) sobre los usos y beneficios que ofrece esta especie señaló lo siguiente:

Con la llegada de esta especie al país, se comenzó a emplearlas tal como se utilizaban las especies nativas: para leña y como cercos de chacras, huertas, separación de linderos y otros. A nivel de los departamentos de la sierra, las comunidades campesinas han venido trabajando la forestación y reforestación mediante prácticas tradicionales de plantación como sistemas agroforestales asociados a cultivos, huertos, cercos, linderos, cortinas rompeviento; así como también, en terrenos comunales en plantaciones puras o en macizo, donde los distanciamientos empleados eran de 3 m x 3 m y 2,5 m x 2,5 m. (p. 46)

Además, al respecto Gálvez (2015) señala lo siguiente:

Se usa para la producción de madera, pulpa y celulosa, a nivel mundial se le ha utilizado para aserrío, repostería, cajas y en la construcción. Es utilizado para muebles, pulpa y papel, envases, tableros aglomerados, tableros contrachapados, y de fibras, ebanistería, tapicería, entre otros. (p. 92)

1.2.4. Calidad de plantas

Según de Prieto et al. (2009), la calidad de planta se define como “la capacidad que tienen los individuos para adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio, y depende de las características genéticas del germoplasma y de las técnicas utilizadas para su reproducción” (p. 7). Por lo tanto, las “adecuadas prácticas de manejo en vivero permitirán generar plantas de alta calidad. Respecto a la calidad de plantas en campo definitivo, está es determinada por las condiciones que se dan en el vivero, transporte a campo y posterior plantación” (Ramos & Lombardi, 2020, p.133).

Por otro lado, López (1990, como se citó en Muñoz et al., 2013), sostuvo que el problema principal que se observan en los viveros forestales es:

Que las plantas producidas no son de calidad; en consecuencia, si el sitio de plantación presenta inconvenientes climáticos o de suelo, tales como escasez de agua, temperatura extrema alta o baja; suelos de baja fertilidad o propiedades físicas poco deseables se fracasará en el establecimiento de plantaciones. Para evitar este tipo de contratiempos es necesario producir planta en el vivero que presente buenas dimensiones, vigor y tasas de crecimiento. (p. 2)

Por ello, Mas (2003, como se citó en Ramos y Lombardi, 2020), sostiene que “la calidad de las plantas producidas en el vivero es fundamental para un programa de plantaciones forestales, lo que aumenta la probabilidad de sobrevivencia y desarrollo cuando se les lleva a su lugar definitivo” (p.133).

Por lo tanto, sobre el éxito de propagar plantas de calidad en el vivero, Luis et al. (2004, como se citó en Morales, 2013), sostuvieron que:

Lograr la calidad de la planta está en función de las diferentes técnicas y tratamientos culturales que el viverista realice desde el momento de la germinación de la semilla hasta la salida de la planta a campo, y esto se logra a partir del empleo correcto del tipo de contenedor, el tipo de sustrato, la fertilización, la micorrización, el manejo del agua, la temperatura y la luz, así como el reacondicionamiento al estrés hídrico. (p. 2)

Dentro de este marco, las características de la planta que pueden medirse y la proporción de esas características se pueden calcular. Entre ellas, la altura del tallo, diámetro del cuello de la raíz, relación diámetro/altura y características visuales de hojas o acículas, tallos y raíces. De ahí que para la determinación de la calidad de planta se calculan los siguientes indicadores: índice de robustez o índice de esbeltez, índice de calidad de Dickson, relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz, índice de lignificación, relación altura/longitud de la raíz (Morales, 2013, p. 23).

1.2.4.1. Atributos morfológicos. Al respecto podemos citar a Rodríguez (2008), quien a sostenido de la siguiente manera:

Con este grupo de atributos se esperan una o varias características morfológicas al término del ciclo productivo de las plantas en el vivero, se correlacionen con la supervivencia y crecimiento, uno o más años después de establecida la plantación. Algunos atributos morfológicos considerados y sus ventajas potenciales en el sitio de plantación son las siguientes:

- A mayor diámetro del cuello de la raíz, será mayor la supervivencia y el crecimiento en volumen, además será más resistente a daños por animales y al calor.
- A mayor altura de planta, esta será mejor competidor contra hierbas y arbustos.
- Con acículas secundarias numerosas, favorece en la mayor regulación de pérdida de agua, mejor intercepción y utilización de la luz para llevar a cabo la fotosíntesis.
- Con un sistema radical fibroso, favorece a la mayor exploración del suelo por agua y nutrientes, más puntos de iniciación para raíces finas.
- La baja relación altura/diámetro, se tiene la mejor resistencia a desecación por viento, mayor supervivencia y crecimiento en sitios secos. (p. 111)

1.2.4.1.1. Altura de planta. Al respecto podemos citar a Rodríguez (2008), quien ha señalado lo siguiente:

Esta es una variable muy fácil de medir, y se ha determinado que existe correlación entre la altura al momento de la plantación y la supervivencia y el crecimiento uno o más años después en varias especies. En algunos viveros la planta muy grande se elimina, porque representa mayor dificultad para ser plantada, es más susceptible de sufrir daños mecánicos (viento), y su relación entre biomasa aérea y subterránea esta fuera de balance. Por otro lado, la planta

más pequeña es más susceptible de ser afectada por el fuego, pisoteo, competencia, y otros factores. (p. 114)

1.2.4.1.2. Diámetro del cuello del tallo. Según Thompson (1985, como se citó en Rodríguez, 2008), “esta variable se considera generalmente ligeramente por encima del cuello de la raíz, aunque sea un poco más difícil de ser medido, se considera en general que el diámetro es el mejor indicador de calidad de planta que la altura” (p. 116).

Muchas investigaciones han encontrado que, a mayor diámetro a la altura del cuello, mayor supervivencia en el sitio de plantación. Es así que según los estudios realizados por Barnett (1984, como se citó en Rodríguez, 2008) sostiene que “para el caso de árboles producidos en contenedor, se requiere de un diámetro igual o mayor a 4.4 mm” (p. 117). Mientras para Cordell et al. (1990, como se citó en Rodríguez, 2008) “los árboles producidos a raíz desnuda el mínimo diámetro es igual a 10 mm” (p.117).

Sin embargo, otras investigaciones muestran que no en todos los ambientes las plantas de mayor diámetro tienen la mayor supervivencia, por ejemplo, South et al. (1995, como se citó en Rodríguez, 2008) señalan de la siguiente manera:

En Alabama, plántulas de *Pinus tadea* con 2.5 mm de diámetro tuvieron 62% de supervivencia a los 4 años de plantadas, mientras que aquellas con 5.1 mm tuvieron el 83%. En tanto que, en otra localidad en Virginia, aquellas con 1.3 mm alcanzaron el 73%, en comparación con 79% para las plántulas con 5.1 mm. (p.117)

1.2.4.1.3. El sistema radicular. Al respecto Rodríguez (2008) señala que la función de la raíz “es proporcionar sostén, avenirse agua y nutrimentos y participar en relaciones simbióticas” (p. 118).

Por otro lado, Chavasse (1980, como se citó en Rodríguez, 2008) considera que “las variables para estimar la calidad de la raíz son: La fibrosidad, la morfología de la raíz principal, el desarrollo de las micorrizas, biomasa, volumen o longitud” (p. 118).

1.2.4.1.4. Biomasa. Al respecto Rodríguez (2008) sostiene que “la biomasa ha sido correlacionada con la supervivencia y crecimiento posterior de muchas especies, por diversos investigadores, donde se emplean principalmente la biomasa anhidra (total, aérea, subterránea), pero en menor cuantía se utiliza la biomasa en verde” (p. 120).

1.2.4.2. Índices morfológicos. Al respecto Rodríguez (2008) sostiene que las “relaciones numéricas entre diferentes indicadores individuales también arrojan información sobre la condición de la planta, y los principales indicadores de esta clase son la relación biomasa aérea entre biomasa subterránea, el índice de esbeltez y el índice de Dickson” (p. 120).

1.2.4.2.1. Relación biomasa aérea entre biomasa subterránea. Al respecto Rodríguez (2008) sostiene que:

Este índice representa en términos generales la proporción entre tejido evapotranspiracional o productor y tejido absorbedor de agua y nutrientes. Si tal valor es igual a uno, significa que la biomasa aérea es igual a la biomasa subterránea, si el valor es menor a uno la biomasa subterránea es mayor que la biomasa aérea y si el valor es mayor a uno la biomasa aérea es mayor que la biomasa subterránea. (p.120)

Por otro lado, para referirse sobre la relación biomasa aérea/biomasa subterránea (2008) señaló que:

Independientemente de la tecnología de producción utilizada, si se quiere reforestar un sitio con limitaciones de humedad, los arbolitos con una menor relación biomasa aérea/biomasa subterránea (por ejemplo = 0.75), tendera a la aclimatación y sobrevivir mejor en ese sitio que aquellos con una mayor relación biomasa aérea/biomasa subterránea (por ejemplo = 1.20). (p.121)

1.2.4.2.2. Índice o coeficiente de esbeltez. Al respecto podemos citar a Rodríguez (2008) quien sostiene que:

Este índice se obtiene dividiendo la altura de la planta (en cm) entre el diámetro a nivel del cuello de la raíz (en mm). Tanto menor sea su valor más bajo y grueso es el arbolito, tendiendo a ser más apto para ambientes con limitaciones de humedad, y viceversa (p. 121).

Su modelo es la siguiente:

$$CE = (h)/(d)$$

Donde:

- **CE** : Es el índice o coeficiente de calidad.
- **h** : La altura de planta (cm).
- **d** : El diámetro a la altura del cuello de la raíz (mm).

1.2.4.2.3. Índice de Calidad de Dickson. Según Rodríguez (2008) “este índice combina cinco variables morfológicas y fue usado con éxito por sus creadores en *Picea glauca* y en *Pinus albicaulis*” (p. 121).

Su modelo es la siguiente.

$$QI = \frac{p}{\frac{h}{d} + \frac{pa}{ps}}$$

Donde:

- **QI** : Es el índice de calidad.
- **p** : Peso anhidro total de la planta (g).
- **h** : La altura de planta (cm).
- **d** : El diámetro a la altura del cuello de la raíz (mm).
- **pa** : El peso anhidro de la parte aérea (g)
- **ps** : El peso anhidro de la parte subterránea (g)

Tabla 1.1*Criterios de clasificación de calidad de plántulas en Pinus taeda.*

Calidad	A (cm)	D (mm)	Tallo	Corteza	Acículas	Yema invernal
1	15-35	≥ 0.5	Firme, leñoso	En todo el tallo	Casi todas en 3's y 2's	Usualmente presente
2	12.5-20	≥ 0.3	Moderada- mente firme	En la parte baja del tallo	Parte en 3's y 2's	Ocasional- mente presente
3	<15	< 0.3	Débil, suculento	Ausente	Todas sencillas	Casi nunca presente

Nota: Wakeley (1954, como se citó en Rodríguez, 2008). p.123

Entonces Morales (2013), sostiene que la importancia de evaluar las características de las plantas en el vivero es:

En razón de saber la proporción de las características o índices, puesto que, nos permiten saber la calidad de la planta con las que se cuenta, y en razón a esto, saber el éxito de las plantas después de la plantación, principalmente saber sobre la supervivencia en campo. (p. 2)

1.2.5. Los viveros forestales

Al respecto Solano (2013), señala que “el vivero forestal, es aquel lugar destinado a la obtención, con el mejor rendimiento posible, de plántulas de óptima calidad y capaces de soportar satisfactoriamente las condiciones impuestas en la post plantación” (p.27).

También, Prieto et al. (2009) señalaron que “los viveros forestales son importantes en los programas de reforestación, al ser sitios donde las plantas reciben los cuidados necesarios durante su germinación y creciendo, lo que les permite a estas asegurar su sobrevivencia y desarrollo en campo” (p. 6).

También podemos citar a Cuellar y Garrido (2020), quienes sostienen que:

Un vivero forestal es un espacio de terreno seleccionado previamente por determinadas características, que se diseña y construye con ambientes para facilitar la germinación y crecimiento de plantas forestales nativas y exóticas, frutales, ornamentales y medicinales, de la mejor calidad y al menor costo. Además, el vivero forestal es un lugar que cuenta con un conjunto de

instalaciones, equipos, herramientas e insumos, en el cual se aplican técnicas apropiadas para la producción de plántulas, como temperatura, luz, agua, nutrientes y sanidad controlando la calidad desde la semilla hasta que tenga el tamaño, calidad y edad adecuada para ser instaladas en el lugar definitivo de la plantación. (p.6)

1.2.5.1. Clasificación de los viveros. Según Solano (2013) los viveros se clasifican de la siguiente manera:

Según su finalidad pueden ser viveros de producción o de investigación; según su producción puede haber viveros ornamentales, forestales y frutícolas; según su duración puede haber viveros permanentes y temporales o volantes; y según su ubicación puede haber viveros centralizados, regionales y descentralizados. (p.27)

1.2.5.2. Criterios para la creación de un vivero

1.2.5.2.1. La ubicación del vivero. Según Solano (2013), la ubicación idónea a elegir para la instalación de un vivero, se tienen que considerar o tener en cuenta muchos factores, tales como:

- **El costo de transporte de plantas:** La distancia entre vivero y lugar de plantación, el tipo de plantón (raíz desnuda o en bolsas), medios de distribución y caminos de acceso.
- **Existencia de otros viveros:** Evitar duplicidad de esfuerzos.
- **Infraestructura existente:** Mano de obra disponible cerca de un poblado, alimento y vivienda, cerca de una carretera (ingreso de materiales y salida de plántones), aprovechar la infraestructura existente: ejemplo riego.
- **Exposición de los terrenos a los microclimas:** debe estar situado en un lugar similar al terreno de plantación, en todo caso crear micro eco climas.
- **Disponibilidad de agua de calidad apropiada:** es un requisito indispensable y la cantidad necesaria.
- **Suelo y topografía:** Buen drenaje, capacidad de retención de humedad, suelos profundos, sin piedras y fértiles. El terreno debe ser plano hasta 2% de pendiente, caso contrario podría hacerse terrazas.
- **Disponibilidad de tierra orgánica, arena, etc.:** Costo de transporte de insumos, productos y materiales. (p. 28)

1.2.5.2.2. Determinación del área del vivero. Según Solano (2013), el área total de un vivero generalmente es el doble de la superficie ocupada por las plantas y depende de los siguientes factores:

- El área para reforestar.
- El sistema de plantación.
- La especie para utilizar más 30 – 40% de plantones.
- El tipo de producción: Raíz desnuda o bolsa.
- El tiempo de permanencia de los plantones en vivero.
- Número máximo para producir por año.
- La infraestructura del vivero (+ 25% del área).
- La pérdida por plagas, enfermedades, transporte, etc. (p. 28)

1.2.5.2.3. La forma del vivero. Desde la posición de Solano (2013), la forma del vivero tiene que tener una forma regular y sin embargo “considerando que en la sierra no existe terrenos adecuados, hay necesidad de que el área del vivero debe tener una forma regular con cuatro lados” (p. 29).

1.2.5.2.4. Características del vivero. Según Solano (2015) los viveros presentan características diferentes, por ejemplo:

El vivero de producción no debe tener una gran variedad de especies, pues lo eleva el costo. Se recomienda entre 3 – 5 especies. Una gran variedad de especies se justifica en caso de investigación, con fines demostrativos o para la instalación de un arboreto, no obstante la imposibilidad de reunir las condiciones para la creación de un vivero, es necesario considerar las siguientes características: Disponibilidad de agua de buena calidad, tamaño de acuerdo a las necesidades y forma rectangular con dirección al eje mayor norte – sur, suelo de textura liviana, con buen drenaje pero con capacidad de retención de agua; topografía casi plana (1 – 2). (p.29)

1.2.5.3. Sistemas de producción. Al respecto podemos citar a Oliva et al. (2014), quienes han definido de la siguiente manera:

Los sistemas de producción son aquellos métodos que permiten propagar y manejar plántulas forestales en los viveros. De la adecuada selección de plántulas

forestales depende: la calidad de las plantas, el costo por planta, la cantidad de terreno requerida en el terreno, costos de reforestación, la facilidad del transporte del material, el desarrollo de los árboles en el campo. (p. 10)

1.2.5.3.1. Sistema de producción a raíz desnuda. Al respecto Buamscha et al. (2012) señalan que:

Son las que se producen mediante el sistema tradicional en almácigos o canteros, al aire libre. Por lo tanto, cuando se extraen del almácigo o cantero para ser llevadas al sitio de plantación, sus raíces se desprenden del suelo quedando “desnudas” lo que da origen a su nombre. (p. 15)

1.2.5.3.2. Sistema de producción en recipientes individuales. Sobre el sistema de producción en recipientes individuales Rodríguez (2010), ha señalado lo siguiente:

La producción de planta recipientes individuales o contenedores es el más utilizado, esta tiene sus ventajas y desventajas. Algunas de las principales ventajas son que, en el sitio destinado al vivero, no se requiere tener un suelo de buena calidad; la permanencia de las plantas en vivero es más corta y las raíces no son expuestas al calor ni al aire durante el transporte al campo. Por otro lado, las desventajas que se deben tomar en cuenta son que las plántulas generalmente se producen a mayor costo; lo voluminoso de los cepellones plantea mayores problemas en el almacenaje y transporte hacia la plantación y se transportan al campo menor número de plántulas por viaje. (p. 17)

Por otro lado, podemos citar a Rodríguez (2008), quién ha sostenido de la siguiente manera:

Este sistema se puede llevar a cabo por siembra directa en bolsa o mediante trasplante, y las operaciones que involucra este sistema son obtención de sustratos, cribado o lavado, desinfección de sustratos, mezclado, micorrización, llenado de bolsa, acomodo en camas de crecimiento, desinfección de la semilla, siembra, cultivo, y preparación de la planta para ser llevada al sitio de plantación. (p.72)

Por otro lado, según Sánchez et al. (2016) “las características del envase son importantes en la producción con este sistema, porque pueden influir en la morfología y calidad de la planta, principalmente las características de la raíz” (p. 481).

1.2.5.4. Componentes o partes del vivero.

1.2.5.4.1. Camas germinadoras o de almácigo. Oliva et al. (2014), manifiestan de la siguiente manera para referirse a camas de almácigo:

Las camas de almácigo son las que reciben las semillas y permiten la germinación de estas, el sustrato que aloja a las semillas estará compuesta de tierra negra y arena en una proporción de 2:1, esto generalmente para semillas que no cuentan con nutrientes almacenados, para el caso de semillas que disponen de cotiledones donde se almacenan nutrientes para alimentar a las semillas y a las plantitas germinadas, el sustrato debe consistir tan sólo de arena. El almacigado consiste en distribuir las semillas uniformemente sobre la cama de almácigo, para luego cubrirlas con una capa superficial del sustrato utilizado. (p. 12)

Por otro lado, Solano (2013) ha señalado que las labores culturales o cuidados posteriores en el almácigo a considerarse son las siguientes:

- **Riego:** Se puede realizar un día antes o al momento de la siembra, tratando de dejar a capacidad de campo. también se debe regar inmediatamente después de la siembra, a razón de 1 lt. por metro cuadrado, posteriormente, los riegos serán para mantener la humedad.
- **Aclareo:** De ser necesario se realiza el aclareo, es decir, extraer plántulas cuando la densidad de siembra es alta, para evitar el ataque de enfermedades.
- **Deshierbe:** Se realiza siempre y cuando existan malezas, para evitar la competencia por agua, luz, nutrientes y espacio.
- **Protección:** Es necesario proteger la semilla en el proceso de germinación y crecimiento de plantas contra extremos climáticos (frío y calor) con alguna cubierta hecha de materiales de la zona (paja, carrizo, etc.). así mismo un cerco de malla de alambre de ½ pulgada para proteger contra aves y roedores. (p.36)

1.2.5.4.2. Camas de repique. Oliva et al. (2014), sostienen que se puede entender de la siguiente manera el concepto de camas de repique:

Las camas de repique son las que reciben a las plantas producidas en las camas de almácigo, para nuestro caso las camas de repique acogen a las bolsas de polietileno llenas de sustrato, las que reciben a las plantitas. Esta actividad de preferencia debe realizarse en horas de la tarde o cuando no exista mucha intensidad solar (nublado). (p. 12)

Por otro lado, podemos citar a Solano (2013) para definir el término repique, quien señala lo siguiente:

Es una actividad que consiste en trasladar la plántula a recipientes individuales o platabandas, con el objetivo de proveer suficiente espacio a la plántula para que se pueda desarrollar adecuadamente hasta el momento de ser llevado a campo definitivo. Esta actividad se efectúa cuando las plántulas alcanzan 7 – 10 cm de altura o 4 – 5 hojitas. (p.38)

Además, Solano (2013) sostiene sobre los tipos de repique y las operaciones o cuidados a considerarse antes y después del repique:

Los tipos de repique pueden ser: En platabandas (producción a raíz desnuda) y en recipientes individuales (bolsas de polietileno). Además, las operaciones o cuidados a considerarse en el pre y post repique son las siguientes:

- Horas antes debe regarse la cama de almácigo, para facilitar la extracción de plántulas;
- Después de su extracción, las plántulas, inmediatamente deben colocarse en un recipiente con agua, para proteger las raíces;
- Una vez extraído aproximadamente 150 – 200 plántulas, se llevan a las camas de repique. Estas también deben estar húmedas y en condiciones adecuadas para recibir a las delicadas plántulas;
- Para repicar, se realiza el hoyo en la parte central del sustrato con la ayuda de un hoyador, luego las plántulas deben tomarse por sus cotiledones u hojas e introducir a los hoyos, cuidando de que las raíces no queden dobladas hacia arriba. Se llena el hoyo con sustrato y se presiona ligeramente para eliminar los espacios entre las raíces y el sustrato;
- Las raíces con más de 5 – 6 cm deben ser podadas;
- Se procede a regar y a colocar el tinglado para proteger contra la insolación del día y el frío de la noche aproximadamente por espacio de 30 a 45 días;
- Es importante la remoción de plantones en la etapa de producción, que se inicia a partir de los 45 – 60 días previa evaluación, con la finalidad de evitar enraizamiento de plantas en el suelo del vivero y clasificar de acuerdo al tamaño, sanidad y vigorosidad;
- El “agoste” es otra actividad que se realiza en la etapa de producción, que consiste en disminuir la cantidad de agua a la planta de modo que los tejidos adquieren una significación adecuada y sean capaces de soportar los extremos

climáticos en campo definitivo, aproximadamente 45 días antes de la plantación. (p. 39)

1.2.5.4.3. Protección del vivero. Al respecto Cuellar y Garrido (2020) señalan que “la protección de los viveros se construyen los cercos perimétricos, esta acción importante se realiza con la finalidad de impedir el ingreso de animales y personas ajenas que puedan causar daño a la infraestructura y plantones existentes en el vivero” (p.13).

1.2.5.4.4. El tinglado o techos. Al respecto Oliva et al. (2014), señalan que los tinglados cumplen una función muy importante dentro de un vivero forestal, pues “producen sombra a las semillas almacenadas y a las plantas repicadas, regulan el ingreso de luz solar y distribuyen el agua de lluvia evitando el chorreo. Se sugiere que la confección de los tinglados sea fácilmente desarmable” (p. 12).

1.2.5.4.5. Instalación del sistema de riego. Al respecto Cuellar y Garrido, (2020) sostienen que “el riego puede realizarse a través de regaderas de mano, mangueras, riego por aspersión, por goteo o micro aspersión. Se recomienda siempre controlar la cantidad de riego ya que puede ser una vía para el ataque de hongos fitopatógenos” (p. 15).

1.2.5.4.6. Área de preparación de sustrato. Al respecto Cuellar y Garrido, (2020) sostienen que:

Es el área destinada para el almacenamiento de la tierra, arena, abono orgánico etc. Allí se realiza el cernido o tamizado de estos insumos, para luego formularla mezcla del sustrato de acuerdo con la especie a producir, esta mezcla luego debe ser llenadas en las bolsas. (p. 15)

1.2.5.4.7. Área de almacén y servicios higiénicos. Al respecto Cuellar y Garrido (2020) sostienen que “es el lugar destinado para el resguardo de los equipos, herramientas de trabajo, almacenamiento de los agroquímicos, fertilizantes, insecticidas y fungicidas, así mismo es recomendable que un vivero deba contar con los servicios higiénicos para los trabajadores” (p. 16).

1.2.5.4.8. Herramientas y materiales. Al respecto Cuellar y Garrido (2020) sostienen que:

En función al tamaño y tipo de vivero se adquieren herramientas y materiales necesarios para el trabajo diario. Siendo un módulo básico: carretillas, picos, rastrillos, palas, tijeras de podar, mochila de fumigar, wincha, cuerda, machetes, regaderas de mano, serruchos, tamices (cedazo o zaranda), alambre de amarre, envases (bolsas, tubetes), mangueras, aspersores, guantes, navajas, alambre de púa, tierra negra, arena, abono orgánico, entre otros. (p. 16)

1.2.6. Insumos y actividades en la producción de plantones en vivero

1.2.6.1. El sustrato. Para explicar este concepto podemos citar a Prieto et al. (2009), quienes han definen de la siguiente manera:

El término “sustrato” se refiere a todo material sólido diferente del suelo de origen natural o sintético, mineral u orgánico, que, colocado en contenedor o envase, de forma pura o mezclado, permite el anclaje del sistema radical de las plantas. El sustrato puede contener nutrientes y/o se pueden adicionar en el agua de riego. (p. 12)

También Zanabria et al. (2014) señalan que el sustrato es una “mezcla de tierra agrícola, arena y suelo negra (turba). La turba es rica en materia orgánica, además ayuda en la conservación de la humedad. Antes de mezclar, zarandear la tierra agrícola. Las proporciones varían de acuerdo a la especie” (p. 19). De igual forma Oliva et al. (2014) señalan que es la “mezcla de suelo (Tierra Negra), Arena y Materia Orgánica (Estiércol de ganado vacuno, carnero, gallinaza, humus, compost, etc.) que se usa para llenar las bolsas en el vivero” (p. 13).

Iglesias y Alarcón (1994, como se citó en Rodríguez, 2010), han señalado lo siguiente para referirse a las principales funciones que tienen los sustratos sobre la planta:

Las principales funciones que tiene el sustrato para la planta son: el agua, está debe ser retenida por el sustrato hasta el momento de ser usada por la plántula; el aire, la energía que la raíz requiere para realizar sus actividades fisiológicas es generada por respiración aeróbica, lo que requiere un constante abasto de oxígeno; la nutrición mineral, con la excepción de carbono, hidrógeno y oxígeno las plantas tienen que obtener otros trece nutrientes minerales esenciales del sustrato; y el soporte físico, la función final del sustrato es soportar a la planta en posición vertical, este soporte está en función de la densidad y rigidez del mismo. (p. 9)

1.2.6.1.1. Tierra negra. Según Oliva et al. (2014) es la “capa o tierra superficial del bosque, cuyo espesor varía entre 10 a 20 cm de profundidad, esta capa es la que contiene mayor cantidad de nutrientes en el suelo, ya que en ella se descomponen los diversos materiales orgánicos” (p. 13).

1.2.6.1.2. Arena. Según Oliva et al. (2014) “sirve para mejorar el drenaje del sustrato, permitiendo la filtración del agua con facilidad, evita el endurecimiento del sustrato cuando se seca y facilita el desarrollo de la raíz” (p. 13).

1.2.6.1.3. Materia orgánica. Según Oliva et al. (2014) “proporciona los nutrientes suficientes que requiere el sustrato para alimentar a las plantas repicadas. Puede estar conformada por gallinaza, estiércol de ganado, de caprino, madera podrida, humus de lombriz, compost, etc.” (p. 13).

1.2.6.1.4. Las micorrizas. Al respecto podemos citar a Castellano y Molina (2015) quienes han señalado que “la palabra micorriza significa “hongos de las raíces” y define la íntima asociación entre el sistema radical de las plantas y un hongo especializado del suelo, el hongo micorrícico” (p.96). Por otro lado, Harley y Smith (1983, citado en Prieto et al, 2009), señala que “las plantas reciben nutrimentos minerales y el hongo obtiene compuestos fotosintéticamente derivados del carbono (azúcares)” (p.28).

Para referirse sobre la función que desempeñan los hongos micorrizantes Estrada (1997), sostiene que “la función de los hongos micorrizantes es también combatir los agentes patógenos de la raíz, está ligada con la relación entre los organismos que inmediatamente rodean la superficie radicular y la comunidad de la rizosfera” (p.30). Por otro lado, Castellano y Molina (2015), mencionan que “las ectomicorrizas, son formadas con el importante grupo de especies de coníferas de la familia *Pinaceae*, y latifoliadas de las familias *Fagaceae* y *Betulaceae*” (p. 96).

1.2.6.2. Preparación del sustrato. Según Cuellar y Garrido (2020), “esta actividad consiste mezclar la tierra agrícola, arena y la materia orgánica a una determinada proporción, de acuerdo a los criterios que se maneje en los viveros de producción forestal” (p.17).

Por otro lado, podemos citar a Solano (2013), quién para referirse los sustratos para camas germinadoras de la siguiente manera:

Para las camas germinadoras se tienen dos tipos de sustrato; en base a arena de río cernida 100%, la ventaja es que no existe el ataque de hongos y facilita el transplante y la desventaja es que se necesita mayor cantidad de agua. En otro caso se puede utilizar tierra negra 20% (puede ser reemplazado por compost u otro material orgánico), tierra agrícola 50% y arena 30%, esta tiene la ventaja de que las plantas son vigorosa y con raíces desarrolladas, y la desventaja es que hay mayor presencia de micro patógenos (p. 35).

Además, se realiza el tratamiento de las camas de almácigo para controlar un gran número de hongos de los géneros; *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phytium*, *Phytophthora*, *Alternaria*, etc. Se pueden aplicar los siguientes métodos:

- Agua caliente.
- Ácido sulfúrico al 2% 3 – 5lts/m², 48 horas antes de sembrar.
- Sulfato ferroso o de aluminio 75 gr/5lts/m² 48 horas antes de sembrar.
- Formol al 2% utilizando 4 – 5 lts/m². Se aplica 48 horas antes de sembrar.
- Fungicidas comerciales.
- Bromuro de metilo, aplicar 72 horas antes de sembrar.
- Caldo bordales (SO₄Cu₂ + CaO (cal viva) + agua) usando semanalmente después de la siembra. (Solano, 2013, p. 35)

Cuellar & Garrido, (2020) sostienen que:

En las camas de repique la relación de mezcla del sustrato es 1:2, es decir 1 carretilla de materia orgánica o compost con 2 de arena o tierra. Adicionalmente se puede agregar hasta 300 gramos de fertilizante fórmula completa (nitrógeno + fósforo + potasio). Para la desinfección del sustrato se usa agua hirviendo o legía (p. 17).

1.2.6.3. Siembra de las semillas. Para explicar este concepto podemos citar a Solano (2013), quien señala que:

La siembra consiste en colocar semillas forestales en la cama de almácigo, recipientes o campo definitivo. La densidad de siembra depende del tamaño de la semilla y de la especie. La modalidad de siembra puede ser al voleo o en surcos: al voleo se pueden sembrar las semillas pequeñas y medianas y en surcos generalmente semillas grandes (p. 35).

1.2.6.4. Manejo de las plántulas en las camas germinadoras. Según Solano (2013), los cuidados posteriores a la siembra en la cama de almácigo a tener en cuenta son las siguientes:

- **Riego:** puede regarse un día antes o al momento de la siembra, tratando de dejar a capacidad de campo. También se debe regar inmediatamente después de la siembra, a razón de 1 lt. por metro cuadrado, posteriormente los riegos serán para mantener la humedad.
- **Aclareo:** de ser necesario se realiza el aclareo, es decir extraer plántulas cuando la densidad de siembra es alta, para evitar el ataque de enfermedades.
- **Deshierbo o desmalezado:** se realiza siempre en cuando exista malezas, para evitar la competencia por agua, luz, nutrientes y espacio.
- **protección y sombra:** es necesario proteger la semilla en proceso de germinación y crecimiento de plantas contra los extremos climáticos (frio y calor) con alguna cubierta hecha de materiales de la zona. Asimismo, un cerco de malla de alambre de ½ pulgada para proteger contra aves y roedores. (p. 36)

1.2.6.5. Manejo de plantas en bolsas

1.2.6.5.1. Producción tradicional en bolsa. Al respecto Rodríguez (2008) sostiene que:

Se emplea bolsa de polietileno negro principalmente con fuelle o sin este. En general la planta cuenta con más espacio de crecimiento para sus raíces en comparación con otro tipo de contenedores. Sin embargo, si la planta se deja por demasiado tiempo en el vivero, la raíz cale del contenedor y el árbol de comienza a arraigar en el suelo del vivero. Otro fenómeno es el enroscamiento de la raíz en la base del contenedor, que puede ocurrir por dejar la planta mucho tiempo en el

vivero o por usar un envase pequeño. Este problema puede eliminarse mediante la podad de la base de la bolsa al momento de plantar. (p.73)

Por otro lado, sobre la influencia que tienen los tamaños de bolsa en el crecimiento y desarrollo de plantas, Quispe (2019) sostiene que:

El tamaño del envase es el parámetro que influye más directamente sobre la formación del sistema radical; el crecimiento de la planta, facilita el aumento del nivel de reservas de la planta y el aumento de su capacidad fotosintética; direccionamiento de raíces y evitar el enroscamiento de raíces. Además, la altura del envase tiene efecto sobre las propiedades de retención de agua del sustrato, y como espacio vital para el crecimiento en longitud de las raíces. (p. 30)

1.2.6.5.2. El embolsado o llenado. Según Escobar (2007, como se citó en Quiroz et al., 2009) esta actividad “debe realizarse una vez seleccionados los contenedores, las mismas ser llenados con el sustrato especialmente preparado. Esta actividad puede realizare en forma manual o mecánica dependiendo de la magnitud de la producción y de los recursos disponibles” (p. 58).

1.2.6.5.3. Trasplante o repique de plántulas. Al respecto Solano (2013), sostiene que:

El repique es una actividad que consiste en trasladar la plántula a recipientes individuales o platabandas, con el objetivo de proveer suficiente espacio a la plántula para que se pueda desarrollar adecuadamente hasta el momento de ser llevado a campo definitivo. Esta actividad se efectúa cuando las plántulas alcanzan 7 – 10 cm de altura o 4 – 5 hojitas. (p.38)

Por otro lado, Solano (2013) señala que el repique se puede realizar en platabandas (producción a raíz desnuda) y en recipientes individuales (bolsas de polietileno). Además, señala que las operaciones o cuidados a considerarse en el pre y post repique son las siguientes:

- Horas antes debe regarse la cama de almácigo, para facilitar la extracción de plántulas.
- Después de su extracción, las plántulas, inmediatamente deben colocarse en un recipiente con agua, para proteger las raíces.

- Una vez extraído aproximadamente 150 – 200 plántulas, se llevan a las camas de repique. Estas también deben estar húmedas y en condiciones adecuadas para recibir a las delicadas plántulas.
- Para repicar, se realiza el hoyo en la parte central del sustrato con la ayuda de un hoyador, luego las plántulas deben tomarse por sus cotiledones u hojas e introducir a los hoyos, cuidando de que las raíces no queden dobladas hacia arriba. Se llena el hoyo con sustrato y se presiona ligeramente para eliminar los espacios entre las raíces y el sustrato.
- Las raíces con más de 5 – 6 cm deben ser podadas.
- Se procede a regar y a colocar el tinglado para proteger contra la insolación del día y el frío de la noche aproximadamente por espacio de 30 a 45 días.
- Es importante la remoción de plantones en la etapa de producción, que se inicia a partir de los 45 – 60 días previa evaluación, con la finalidad de evitar enraizamiento de plantas en el suelo del vivero y clasificar de acuerdo al tamaño, sanidad y vigorosidad.
- El “agoste” es otra actividad que se realiza en la etapa de producción, que consiste en disminuir la cantidad de agua a la planta de modo que los tejidos adquieren una significación adecuada y sean capaces de soportar los extremos climáticos en campo definitivo, aproximadamente 45 días antes de la plantación. (p. 39)

1.2.6.6. Labores culturales en la producción de plantas en vivero

1.2.6.6.1. Riego. Al respecto Donoso et al. (1999, como se citó en Quiroz et al., 2009) sostiene que:

La disponibilidad de agua en el sustrato es vital para evitar el estrés hídrico en las plantas, como medio para disolver e infiltrar nutrientes y pesticidas, y para sostener el desarrollo de las plantas durante el período de crecimiento. Con el objetivo de satisfacer los requerimientos de agua, ésta debe ser aplicada en el momento adecuado, tasa y cantidad suficiente, y distribuir lo más uniformemente posible sobre las platabandas. (p.89)

1.2.6.6.2. Deshierbe. Al respecto Cuellar y Garrido (2020), sostienen que: El deshierbe o desmalezado es una operación necesaria para evitar competencia por agua, nutrientes y luz con las plantas. Se arrancan las malezas de cada bolsa

de forma manual o con herramientas, previo riego de la cama o las plantas de 1 a 2 horas antes de esta actividad, además en las calles y áreas de trabajo. (p. 23)

1.2.6.6.3. Remoción de plántones. Al respecto Solano (2013), sostiene que: La remoción de plántones se inicia a partir de los 45 – 60 días previa evaluación. La remoción tiene por objetivos, impedir el enraizamiento de las plantas en el suelo del vivero y clasificar plántones de acuerdo al tamaño, sanidad y vigorosidad permitiendo de esa manera un crecimiento y desarrollo adecuado. (p.39)

1.2.6.6.4. Control fitosanitario. Al respecto Escobar (1990, como se citó en Quiroz et al., 2009) sostiene que:

Las plagas y enfermedades presentes en un vivero son uno de los agentes que pueden producir daños generalizados, si no son evitados previamente o controlados en el momento de su aparición. En este sentido el responsable del vivero debe mantener un programa de control permanente, ya que la mejor forma de evitar este tipo de daño es la prevención. Es necesario controlar en forma diaria el estado sanitario, con el fin de efectuar una detección temprana de los daños que se pueden presentar. (p. 95)

1.2.6.6.5. Fertilización. Según Quiroz et al. (2009), “una vez que la planta inicia el período de máximo crecimiento vegetativo, lo que demanda altos consumos de nutrientes, estos deben ser suministrados mediante fertilización mineral” (p. 75).

1.2.6.6.6. Aclimatación o agoste. Al respecto Solano (2013), señaló que: El “agoste” es otra actividad que se realiza en la etapa de producción, que consiste en disminuir la cantidad de agua a la planta de modo que los tejidos adquieren una significación adecuada y sean capaces de soportar los extremos climáticos en campo definitivo, aproximadamente 45 días antes de la plantación. (p. 39)

1.2.7. Plagas y enfermedades.

Las enfermedades que comúnmente atacan en los viveros a los pinos “son producidas generalmente por hongos, estas afectan en los primeros meses de vida del

plantín y los síntomas se observan en grupos de plantas y, muy raramente, en plantas aisladas” (Lugano, 2002, p. 3).

Prieto et al. (2009) indicaron que las plagas provocan daños significativos en las plantas de pino (*Pinus radiata* D. Don), de la siguiente manera:

En el caso de plantas de pino los daños causados por plagas son principalmente por artrópodos, entre estos están la Clase Insecta y Acarida y el Phylum Nemátoda, 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.30)

Además, Prieto et al. (2009) también destacaron que las enfermedades afectan gravemente a las plantas de pino (*Pinus radiata* D. Don), como:

El “Damping off” o el mal de los semilleros 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)

También al respecto podemos citar a Gálvez (2015), quien señala que:

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)

1.2.8. La crianza de plantones

Según Solano (2013) la crianza de plantones consiste en “proporcionar el cuidado que se le da a las plántulas repicadas hasta el momento de llevarlas a campo definitivo” (p. 39).

CAPÍTULO II

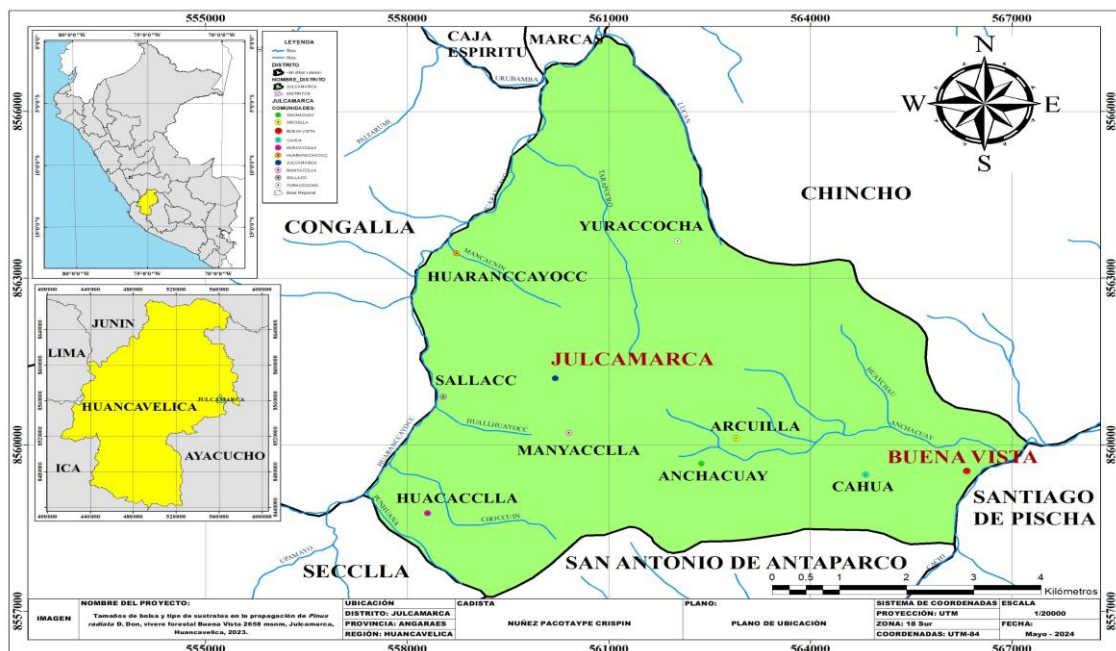
METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del ensayo

El presente trabajo de investigación se realizó en el Vivero Forestal de Buena Vista de la comunidad de Buena Vista; situada en el distrito de Julcamarca, provincia de Angaraes, región Huancavelica, a una altitud de 2658 msnm, entre las coordenadas geográficas de 13° 01' 47" Latitud Sur y 74° 23' 17" Longitud Oeste (ver Figura 2.1).

Figura 2.1

Mapa de ubicación del Vivero Forestal de Buena Vista - Julcamarca, lugar donde se instaló el experimento.



2.2. Características del lugar del vivero forestal

El Vivero Forestal de Buena Vista, está ubicado dentro de la comunidad de Buena Vista, perteneciente a la zona de vida Estepa espinosa – Montano Bajo Subtropical (ee-MBS), según la clasificación de las zonas de vida propuesta por Holdridge (1987);

caracterizado por la presencia de un clima semiárido con una vegetación de matorrales espinosos como: El huarango (*Prosopis Pallida*), tuna (*Opuntia ficus-indica*), cabuyas (*Agave americana*) y árboles de zonas semiáridas como el molle (*Schinus molle*).

2.3. Características climáticas

El clima es semiárido de acuerdo a la pluviometría con una temperatura máxima promedio de 28.4 °C, temperatura mínima promedio 7.7 °C y una temperatura media de 18.1 °C; la precipitación total anual es de 503 mm. Presenta dos estaciones una lluviosa, que inicia en noviembre y se prolonga hasta abril y la época seca que inicia en mayo y termina en octubre (ver Tabla 2.1 y Figura 2.2).

Tabla 2.1

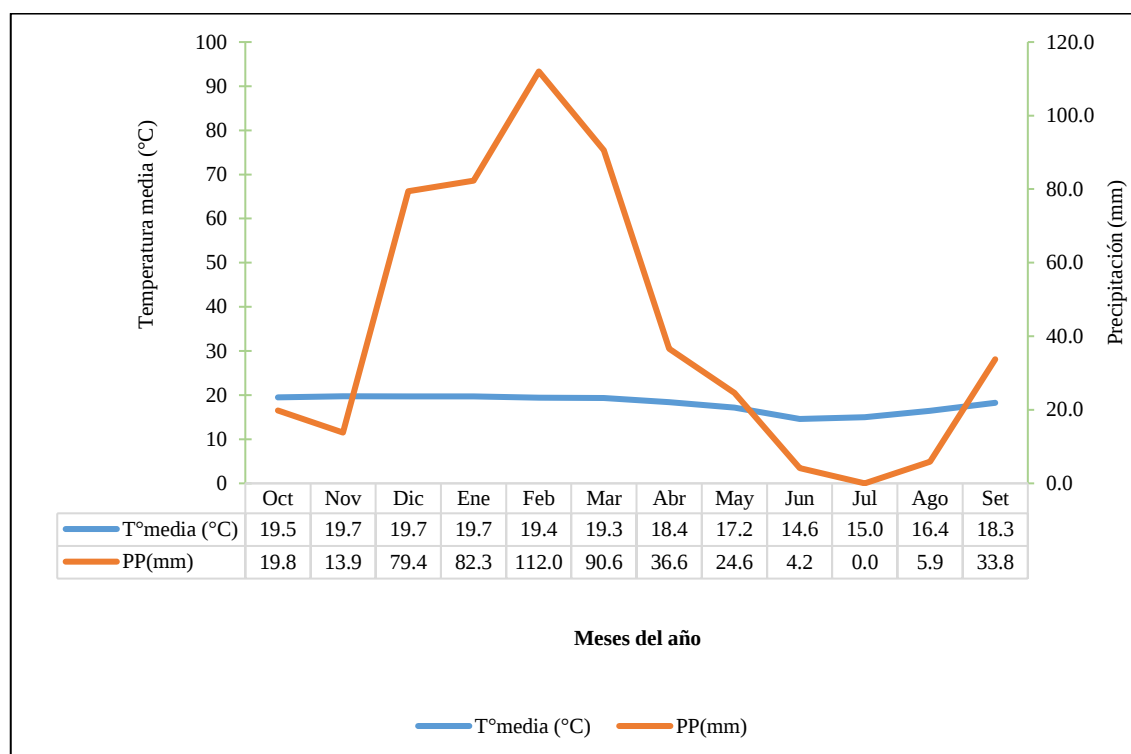
Datos meteorológicos de la estación meteorológica de Wayllapampa.

DATOS CLIMATOLÓGICOS														
Estación : WAYLLAPAMPA														
Región :	AYACUCHO		Provincia :	HUAMANGA		Distrito :	PACAYCASA							
Latitud :	13°4'35.4"		Longitud :	74°12'59.4"		Altitud :	2470 msnm.							
Tipo :	CO - Meteorológica		Código :	112069										
Param.	X	Σ	Meses del año											
			ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
Tmáx (T°)	28.4	-	27.7	26.6	26.7	28.0	28.0	27.7	28.3	28.8	29.5	30.7	30.4	28.6
Tmin (T°)	7.7	-	11.7	12.2	12.0	8.7	6.3	1.4	1.1	3.5	7.3	8.3	9.1	10.8
Tmedia (T°)	18.1	-	19.7	19.4	19.3	18.4	17.2	14.6	15.0	16.4	18.3	19.5	19.7	19.7
Hr (%)	66.1	-	70.3	74.4	75.6	71.8	69.6	61.4	60.8	59.4	61.4	59.8	63.0	65.1
Pp (mm)	-	503	82.3	112.0	90.6	36.6	24.6	4.2	0.0	5.9	33.8	19.8	13.9	79.4

Nota: SENAMHI/DRD, datos climatológicos correspondientes de octubre del 2022 a setiembre de 2024.

Figura 2.2

Climograma o diagrama ombrotérmico.



2.4. Análisis del sustrato

En la Tabla 2.2, se muestra el análisis de caracterización de los sustratos utilizados, donde se observa que el sustrato S1 (Tierra agrícola 50% + arena 25% + Tierra negra 25%) presenta una clase textural Franco Arenoso (Fr - Ao), pH moderadamente ácido, C.E. muy ligera, materia orgánica alto, nitrógeno total muy alto, fósforo disponible muy alto, potasio disponible bajo, CIC medio y los cationes cambiabiles como: Ca^{++} bajo; Mg^{++} medio; K^+ bajo; y Na^+ bajo. El sustrato S2 (Tierra agrícola 50% + Arena 25% + Compost 25%) presenta una clase textural Franco Arenoso (Fr - Ao), pH ligeramente ácido, C.E. muy ligera, materia orgánica medio, nitrógeno total alto, fósforo disponible muy alto, potasio disponible bajo, CIC medio y los cationes cambiabiles como: Ca^{++} bajo; Mg^{++} medio; K^+ bajo; y Na^+ medio. El sustrato S3 (Tierra agrícola 50% + Arena 25% + Humus de lombriz 25%) presenta una clase textural Franco Arenoso (Fr - Ao), pH ligeramente alcalino, C.E. ligera, materia orgánica alto, nitrógeno total alto, fósforo disponible muy alto, potasio disponible bajo, CIC medio y los cationes cambiabiles como: Ca^{++} medio; Mg^{++} medio; K^+ medio; y Na^+ medio (Tineo et al., 2017).

Tabla 2.2*Análisis de caracterización de los sustratos*

Caracterización de muestras		SUSTRATO		
		S1	S2	S3
1. Análisis Mecánico (%)	1.1. Arena (%)	67.1	67.1	65.1
	1.2. Limo (%)	17.6	16.6	20.6
	1.3. Arcilla (%)	15.3	16.3	14.2
2. Clase Textural		Fr-Ao	Fr-Ao	Fr-Ao
3. pH (H ₂ O) 1:2.5		5.59	6.08	7.26
4. C.E. (dS/m.) 1:1		0.54	1.41	3.48
5. CaCO ₃ (%)*		0.0	0.0	0.0
6. M.O. (%)		5.19	3.42	4.2
7. Nt (%)		0.26	0.17	0.21
8. Elementos disponibles (ppm)	8.1. P	30.6	41.6	111
	8.2. K	57.2	55.5	80.5
9. Cationes Cambiables (Cmol(+)/Kg)	9.1. Ca ⁺⁺	2.08	2.88	6.08
	9.2. Mg ⁺⁺	1.68	1.52	2.56
	9.3. K ⁺	0.29	0.28	0.41
	9.4. Na ⁺	0.28	0.36	0.58
	9.5. Al ⁺³	0.0	0.0	0.0
	9.6. H ⁺	0.0	0.0	0.0
10. C.I.C. (Cmol(+)/Kg)		13.3	14.2	14.6

Nota: Programa de Investigación en Pastos y Ganadería “Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar” Fr - Ao: Franco Arenoso, *: No se realizó la determinación de los CaCO₃(%).

2.5. Materiales, equipos y otros

2.5.1. Insumos

- Semillas de pino (*Pinus radiata* D. Don)
- Tierra negra, procedente del distrito de Secclla, Provincia Angaraes – Huancavelica.
- Arena fina, procedente de río Cachi
- Humus de lombriz, procedente del Programa de Pastos.
- Compost de residuos de cosecha, procedente del Programa de Pastos.

- Formol (desinfectante de sustrato).
- Cloro (desinfectante de bandejas).
- Cyperklin 25 (Insecticida)
- Python 27 (Fungicida agrícola)
- Farmathe (Fungicida agrícola)
- Wuxal doble (Nutriente foliar)
- Ácido giberélico (Para promover el enraizamiento y una germinación homogénea de las semillas)
- Vitavax – 300 (fungicida protector de semillas)
- Destructor (herbicida agrícola)

2.5.2. Equipos

- Estufa eléctrica
- Balanza de precisión marca Kitchen
- Cámara digital

2.5.3. Herramientas

- Se utilizó herramientas como: Pala, pico, rastrillo, carretilla Bugui, malla zaranda metálica, regadera manual de 10 litros, Manguera de ½”, serrucho curvo, clavos para madera con cabeza, cordel de nylon, regla de aluminio, martillo, estacas de madera, repicador u hoyador.
- Mochila fumigadora de capacidad de 20 Litros
- Bolsas de polietileno de color negro con dimensiones de 4” x 7”x 0.002 mm; con una capacidad de 492.2 cm³ en volumen.
- Bolsas de polietileno de color negro con dimensiones de 5” x 8”x 0.002 mm; con una capacidad de 834.4 cm³ en volumen.
- Bolsas de polietileno de color negro con dimensiones de 5” x 10”x 0.002 mm; con una capacidad de 966.4 cm³ en volumen.
- Wincha metálica de 5m
- Vernier
- Cuaderno de campo

2.6. Factores en estudio

2.6.1. Variables independientes

2.6.1.1. Tamaño de bolsas

Indicadores:

- 4" x 7" x 0.002 mm
- 5" x 8" x 0.002 mm
- 5" x 10" x 0.002 mm

2.6.1.2. Tipos de sustrato

Indicadores:

- Sustrato que contiene tierra negra (25%)
- Sustrato que contiene compost (25%)
- Sustrato que contiene humus de lombriz (25%)

2.6.2. Variables dependientes

2.6.2.1. Propagación de plantones de pino

Indicadores:

- Altura del plantón (cm).
- Diámetro del tallo del plantón (mm).
- Longitud de la raíz del plantón (cm).
- Peso seco total del plantón (g).
- Peso seco de la parte aérea del plantón (g).
- Peso seco de la raíz del plantón (g)
- Relación parte aérea/raíz del plantón
- Coeficiente de esbeltez
- Índice de calidad de Dickson

2.7. Mérito económico

Para la evaluación del mérito económico, se determinó el costo de producción (incluyendo costos directos e indirectos) para la producción de 10,000 plantones de *Pinus radiata* D. Don en cada uno de los tratamientos evaluados, que consistieron en tres tamaños de bolsas de polietileno y tres tipos de sustratos. Posteriormente, se calcularon los ingresos brutos, considerando un precio de venta de S/. 2.00 por plantón. A partir de estos valores, se obtuvo el ingreso neto restando el costo de producción del ingreso bruto

para cada tratamiento. Finalmente, se evaluó la rentabilidad mediante la relación beneficio/costo correspondiente a cada tratamiento.

2.8. Diseño experimental

El experimento se condujo utilizando el diseño completamente Randomizado (DCR), con un arreglo factorial tres tamaños de bolsas x tres tipos de sustratos x 5 repeticiones (3B x 3S) x 5r, constituyendo un total de 45 unidades experimentales. Cada unidad experimental constituida por 30 plantones, totalizando 1350 plantones.

El modelo aditivo lineal (MAL) será la siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + B_j + S_k + (BS)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : es una observación cualquiera del i – ésimo tratamiento y j – ésimo bloque

μ : Efecto medio, parámetro.

B_j : Es el efecto debido al j – ésimo nivel del factor tamaños de bolsa.

S_k : Es el efecto debido al k – ésimo nivel del factor tipo de sustratos.

$(BS)_{jk}$: Es el efecto de la interacción entre el j – ésimo del factor tamaños de bolsa y el k – ésimo del factor tipo de sustratos.

ε_{ijk} : Es el efecto del error experimental.

2.9. Características del diseño experimental

2.8.1. Dimensiones del experimento

- Largo del experimento : 15 m
- Ancho del experimento : 4 m
- Área total del experimento : 60 m²
- Área neta del experimento : 9.1 m²

2.8.2. Dimensiones de los tratamientos

Bolsa de polietileno 4"x7"x0.002mm

- Largo de tratamiento : 0.512 m
- Ancho de tratamiento : 0.256 m
- Área de tratamiento : 0.131 m²
- Unidades Experimentales : 15
- Numero de bolsas por U.E. : 32

Bolsa de polietileno 5"x8"x0.002mm

- Largo de tratamiento : 0.492 m
- Ancho de tratamiento : 0.41 m
- Área de tratamiento : 0.202 m²
- Unidades Experimentales : 15
- Numero de bolsas por U.E. : 30

Bolsa de polietileno 5"x10"x0.002mm

- Largo de tratamiento : 0.492 m
- Ancho de tratamiento : 0.41 m
- Área de tratamiento : 0.202 m²
- Unidades Experimentales : 15
- Numero de bolsas por U.E. : 30

2.10. Distribución de campo experimental

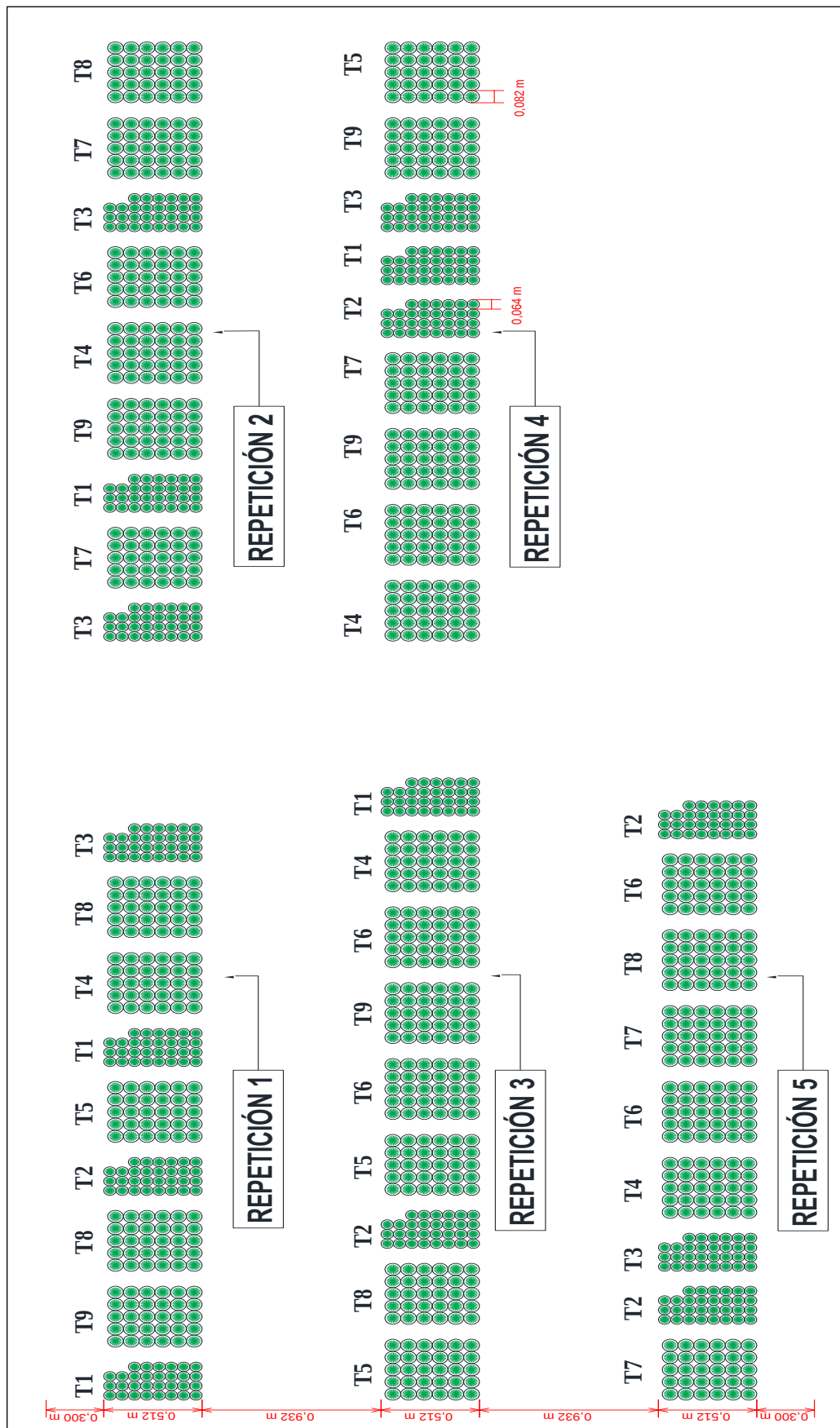
Tabla 2.3

Descripción de los tratamientos en estudio.

Tratamientos	Tamaño bolsas		Tipos de Sustratos	
	Bolsa	Dimensión	Sustrato	Proporción volumétrica
t1	B1	4" x 7"	S1	Sustrato con tierra negra (25%)
t2	B1	4" x 7"	S2	Sustrato con compost (25%)
t3	B1	4" x 7"	S3	Sustrato con humus de lombriz (25%)
t4	B2	5" x 8"	S1	Sustrato con tierra negra (25%)
t5	B2	5" x 8"	S2	Sustrato con compost (25%)
t6	B2	5" x 8"	S3	Sustrato con humus de lombriz (25%)
t7	B3	5" x 10"	S1	Sustrato con tierra negra (25%)
t8	B3	5" x 10"	S2	Sustrato con compost (25%)
t9	B3	5" x 10"	S3	Sustrato con humus de lombriz (25%)

Figura 2.3

Croquis de la distribución de los tratamientos del experimento factorial en DCR.



2.11. Parámetros de evaluación

La evaluación de los atributos e índices morfológicos del plantón de *Pinus radiata* D. Don en estudio, se realizó a los 151 días después del repicado; es decir al final de ensayo, considerando que los plantones se encuentran aptos para ser llevado al campo definitivo (antes del agoste).

- a. **Altura del plantón (cm).** Se efectuó la medición utilizando una regla recta graduada, con la cual se realizó la medición de la altura de 5 plantones por unidad experimental, desde el cuello hasta yema terminal de la planta.
- b. **Diámetro de tallo del plantón (mm).** Se ha efectuó la medición con la ayuda de una regla vernier, se procedió a medir el diámetro del tallo de 5 plantones por unidad experimental a 1 cm de la base del tallo principal (cuello del tallo).
- c. **Longitud de la raíz del plantón (cm).** Se ha efectuado la medición tomando 5 plantones por cada unidad experimental y con la ayuda de regla graduada, se midió en cm desde el cuello de la planta hasta el ápice terminal de la raíz.
- d. **Peso seco total del plantón (gr).** Se efectuó la toma de muestras, seleccionando 5 plantones por cada unidad experimental. Los plantones fueron previamente picados (parte área y radical del plantón) y colocados en papel Graf. Posteriormente, las muestras se llevaron a una estufa a 70°C durante 72 horas, hasta alcanzar un peso constante. El peso final se registró en gramos (g) utilizando una balanza digital de precisión de laboratorio.
- e. **Peso seco de la parte aérea del plantón (gr).** De manera análoga al caso anterior, se recolectaron 5 plantones de cada unidad experimental. Estos fueron picados previamente (parte área y radical del plantón) y colocados sobre papel Graf. Las muestras se secaron en una estufa a 70 °C durante 72 horas, hasta alcanzar un peso constante. Finalmente, el peso de la parte aérea del plantón se registró en gramos (g) utilizando una balanza digital de precisión de laboratorio.
- f. **Peso seco de la raíz del plantón (gr).** De manera análoga al caso anterior, se recolectaron 5 plantones de cada unidad experimental. Estos fueron picados previamente (parte área y radical del plantón) y colocados sobre papel Graf. Las

muestras se secaron en una estufa a 70 °C durante 72 horas, hasta alcanzar un peso constante. Finalmente, el peso de la parte radical del plantón se registró en gramos (g) utilizando una balanza digital de precisión de laboratorio.

g. Relación parte aérea/raíz del plantón en seco. Este parámetro se evaluó teniendo en cuenta los resultados del peso seco de la parte aérea (g) y el peso de seco de la raíz (g) de cada unidad experimental.

h. Coeficiente de esbeltez (CE). Este parámetro se evaluó teniendo en cuenta los resultados de la altura del plantón (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm) de la planta de cada unidad experimental, y se efectuó bajo la siguiente relación.

$$CE = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro del cuello de la raíz (mm)}}$$

i. Índice de calidad de Dickson (ICD). Este parámetro se evaluó efectuando la relación entre la masa seca total de la planta (g) y la suma del Índice de esbeltez (IE) y la relación parte seca aérea/parte seca radical.

$$QI = \frac{p}{\frac{h}{d} + \frac{pa}{ps}}$$

Donde:

- **QI** : Es el índice de calidad.
- **p** : Peso anhidro total de la planta (g).
- **h** : La altura de planta (cm).
- **d** : El diámetro a la altura del cuello de la raíz (mm).
- **pa** : El peso anhidro de la parte aérea (g)
- **ps** : El peso anhidro de la parte subterránea (g)

2.12. Trabajos preliminares

2.11.1. Limpieza y nivelado del área de producción.

Esta actividad se ha efectuado con la finalidad de habilitar el espacio para la instalación y distribución de los tratamientos. Además, la construcción de una cama de almácigo de 1 m².

2.11.2. Las semillas

La semilla de pino (*Pinus radiata* D. Don) utilizada en la presente investigación corresponde a la misma que ha sido empleada en las actividades de forestación del proyecto forestal de Julcamarca – Proyecto Especial Sierra Centro Sur. Estas semillas presentaron un porcentaje de germinación del 88% y un porcentaje de pureza del 96.67 % (ver Tabla 2.4).

2.11.3. Evaluación de calidad de semillas

Para conocer la calidad y viabilidad de las semillas del pino (*Pinus radiata* D. Don), se realizó los cálculos necesarios para determinar el porcentaje de pureza, porcentaje de germinación y el peso de 1000 semillas de la siguiente manera:

- El porcentaje de pureza se determinó conociendo los pesos de una muestra de semillas y el peso de las semillas libres de impurezas. Posteriormente se obtuvo el porcentaje de pureza, realizando una relación simple entre el peso de las semillas limpias y el peso total de la muestra, multiplicando todo por cien.
- Para conocer el peso de 1000 semillas se pesó 100 semillas con 3 repeticiones y se calculó el promedio aritmético, finalmente efectuando la regla de tres simple se llegó a determinar el peso de 1000 semillas.
- Para conocer el porcentaje de germinación (%G), las semillas fueron remojadas durante 24 horas en agua destilada y luego colocados en la cámara germinadora a 18°C. Actividades que se realizaron en el laboratorio de Agroforestería y Ambiente de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Tabla 2.4

Valor cultural o uso de las semillas

Nº	Especie	peso de 1000 semillas	% P	% G	Valor de Uso
1	<i>Pinus radiata</i> D. Don	29.467	96.67	88	85

2.13. Conducción del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Vivero volante, destinado para la producción de especies forestales y frutícolas en la comunidad de Buena Vista, distrito de Julcamarca, provincia Angaraes y región Huancavelica. Este vivero estuvo administrado por el Proyecto Forestal de Julcamarca (PESCS) hasta el mes de julio del 2024, donde se solicitó un espacio de 60 m² que corresponde a 01 túnel de crianza de plántones como área de investigación. En este espacio se instaló la investigación y fue conducido durante 7 meses.

2.12.1. Tratamientos pre germinativos de la semilla

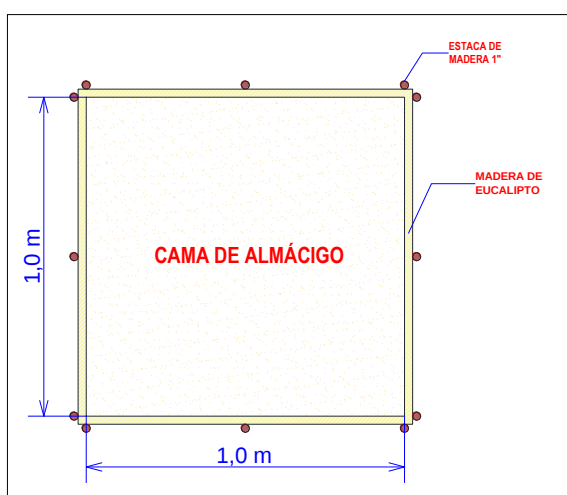
Para llevar a cabo esta labor, se utilizaron 150 gr de semilla de pino (*Pinus radiata* D. Don), a las cuales se le realizó un tratamiento pregerminativo mediante el método de inmersión. Este procedimiento tuvo como objetivo de ablandar la cutícula dura de las semillas y romper su latencia. Las semillas fueron sumergidas en agua en un frasco de vidrio a temperatura ambiente por un periodo de 48 horas, el agua cambiada cada 12 horas.

2.12.2. Cama de almácigo

En el túnel número N° 2 del vivero forestal de la comunidad de Buena Vista, se habilitó una cama de almácigo con las dimensiones de 1 m de largo x 1m de ancho x 0.2 m de altura, utilizando maderas de eucalipto, estacas de madera y clavos de madera.

Figura 2.4

Cama de almácigo del experimento



Como sustrato para la cama de almácigo se utilizó arena fina al 100%, requiriéndose un total de 3 carretillas. En primer lugar, se desinfectaron la madera y el suelo donde se instaló la caja. Luego se incorporó una primera capa (1 carretilla), que fue nivelada y regada uniformemente con la solución desinfectante, preparados con 250 ml de formol y 300 ml de lejía (hipoclorito de sodio) por 20 litros de agua, utilizando una regadera manual. Este procedimiento se repitió con la segunda y la tercera capa de arena. Finalmente, la caja se cubrió herméticamente utilizando un plástico durante 48 horas. Posteriormente, se retiró la cubierta, exponiendo el sustrato al medio ambiente y se realizaron riegos frecuentes para lixiviar los residuos.

2.12.3. *Siembra o almacigado*

Para efectuar esta labor se ha tenido que regar 24 horas antes y otra 1 hora antes de dicha labor, luego se retiró 3 palas de arena desinfectada para utilizar en el tapado de las semillas, después de la siembra. Por otro lado, se desinfectó los 150 gr de semilla previamente tratada, dicha desinfección se realizó con Vitavax – 300 (fungicida sistémico y protector de semillas) de tal modo que se garantizó el éxito de la siembra. Además, se utilizó 10 ml de peróxido de hidrógeno (10 volúmenes) sobre las semillas como parte del proceso de desinfección. La siembra se realizó el 24 de octubre del 2023, el tipo de siembra fue al voleo, luego se cubrió las semillas con la arena que se separó previamente, espolvoreando con ésta de manera uniforme sobre las semillas, siempre teniendo en cuenta que la profundidad de siembra fuese de dos veces el diámetro de la semilla, finalmente se compactaron ligeramente con la ayuda de una madera para que la arena esté en contacto directo con las semillas, de manera que soporten los riegos y no se descubran. Finalmente se cubrió la cama con una malla arpillera color negro por un periodo de 1 semana, luego se le retiró y construyó el tinglado utilizando la malla rashel, carrizos y cintas rafia. Inmediatamente después de realizar la siembra se efectuó el riego correspondiente con la ayuda de la manguera adaptado en el extremo una ducha con gotas suaves y los siguientes riegos cada 48 horas, se trató de mantener la cama de almácigo a capacidad de campo.

2.12.4. *Tamizado o zarandeo*

Esta labor, previa a la preparación de sustrato, se realizó de manera individual para cada uno de los materiales utilizados (Tierra agrícola, arena y tierra negra o turba).

El objetivo fue eliminar terrones, piedras e impurezas presentes en los materiales como la turba o tierra negra, el suelo agrícola y la arena fina, las cuales provenían de diferentes lugares: Comunidad de Ccochatay del distrito de Secclla, las parcelas de la comunidad de Buena Vista y río Cachi respectivamente. Por otro lado, la materia orgánica compuesta por Compost y Humus de lombriz, fue suministrada por el Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Por otro lado, para llevar a cabo el zarandeo, se emplearon herramientas como la malla zaranda de acero galvanizado de $\frac{1}{4}$ " x $\frac{1}{4}$ ", una carretilla tipo buggy y palas. El resultado de este proceso fue obtener materiales con una textura uniforme y homogénea, adecuada para la preparación volumétrica de los sustratos, según tratamientos.

2.12.5. Preparación del sustrato

Los componentes del sustrato como la turba (tierra negra), suelo agrícola, arena fina, compost y humus de lombriz previamente tamizados, se mezclaron de acuerdo a la proporción volumétrica establecida en presente investigación (2:1:1). Para obtener el sustrato 1 se mezclaron 6 carretillas de suelo agrícola, 3 carretillas de arena y 3 carretillas de tierra negra o turba; para el sustrato 2 se mezclaron 6 carretillas de suelo agrícola, 3 carretillas de arena y 3 carretillas de suelo compost; y para el sustrato 3 se mezcló 6 carretillas de suelo agrícola, 3 carretillas de arena y 3 carretillas de humus de lombriz. Para realizar esta labor, se utilizaron herramientas como pala, carretilla buggy y los componentes del sustrato.

Asimismo, se realizó la desinfección de los sustratos tras haber concluido con el embolsado de sustratos y enfilado de las bolsas en las camas de repique. Este procedimiento consistió en realizar un hoyo en el sustrato embolsado utilizando el hoyador y aplicar una solución desinfectante preparados con 250 ml de formol y 300 ml de lejía (hipoclorito de sodio) disueltos en 20 litros de agua. Finalmente, las camas de repique se cubrieron herméticamente con plástico durante 48 horas, luego se dejó airear por un periodo adicional de 48 horas antes de proceder con el repicado de plántulas de pino (*Pinus radiata* D. Don).

Tabla 2.5

Cantidad de sustrato requerido en volumen (m³) en el experimento.

N°	Tratam.	Combin.	N° Bolsas	Cantidad de material por tratamiento (m ³)				
				TA (50%)	Are (25%)	Turba (25%)	C (25%)	HL (25%)
1	T1	B1XS1	150	0.037	0.018	0.018	-	-
2	T2	B1XS2	150	0.037	0.018	-	0.018	-
3	T3	B1XS3	150	0.037	0.018	-	-	0.018
4	T4	B2XS1	150	0.063	0.031	0.031	-	-
5	T5	B2XS2	150	0.063	0.031	-	0.031	-
6	T6	B2XS3	150	0.063	0.031	-	-	0.031
7	T7	B3XS1	150	0.072	0.036	0.036	-	-
8	T8	B3XS2	150	0.072	0.036	-	0.036	-
9	T9	B3XS3	150	0.072	0.036	-	-	0.036
Total			1350	0.516	0.258	0.086	0.086	0.086

Nota: TA-Tierra agrícola, Are-Arena fina de río, Turba – Tierra negra, C-Compost y HL-Humus de lombriz.
Elaboración propia.

2.12.6. Embolsado

Esta actividad del embolsado fue realizada manualmente, el proceso consistió en llenar la bolsa 1, bolsa 2 y bolsa 3 poco a poco, aplicando unos golpecitos contra el suelo para que el sustrato se distribuya sin dejar espacios vacíos, además compactando la bolsa ligeramente con la ayuda de una pequeña presión con los dedos. Esta labor se efectuó hasta un nivel en el cual el cuello de la planta quede a 1.5 cm, 2 cm y 2cm, por debajo del borde superior de la bolsa, bolsa 2 y bolsa 3 respectivamente.

Tabla 2.6

Cantidad de bolsas requeridos en el experimento.

Bolsa	Tamaño de Bolsa	Volumen sustrato/bolsa (cm3)	Total de bolsas	Cantidad de bolsas/sustrato		
				S1	S2	S3
B1	4"x7"	492.2	450	150	150	150
B2	5"x8"	834.4	450	150	150	150
B3	5"x10"	966.4	450	150	150	150
TOTAL			1350	450	450	450

El llenado de las bolsas se efectuó de acuerdo a la distribución de los tratamientos que se señala en la Tabla 2.6. En esta labor se utilizaron 1350 bolsas de polietileno de 4"x7", 5"x8" y 5"x10", se embolsaron 450 bolsas de cada tamaño de bolsa.

2.12.7. Enfilado o acomodo de bolsas

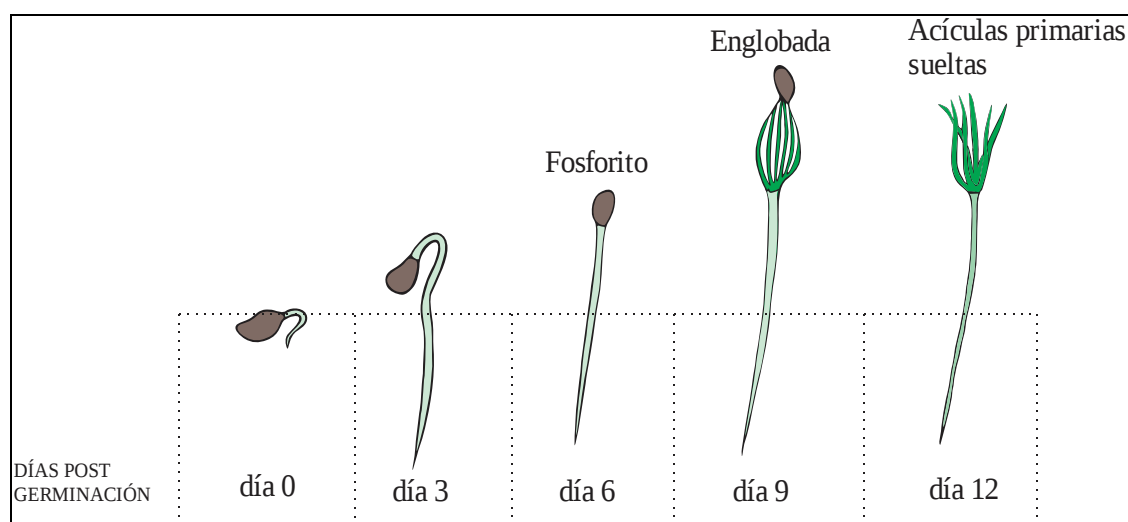
Para efectuar esta labor previamente se ha hecho una limpieza y nivelado del área de repique en el vivero forestal de Buena Vista, luego se ha tendido cordel para facilitar el acomodo en la distribución las unidades experimentales de acuerdo a los tratamientos del presente estudio.

2.12.8. Repicado

Esta actividad se realizó el 8 de noviembre del 2023, considerando que las plántulas de pino (*Pinus radiata* D. Don) se encuentren con el estado de crecimiento inicial conocido como "fosforito". Este estado se alcanzó a los 16 días después de la siembra en la cama de almácigo y 6 días posteriores a la germinación.

Figura 2.5

*Germinación y crecimiento inicial del pino (*Pinus radiata* D. Don)*



Se realizaron las labores previas al repique como el riego, extracción de plántulas, selección de plántulas, hoyado, desinfección y protección de las raíces, las mismas se detallan a continuación.

- El riego: se realizó 2 riegos, la primera 24 horas antes y la otra 1 hora antes de la extracción de las plántulas, esta labor se efectuó con la finalidad de facilitar la extracción y raíces intactas.
- Extracción de plántulas: se realizó con la ayuda de un hoyador para remover la arena, cuidando de no afectar las raíces y finalmente se coloca estas en agua limpia en un envase adecuado.
- Selección de plántulas: esta labor se realizó con la finalidad de descartar plántulas con raíces deformes, dañadas y/o con deficiente desarrollo de la raíz principal.
- Hoyado: esta actividad se realizó con la ayuda de un hoyador de diámetro 1" y la forma de un cono invertido, en todas las bolsas distribuidos en 45 unidades experimentales.
- Protección: Esta labor consistió en desinfectar por inmersión las raíces de las plántulas seleccionadas y aptas para el repique, para lo cual se utilizó una solución desinfectante, preparado con 2 cucharas de Vitavax – 300 por litro de agua.

2.12.9. Labores culturales

2.12.9.1. Riegos. El crecimiento y desarrollo de las plántulas repicadas coincidió con la temporada de las lluvias, sin embargo, el riego fue necesario debido a que se presentaron periodos largos de sequía en la zona durante los meses de noviembre, diciembre y enero, por lo tanto se suministraron el riego inter diario a todas las unidades experimentales durante los 2 primeros meses después del repique, luego paulatinamente se fue reduciendo las frecuencias de riego, debido a que hubo presencia de las precipitaciones. Esta actividad se realizó con la ayuda de una manguera de ¾" Ø y con una ducha adaptado en la manguera, para mayor facilidad de la labor.

2.12.9.2. Deshierbo. Esta labor se efectuó de forma manual con la finalidad de eliminar las malezas en las veces que fueron necesarias, así evitar la competencia por nutrientes y agua. Esta labor se realizó previamente efectuado el riego a capacidad de campo, luego con la ayuda de una herramienta manual (objeto delgado de metal con punta = alambre) para remover el sustrato y así facilitar la extracción de las malezas con toda y raíz, cuidando no afectar el cuello y la raíz de la planta *Pinus radiata* D. Don.

2.12.9.3. Control fitosanitario. Se hizo aplicaciones fitosanitarias de control preventivo y curativos contra plagas y enfermedades que se presentaron durante el ciclo productivo en vivero. En estas labores se utilizaron materiales como mochila de fumigar de capacidad de 20 litros y productos como Phyton 27, Cyperklin y Farmate como se detalla en la Tabla 2.7 a continuación.

Las principales plagas que se presentaron fue sobre todo larvas del género del género Spodoptera, cuyos daños fueron de corte de hojas y a nivel de la zona del meristemo apical caulinar. En efecto se realizó para su control químico utilizando el insecticida agrícola Cyperklin – 25. Por otro lado, la enfermedad biótica que afectó fue la chupadera o más conocido por “Damping Off” y presentando síntomas de amarillamiento de los ápices de las plantas en las camas de repique, posteriormente marchites y finalmente muerte de las plántulas. En consecuencia, se realizó un muestreo de plántulas con aquellos síntomas para el diagnóstico fitopatológico, donde se llegó a determinar que el agente causal fue un complejo de fitopatógenos habitantes naturales de los suelos como es *Fusarium* sp y *Fythium* sp, y se recomendó evitar mucha humedad en las bolsas, eliminar restos de plantas atacadas por la enfermedad del campo, por ser un foco de infección, reforzar nutricionalmente las plantas, aplicando abono foliar con microelementos, además del control químico con fungicidas a base de cobre.

Tabla 2.7

Aplicación de productos contra plagas y enfermedades en el proceso productivo.

N°	Fecha	Producto (Dosis ml)		
		Benomyl (Farmate)	Sulfato de Cobre Pentahidratado (Phyton 27)	Cyperklin
1	13/11/2023	10	10	0
2	23/11/2023	10	10	0
3	04/12/2023	10	10	0
4	18/12/2023	10	5	10
5	04/01/2024	0	0	0
6	07/02/2024	0	0	10
7	13/03/2024	0	0	0
Total		40	35	20

2.12.9.4. Fertilización. Según los resultados del análisis de sustratos que se muestran en la tabla 2.2, el sustrato 1 presenta una deficiencia del potasio disponible y los cationes cambiabiles (Ca^{++} , K^{+} y Na^{+}), el sustrato 2 presenta una deficiencia de potasio disponible y en los cationes cambiabiles (Ca^{++} y K^{+}) y el sustrato 3 presento una deficiencia del potasio disponible, además hubo presencia de plagas y enfermedades. En efecto se aplicó el producto Wuxal Doble Suspensión (nutriente foliar), el cual es un producto con un óptimo balance de macro y micronutrientes indicado para un crecimiento sostenido de la planta, de absorción foliar a nivel de la cutícula inter e intracelular. Esta labor se realizó utilizando una mochila de fumigar de capacidad de 20 litros y con la dosificación como se señala en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8

Aplicación de nutriente foliar en la propagación de Pinus radiata D. Don.

Nº	Fecha	Producto (Dosis ml)	Cantidad (ml/20lt)
1	13/11/2023	Woxal doble	0
2	23/11/2023	Woxal doble	0
3	04/12/2023	Woxal doble	25
4	18/12/2023	Woxal doble	25
5	04/01/2024	Woxal doble	25
6	07/02/2024	Woxal doble	25
7	13/03/2024	Woxal doble	25
Total			125

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Altura de plantón

Tabla 3.1

ANVA de la altura de plantón de Pinus radiata D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los diferentes tipos de sustrato, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.

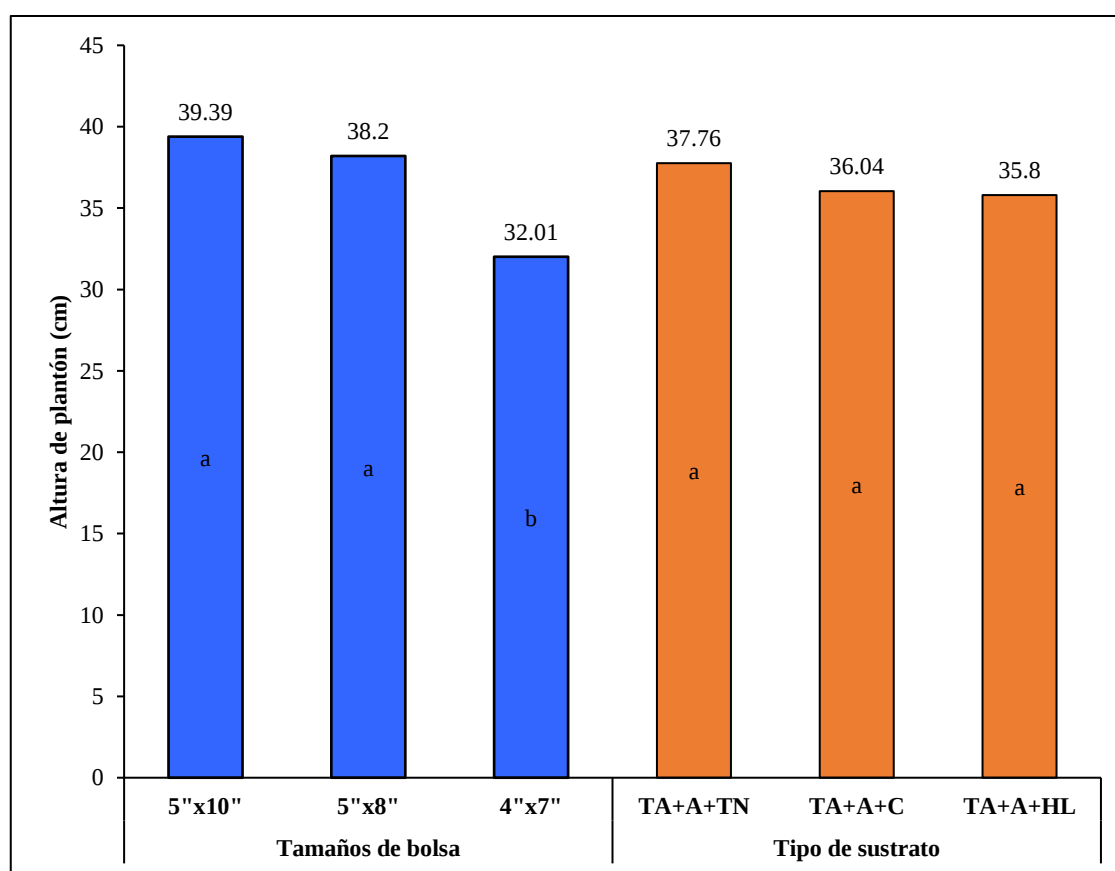
FV	GL	SC	CM	Fc	F0.05	F0.01	p-valor
Tamaños de bolsa	2	470.25	235.12	24.98	3.26	5.25	0.0000002**
Tipo de sustratos	2	34.29	17.14	1.82	3.26	5.25	0.1763373 ns
T. Sustrato x T. Bolsa	4	99.72	24.93	2.65	2.63	3.89	0.0489839 *
Error	36	338.78	9.41				
Total	44	943.04					
CV = 8.40 %		Promedio: 36.53 cm					

En el análisis de varianza ($p < 0.05$) para la altura de plantón de *Pinus radiata* D. Don aptos para llevar al campo definitivo, la Tabla 3.1 muestra una alta significación estadística para los tamaños de bolsa y significación estadística para la interacción tipos de sustrato x tamaño de bolsa, no habiendo significación estadística entre los diferentes tipos de sustrato. El coeficiente de variación de 8.4 % significa que los datos obtenidos son homogéneos y están distribuidos alrededor del promedio. Los resultados obtenidos indican que, al menos uno de los tamaños de bolsa, así como la interacción de tipo de sustrato x tamaño de bolsa, presentan diferencias significativas en comparación con los demás. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los distintos tipos de sustrato. Por otro lado, dado que se observa una significación estadística en la interacción entre tipos de sustrato y tamaños de bolsa (Tabla 3.1), el análisis se enfocó en el estudio de la interacción, dejando de lado las demás fuentes de variación. Esta interacción se analizó mediante el estudio de los efectos simples, como se muestra en la Figura 3.2 y Figura 3.3.

Álvarez (2018) indicó que los coeficientes de variación adecuados oscilan entre 5% a 20%, lo que refleja un desarrollo satisfactorio de los experimentos. Valores entre 21% y 45% son aceptables, mientras que superiores a 45% indican bajo rendimiento, dificultando la detección precisa de las diferencias entre los tratamientos.

Figura 3.1

Prueba de Tukey (0.05) para la altura promedio de plantón en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.



En la Figura 3.1 se muestra la altura de plantón promedios (cm) del *Pinus radiata* D. Don evaluados en tres tamaños de bolsa y tres tipos de sustrato. Se observa que los tamaños de bolsa B3 (5"x10"x0.002 mm) y B2 (5"x8"x0.002 mm), son estadísticamente similares, aunque presentan diferencias numéricas, con alturas promedio de plantón de 39.39 cm y 38.20 cm respectivamente. Ambos tamaños son estadística y numéricamente superiores al tamaño de bolsa B1 (4"x7"x0.002 mm), que alcanza una altura promedio de plantón de 32.01 cm. Este resultado indica que, a mayor tamaño de bolsa, el crecimiento y desarrollo aéreo de los plantones también es mayor. Según la Tabla 2.2 del análisis de

caracterización de los sustratos, se observa un alto contenido de nitrógeno total en los tres tipos de sustrato, esto favorece el crecimiento y desarrollo aéreo del *Pinus radiata* D. Don promoviendo una mayor altura de plantón. Además, los tamaños de bolsa 5"x10"x0.002 mm y 5"x8"x0.002 mm presentan un mayor volumen (960 y 833 cm³, respectivamente) y mayor profundidad de sustrato, lo que favorece el crecimiento y desarrollo del sistema radicular del plantón y mejora la capacidad de absorción de nutrientes disponibles en cada sustrato.

Al respecto, Ruano (2003, como se citó en Quiquin 2007), manifiestan que “el tamaño de envase es un parámetro que influye directamente en el crecimiento y desarrollo aéreo de las plántulas”; de igual manera, Montoya y Camara (1996, como se citó en Quiquín, 2003) indican que “el tamaño de plántulas resulta finalmente mayor y su crecimiento es más rápido cuanto mayor es el volumen del envase”. Este volumen mayor crecimiento facilita el aumento del nivel de reservas de la planta y el incremento de su capacidad fotosintética, características ambas relacionadas directamente con la supervivencia y, sobre todo, con el crecimiento de plantas durante su periodo de establecimiento en el monte.

Por otro lado, se evidencia que las alturas de plantón promedio alcanzados en los diferentes sustratos fueron similares: el S1 (Sustrato con Tierra Negra) registró 37.76 cm, el S2 (Sustrato con compost) 36.04 cm y el S3 (Sustrato con Humus de Hombriz) 35.8 cm. Esto sugiere que el tipo de sustrato no tuvo un impacto significativo en su crecimiento y desarrollo aéreo de los plantones. Según Vinueza (2013), el *Pinus radiata* D. Don requiere de suelos franco arenosos, bien drenados, con pH neutro a ligeramente ácido, y es una especie muy exigente en fósforo disponible. Estos requisitos coinciden con los resultados del análisis de caracterización de los tres tipos de sustratos (Tabla 2.2), lo que explica el crecimiento homogéneo en los plantones.

En la Tabla 3.2 prueba de contraste Tukey de altura de plantón para la interacción de tamaños de bolsa x tipos de sustrato, se observa que estadísticamente el tratamiento T7 (42.32 cm) es mejor, seguido en orden descendente por los tratamientos T8 (40.12 cm), T6 (38.96 cm), T4 (38.24 cm) y T5 (37.40 cm); por el contrario, el tratamiento T2 (30.60 cm) logra alcanzar el menor tamaño de altura de plantón.

Tabla 3.2

Prueba de Tukey (0.05) de altura de plantón en la interacción tamaños de bolsa x tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.

Nº	Tratamientos		Media (cm)	Agrupación		
1	T7	B3 X S1	42.32	a		
2	T8	B3 X S2	40.12	a	b	
3	T6	B2 X S3	38.96	a	b	c
4	T4	B2 X S1	38.24	a	b	c
5	T5	B2 X S2	37.40	a	b	c
6	T9	B3 X S3	35.72		b	c d
7	T3	B1 X S3	32.72			c d
8	T1	B1 X S1	32.72			c d
9	T2	B1 X S2	30.60			d

Canchari (2017) en su investigación concluye que las bolsas de polietileno de 4” x 7” x 0.002 mm proporcionan las mejores condiciones para la propagación del cedro (*Cedrela lilloi*) y el fresno (*Fraxinus americana*). No obstante, en la presente investigación el peor tratamiento fue la combinación del tamaño de bolsa 1 (4” x 7” x 0.002 mm) con el sustrato 2 (Sustrato con Compost) para la especie *Pinus radiata D. Don*, lo cual se puede atribuir a la especie de planta que se utiliza en el experimento.

Tabla 3.3

ANVA de los efectos simples del tamaño de plantón del Pinus radiata D. Don. Tamaños de bolsa en cada tipo de sustrato y el tipo de sustrato en cada tamaño de bolsa.

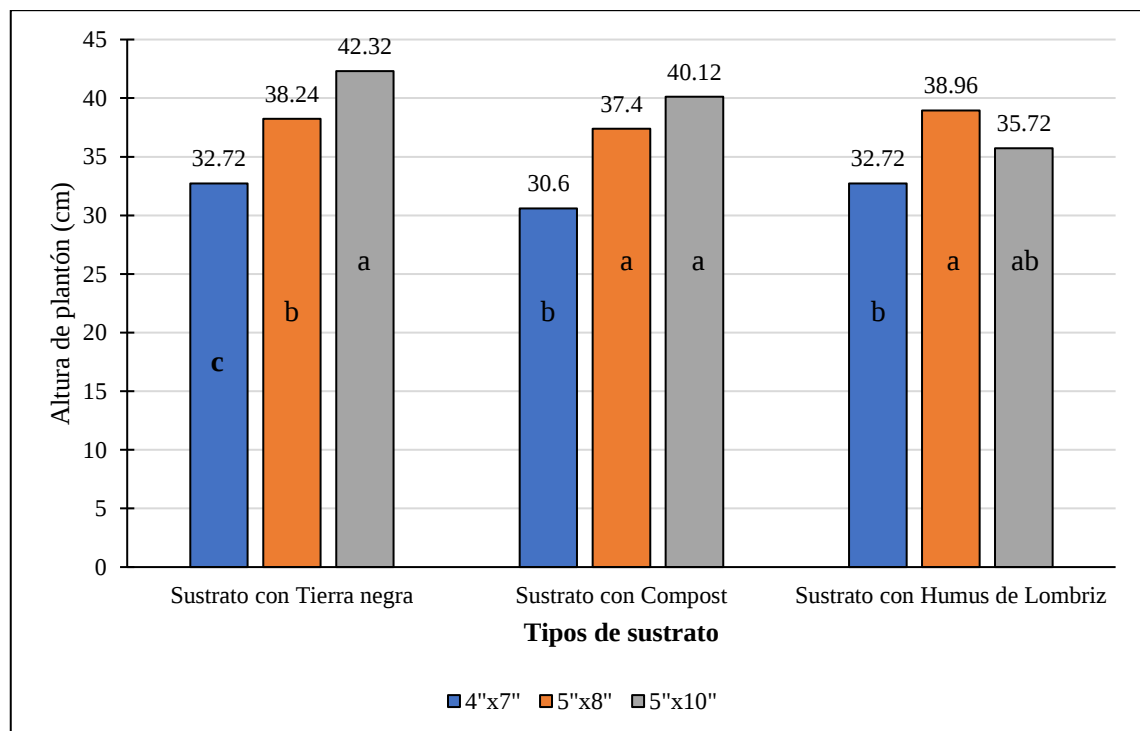
F.V.	GL	SC	CM	Fc	F0.05	F0.01	p-valor
Bolsa en s1	2	232.13	116.06	12.334	3.26	5.25	0.0001**
Bolsa en s2	2	240.45	120.22	12.776	3.26	5.25	0.0025**
Bolsa en s3	2	97.39	48.7	5.175	3.26	5.25	0.0354*
Sustrato en b1	2	14.98	7.49	0.796	3.26	5.25	0.4301ns
Sustrato en b2	2	6.1	3.05	0.324	3.26	5.25	0.5692ns
Sustrato en b3	2	112.93	56.47	6.001	3.26	5.25	0.0522ns
Error	36		9.41				

La Tabla 3.3 nos muestra el estudio completo de los efectos simples para la altura de planta, el cual indica que los diferentes tipos de sustrato, S1 (Sustrato con Tierra

Negra), el S2 (Sustrato con Compost) y S3 (Sustrato con Humus de Lombriz) no muestran diferencias estadísticas entre sí. Sin embargo, en las comparaciones con los diferentes tamaños de bolsa existe significación y alta significación estadística que nos permite realizar la prueba de comparación (Tukey), el que se muestra en la Figura 3.2 y Figura 3.3.

Figura 3.2

*Prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de los tamaños de bolsa en cada tipo de sustrato para la altura de plantón de *Pinus radiata* D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.*

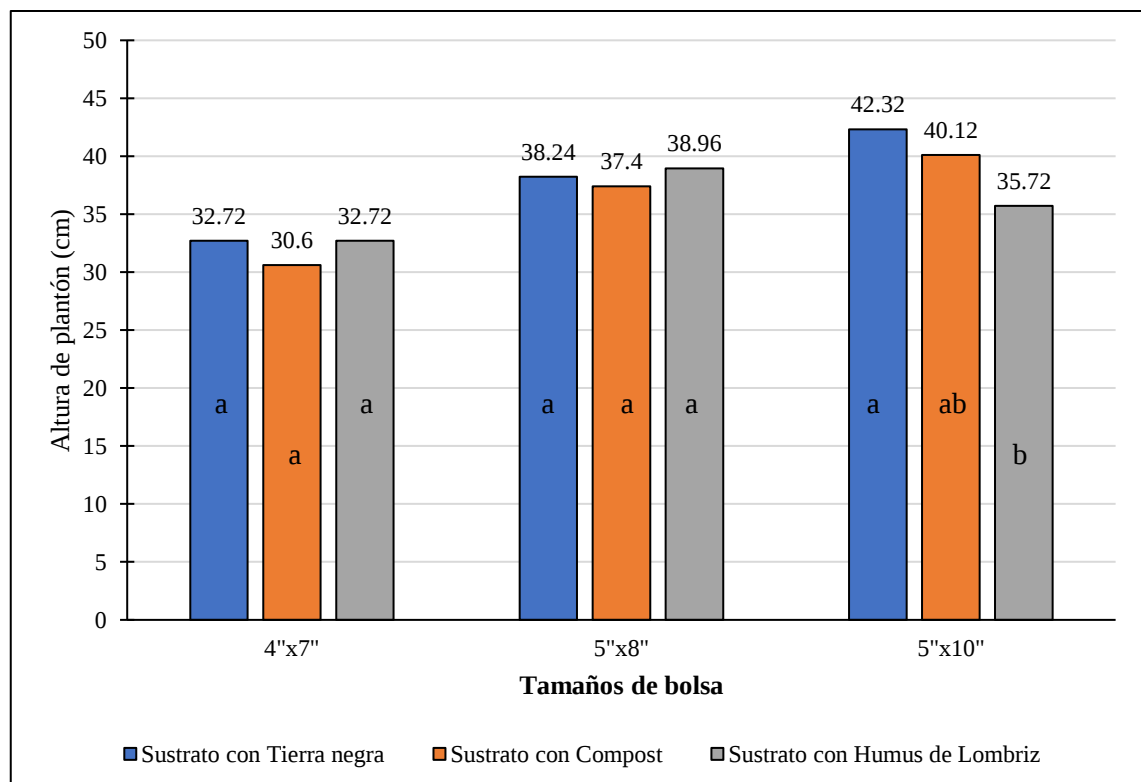


De la Figura 3.2 prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de tamaños de bolsa en cada tipo de sustrato, se concluye que el tamaño de bolsa 5"x10"x0.002 mm es el que presenta la mayor altura de plantón, con los tipos de sustratos evaluados: el sustrato 1 (Sustrato con Tierra negra) y sustrato 2 (Sustrato con Compost), mostrando diferencias estadísticamente significativas frente a los demás tamaños de bolsa, las alturas promedio de plantones de *Pinus radiata* D. Don para tipos de sustrato fueron de 42.32 y 40.12 cm, respectivamente. Por otro lado, el tamaño de bolsa 5"x8"x0.002 mm, fue superior con una altura promedio de plantón de *Pinus radiata* D. Don de 38.96 cm para el sustrato 3 (Sustrato con Humus de Lombriz) y mostrando

diferencias estadísticamente significativas frente a los demás tamaños de bolsa. Estos resultados indican que un mayor volumen, sección transversal, profundidad y contenido nutricional del sustrato proporcionan mejores condiciones para un crecimiento y desarrollo aéreo mayor de los plántones de *Pinus radiata* D. Don.

Figura 3.3

Prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de los tipos de sustrato en cada tamaño de bolsa para la altura de plánton de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.



De la Figura 3.3 prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de tipos de sustrato en cada tamaño de bolsa, se muestra que no hay diferencias estadísticas significativas entre los tipos de sustratos, utilizando los tamaños de bolsa 4"x7"x0.002 mm y 5"x8"x0.002 mm. Sin embargo, existe diferencias entre los tipos de sustratos evaluados con el tamaño de bolsa 5"x10"x0.002 mm, donde el sustrato 1 (Sustrato con Tierra negra) es superior con 42.32 cm, seguido por el sustrato 2 (Sustrato con Compost) con 40.12 cm y finalmente el sustrato 3 (Sustrato con Humus de lombriz) que reporta la menor altura de plánton de *Pinus radiata* D. Don.

Estos resultados indican que los tipos de sustrato no tienen una influencia significativa en el crecimiento y desarrollo aéreo de los plantones de *Pinus radiata* D. Don. Sin embargo, la diferencia que existe entre los tipos de sustrato evaluados con el tamaño de bolsa 5"x10"x0.002 mm, es debido a la influencia del tamaño de bolsa, mas no por el tipo de sustrato. Por lo tanto, se concluye que todos los sustratos presentan características similares en cuanto a la clase textural, pH, contenido nutricional, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), lo cual reflejo en un crecimiento y desarrollo aéreo homogéneo de los plantones de *Pinus radiata* D. Don.

3.2. Diámetro de tallo del plantón

Tabla 3.4

ANVA del diámetro de tallo del plantón de Pinus radiata D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los diferentes tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.

F.V.	GL	SC	CM	Fc	F0.05	F0.01	p-valor
Tamaños de bolsa	2	3.51	1.76	39.62	3.259	5.248	<0.0001 **
Tipo de Sustrato	2	0.06	0.03	0.67	3.259	5.248	0.5204ns
T. Sustrato x T. Bolsa	4	0.51	0.13	2.89	2.634	3.890	0.0355 *
Error	36	1.6	0.04				
Total	44	5.68					
CV = 5.44 %	Promedio: 3.87 mm						

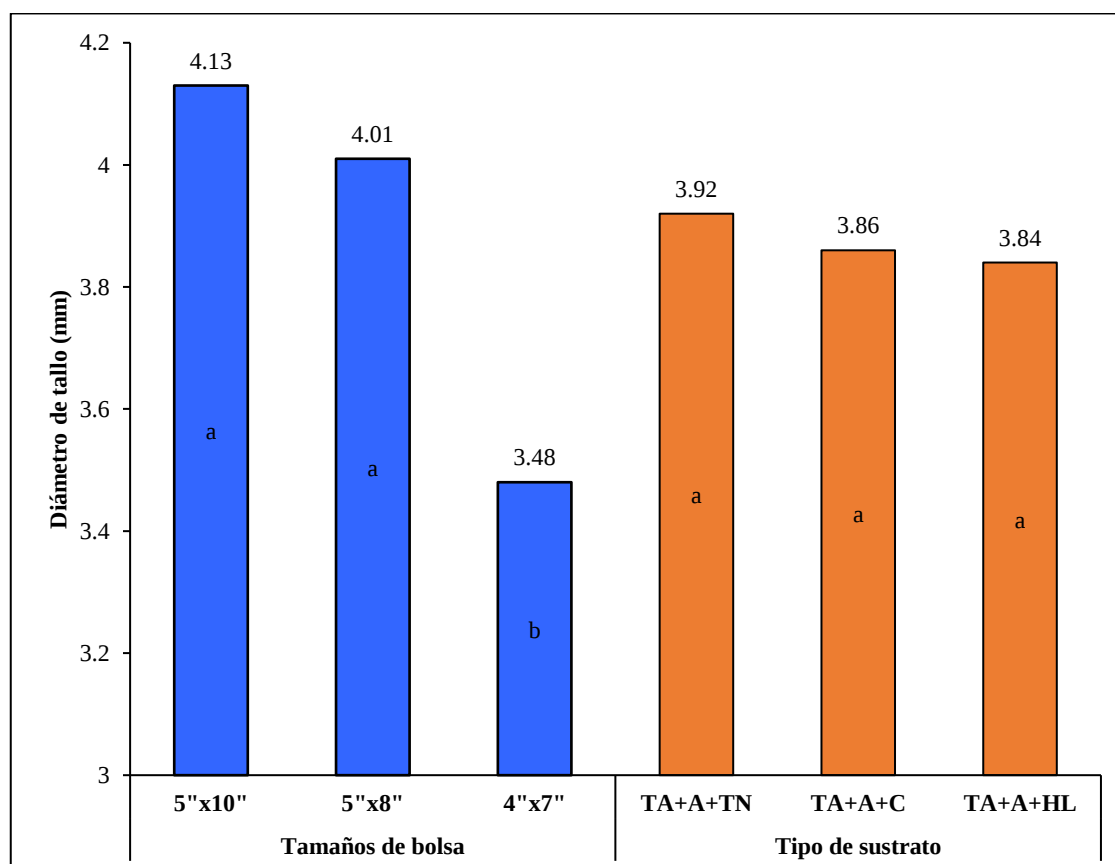
En el análisis de varianza ($p < 0.05$) para el diámetro de tallo del plantón de *Pinus radiata* D. Don aptos para llevar al campo definitivo, la Tabla 3.4 muestra alta significación estadística para tamaños de bolsa y significación estadística para la interacción tipo de sustrato * tamaño de bolsa, no habiendo significación estadística para tipos de sustrato. El coeficiente de variación de 5.44 % significa que los datos obtenidos son homogéneos y se encuentran al rededor del promedio. Los resultados obtenidos indican que, al menos uno de los tamaños de bolsa, así como la interacción de tipo de sustrato * tamaño de bolsa, presentan diferencias significativas en comparación con los demás. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los distintos tipos de sustrato. Por otro lado, dado que se observa una significación estadística en la interacción entre tipos de sustrato y tamaños de bolsa (Tabla 3.4), el análisis se enfocó en el estudio de la interacción, dejando de lado las demás fuentes de variación. Esta

interacción se analizó mediante el estudio de los efectos simples, como se muestra en la Figura 3.2 y Figura 3.3.

Al respecto Romero (2016), en su investigación concluye que en la producción de plántones de caoba (*Swietenia macrophylla* King.), el efecto principal del tamaño de bolsa grande y mediana fue significativo en las variables diámetro a nivel del cuello del plantón para la fase de vivero. Por otro lado, Arnold (1996) en su investigación menciona que el menor diámetro alcanzado en los plántones de caoba al ser producidos en envases de tamaño pequeño, radica en que la distancia entre los plántones fue menor a causa del diámetro de las bolsas, lo que originó la competencia entre los plántones por ganar altura total y esto le ocasionó la disminución de su calidad, como refiere que mientras mayor sea el diámetro del tallo y el peso fresco de una planta, mejor será la calidad de ella.

Figura 3.4

Prueba de Tukey (0.05) para el diámetro de tallo del plantón (mm) en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustrato la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.



En la Figura 3.4 el diámetro de tallo del plantón promedios del *Pinus radiata* D. Don para tamaños de bolsa y tipos de sustrato. Se observa que los tamaños de bolsa B3 (5"x10"x0.002 mm) y B2 (5"x8"x0.002 mm), son estadísticamente similares, aunque presentan diferencias numéricas, con un diámetro de tallo promedio de plantón de 4.13 mm y 4.01 mm respectivamente. Ambos tamaños son estadística y numéricamente superiores al tamaño de bolsa B1 (4"x7"x0.002 mm), que alcanza un diámetro de tallo promedio de plantón de 3.48 mm. Este resultado demuestra que un mayor tamaño de bolsa se correlaciona con un incremento en el diámetro de tallo de los plantones, lo que indica una mayor probabilidad de supervivencia en el sitio de plantación. En particular los tamaños de bolsa B3 (5"x10"x0.002 mm) y B2 (5"x8"x0.002 mm) ofrecen mayor diámetro de bolsa (8 cm), lo que genera mayor espacio entre plantas en la cama de crianza. Este mayor espacio reduce la competencia por luz, favoreciendo el desarrollo del diámetro de tallo de los plantones. Por el contrario, el tamaño de bolsa B1 (4"x7"x0.002 mm), con un diámetro de bolsa de 6.5 cm, ofrece menor espacio entre plantas en la cama de crianza, lo que incrementa la competencia por la luz y limitando el desarrollo del diámetro de tallo del plantón.

Por otro lado, se evidencia que los diámetros de tallo de plantón promedio alcanzados en los diferentes sustratos fueron similares: el S1 (Sustrato con Tierra Negra) registró 3.92 mm, el S2 (Sustrato con compost) 3.86 mm y el S3 (Sustrato con Humus de lombriz) 3.84 mm. Esto sugiere que el tipo de sustrato no tuvo un impacto significativo en el incremento del diámetro de tallo de los plantones de la presente investigación. Este comportamiento podría explicarse por las características similares de los sustratos utilizados, como se muestra en la Tabla 2.2, así como por las condiciones climáticas y el ambiente controlado (vivero con malla raschel, color verde) en el que se desarrolló el ensayo. Estas condiciones pueden haber limitado las diferencias significativas entre los tipos de sustratos.

Sin embargo, Orozco y Thienhaus (1997) mencionan que la aplicación de abono orgánico (gallinaza) contribuye al incremento del diámetro del tallo, en plántulas de cacao. Por otro lado, Cervantes et al. (2018), en su estudio señalan que el factor sustrato causó diferencias significativas en el crecimiento de las plantas *Prosopis laevigata* en las variables diámetro y producción de biomasa de la parte aérea de este cultivo.

Tabla 3.5

Prueba de Tukey (0.05) del diámetro de tallo del plantón en la interacción tamaños de bolsa x tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.

Nº	Tratamientos		Media (mm)	Agrupación			
1	T7	B3 X S1	4.30	a			
2	T8	B3 X S2	4.19	a			
3	T6	B2 X S3	4.07	a			
4	T4	B2 X S2	3.99	a	b		
5	T5	B2 X S1	3.98	a	b		
6	T9	B3 X S3	3.88	a	b	c	
7	T3	B1 X S3	3.57		b	c	d
8	T1	B1 X S1	3.49			c	d
9	T2	B1 X S2	3.39				d

En la Tabla 3.5 prueba de contraste Tukey de diámetro de tallo del plantón para la interacción de tamaños de bolsa * tipos de sustrato, se observa que estadísticamente el tratamiento T7 (4.30 mm) es mejor, seguido en orden descendente por los tratamientos T8 (4.19 mm), T6 (4.07 mm), T4 (3.99 mm), T5 (3.98 mm) y T9 (3.88 mm); por el contrario, el tratamiento T2 (3.39 mm) logra alcanzar el menor diámetro de tallo de plantón.

Según los resultados de la investigación de Canchari (2017), el diámetro de tallo del plantón de cedro y fresno establecidos en bandejas y bolsas en diferentes sustratos, se observó que existe diferencia estadística entre bandejas y bolsas; siendo las bolsas, quienes proporcionan mejores condiciones para un mayor incremento del diámetro del tallo; debido a la disponibilidad de espacio y volumen de sustrato, por ser en mayor cantidad en comparación con las bandejas. Esta mayor capacidad permite un desarrollo radicular más amplio, facilitando una mejor absorción de agua y nutrientes, lo que se refleja en un mayor incremento del diámetro de tallo del plantón.

Tabla 3.6

ANVA de los efectos simples del diámetro de tallo del plantón del Pinus radiata D. Don. Tamaños de bolsa en cada tipo de sustrato y el tipo de sustrato en cada tamaño de bolsa.

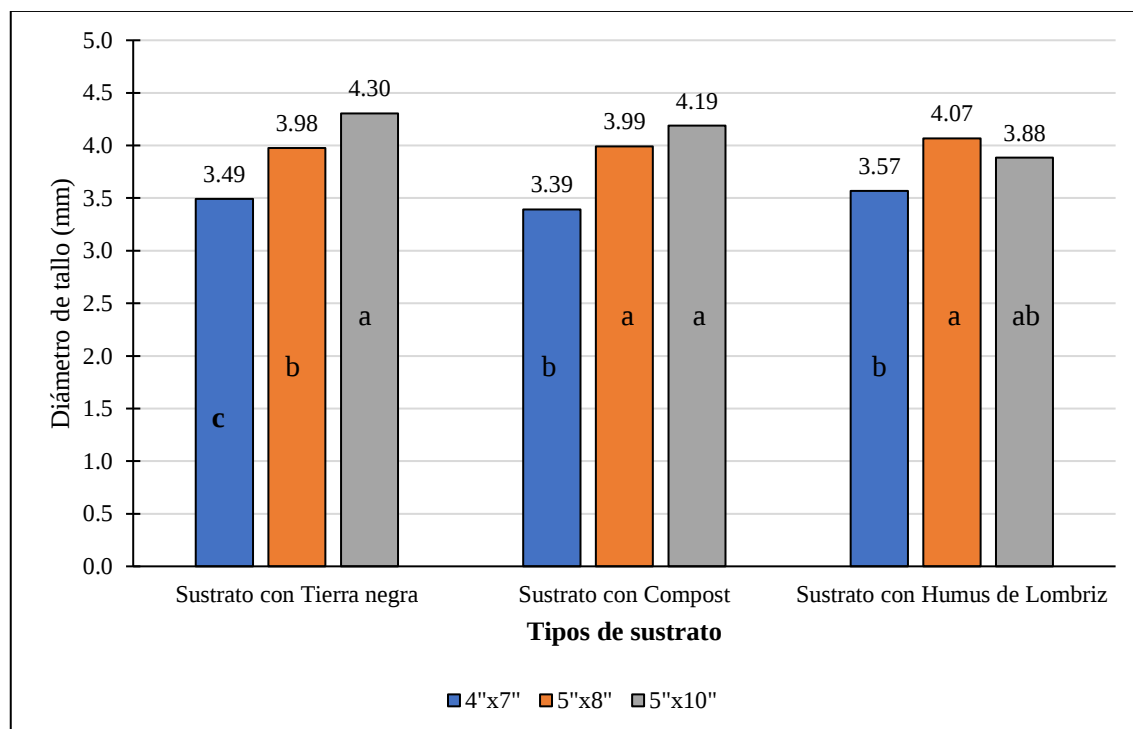
F.V.	GL	SC	CM	Fc	F0.05	F0.01	p-valor
Bolsa en s1	2	1.67	0.83	20.750	3.26	5.25	0.0001**
Bolsa en s2	2	1.72	0.86	21.500	3.26	5.25	0.0006**
Bolsa en s3	2	0.64	0.32	8.000	3.26	5.25	0.0057**
Sustrato en b1	2	0.08	0.04	1.000	3.26	5.25	0.3658ns
Sustrato en b2	2	0.02	0.01	0.250	3.26	5.25	0.6242ns
Sustrato en b3	2	0.47	0.24	6.000	3.26	5.25	0.0755ns
Error	36		0.04				

La Tabla 3.6 presenta un análisis completo de los efectos simples sobre el diámetro de tallo del plantón, el cual indica que los diferentes tipos de sustrato, S1 (Sustrato con Tierra Negra), el S2 (Sustrato con compost) y S3 (Sustrato con Humus de lombriz) no muestran diferencias estadísticamente significativas entre sí. Sin embargo, en las comparaciones con los diferentes tamaños de bolsa existe una alta significación estadística que nos permite realizar la prueba de comparación (Tukey), el que se muestra en la Figura 3.5 y Figura 3.6.

De la Figura 3.5 prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de tamaños de bolsa en cada tipo de sustrato, se concluye que el tamaño de bolsa 5"x10"x0.002 mm es el que presenta la mayor altura de plantón, con los tipos de sustratos evaluados: el sustrato 1 (Sustrato con Tierra negra) y sustrato 2 (Sustrato con Compost), mostrando diferencias estadísticamente significativas frente a los demás tamaños de bolsa, los diámetros de tallo promedio de plantones de *Pinus radiata* D. Don para tipos de sustrato fueron de 4.30 y 4.19 mm, respectivamente. Por otro lado, el tamaño de bolsa 5"x8"x0.002 mm, fue superior con un diámetro de tallo promedio de plantón de *Pinus radiata* D. Don de 4.07 mm para el sustrato 3 (Sustrato con Humus de Lombriz) y mostrando diferencias estadísticamente significativas frente a los demás tamaños de bolsa (4"x7"x0.002 mm y 5"x10"x0.002 mm). Estos resultados indican que un mayor volumen, sección transversal, profundidad y contenido nutricional del sustrato proporcionan mejores condiciones para un crecimiento y desarrollo del diámetro de tallo mayor de los plantones de *Pinus radiata* D. Don.

Figura 3.5

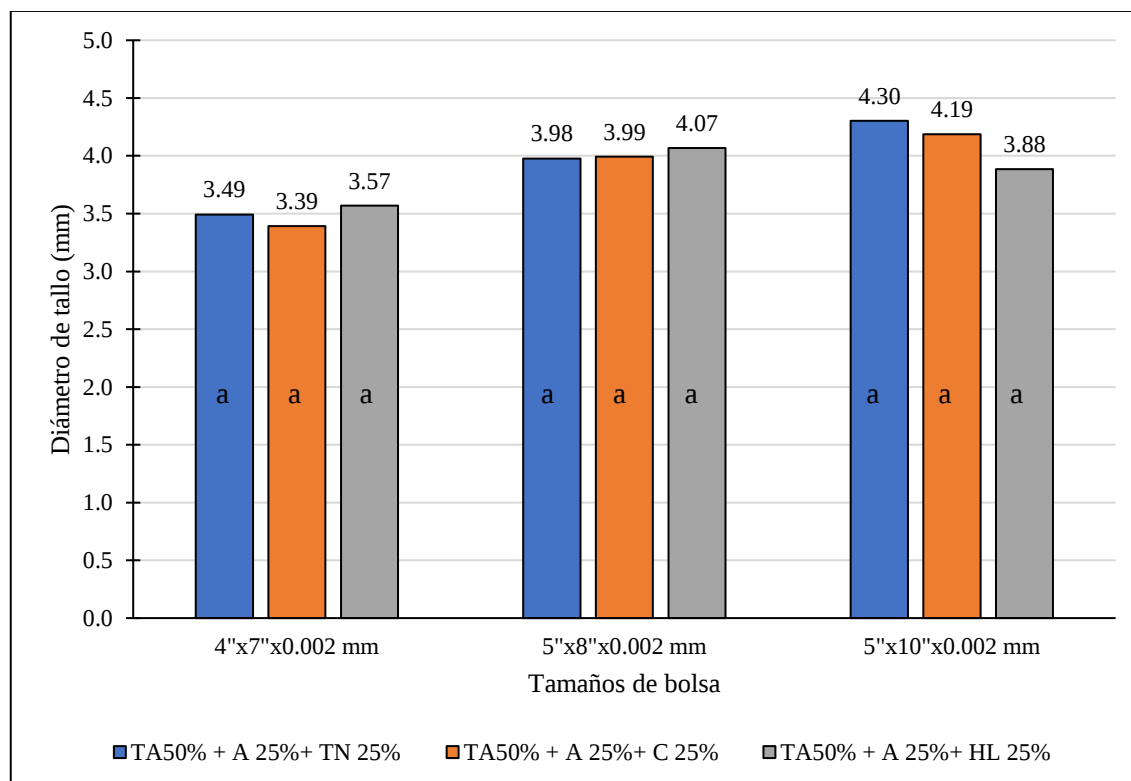
*Prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de los tamaños de bolsa en cada tipo de sustrato para el diámetro de tallo del plantón de *Pinus radiata* D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.*



De la Figura 3.6 prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de tipos de sustrato en cada tamaño de bolsa, se muestra que no hay diferencias estadísticas significativas entre los tipos de sustratos, utilizando los tamaños de bolsa 4"x7"x0.002 mm, 5"x8"x0.002 mm y 5"x10"x0.002 mm. Estos resultados indican que los tipos de sustrato no tienen una influencia significativa en el crecimiento y desarrollo del diámetro de tallo de los plantones de *Pinus radiata* D. Don. Sin embargo, la diferencia numérica que existe entre los tipos de sustrato evaluados con el tamaño de bolsa 4"x7"x0.002 mm, 5"x8"x0.002 mm y 5"x10"x0.002 mm, es debido a la influencia del tamaño de bolsa, mas no por el tipo de sustrato. Por lo tanto, se concluye que todos los sustratos presentan características similares en cuanto a la clase textural, pH, contenido nutricional, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), lo cual reflejo en un crecimiento y desarrollo del diámetro de tallo homogéneo de los plantones de *Pinus radiata* D. Don.

Figura 3.6

Prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de los tipos de sustrato en cada tamaño de bolsa para el diámetro de tallo del plantón de *Pinus radiata* D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.



3.3. Longitud de la raíz

Tabla 3.7

ANVA de la longitud de raíz del plantón de *Pinus radiata* D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.

F.V.	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01	p-valor
Tamaños de bolsa	2	11328.24	5664.12	21.04	3.26	5.25	<0.0001**
Tipo de Sustrato	2	578.21	289.11	1.07	3.26	5.25	0.3523 ns
T. Sustrato x T. Bolsa	4	1184.64	296.16	1.1	2.63	3.89	0.3714 ns
Error	36	9691.14	269.2				
Total	44	22782.23					
CV = 25.7 %		Promedio: 63.84 cm					

En el análisis de varianza ($p < 0.05$) para la longitud de raíz del plantón de *Pinus radiata* D. Don aptos para llevar al campo definitivo, la Tabla 3.7 muestra alta significación estadística para tamaños de bolsa, no habiendo significación estadística para

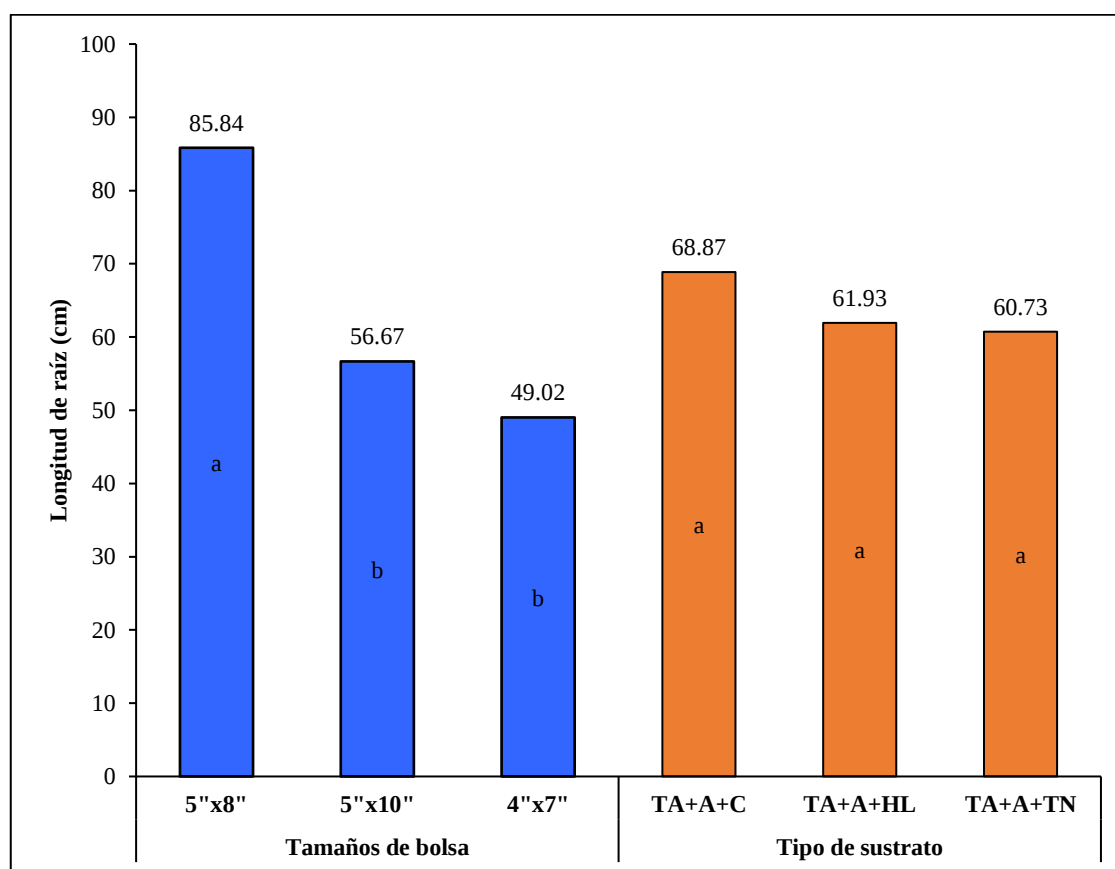
tipos de sustrato y la interacción tipo de sustrato * tamaño de bolsa. El coeficiente de variación de 25.7 % significa que los datos obtenidos son homogéneos y se encuentran al rededor del promedio. Los resultados obtenidos indican que, al menos uno de los tamaños de bolsa presenta diferencias significativas en comparación con los demás. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los distintos tipos de sustrato y la interacción de tipo de sustrato * tamaño de bolsa.

Canchari (2017) destacó en su investigación que existen diferencias estadísticas altamente significativas en las interacciones entre las especies (cedro y fresno) y los tipos de contenedores, especialmente en el uso de bolsas. El estudio concluye que tanto el potencial genético de las especies como el volumen del sustrato influyen en el crecimiento de la longitud de la raíz. Por otro lado, según los resultados de la investigación realizada por Arizaleta y Pire (2007), el tamaño de la bolsa de propagación afectó ($p \leq 0.05$) todas las variables de crecimiento de las plantas de cafeto, donde las plantas propagadas en bolsas de menor tamaño presentaron las raíces de menor longitud y mayor diámetro; en las bolsas de mayor tamaño hubo mayor acumulación de biomasa en la raíz.

En la Figura 3.7 se presenta la longitud promedio de raíz de los plántones de *Pinus radiata* D. Don en función de los tamaños de bolsa y tipos de sustrato. Se observa que el tamaño de bolsa B2 (5"x8"x0.002 mm) es estadísticamente superior, con longitud promedio de raíz de 85.84 cm, en comparación con los tamaños de bolsa B3 (5"x10"x0.002 mm) y B1 (4"x7"x0.002 mm). Aunque estas dos últimas no muestran diferencias estadísticamente significativas entre sí, presentan diferencias numéricas, con longitudes promedio de raíz de 56.67 cm y 49.02 cm, respectivamente. Este resultado demuestra que, a mayor tamaño de bolsa, el crecimiento y desarrollo del sistema radicular de los plántones también es mayor. En efecto, el tamaño del envase es uno de los factores que más influye en la formación del sistema radicular, por otro lado, la altura del envase también es fundamental, ya que impacta tanto en las propiedades de retención de agua del sustrato como en el espacio disponible para el crecimiento longitudinal de las raíces, influyendo directamente en el crecimiento y el desarrollo del sistema radicular del plánton. Asimismo, al margen de obtener mayor longitud de raíz en la bolsa B2 (5"x8"x0.002 mm) ocurrió el fenómeno de mal formación llamada "cola de chanco" del sistema radicular.

Figura 3.7

Longitud de la raíz del plantón (cm) en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.



Por otro lado, se evidencia que la longitud de raíz alcanzada por los plantones en diferentes sustratos fue similar: el S2 (Sustrato con compost) registró una longitud promedio de raíz de 68.87 cm, seguido del sustrato S3 (Sustrato con Humus de lombriz) con 61.93 cm, y finalmente el sustrato 1 S1 (Sustrato con Tierra Negra) con 60.73 cm. Estos resultados sugieren que el tipo de sustrato no tuvo un impacto significativo en el crecimiento y desarrollo del sistema radicular de los plantones.

Al respecto, Ruano (2003, como se citó en Quiquín, 2007) menciona que la mayoría de los contenedores están diseñados, con mayor o menor acierto, para favorecer el buen desarrollo de un sistema radicular en las plantas de vivero, garantizando así que las raíces se mantengan protegidas durante el transporte y hasta su establecimiento en el campo definitivo.

Chala y Sosa (2017) a través de su investigación concluyen que las plantas cultivadas en los sustratos T-2 (suelo 70% + humus de lombriz 30%) y T-3(suelo 70% + Materia orgánica 30%) evidenciaron mejores resultados en la evaluación de los atributos

morfológicos evaluados para el cultivo *Pinus maestrensis* Bisse. Por lo tanto, la utilización de sustratos orgánicos mejora la calidad de la planta en vivero, disminuye el período de permanencia de las posturas en el mismo y eleva la probabilidad de éxito en plantación.

En la Tabla 3.8 prueba de contraste Tukey de la longitud de raíz del plantón para la interacción de tamaños de bolsa * tipos de sustrato, se observa que estadísticamente el tratamiento T5 (96.73 cm) es mejor, seguido en orden descendente por los tratamientos T4 (86.80 cm) y T6 (74.00 cm); por el contrario, el tratamiento T1 (42.07 cm) logra alcanzar la menor longitud de raíz del platón. Este resultado demuestra que el tratamiento T5 (96.73 cm), utilizando una combinación de B2 (5''x8''x0.02 mm) con S2 (Sustrato con compost) favorece una mayor retención de agua capilar y un mayor espacio poroso (CIC = 14.2 Cmol (+) /kg). Estas condiciones proporcionan al plantón una mejor disponibilidad de nutrientes, agua y oxigenación del sistema radicular, lo que permite un balance adecuado entre la fotosíntesis y respiración, impulsando así el crecimiento y desarrollo óptimo del sistema radicular.

Tabla 3.8

Prueba de Tukey (0.05) de la longitud de la raíz del plantón en la interacción tamaños de bolsa x tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.

N°	Tratamientos		Media (cm)	Agrupación		
1	T5	B2 X S2	96.73	a		
2	T4	B2 X S1	86.80	a	b	
3	T6	B2 X S3	74.00	a	b	c
4	T8	B3 X S2	58.67		b	c
5	T9	B3 X S3	58.00		b	c
6	T3	B1 X S3	53.80		b	c
7	T7	B3 X S1	53.33		b	c
8	T2	B1 X S2	51.20			c
9	T1	B1 X S1	42.07			c

Según los resultados de la investigación de Canchari (2017), el sustrato compuesto en proporción 3:2:1 de (Tierra negra 50% + vermiculita 33.3% + compost 16.7%), provee las mejores condiciones en la propagación de cedro (*Cedrela lilloi*) y fresno (*Fraxinus americana*).

3.4. Peso seco total del plantón

Tabla 3.9

ANVA del peso seco total del plantón de Pinus radiata D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.

F.V.	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01	p-valor
Tamaños de bolsa	2	29.51	14.76	41.44	3.26	5.25	<0.0001**
Tipo de Sustrato	2	1.07	0.54	1.51	3.26	5.25	0.2351ns
T. Sustrato x T. Bolsa	4	1.36	0.34	0.95	2.63	3.89	0.4443ns
Error	36	12.82	0.36				
Total	44	44.76					

CV = 14.24 %

Promedio: 4.19 g

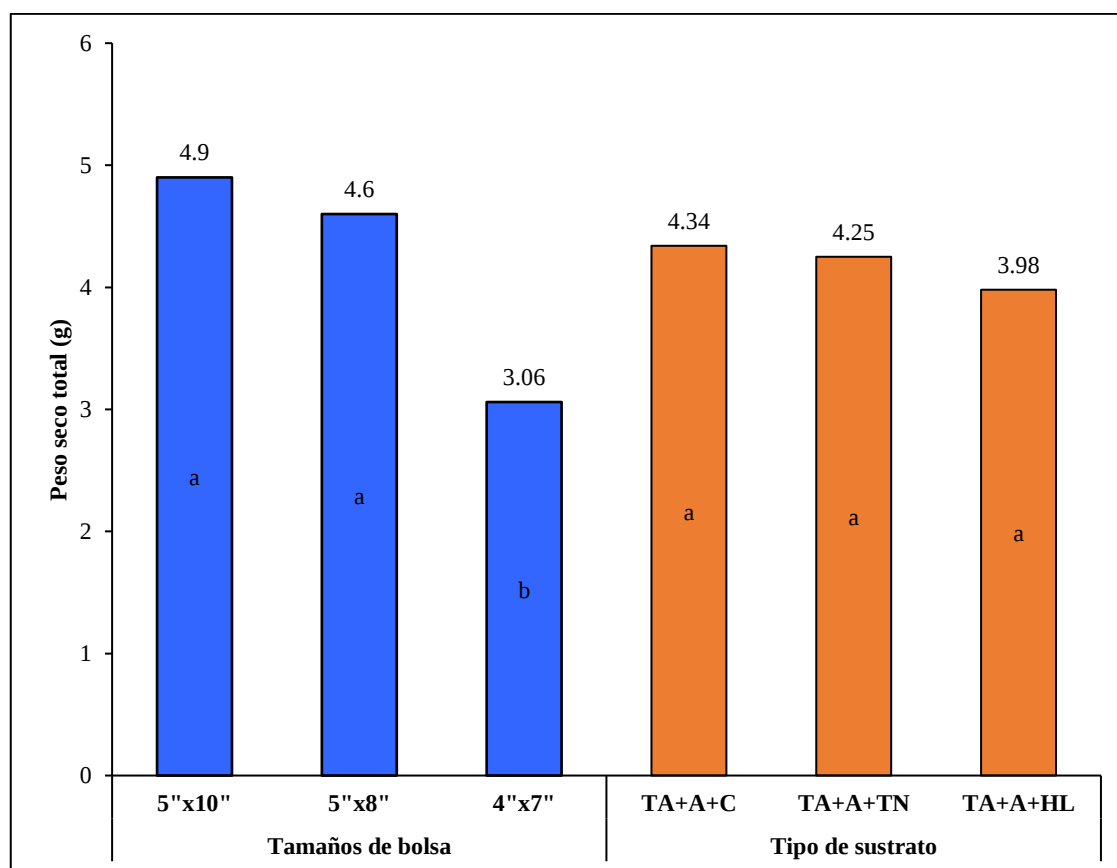
En el análisis de varianza ($p < 0.05$) para el peso seco total del plantón de *Pinus radiata* D. Don aptos para llevar al campo definitivo, la Tabla 3.9 muestra alta significación estadística para tamaños de bolsa, no habiendo significación estadística para tipos de sustrato y la interacción tipo de sustrato x tamaño de bolsa. El coeficiente de variación de 14.24 % significa que los datos obtenidos son homogéneos y se encuentran al rededor del promedio. Cuyos resultados demuestran que, al menos uno de los tamaños de bolsa es diferente a los demás. Mientras entre los tipos de sustrato y la interacción de tipo de sustrato x tamaño de bolsa son iguales.

En la Figura 3.8 se presenta el peso seco total promedios de los plantones de *Pinus radiata* D. Don evaluados en tres tamaños de bolsa y tres tipos de sustrato. Se observa que los tamaños de bolsa B3 (5"x10"x0.02 mm) y B2 (5"x8"x0.02 mm), son estadísticamente similares, aunque presentan diferencias numéricas, con pesos secos totales promedio de 4.90 g y 4.60 g, respectivamente. Ambos tamaños son estadística y numéricamente superiores al tamaño de bolsa B1 (4"x7"x0.02 mm), que alcanza un peso seco total promedio del plantón de 3.06 g. Este resultado demuestra que el aumento en el tamaño de la bolsa está directamente relacionado con el incremento en los pesos de la biomasa seca aérea y subterránea (radicular) de los plantones de *Pinus radiata* D. Don.

Este efecto puede atribuirse al mayor volumen de sustrato proporcionado por las bolsas más grandes, que incrementan tanto la profundidad como el diámetro del contenedor, lo cual reduce la densidad de la población de los plantones en las camas de crianza. En estas condiciones, la intercepción de radiación solar aumenta debido al mayor espacio disponible entre los plantones, lo que favorece el crecimiento y desarrollo de la biomasa aérea y radicular. Esto se traduce en una mayor eficiencia fotosintética y una mayor producción de asimilados, reflejándose en un incremento significativo en la biomasa seca total, tanto aérea como radicular.

Figura 3.8

Prueba de Tukey (0.05) para el peso seco total del plantón promedio (g) en los diferentes de tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.



Por otro lado, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los tipos de sustratos en relación con el peso seco total de los plantones, lo que indica un comportamiento similar en esta variable. En promedio, los valores registrados fueron de 4.34 g para el sustrato 2 (Sustrato con compost), 4.25 g para el sustrato 1 (Sustrato con

Tierra Negra), y 3.98 g para el sustrato 3 (Sustrato con Humus de lombriz). Esto sugiere que los tres tipos de sustratos evaluados no ejercen una influencia significativa en la acumulación de biomasa seca total en la producción de plantones de *Pinus radiata* D. Don. Esta ausencia de diferencias puede atribuirse a las características físicas, químicas y biológicas similares que presentan los sustratos utilizados, como se detalla en la Tabla 2.2. estas propiedades homogéneas parecen proporcionar condiciones equivalentes para el crecimiento y desarrollo de los plantones, independientemente del tipo de sustrato utilizado.

Según la investigación de Canchari (2017), los plantones de fresno establecidos en bolsas alcanzaron mayores valores de peso seco total, mientras que los plantones de cedro establecidos en bandejas obtuvieron el valor más bajo. Por otro lado, Muñoz (2007) según resultado de su investigación, indica que los tratamientos con vermiculita obtuvieron un mayor crecimiento en altura total, materia seca de la parte aérea, raíz y total. Citando también a Olivo y Buduva (2006) quienes afirman que los sustratos orgánicos mezclados con vermiculita desarrollan mejores plantas tanto en altura como en materia seca; ya que contienen una alta capacidad de retención de humedad, buena aireación y oxigenación de raíces.

Tabla 3.10

Prueba de Tukey (0.05) del peso seco total del plantón en la interacción tamaños de bolsa x tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.

Nº	Tratamientos		Media (g)	Agrupación
1	T8	B3 X S2	5.28	a
2	T7	B3 X S1	5.10	a
3	T5	B2 X S2	4.67	a
4	T4	B2 X S1	4.64	a
5	T6	B2 X S3	4.47	a
6	T9	B3 X S3	4.37	a
7	T3	B1 X S3	3.09	b
8	T2	B1 X S2	3.08	b
9	T1	B1 X S1	3.01	b

En la Tabla 3.10 que presenta la prueba de contraste Tukey de peso seco total del plantón para la interacción de tamaños de bolsa * tipos de sustrato, se observa que los tratamientos T8 (5.28 g), T7 (5.10 g), T5 (4.67 g), T4 (4.64 g), T6 (4.47 g) y T9 (4.37 g) son estadísticamente superiores y similares entre sí. En contraste, el tratamiento T1, con un peso seco total de 3.01 g, registro el menor valor. Estos resultados indican que el tamaño de la bolsa, asociado a un mayor volumen de sustrato y/o mayor altura de contenedor está directamente relacionado con la acumulación de biomasa seca total de los plantones *Pinus radiata* D. Don. Este efecto se debe a que existe una mayor disponibilidad de espacio y nutrientes para el desarrollo radicular y aéreo.

Quiróz et al. (2012) sostienen que el volumen o capacidad del contenedor es una variable que tiene una buena correlación con las características morfológicas de las plantas producidas en vivero, siendo el peso seco y el DAC (diámetro del cuello) las variables con una mayor correlación y esta se da principalmente dentro de un rango bien definido de volumen.

3.5. Peso seco de la parte aérea del plantón

Tabla 3.11

ANVA del peso seco de la parte aérea del plantón de Pinus radiata D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.

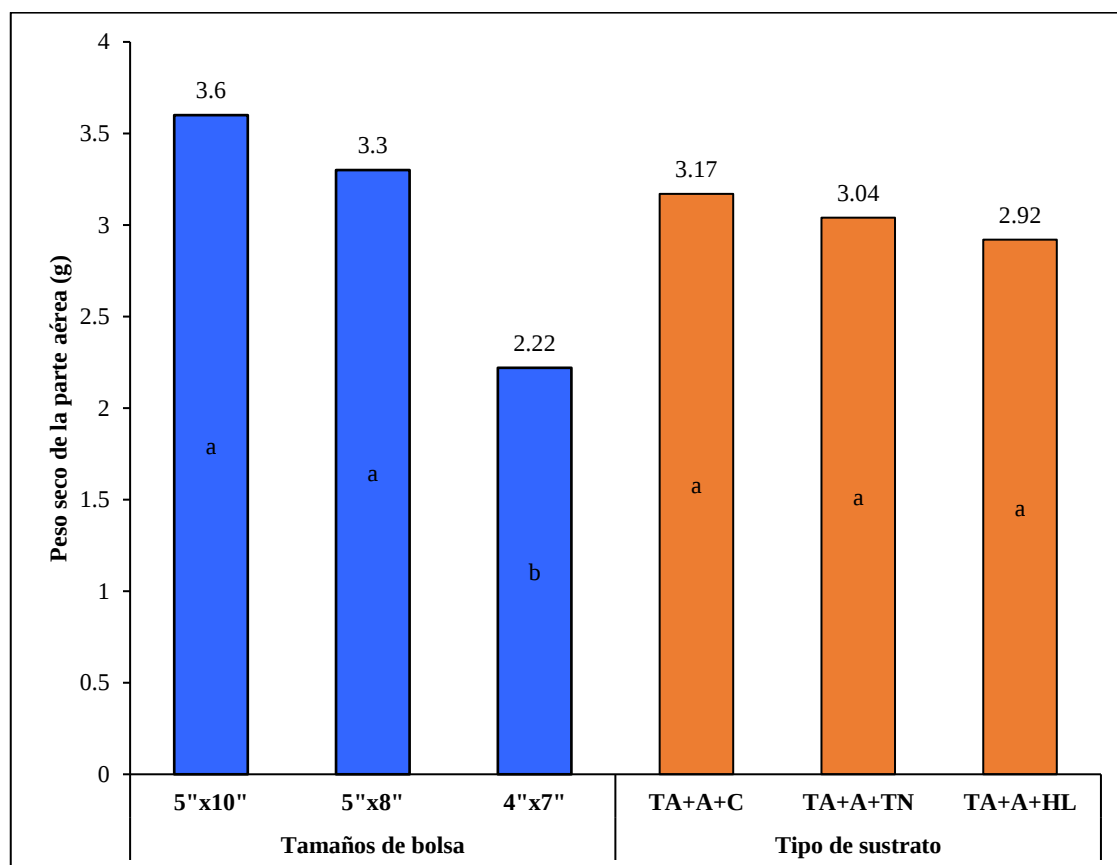
F.V.	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01	p-valor
Tamaños de bolsa	2	15.95	7.98	38.19	3.26	5.25	<0.0001**
Tipo de Sustrato	2	0.48	0.24	1.14	3.26	5.25	0.3308ns
T. Sustrato x T. Bolsa	4	0.84	0.21	1.01	2.63	3.89	0.4169ns
Error	36	7.52	0.21				
Total	44	24.79					
CV = 15.02 %		Promedio: 3.04 g					

En el análisis de varianza ($p < 0.05$) para peso seco de la parte aérea del plantón de *Pinus radiata* D. Don aptos para su traslado al campo definitivo, se muestra en la Figura 3.11 una alta significación estadística para los tamaños de bolsa. Sin embargo, no se observó significación estadística para tipos de sustrato ni para la interacción tipo de sustrato y tamaño de bolsa. El coeficiente de variación de 15.02 %, indica que los datos obtenidos son homogéneos y se encuentran al rededor del promedio. Estos resultados evidencian que al menos uno de los tamaños de bolsa difiere significativamente de los

demás, mientras que los tipos de sustrato y su interacción con el tamaño de bolsa presentan un comportamiento similar entre sí, sin diferencias estadísticas destacables.

Figura 3.9

Prueba de Tukey (0.05) para el peso seco de la parte aérea del plantón (g) en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.



En la Figura 3.9 se presenta el peso seco promedio de la parte aérea de los plantones de *Pinus radiata* D. Don en función de los tamaños de bolsa y tipos de sustrato. Se observa que el tamaño de bolsa B3 (5"x10"x0.002 mm) presenta un peso seco promedio de la parte aérea del plantón de 3.60 g, lo cual es estadísticamente similar al tamaño de bolsa B2 (5"x8"x0.002 mm), que alcanza 3.30 g. Aunque estos dos tamaños son estadísticamente similares, presentan diferencias numéricas. Ambas son superiores que el tamaño de bolsa B1 (4"x7"x0.002 mm), que registra un peso seco total de 2.22 g.

Este resultado indica que el tamaño del envase es un factor clave en el desarrollo de la biomasa aérea de los plantones de *Pinus radiata* D. Don, lo que se refleja en una mayor acumulación de peso seco aéreo. Además, el diámetro del envase juega un papel

fundamental ya que influye en la densidad poblacional de los plantones (mayor espacio entre plantas), lo que favoreció una mayor intercepción de la radiación solar y, por ende, una mayor eficiencia fotosintética, lo cual tuvo un impacto directo en el crecimiento y el desarrollo del sistema aéreo de los plantones.

Tabla 3.12

Prueba de Tukey (0.05) del peso seco de la parte aérea del plantón en la interacción tamaños de bolsa x tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.

Nº	Tratamientos		Media (cm)	Agrupación
1	T8	B3 X S2	3.89	a
2	T7	B3 X S1	3.69	a
3	T5	B2 X S2	3.42	a
4	T6	B2 X S3	3.31	a
5	T9	B3 X S3	3.22	a
6	T4	B2 X S1	3.20	a
7	T3	B1 X S3	2.23	b
8	T1	B1 X S1	2.22	b
9	T2	B1 X S2	2.20	b

En la Tabla 3.12 prueba de contraste Tukey de peso seco de la parte aérea del plantón para la interacción de tamaños de bolsa * tipos de sustrato, se observa que estadísticamente el tratamiento T8 (3.89 g) es mejor, seguido en orden descendente por los tratamientos T7 (3.69 g), T5 (3.42 g), T6 (3.31 g), T9 (3.22 g) y T4 (3.20 g); por el contrario, el tratamiento T2 (2.20 g) logra alcanzar el menor peso seco de la parte aérea de platón.

Este resultado indica que las bolsas B2 (5"x8"x0.002 mm) y B3 (5"x10"x0.002 mm) obtuvieron mejores pesos secos de la parte aérea de los plantones, independientemente del tipo de sustrato utilizado en la propagación de *Pinus radiata* D. Don en el vivero de la comunidad de Buena Vista. Esto demuestra que los valores alcanzados están directamente relacionados con el tamaño de las bolsas, particularmente debido a su mayor diámetro. Este factor permitió una menor densidad de plantas por unidad de área en la cama de crianza, lo que favoreció una mayor intercepción de radiación solar por plantón. Este incremento en la captura de luz se traduce en una mayor

tasa fotosintética y en la producción de foto asimilados, reflejándose en una acumulación mayor de la biomasa seca aéreo.

3.6. Peso seco de la parte radical del plantón

Tabla 3.13

ANVA del peso seco de la parte radical del plantón de Pinus radiata D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.

F.V.	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01	p-valor
Tamaños de bolsa	2	2.08	1.04	30.92	3.26	5.25	<0.0001**
Tipo de Sustrato	2	0.19	0.10	2.84	3.26	5.25	0.0719ns
T. Sustrato x T. Bolsa	4	0.24	0.06	1.78	2.63	3.89	0.1545ns
Error	36	1.21	0.03				
Total	44	3.72					

CV = 16.01%

Promedio: 1.15 g

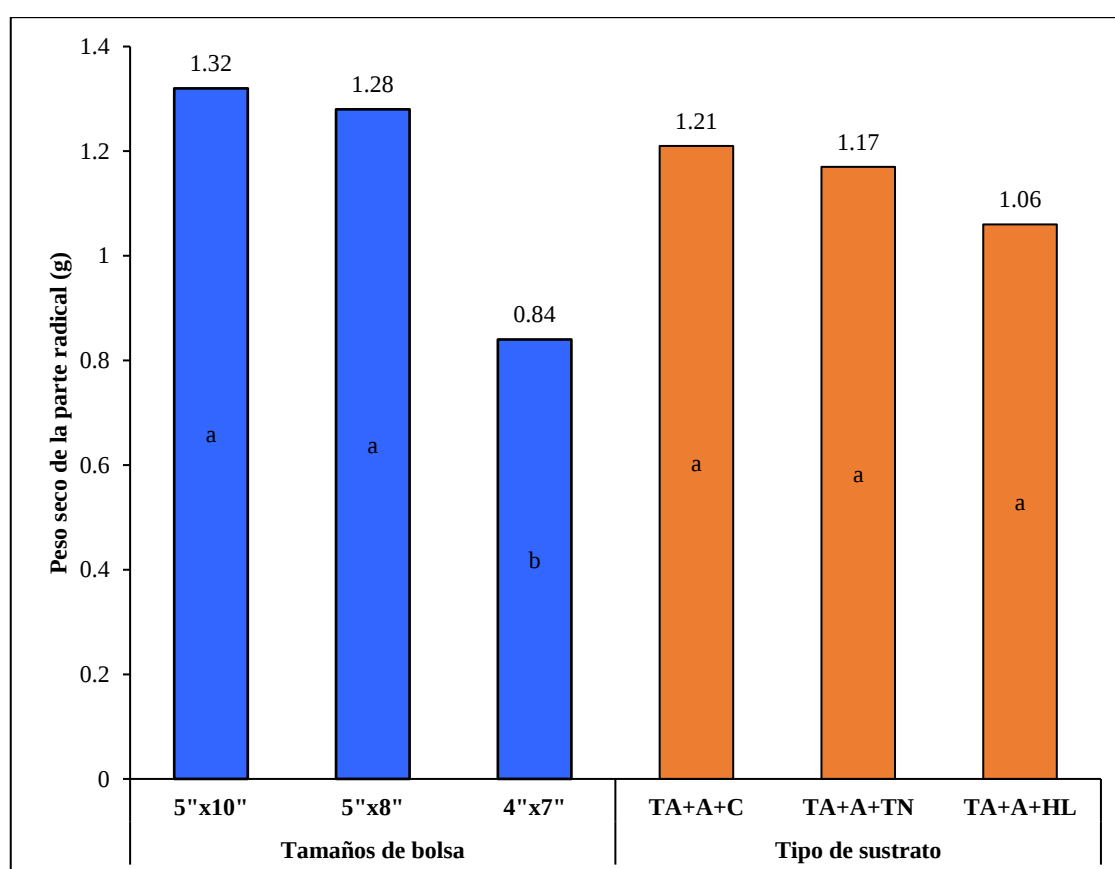
En el análisis de varianza ($p < 0.05$) realizado para peso seco de la parte radical de los plantones de *Pinus radiata* D. Don, aptos para su traslado al campo definitivo. Los resultados presentados en la Tabla 3.13 indican una alta significación estadística para la fuente de variación tamaños de bolsa. En contraste, no se observaron diferencias estadísticamente significativas para las fuentes de variación tipos de sustrato y la interacción tipo de sustrato * tamaño de bolsa. Lo que indica que estas últimas variables no influyen significativamente sobre el peso seco radical en este experimento. El coeficiente de variación de 16.01 % refleja que los datos obtenidos son homogéneos y se encuentran al rededor del promedio. En síntesis, los resultados demuestran que, al menos uno de los tamaños de bolsa es diferente a los demás, mientras entre los tipos de sustrato y la interacción de tipo de sustrato * tamaño de bolsa son iguales.

En la Figura 3.10 se presenta el peso seco promedio de la parte radical del plantón de *Pinus radiata* D. Don evaluados en tres tamaños de bolsa y tres tipos de sustrato. Se observa que los tamaños de bolsa B3 (5"x10"x0.02 mm) y B2 (5"x8"x0.02 mm), son estadísticamente similares, aunque presentan diferencias numéricas, con pesos secos promedio de la parte radical de 1.32 g y 1.28 g, respectivamente. Ambos tamaños son estadística y numéricamente superiores al tamaño de bolsa B1 (4"x7"x0.02 mm), que alcanza un peso seco promedio de la parte radical del plantón de 0.84 g. Este resultado demuestra la influencia determinante del tamaño de contenedor en el desarrollo de los

plantones, así como la relevancia de las características físicas y químicas del sustrato, siempre que estas se mantengan dentro de los valores óptimos, como se detalla en la Tabla 2.2. Asimismo, destaca el papel fundamental de las condiciones controladas del ambiente en el que se realizó el experimento, las cuales favorecieron significativamente el crecimiento y desarrollo de los plantones de *Pinus radiata* D. Don.

Figura 3.10

Prueba de Tukey (0.05) para el peso seco promedio de la parte radical del plantón (g) en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.



Por otro lado, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los tipos de sustratos en relación con el peso seco total de los plantones, lo que indica un comportamiento similar en esta variable. En promedio, los valores registrados fueron de 1.21 g para el sustrato 2 (Sustrato con compost), 1.17 g para el sustrato 1 (Sustrato con Tierra Negra) y 1.06 g para el sustrato 3 (Sustrato con Humus de lombriz). Esto sugiere que los tres tipos de sustratos evaluados no ejercen una influencia significativa en la acumulación de biomasa seca de la parte radical del plantón en la producción de *Pinus*

radiata D. Don. Esta ausencia de diferencias puede atribuirse a las características físicas y químicas similares (condiciones óptimas) que presentan los sustratos (Tabla 2.2).

Tabla 3.14

Prueba de Tukey (0.05) del peso seco de la parte radical del plantón en la interacción tamaños de bolsa x tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.

Nº	Tratamientos		Media (g)	Agrupación		
1	T4	B2 X S1	1.43	a		
2	T7	B3 X S1	1.41	a		
3	T8	B3 X S2	1.39	a		
4	T5	B2 X S2	1.25	a	b	
5	T9	B3 X S3	1.15	a	b	c
6	T6	B2 X S3	1.15	a	b	c
7	T2	B1 X S2	0.88		b	c
8	T3	B1 X S3	0.86			c
9	T1	B1 X S1	0.79			c

En la Tabla 3.14 que presenta la prueba de contraste Tukey de peso seco total del plantón para la interacción de tamaños de bolsa * tipos de sustrato, se observa que estadísticamente el tratamiento T4 (1.43 g) es mejor, seguido en orden descendente por los tratamientos T7 (1.41 g), T8 (1.39 g), T5 (1.25 g), T9 (1.15 g) y T6 (1.15 g); por el contrario, el tratamiento T1 (0.79 g) logra alcanzar el menor peso seco de la parte radical de platón. Este resultado indica que los tamaños de bolsa B3 (5''x10''x0.002 mm) y B2 (5''x8''x0.002 mm), proporcionan un mayor volumen (960 y 833 cm³ respectivamente), así como una mayor altura y diámetro de bolsa en comparación con la bolsa B1 (4''x7''x0.002 mm). Por lo tanto, las bolsas B3 y B2 ofrecen más espacio interno y un mayor volumen de sustrato, lo cual favorece la circulación y la absorción de agua y nutrientes. Además, al ofrecer más espacio entre las plantas se reduce la densidad de plantas, lo que mejora la exposición a la luz. Estas condiciones crean un ambiente más propicio para el óptimo crecimiento y desarrollo de los plantones de *Pinus radiata* D. Don en comparación con la bolsa B1.

3.7. Relación peso seco de la parte área y radical

Tabla 3.15

ANVA de la relación peso seco de la parte aérea y radical del plantón de *Pinus radiata* D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.

F.V.	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01	p-valor
Tamaños de bolsa	2	0.07	0.03	0.26	3.26	5.25	0.7727ns
Tipo de Sustrato	2	0.19	0.09	0.72	3.26	5.25	0.4952ns
T. Sustrato x T. Bolsa	4	1.32	0.33	2.54	2.63	3.89	0.0565ns
Error	36	4.66	0.13				
Total	44	6.23					

CV = 13.12%

Promedio: 2.75

En el análisis de varianza ($p < 0.05$) realizado para la relación peso seco de la parte aérea y radical del plantón de *Pinus radiata* D. Don aptos para su traslado al campo definitivo, la Tabla 3.15 indican que no existe significación estadística alguna para tamaños de bolsa, tipos de sustrato y la interacción tipo de sustrato * tamaño de bolsa. El coeficiente de variación de 13.12 % significa que los datos obtenidos son homogéneos y se encuentran al rededor del promedio. Cuyos resultados demuestran que, entre los tamaños de bolsa, los tipos de sustrato y la interacción de tipo de sustrato * tamaño de bolsa son iguales.

Al respecto Rodríguez (2008) sostiene que este índice morfológico representa la proporción entre tejido evapotranspiracional o productor y el tejido absorbedor de agua y nutrientes (raíces), por lo tanto, si este valor es igual a uno indica que la biomasa aérea y la subterránea son equivalentes. Sin embargo, si el valor es menor a uno, significa que la biomasa subterránea supera a la aérea; por el contrario, si el valor es mayor a uno, la biomasa aérea predomina sobre la subterránea. Por lo tanto, que si se quiere reforestar un sitio con limitaciones de humedad, los arbolitos con una menor relación biomasa aérea/biomasa subterránea ($BA/BS < 1$), tenderán a la aclimatación y sobrevivir mejor en ese sitio que aquellos con una mayor relación biomasa aérea/biomasa subterránea ($BA/BS > 1$). Sin embargo, los valores de la relación peso seco de la parte aérea y radical del plantón de *Pinus radiata* D. Don promedio obtenido en la presente investigación oscilan de 2.75, lo cual nos indica que los plantones propagados aun requieren un periodo de aclimatación y/o agoste en vivero, antes de que sea llevado a campo definitivo.

3.8. Coeficiente de Esbeltez

Tabla 3.16

Análisis de variancia del coeficiente de esbeltez del plantón de Pinus radiata D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.

F.V.	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01	p-valor
Tamaños de bolsa	2	1.14	0.57	2.08	3.26	5.25	0.1396ns
Tipo de Sustrato	2	0.85	0.42	1.55	3.26	5.25	0.2251ns
T. Sustrato* T. Bolsa	4	0.79	0.2	0.72	2.63	3.89	0.5833ns
Error	36	9.82	0.27				
Total	44	12.6					
CV = 5.54%		Promedio: 9.43					

En el análisis de varianza ($p < 0.05$) realizado para el coeficiente de esbeltez del plantón de *Pinus radiata* D. Don aptos para llevar al campo definitivo, la Tabla 3.16 muestra que no existe significación estadística alguna para tamaños de bolsa, tipos de sustrato y la interacción tipo de sustrato * tamaño de bolsa. El coeficiente de variación de 5.54 % significa que los datos obtenidos son homogéneos y se encuentran al rededor del promedio. Cuyos resultados demuestran que, entre los tamaños de bolsa, los tipos de sustrato y la interacción de tipo de sustrato * tamaño de bolsa son iguales.

Según Toral (1997, como se citó en Silva, 2021), este índice relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética de la misma. Valores entre 5 y 10 indican una mejor calidad de planta, valores sobre 10, indican una planta muy alta respecto al diámetro al cuello, por su parte valores menores a 5, indican una planta de poca altura respecto al diámetro al cuello. Se obtendrá para cada planta viva de la unidad de muestreo. No obstante, en la presente investigación el valor promedio obtenido del Índice de esbeltez o robustes es de 9.43, lo cual nos indica que los plantones de *Pinus radiata* D. Don son de una buena calidad, previo a ser destinado para la instalación y establecimiento en campo definitivo.

3.9. Índice de calidad de Dickson

Tabla 3.17.

Análisis de variancia del índice de calidad de Dickson del plantón de Pinus radiata D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.

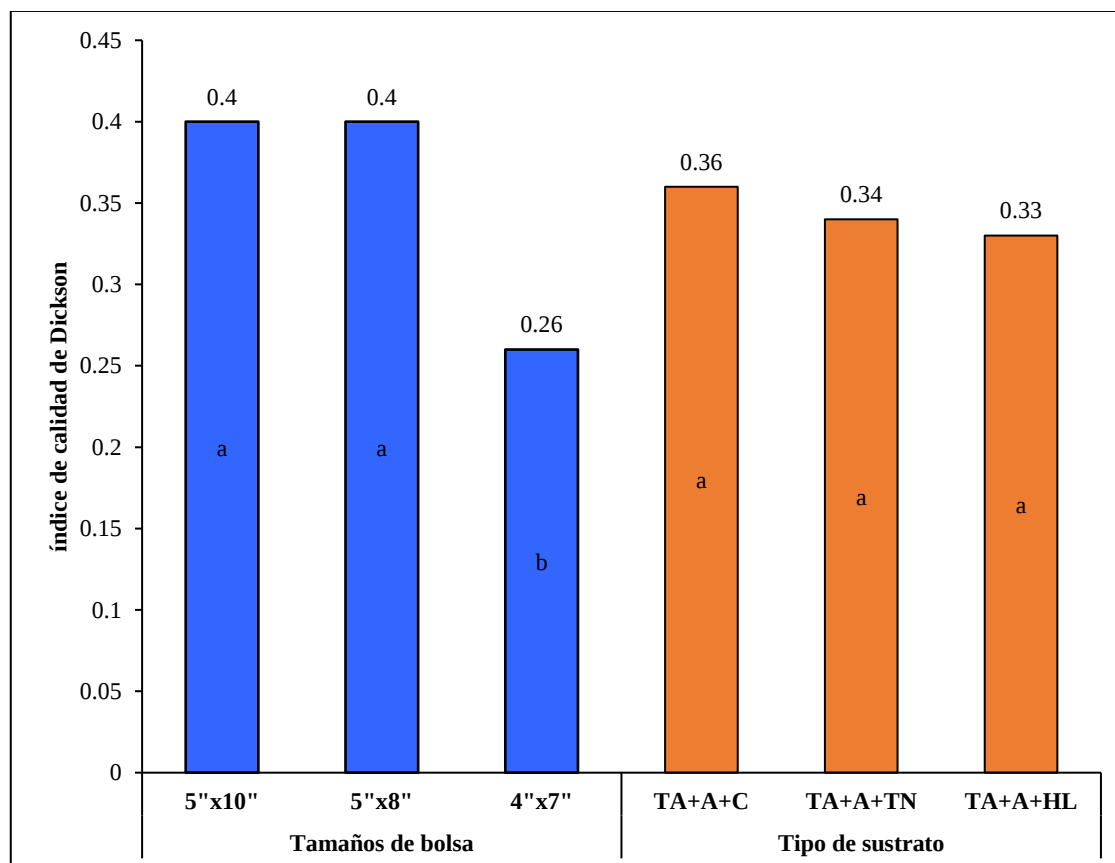
F.V.	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01	p-valor
Tamaños de bolsa	2	0.16	0.0800	31.31	3.26	5.25	<0.0001**
Tipo de Sustrato	2	0.01	0.0044	1.63	3.26	5.25	0.2093ns
T. Sustrato x T. Bolsa	4	0.01	0.0017	0.61	2.63	3.89	0.6564ns
Error	36	0.09	0.0026				
Total	44	0.27					
CV = 14.72%		Promedio: 0.34					

En el análisis de variancia ($p < 0.05$) realizado para el índice de calidad de Dickson de los plantones de *Pinus radiata* D. Don, aptos para su traslado a campo definitivo. La Tabla 3.17 muestra una alta significación estadística para tamaños de bolsa, no habiendo significación estadística para tipos de sustrato y la interacción tipo de sustrato * tamaño de bolsa. El coeficiente de variación de 14.72 % significa que los datos obtenidos son homogéneos y se encuentran al rededor del promedio. Cuyos resultados demuestran que, al menos uno de los tamaños de bolsa es diferente a los demás. Mientras entre los tipos de sustrato y la interacción de tipo de sustrato * tamaño de bolsa son iguales.

Según la investigación realizada por Arizaleta y Pire (2007), el índice de Dickson, que es una medida integral del vigor de la planta, fue mayor en las bolsas más grandes; y como este índice se emplea para predecir el comportamiento en campo de especies de coníferas. Por otro lado, según la Comisión Nacional Forestal (2005, como se citó en Ramos y Lombardi, 2020), el Índice de Calidad de Dickson (ICD) es considerado como un método superior y completo, ya que incluye atributos como la altura, el diámetro y la biomasa (seca y fresca). Los cuales siendo evaluados de forma aislada no contribuyen a predecir la calidad de las plantas. Para clasificar la calidad de las plantas, se considera que un ICD de 0.5 o más indica alta calidad, entre 0.20 a 0.49 señala calidad media, y valores por debajo de 0.20 se consideran de baja calidad.

Figura 3.11

Prueba de Tukey (0.05) para el índice de calidad de Dickson de los plantones en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.



En la Figura 3.11 se presenta el índice de calidad de Dickson promedio de los plantones de *Pinus radiata* D. Don en función de los tamaños de bolsa y tipos de sustrato. Se observa que los tamaños de bolsa B3 (5"x10"x0.002 mm) y B2 (5"x8"x0.002 mm), son estadística y numéricamente iguales, con el valor de índice de calidad de Dickson de 0.4. Ambos tamaños son estadística y numéricamente superiores al tamaño de bolsa B1 (4"x7"x0.02 mm), que alcanza un valor de Índice de calidad de Dickson de 0.26. Este resultado indica que, a mayor tamaño de bolsa, el valor del Índice de Calidad de Dickson de los plantones también es mayor. Por otro lado, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los tipos de sustratos en relación con el índice de calidad de Dickson (IDC) de los plantones, lo que indica un comportamiento similar en esta variable. En promedio, los valores que registran fueron 0.36 para el sustrato S2 (Sustrato con compost), 0.34 para el sustrato S1 (Sustrato con Tierra Negra), y 0.33 para

el sustrato S3 (Sustrato con Humus de lombriz). Esto sugiere que el tipo de sustrato no tuvo un impacto significativo en su Índice de calidad de Dickson de los plantones.

Tabla 3.18

Prueba de Tukey (0.05) del índice de calidad de Dickson del plantón en la interacción tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.

N°	Tratamientos		Media (cm)	Agrupación		
1	T8	B3 X S2	0.43	a		
2	T7	B3 X S1	0.40	a		
3	T4	B2 X S1	0.38	a		
4	T5	B2 X S2	0.38	a	b	
5	T9	B3 X S3	0.36	a	b	c
6	T6	B2 X S3	0.36	a	b	c
7	T2	B1 X S2	0.27		b	c d
8	T3	B1 X S3	0.26			c d
9	T1	B1 X S1	0.25			d

En la Tabla 3.18 prueba de contraste Tukey de Índice de Calidad de Dickson del plantón para la interacción de tamaños de bolsa * tipos de sustrato, se observa que estadísticamente el tratamiento T8 (0.48) es mejor, seguido en orden descendente por los tratamientos T7 (0.40), T4 (0.38), T5 (0.38), T9 (0.36) y T6 (0.36); por el contrario, el tratamiento T1 (0.25) logra alcanzar el menor valor del Índice de Calidad de Dickson del platón.

En la presente investigación el valor promedio del índice de calidad de Dickson para propagación de *Pinus radiata* D. Don evaluados en tres tamaños de bolsa y tres tipos de sustrato es de 0.34. Este resultado clasifica a los plantones en un rango de calidad media, según los estándares de calidad postulados por la Comisión nacional forestal (2005).

3.10. Mérito económico

3.4.1. Costo total de producción

El costo total de producción de plántones de pino (*Pinus radiata* D. Don) por tratamientos se muestra en la Tabla 3.19, donde los valores de los costos de producción han sido calculados en la base a 10000 plántones, utilizando tres tamaños bolsa de polietileno y tres tipos de sustratos.

Tabla 3.19

Costo de producción (costo directo e indirecto) por tratamientos en la propagación de Pinus radiata D. Don.

Tratamiento	Costo Directo	Costo Indirecto	Costo total
T1	S/ 6,131.35	S/ 1,733.14	S/ 7,864.49
T2	S/ 6,833.65	S/ 1,803.37	S/ 8,637.02
T3	S/ 6,833.65	S/ 1,803.37	S/ 8,637.02
T4	S/ 8,103.30	S/ 1,930.33	S/ 10,033.63
T5	S/ 9,561.05	S/ 2,076.11	S/ 11,637.16
T6	S/ 9,561.05	S/ 2,076.11	S/ 11,637.16
T7	S/ 9,353.88	S/ 2,055.39	S/ 11,409.27
T8	S/ 10,918.03	S/ 2,211.80	S/ 13,129.84
T9	S/ 10,918.03	S/ 2,211.80	S/ 13,129.84

Según la Tabla 3.19, los costos de producción de los plántones de *Pinus radiata* D. Don varían en función del tamaño de la bolsa de polietileno y del tipo de sustrato utilizado.

Los plántones de *Pinus radiata* D. Don producidos en bolsas de polietileno de tamaño 4"x7"x0.002 mm (B1) reportan el menor costo de producción, con un costo de S/ 7,864.49 cuando se utiliza el sustrato S1 (Sustrato con Tierra Negra). En cambio, el mayor costo de producción se observa con los sustratos S2 (Sustrato con compost) y S3 (Sustrato con Humus de lombriz), ambos con un costo de S/ 8,637.02. La diferencia en los costos se atribuye al precio más elevado de los materiales orgánicos (compost y humus de lombriz) utilizados en los sustratos S2 y S3, mientras que el costo de producción con el sustrato S1 es más bajo debido a la utilización de tierra negra o turba, materiales de menor costo. Así, la principal variación en los costos se debe al tipo de materia orgánica empleada en la preparación de los sustratos.

En el caso de las bolsas de tamaño 5"x8"x0.002 mm (B2), el costo de producción más bajo también se obtiene con el sustrato S1, con un costo de S/ 10,033.63. Los mayores costos se observan nuevamente con los sustratos S2 y S3, alcanzando S/ 11,637.16. Al igual que en el caso de las bolsas B1, la diferencia de costos radica en el precio de los materiales orgánicos, siendo más caros el compost y el humus de lombriz en los sustratos S2 y S3, mientras que el sustrato S1 mantiene un costo más bajo gracias a los materiales más económicos. Además, la diferencia en los costos con respecto a las bolsas B1 se debe a que las bolsas B2 requieren mayor cantidad de sustrato (tierra agrícola, arena y materia orgánica), lo que incrementa los costos. Asimismo, el precio de las bolsas B2 es superior al de las B1, lo que también contribuye al aumento del costo total de producción por plantón.

Finalmente, en las bolsas de mayor tamaño, 5"x10"x0.002 mm (B3), los costos de producción se incrementan. El costo más bajo se obtiene con el sustrato S1, con un costo de S/ 11,409.27, mientras que el mayor costo corresponde a los sustratos S2 y S3, con un costo de S/ 13,129.84. De nuevo, la diferencia en los costos se debe al precio de los materiales orgánicos, siendo el compost y el humus de lombriz más caros, mientras que el uso de tierra negra o turba en el sustrato S1 mantiene los costos más bajos. La diferencia de costos con respecto a las bolsas B1 y B2 se debe a que las bolsas B3 requieren una mayor cantidad de sustrato (tierra agrícola, arena y materia orgánica) y mayor cantidad de mano de obra en la preparación del sustrato, embolsado y enfilado, lo que aumenta los costos. Además, el precio de las bolsas de mayor tamaño (5"x10"x0.002 mm) es superior, lo que también contribuye al incremento en el costo total de producción por plantón.

En resumen, tanto el tamaño de la bolsa como el tipo de sustrato utilizado tienen un impacto significativo en los costos de producción. Las bolsas de mayor tamaño y los sustratos más complejos (compost y humus de lombriz) tienden a generar mayores costos por plantón.

3.4.2. Ingreso bruto

Los ingresos brutos obtenidos en la propagación de *Pinus radiata* D. Don para cada tratamiento se presentan en la Tabla 3.20, calculados sobre la base de 10000 plántones.

Tabla 3.20*Precio de venta e ingreso bruto en la propagación de Pinus radiata D. Don*

Tratamiento	Plantones de <i>Pinus radiata</i> D. Don	Precio (s/. planton ⁻¹)	Ingreso bruto (s/. 10000 plantones ⁻¹)
T1	10000	S/. 2.00	20000
T2	10000	S/. 2.00	20000
T3	10000	S/. 2.00	20000
T4	10000	S/. 2.00	20000
T5	10000	S/. 2.00	20000
T6	10000	S/. 2.00	20000
T7	10000	S/ 2.00	20000
T8	10000	S/ 2.00	20000
T9	10000	S/ 2.00	20000

3.4.3. Ingreso neto

Los ingresos netos de la propagación de *Pinus radiata* D. Don para cada tratamiento se presentan en la Tabla 3.21. Los tratamientos T2, T3, T5, T6, T8 y T9, que contienen materia orgánica como compost y humus de lombriz en los sustratos, muestran un mayor valor de ingreso neto (s/. 10000 plantones), influenciado por los diferentes tamaños de bolsa utilizados.

Tabla 3.21*Ingreso neto en la propagación de Pinus radiata D. Don.*

Tratamiento	Ingreso Bruto	Costo total de producción	Ingreso neto
T1	S/ 20,000.00	S/ 7,864.49	S/ 12,135.51
T2	S/ 20,000.00	S/ 8,637.02	S/ 11,362.98
T3	S/ 20,000.00	S/ 8,637.02	S/ 11,362.98
T4	S/ 20,000.00	S/ 10,033.63	S/ 9,966.37
T5	S/ 20,000.00	S/ 11,637.16	S/ 8,362.84
T6	S/ 20,000.00	S/ 11,637.16	S/ 8,362.84
T7	S/ 20,000.00	S/ 11,409.27	S/ 8,590.73
T8	S/ 20,000.00	S/ 13,129.84	S/ 6,870.16
T9	S/ 20,000.00	S/ 13,129.84	S/ 6,870.16

3.4.4. Rentabilidad

Tabla 3.22

Rentabilidad en la propagación del Pinus radiata D. Don, expresado en beneficio/costo.

Tratamiento	Costo total de producción	Ingreso neto	Rentabilidad (B/C)
T1	S/ 7,864.49	S/ 12,135.51	1.54
T2	S/ 8,637.02	S/ 11,362.98	1.32
T3	S/ 8,637.02	S/ 11,362.98	1.32
T4	S/ 10,033.63	S/ 9,966.37	0.99
T5	S/ 11,637.16	S/ 8,362.84	0.72
T6	S/ 11,637.16	S/ 8,362.84	0.72
T7	S/ 11,409.27	S/ 8,590.73	0.75
T8	S/ 13,129.84	S/ 6,870.16	0.52
T9	S/ 13,129.84	S/ 6,870.16	0.52

El tratamiento T1 presenta el mayor valor de la relación beneficio/costo (Tabla 3.22), utilizando la bolsa de tamaño B1 (4"x7"x0.002 mm) y el sustrato S1 (Sustrato con Tierra Negra) obteniendo un índice de 1.54 soles. Esto significa que por cada S/ 1.00 sol invertido solo se recupera S/ 1.54. esto representa un superavit de S/ 0.54 por cada sol, generado por la producción de 10000 plántones de *Pinus radiata* D. Don.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

De acuerdo a las condiciones del presente trabajo, permite arribar las conclusiones siguientes:

- El tamaño de bolsa de polietileno tiene influencia en la propagación de plantones de pino (*Pinus radiata* D. Don), donde la bolsa de tamaño (5" x 10"x 0.002mm) tienen mejores respuestas en altura de plantón (39.39 cm), diámetro de tallo del plantón (4.13 mm), peso seco total (4.9 g), peso seco de la parte aérea (3.6 g), peso seco de la parte radical (1.32 g) y el Índice de calidad de Dickson (0.4). Sin embargo, para longitud de raíz tuvo la mejor respuesta con la bolsa de tamaño (5" x 8"x 0.002mm).
- Los tipos de sustratos no tienen influencia en la propagación de plantones de pino (*Pinus radiata* D. Don); sin embargo, cuantitativamente el sustrato S1 (Sustrato con Tierra Negra) tiene mejor respuesta en los parámetros de evaluación como la altura de planta, diámetro de tallo del plantón. Por otro lado, el S2 (Sustrato con compost) tiene mejor respuesta en los parámetros de evaluación como la longitud de raíz, peso seco total, peso seco de la parte aérea, peso seco de la parte radical y el Índice de calidad de Dickson.
- Con el tamaño de bolsa B1 (4" x 7"x 0.002 mm) y tipo de sustrato S1 (Sustrato con Tierra Negra), se obtiene la mayor rentabilidad, destacándose como la opción más eficiente en términos económicos en la propagación de plantones de *Pinus radiata* D. Don.

Recomendaciones

Por los resultados obtenidos en el presente trabajo, se recomienda lo siguiente:

1. La producción de plantones de *Pinus radiata* D. Don destinada a garantizar la calidad del plantón, debe realizarse utilizando bolsas de polietileno 5" x 10"x 2mm con Sustrato 1(Sustrato con Tierra Negra), sustrato 2 (Sustrato con compost) y sustrato 3 (Sustrato con Humus de lombriz), puesto que no existe diferencia estadística en los tipos de sustrato.
2. En términos de optimización de costos de producción, se recomienda el uso de las bolsas de polietileno 4" x 7"x 2mm con alguno de los siguientes sustratos: Sustrato 1(Sustrato con Tierra Negra), sustrato 2 (Sustrato con compost) y sustrato 3 (Sustrato con Humus de lombriz), ya que no se observaron diferencias estadísticas entre ellos.
3. Realizar investigaciones similares que incluya la etapa de plantación en campo definitivo, para observar las respuestas de los plantones a las condiciones edafoclimáticas; con la finalidad de evaluar los efectos post vivero de los tamaños de bolsa y tipos de sustrato.
4. Realizar investigaciones similares considerándose el incremento de la altura de la bolsa sin afectar el diámetro de la misma o densidad de plantas en la cama de crianza; con la finalidad de evaluar con mayor precisión los efectos de los tipos de sustratos en la propagación de plantones en fase de vivero. Además, evaluar parámetros adicionales, como el peso fresco de la parte aérea y subterránea de los plantones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvares, A. C. (2018). *Manual de Diseños Experimentales para ingeniería agroforestal e ingeniería en zootecnia*. Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaraguense.
<http://repositorio.uraccan.edu.ni/1282/1/Manual%20dise%C3%B1os%20experimentales.pdf>
- Arizaleta, M., & Pire, R. (2007). Respuesta de plántulas de cafeto al tamaño de la bolsa y fertilización con nitrógeno y fósforo en vivero. *AGROCIENCIA*, 42(1), 9.
<https://doi.org/https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v42n1/v42n1a6.pdf>
- Blanco, E. L., & Centeno, L. R. (2017). Efecto de cuatro tipos de sustratos y tres envases en la obtención de plántulas de pino (*Pinus tecunumanii*) en vivero, anexo Marapata – Paucartambo – Pasco 2017. 98. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión:
http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2821/1/T026_43200528_T.pdf
- Buamscha, G., Contardi, L., Dumroese, K., Enricci, J., Escobar, R., Gonda, H., Jacobs, D., Landis, T., Luna, T., Mexal, J., Wilkinson, K. (2012). *Producción de plantas en viveros forestales*. Consejo Federal de Inversiones (CFI), Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP). Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB).
https://doi.org/http://ciefap.org.ar/documentos/pub/Produc_plantas_viv.pdf
- Canchari, J. (2017). *Influencia de contenedores y sustratos en la propagación de cedro (Cedrela lilloi) y fresno (Fraxinus americana), en Ayacucho a 2792 msnm*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga:
http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3111/1/TESIS%20AG1201_Can.pdf
- Castellano, M., & Molina, R. (2015). Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. *Capítulo 2 Micorrizas*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
- Chala, K., & Sosa, Y. (2017). Influence of substrates in the production of *Pinus maestrensis* Bisse plants in black polyethylene bags in the municipality of Buey Arriba in the province of Granma. *REDEL. Revista Granmense de Desarrollo Local*, 1(3), 14. <https://doi.org/https://core.ac.uk/download/pdf/233137055.pdf>

- Choque, A. (2015). *La germinación del pino (Pinus radiata) en relación de diferentes sustratos y pre – tratamientos germinativos*. La Paz, Bolivia.: [Tesis de pregrado]. Universidad Mayor de San Andres:
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5732/T-2081.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Centro de Investigación Forestal Lourizán. (16 de Septiembre de 2017). *Pino insigne.*, de XUNTA DE GALICIA:
<https://lourizan.xunta.gal/es/centro/departamentos/departamento-de-silvicultura-y-mejora/recursos-geneticos/materiales-de-reproduccion/pino-insigne>
- Comisión Nacional Forestal. (2003). *Pinus Radiata D. Don: Paquetes tecnológicos*.
<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/982Pinus%20radiata.pdf>
- Condor, J. A., & Pardo, O. (2021). *Caracterización de la anatomía, propiedades fisicomecánicas y químicas de Pinus radiata D. Don Y Pinus patula Schiede ex Schltdl. & Cham. – Cajamarca*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Del Centro del Perú:
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7045/T010_73034415_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cuellar, J., & Garrido, J. (2020). *Manejo de Vivero Forestal*. Dirección de Extensión Universitaria y Proyección Social Universidad Nacional Agraria La Molina:
https://proyeccion.lamolina.edu.pe/manuales/Manual_Manejo_Vivero_Forestal.pdf
- Duran, M. (2018). *Factores de sitio y productividad de Pinus radiata a escala predial en la región del Biobío, Chile*. Cybertesis Universidad Austral de Chile:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2018/fifd948f/doc/fifd948f.pdf>
- Estrada, W. (1997). *Manual para la producción de Pino: Pinus radiata D. Don* (Primera Edición ed.). Quito, Ecuador: EDI-U.
- Gálvez, Y. (2015). *Guía de Estudios de Agrotecnia Aplicada*. Capítulo de silvicultura. Ayacucho, Perú. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
- Instituto de Recursos Naturales. (2005). *Plan Nacional de Reforestación*.
https://www.agrorural.gob.pe/dmdocuments/bnsf/plan_nacional_de_reforestacion.pdf
- Lugano, L. (2002). *Enfermedades en Viveros Forestales*. SIVICOFF:
<http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/09%20Manuales%20t%C3%A9cnico>

- cos/Lista%20de%20documentos/Viveros%20forestales/Manual%20INTA%20plagas%20viveros.pdf
- McDonald, P. M., & Laacke, R. J. (1990). *Pinus radiata* D. Don, Monterey Pine. En R. M. Burns, & B. H. Honkala, *Silvics of North America, Conifers* (Vol. Volumen 1, pág. 683). Washintong, DC: Forest Service Agriculture.
https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/misc/ag_654_vol1.pdf
- Michel, M. (2003). El pino radiata (*Pinus Radiata* D.Don) en la historia forestal de la Comunidad Autónoma del País Vasco: análisis de un proceso de forestalismo intensivo. *E.T.S.I. Montes (UPM) [antigua denominación]*.
<https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.404.>, 408.
- Ministerio del Ambiente - Perú (2020). *Linea de Base de Especies Forestales (Pinus sp y Eucalyptus sp.) con fines de Bioseguridad*. Dirección General de Diversidad Biologica: https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2020/07/LB_-Forestales.pdf
- Moralez, E. (2013). *Indicadores de calidad de planta en cuatro viveros forestales del Estado de Tamaulipas*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Muñoz, H. J., Saenz, J. T., Coria, V. M., Garcia, J. d., Hernandez, J., & Manzanilla, G. E. (2013). Calidad de planta en el vivero foestal La Dieta, Municipio Zitácuro, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6, 18.
<https://doi.org/https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v6n27/v6n27a7.pdf>
- Oliva, M., Vacalla, F., Pérez, D., & Tucto, A. (2014). *Manual vivero forestal para producción de plántones de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa, Amazonas – PE*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP: <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/publ1419.pdf>
- Prieto, J., Garcia, J., Mejia, J., Huchin, S., & Aguilar, J. (2009). *Producción de planta del género Pinus en vivero en clima templado frío* (Primera Edicion ed.). INIFAP.
<http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/09%20Manuales%20t%C3%A9cnico/Lista%20de%20documentos/Viveros%20forestales/Manual%20Produccion%20de%20planta%20de%20Pinus%20en%20vivero.pdf>
- Quiroz, I., Chung, P., García, E., González, M., & Soto, H. (2009). *Vivero forestal: producción de plantas nativas a raíz cubierta*. Santiago, Chile.: INFOR.
<https://doi.org/https://doi.org/10.52904/20.500.12220/17366>

- Quiróz, I., González, M., Hernández, Á., Soto, H., García, E., & Pincheira, M. (2012). Efecto del tamaño de contenedor sobre el crecimiento en vivero y comportamiento en terreno de plantas de Quillaja saponaria Mol. establecidas en Florida, Región del Biobio. *Ciencia e Investigación Forestal INFOR Chile*, 18(2), 18.
<https://doi.org/https://revista.infor.cl/index.php/infor/article/view/385/389>
- Quispe, C. (2019). *Influencia del tamaño de bolsas en el crecimiento y desarrollo de patrones de cítricos en el vivero de la E.P. Ingeniería Agroforestal, 580 msnm – Pichari, Cusco*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga:
http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3531/1/TESIS%20AF08_Qui.pdf
- Ramos, A., & Lombardi, I. (2020). Calidad de plantas en un vivero de tecnología intermedia en Huánuco: Estudio de caso con “*Eucalypto urograndis*”. *Revista Forestal del Perú*, 35(2), 14.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v35i2.1581>
- Ramos, R. E. (2015). *Evaluación de diferentes sustratos de materias orgánicas y con microorganismos eficientes en la preparación de compost, en la zona de Pangoa - Perú*. Pangoa. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional del Centro del Perú:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1908>
- Rodríguez, B. R. (2017). *Evaluación del potencial energético del Zacate "KING GRASS" (Pennisetum purpureum), en El Salvador*. Salvador.
<https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/13120/>
- Rodriguez, D. A. (2008). *Indicadores de calidad de planta forestal*. México: Universidad Autonoma de Chapingo.
- Rodriguez, R., Cueto, A., Majada, J., & Benito, J. L. (2010). *Selvicultura del Pino Insigne (Pinus Radiata): Manual Básico* (2da Edición ed.). ESGERENA S.L.
https://www.asturias.es/Asturias/descargas/PDF_TEMAS/Agricultura/Politica%20Forestal/manual_selvicultura_pino_insigne.pdf
- Romero, A. L. (2016). *Influencia del tamaño de envase y edad del plantón sobre el crecimiento inicial de Swietenia machophylla KING*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional del Centro del Perú:
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3484/Romero%20Escobar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Saldana, R. (2012). *Ánalisis del crecimiento en Plantaciones de Pinus Radiata en Inkahuasi, Lambayeque*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria La Molina: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1678>
- Sanchez, F., & Rodriguez, R. J. (2012). *Selvicultura de Pinus radiata*. Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela, 41.
https://webspersoais.usc.es/export9/sites/persoais/persoais/roque.rodriguez/descargas/Pinus_radiata.pdf
- Sánchez, H., Aldrete, A., Vargas, J., & Ordaz, V. (2016). Influencia del tipo y color de envase en el desarrollo de las plantas de pino en vivero. *Agrociencia*, 12.
- Silva, P. (2021). *Metodología para la evaluación de calidad y levantamiento del inventario de planta en viveros forestales*. CONAFOR. CONAFOR.
- Solano, R. (2013). *Forestación [Guia de Prácticas]*. Ayacucho, Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Tineo, A., Cerda, M., Palomino, R., & Giron, J. (2017). *Fertilidad de suelos: Guia de practicas*. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
<https://doi.org/Agronomia>
- Vargas, H., Santa Cruz, F., & Lizarraga, A. (2020). *Efecto de tamaño de envases y tres tipos de sustratos para la obtención de portainjerto de Cacao (Theobroma cacao L.) en vivero*.
<https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1374>
- Vinueza, M. (2013). *Ficha Técnica N° 11 Pinus radiata D. Don*. Ecuador Forestal:
<http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/PINO.pdf>
- Zanabria, Y., Cuellar, J. E., Clemente, G., Leyva, H., Contreras, L., & Gala, S. (2014). *Tecnologías de producción en viveros de cuatro especies forestales en el Valle del Mantaro*. Lima, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA - MINAGRI).

ANEXOS

Anexo 1. Base de datos de las variables evaluadas en campo.

Tratamiento	Tamaños de Bolsa	Tipo de Sustrato	Tamaño de Bolsa X Tipo de Sustrato	Repetición	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN								
					Altura de plantón (cm)	Diámetro del tallo del plantón (mm)	Longitud de raíz (cm)	Peso seco total del plantón (g)	Peso seco de la parte área del plantón (g)	Peso seco de la raíz del plantón (g)	Relación parte área /raíz del plantón	Coficiente de Esbeltez (CE)	Índice de calidad de Dickson (ICD)
T1	B1	S1	B1 X S1	1	29.00	3.28	34.33	2.52	1.94	0.57	3.42	8.84	0.21
				2	36.00	3.74	49	3.68	2.68	1.01	2.69	9.62	0.30
				3	36.40	3.56	40	3.00	2.30	0.71	3.25	10.27	0.22
				4	31.20	3.4	41	2.70	1.97	0.73	2.69	9.21	0.23
				5	31.00	3.48	46	3.14	2.23	0.91	2.67	8.91	0.27
T2	B1	S2	B1 X S2	1	27.60	3.1	49	2.53	1.84	0.69	2.80	8.96	0.23
				2	34.80	3.74	51.33	4.04	2.88	1.16	2.53	9.35	0.36
				3	31.80	3.44	39.33	3.11	2.34	0.77	3.15	9.30	0.26
				4	31.80	3.46	55.67	3.06	2.23	0.83	2.73	9.25	0.26
				5	27.00	3.22	60.67	2.65	1.72	0.93	1.85	8.40	0.26
T3	B1	S3	B1 X S3	1	33.20	3.46	62.33	3.03	2.16	0.87	2.50	9.61	0.25
				2	34.80	3.78	75	3.11	2.31	0.80	2.94	9.23	0.25
				3	33.20	3.56	48	3.45	2.44	1.01	2.43	9.37	0.30
				4	29.80	3.56	26.33	2.71	2.02	0.69	3.20	8.37	0.23
				5	32.60	3.48	57.33	3.17	2.22	0.95	2.39	9.45	0.27
T4	B2	S1	B2 X S1	1	37.40	3.84	77.67	4.75	3.06	1.68	1.89	9.77	0.42
				2	38.60	3.94	77.67	4.13	2.79	1.34	2.19	9.80	0.34
				3	39.40	4.14	73.33	5.40	3.85	1.55	2.56	9.54	0.43
				4	37.60	4	121	4.40	3.01	1.39	2.16	9.46	0.37
				5	38.20	3.96	84.33	4.51	3.29	1.21	2.78	9.64	0.35

T5	B2	S2	B2 X S2	1	38.00	3.92	88.67	4.68	3.44	1.24	2.74	9.79	0.37
				2	33.80	3.8	88.33	4.65	3.43	1.22	2.93	8.86	0.39
				3	38.80	4.22	136.33	4.52	3.16	1.36	2.33	9.20	0.38
				4	34.80	4.02	59.33	4.49	3.28	1.21	2.75	8.70	0.38
				5	41.60	4	111	5.02	3.80	1.22	3.25	10.41	0.37
T6	B2	S3	B2 X S3	1	40.40	4.16	80.33	4.85	3.62	1.22	3.04	9.74	0.38
				2	37.20	3.84	47	4.57	3.36	1.21	2.93	9.72	0.38
				3	41.00	4.28	61.67	4.40	3.37	1.03	3.42	9.63	0.33
				4	40.20	4.18	108	4.66	3.46	1.20	2.97	9.63	0.38
				5	36.00	3.88	73	3.85	2.74	1.10	2.55	9.28	0.32
T7	B3	S1	B3 X S1	1	45.40	4.26	57.67	5.34	3.80	1.54	2.45	10.67	0.40
				2	43.60	4.58	52.33	6.28	4.46	1.82	2.66	9.52	0.53
				3	40.40	4.56	51	4.98	3.56	1.42	2.52	8.89	0.41
				4	42.40	4.08	54.67	4.64	3.34	1.29	2.61	10.44	0.34
				5	39.80	4.04	51	4.27	3.31	0.97	3.50	9.84	0.32
T8	B3	S2	B3 X S2	1	33.60	3.7	43	3.58	2.59	0.99	2.65	9.10	0.30
				2	42.60	4.44	48.33	6.59	5.01	1.58	3.24	9.65	0.53
				3	43.20	4.42	83	6.03	4.39	1.64	2.68	9.80	0.50
				4	40.80	4.24	61.33	4.85	3.62	1.23	2.94	9.63	0.38
				5	40.40	4.14	57.67	5.33	3.85	1.49	2.63	9.77	0.43
T9	B3	S3	B3 X S3	1	28.20	3.52	58.67	3.77	2.70	1.07	2.59	7.97	0.35
				2	40.40	4.12	52.33	4.85	3.60	1.25	2.88	9.89	0.39
				3	35.00	3.82	64.67	3.98	2.88	1.09	2.67	9.20	0.34
				4	40.00	4.12	54.67	4.77	3.66	1.11	3.30	9.73	0.36
				5	35.00	3.84	59.67	4.50	3.26	1.24	2.59	9.12	0.37

Anexo 2. Costo de producción de *Pinus radiata* D. Don con el tratamiento B1XS1

Item	Descripción	Und.	Metrado	recio (S/.)	Parcial (S/.)
I	COSTO DIRECTO (CD)				S/ 6,131.35
1	PRODUCCIÓN DE PLANTONES				S/ 6,131.35
1.01	TRABAJOS PRELIMINARES				S/ 180.22
01.01.01	Limpieza del Terreno Manual	m2	81.92	S/ 0.50	S/ 40.96
01.01.02	Nivelación y Apisonado	m2	81.92	S/ 1.05	S/ 86.02
01.01.03	Trazo y Replanteo del Terreno	m2	81.92	S/ 0.65	S/ 53.25
1.02	CONSTRUCCIÓN DE POZAS DE CAMAS DE ALMÁCIGO				S/ 328.14
01.02.01	Trazo y Replanteo para instalar pozas de madera para camas de almácigo	m2	10	S/ 16.40	S/ 164.00
01.02.02	Instalación de pozas para camas de almácigo con madera (10m x 1m)	und	1	S/ 28.34	S/ 28.34
01.02.03	Habilitación del tinglado	m2	10	S/ 13.58	S/ 135.80
1.03	ALMÁCIGO DE SEMILLA DE PINO				S/ 527.75
01.03.01	Compra de semilla de pino (<i>Pinus radiata</i> D. Don)	kg	0.5	S/ 950.00	S/ 475.00
01.03.02	Tratamiento pregerminativo de la semilla	kg	0.5	S/ 69.50	S/ 34.75
01.03.03	Siembra de la semilla	m2	10	S/ 1.80	S/ 18.00
1.04	PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA ALMÁCIGO DE SEMILLA DE PINO RADIATA				S/ 351.20
01.04.01	Zarandeo Mecánico del Sustrato	m3	2	S/ 132.60	S/ 265.20
01.04.02	Desinfección del Sustrato	m3	2	S/ 43.00	S/ 86.00
1.05	PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA REPIQUE DE PINO RADIATA				S/ 979.08
01.05.01	Zarandeo Mecánico y Mezcla del Sustrato (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% tierra negra)	m3	4.92	S/ 156.00	S/ 767.52
01.05.02	Desinfección del Sustrato (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% tierra negra)	m3	4.92	S/ 43.00	S/ 211.56
1.06	EMBOLSADO DE SUSTRATO				S/ 1,400.00
01.06.01	Embolsado de Sustrato (Bolsa de polietileno 4"x7"x0.002 mm)	mll	10	S/ 140.00	S/ 1,400.00
1.07	ENFILADO O ACOMODO DE BOLSAS				S/ 295.42
01.07.01	Trazo y Replanteo del Terreno - Camas de Repique	m2	81.92	S/ 0.53	S/ 43.42
01.07.02	Enfilado de Bolsas en Camas de Repique	mll	10	S/ 25.20	S/ 252.00
1.08	REPIQUE DE PLÁNTULAS DE PINO RADIATA				S/ 464.60
01.08.01	Repique de plantines	mll	10	S/ 46.46	S/ 464.60
1.09	LABORES CULTURALES				S/ 1,604.94
01.09.01	Manejo y Control de Enfermedades Fungosas	mll	10	S/ 17.42	S/ 174.20
01.09.02	Manejo y Control de Plagas	mll	10	S/ 15.08	S/ 150.80
01.09.03	Manejo Físico nutricional	mll	10	S/ 11.30	S/ 113.00
01.09.04	Remoción y Selección de Plantones	mll	10	S/ 31.50	S/ 315.00
01.09.05	Deshierbo en Camas de Repique	m2	81.92	S/ 2.00	S/ 163.84
01.09.06	Riego de Plantones	m2	1,966.00	S/ 0.35	S/ 688.10
II	COSTOS INDIRECTOS				S/ 1,733.14
2.01	MATERIALES Y EQUIPOS				S/ 500.00
2.02	SERVICIOS				S/ 620.00
2.02.01	Análisis de caracterización de sustrato	Serv.	1	S/ 120.00	S/ 120.00
2.02.02	Diagnostico fitopatológico	Serv.	1	S/ 100.00	S/ 100.00
2.02.03	Flete de insumos y materiales	global	1	S/ 400.00	S/ 400.00
2.03	GASTOS ADMINISTRATIVOS 5%CD			5%	S/ 306.57
2.04	IMPREVISTOS 5%CD			5%	S/ 306.57
III	COSTO TOTAL				S/ 7,864.49

Anexo 3. Costo de producción de *Pinus radiata* D. Don con el tratamiento B1XS2

Item	Descripción	Und.	Metrado	recio (S/.)	Parcial (S/.)
I	COSTO DIRECTO (CD)				S/ 6,833.65
1	PRODUCCIÓN DE PLANTONES				S/ 6,833.65
1.01	TRABAJOS PRELIMINARES				S/ 180.22
01.01.01	Limpieza del Terreno Manual	m2	81.92	S/ 0.50	S/ 40.96
01.01.02	Nivelación y Apisonado	m2	81.92	S/ 1.05	S/ 86.02
01.01.03	Trazo y Replanteo del Terreno	m2	81.92	S/ 0.65	S/ 53.25
1.02	CONSTRUCCIÓN DE POZAS DE CAMAS DE ALMÁCIGO				S/ 169.44
01.02.01	Trazo y Replanteo para instalar pozas de madera para camas de almácigo	m2	10	S/ 0.53	S/ 5.30
01.02.02	Instalación de pozas para camas de almácigo con madera (10m x 1m)	und	1	S/ 28.34	S/ 28.34
01.02.03	Habilitación del tinglado	m2	10	S/ 13.58	S/ 135.80
1.03	ALMÁCIGO DE SEMILLA DE PINO				S/ 527.75
01.03.01	Compra de semilla de pino (<i>Pinus radiata</i> D. Don)	kg	0.5	S/ 950.00	S/ 475.00
01.03.02	Tratamiento pregerminativo de la semilla	kg	0.5	S/ 69.50	S/ 34.75
01.03.03	Siembra de la semilla	m2	10	S/ 1.80	S/ 18.00
1.04	PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA ALMÁCIGO DE SEMILLA DE PINO RADIATA				S/ 351.20
01.04.01	Zarandeo Mecánico del Sustrato	m3	2	S/ 132.60	S/ 265.20
01.04.02	Desinfección del Sustrato	m3	2	S/ 43.00	S/ 86.00
1.05	PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA REPIQUE DE PINO RADIATA				S/ 1,840.08
01.05.01	Zarandeo Mecánico y Mezcla del Sustrato (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% compost)	m3	4.92	S/ 331.00	S/ 1,628.52
01.05.02	Desinfección del Sustrato (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% compost)	m3	4.92	S/ 43.00	S/ 211.56
1.06	EMBOLSADO DE SUSTRATO				S/ 1,400.00
01.06.01	Embolsado de Sustrato (Bolsa de polietileno 4"x7"x0.002 mm)	mll	10	S/ 140.00	S/ 1,400.00
1.07	ENFILADO O ACOMODO DE BOLSAS				S/ 295.42
01.07.01	Trazo y Replanteo del Terreno - Camas de Repique	m2	81.92	S/ 0.53	S/ 43.42
01.07.02	Enfilado de Bolsas en Camas de Repique	mll	10	S/ 25.20	S/ 252.00
1.08	REPIQUE DE PLÁNTULAS DE PINO RADIATA				S/ 464.60
01.08.01	Repique de plantines	mll	10	S/ 46.46	S/ 464.60
1.09	LABORES CULTURALES				S/ 1,604.94
01.09.01	Manejo y Control de Enfermedades Fungosas	mll	10	S/ 17.42	S/ 174.20
01.09.02	Manejo y Control de Plagas	mll	10	S/ 15.08	S/ 150.80
01.09.03	Manejo Físico nutricional	mll	10	S/ 11.30	S/ 113.00
01.09.04	Remoción y Selección de Plantones	mll	10	S/ 31.50	S/ 315.00
01.09.05	Deshierbo en Camas de Repique	m2	81.92	S/ 2.00	S/ 163.84
01.09.06	Riego de Plantones	m2	1,966.00	S/ 0.35	S/ 688.10
II	COSTOS INDIRECTOS				S/ 1,803.37
2.01	MATERIALES Y EQUIPOS				S/ 500.00
2.02	SERVICIOS				S/ 620.00
2.02.01	Análisis de caracterización de sustrato	Serv.	1	S/ 120.00	S/ 120.00
2.02.02	Diagnostico fitopatológico	Serv.	1	S/ 100.00	S/ 100.00
2.02.03	Flete de insumos y materiales	global	1	S/ 400.00	S/ 400.00
2.03	GASTOS ADMINISTRATIVOS 5%CD			5%	S/ 341.68
2.04	IMPREVISTOS 5%CD			5%	S/ 341.68
III	COSTO TOTAL				S/ 8,637.02

Anexo 4. Costo de producción de *Pinus radiata* D. Don con el tratamiento B1XS3.

Item	Descripción	Und.	Metrado	recio (S/.)	Parcial (S/.)
I	COSTO DIRECTO (CD)				S/ 6,833.65
1	PRODUCCIÓN DE PLANTONES				S/ 6,833.65
1.01	TRABAJOS PRELIMINARES				S/ 180.22
01.01.01	Limpieza del Terreno Manual	m2	81.92	S/ 0.50	S/ 40.96
01.01.02	Nivelación y Apisonado	m2	81.92	S/ 1.05	S/ 86.02
01.01.03	Trazo y Replanteo del Terreno	m2	81.92	S/ 0.65	S/ 53.25
1.02	CONSTRUCCIÓN DE POZAS DE CAMAS DE ALMÁCIGO				S/ 169.44
01.02.01	Trazo y Replanteo para instalar pozas de madera para camas de almácigo	m2	10	S/ 0.53	S/ 5.30
01.02.02	Instalación de pozas para camas de almácigo con madera (10m x 1m)	und	1	S/ 28.34	S/ 28.34
01.02.03	Habilitación del tinglado	m2	10	S/ 13.58	S/ 135.80
1.03	ALMÁCIGO DE SEMILLA DE PINO				S/ 527.75
01.03.01	Compra de semilla de pino (<i>Pinus radiata</i> D. Don)	kg	0.5	S/ 950.00	S/ 475.00
01.03.02	Tratamiento pregerminativo de la semilla	kg	0.5	S/ 69.50	S/ 34.75
01.03.03	Siembra de la semilla	m2	10	S/ 1.80	S/ 18.00
1.04	PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA ALMÁCIGO DE SEMILLA DE PINO RADIATA				S/ 351.20
01.04.01	Zarandeo Mecánico del Sustrato	m3	2	S/ 132.60	S/ 265.20
01.04.02	Desinfección del Sustrato	m3	2	S/ 43.00	S/ 86.00
1.05	PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA REPIQUE DE PINO RADIATA				S/ 1,840.08
01.05.01	Zarandeo Mecánico y Mezcla del Sustrato (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% Humus de Lombriz)	m3	4.92	S/ 331.00	S/ 1,628.52
01.05.02	Desinfección del Sustrato (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% Humus de Lombriz)	m3	4.92	S/ 43.00	S/ 211.56
1.06	EMBOLSADO DE SUSTRATO				S/ 1,400.00
01.06.01	Embolsado de Sustrato (Bolsa de polietileno 4"x7"x0.002 mm)	mll	10	S/ 140.00	S/ 1,400.00
1.07	ENFILADO O ACOMODO DE BOLSAS				S/ 295.42
01.07.01	Trazo y Replanteo del Terreno - Camas de Repique	m2	81.92	S/ 0.53	S/ 43.42
01.07.02	Enfilado de Bolsas en Camas de Repique	mll	10	S/ 25.20	S/ 252.00
1.08	REPIQUE DE PLÁNTULAS DE PINO RADIATA				S/ 464.60
01.08.01	Repique de plantines	mll	10	S/ 46.46	S/ 464.60
1.09	LABORES CULTURALES				S/ 1,604.94
01.09.01	Manejo y Control de Enfermedades Fungosas	mll	10	S/ 17.42	S/ 174.20
01.09.02	Manejo y Control de Plagas	mll	10	S/ 15.08	S/ 150.80
01.09.03	Manejo Físico nutricional	mll	10	S/ 11.30	S/ 113.00
01.09.04	Remoción y Selección de Plantones	mll	10	S/ 31.50	S/ 315.00
01.09.05	Deshierbo en Camas de Repique	m2	81.92	S/ 2.00	S/ 163.84
01.09.06	Riego de Plantones	m2	1,966.00	S/ 0.35	S/ 688.10
II	COSTOS INDIRECTOS				S/ 1,803.37
2.01	MATERIALES Y EQUIPOS				S/ 500.00
2.02	SERVICIOS				S/ 620.00
2.02.01	Análisis de caracterización de sustrato	Serv.	1	S/ 120.00	S/ 120.00
2.02.02	Diagnóstico fitopatológico	Serv.	1	S/ 100.00	S/ 100.00
2.02.03	Flete de insumos y materiales	global	1	S/ 400.00	S/ 400.00
2.03	GASTOS ADMINISTRATIVOS 5%CD			5%	S/ 341.68
2.04	IMPREVISTOS 5%CD			5%	S/ 341.68
III	COSTO TOTAL				S/ 8,637.02

Anexo 5. Costo de producción de *Pinus radiata* D. Don con el tratamiento B2XS1.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
I	COSTO DIRECTO (CD)				S/ 8,103.30
1	PRODUCCIÓN DE PLANTONES				S/ 8,103.30
1.01	TRABAJOS PRELIMINARES				S/ 295.86
01.01.01	Limpieza del Terreno Manual	m2	134.48	S/ 0.50	S/ 67.24
01.01.02	Nivelación y Apisonado	m2	134.48	S/ 1.05	S/ 141.20
01.01.03	Trazo y Replanteo del Terreno	m2	134.48	S/ 0.65	S/ 87.41
1.02	CONSTRUCCIÓN DE POZAS DE CAMAS DE ALMÁCIGO				S/ 169.44
01.02.01	Trazo y Replanteo para instalar pozas de madera para camas de almácigo	m2	10	S/ 0.53	S/ 5.30
01.02.02	Instalación de pozas para camas de almácigo con madera (10m x 1m)	und	1	S/ 28.34	S/ 28.34
01.02.03	Habilitación del tinglado	m2	10	S/ 13.58	S/ 135.80
1.03	ALMÁCIGO DE SEMILLA DE PINO				S/ 527.75
01.03.01	Compra de semilla de pino (<i>Pinus radiata</i> D. Don)	kg	0.5	S/ 950.00	S/ 475.00
01.03.02	Tratamiento pregerminativo de la semilla	kg	0.5	S/ 69.50	S/ 34.75
01.03.03	Siembra de la semilla	m2	10	S/ 1.80	S/ 18.00
1.04	PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA ALMÁCIGO DE SEMILLA DE PINO RADIATA				S/ 351.20
01.04.01	Zarandeo Mecánico del Sustrato	m3	2	S/ 132.60	S/ 265.20
01.04.02	Desinfección del Sustrato	m3	2	S/ 43.00	S/ 86.00
1.05	PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA REPIQUE DE PINO RADIATA				S/ 1,657.67
01.05.01	Zarandeo Mecánico y Mezcla del Sustrato (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% tierra negra)	m3	8.33	S/ 156.00	S/ 1,299.48
01.05.02	Desinfección del Sustrato (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% tierra negra)	m3	8.33	S/ 43.00	S/ 358.19
1.06	EMBOLSADO DE SUSTRATO				S/ 1,690.90
01.06.01	Embolsado de Sustrato (Bolsa de polietileno 5"x8"x0.002 mm)	mll	10	S/ 169.09	S/ 1,690.90
1.07	ENFILADO O ACOMODO DE BOLSAS				S/ 323.27
01.07.01	Trazo y Replanteo del Terreno - Camas de Repique	m2	134.48	S/ 0.53	S/ 71.27
01.07.02	Enfilado de Bolsas en Camas de Repique	mll	10	S/ 25.20	S/ 252.00
1.08	REPIQUE DE PLÁNTULAS DE PINO RADIATA				S/ 464.60
01.08.01	Repique de plantines	mll	10	S/ 46.46	S/ 464.60
1.09	LABORES CULTURALES				S/ 2,622.61
01.09.01	Manejo y Control de Enfermedades Fungosas	mll	10	S/ 22.82	S/ 228.20
01.09.02	Manejo y Control de Plagas	mll	10	S/ 19.08	S/ 190.80
01.09.03	Manejo Físico nutricional	mll	10	S/ 16.63	S/ 166.30
01.09.04	Remoción y Selección de Plantones	mll	10	S/ 51.50	S/ 515.00
01.09.05	Deshierbo en Camas de Repique	m2	134.48	S/ 2.20	S/ 295.86
01.09.06	Riego de Plantones	m2	3,227.52	S/ 0.38	S/ 1,226.46
II	COSTOS INDIRECTOS				S/ 1,930.33
2.01	MATERIALES Y EQUIPOS				S/ 500.00
2.02	SERVICIOS				S/ 620.00
2.02.01	Análisis de caracterización de sustrato	Serv.	1	S/ 120.00	S/ 120.00
2.02.02	Diagnóstico fitopatológico	Serv.	1	S/ 100.00	S/ 100.00
2.02.03	Flete de insumos y materiales	global	1	S/ 400.00	S/ 400.00
2.03	GASTOS ADMINISTRATIVOS 5%CD			5%	S/ 405.17
2.04	IMPREVISTOS 5%CD			5%	S/ 405.17
III	COSTO TOTAL				S/ 10,033.63

Anexo 6. Costo de producción de *Pinus radiata* D. Don con el tratamiento B2XS2.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
I	COSTO DIRECTO (CD)				S/ 9,561.05
1	PRODUCCIÓN DE PLANTONES				S/ 9,561.05
1.01	TRABAJOS PRELIMINARES				S/ 295.86
01.01.01	Limpieza del Terreno Manual	m2	134.48	S/ 0.50	S/ 67.24
01.01.02	Nivelación y Apisonado	m2	134.48	S/ 1.05	S/ 141.20
01.01.03	Trazo y Replanteo del Terreno	m2	134.48	S/ 0.65	S/ 87.41
1.02	CONSTRUCCIÓN DE POZAS DE CAMAS DE ALMÁCIGO				S/ 169.44
01.02.01	Trazo y Replanteo para instalar pozas de madera para camas de almácigo	m2	10	S/ 0.53	S/ 5.30
01.02.02	Instalación de pozas para camas de almácigo con madera (10m x 1m)	und	1	S/ 28.34	S/ 28.34
01.02.03	Habilitación del tinglado	m2	10	S/ 13.58	S/ 135.80
1.03	ALMÁCIGO DE SEMILLA DE PINO				S/ 527.75
01.03.01	Compra de semilla de pino (<i>Pinus radiata</i> D. Don)	kg	0.5	S/ 950.00	S/ 475.00
01.03.02	Tratamiento pregerminativo de la semilla	kg	0.5	S/ 69.50	S/ 34.75
01.03.03	Siembra de la semilla	m2	10	S/ 1.80	S/ 18.00
1.04	PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA ALMÁCIGO DE SEMILLA DE PINO RADIATA				S/ 351.20
01.04.01	Zarandeo Mecánico del Sustrato	m3	2	S/ 132.60	S/ 265.20
01.04.02	Desinfección del Sustrato	m3	2	S/ 43.00	S/ 86.00
1.05	PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA REPIQUE DE PINO RADIATA				S/ 3,115.42
01.05.01	Zarandeo Mecánico y Mezcla del Sustrato (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% compost)	m3	8.33	S/ 331.00	S/ 2,757.23
01.05.02	Desinfección del Sustrato (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% compost)	m3	8.33	S/ 43.00	S/ 358.19
1.06	EMBOLSADO DE SUSTRATO				S/ 1,690.90
01.06.01	Embolsado de Sustrato (Bolsa de polietileno 5"x8"x0.002 mm)	mll	10	S/ 169.09	S/ 1,690.90
1.07	ENFILADO O ACOMODO DE BOLSAS				S/ 323.27
01.07.01	Trazo y Replanteo del Terreno - Camas de Repique	m2	134.48	S/ 0.53	S/ 71.27
01.07.02	Enfilado de Bolsas en Camas de Repique	mll	10	S/ 25.20	S/ 252.00
1.08	REPIQUE DE PLÁNTULAS DE PINO RADIATA				S/ 464.60
01.08.01	Repique de plantines	mll	10	S/ 46.46	S/ 464.60
1.09	LABORES CULTURALES				S/ 2,622.61
01.09.01	Manejo y Control de Enfermedades Fungosas	mll	10	S/ 22.82	S/ 228.20
01.09.02	Manejo y Control de Plagas	mll	10	S/ 19.08	S/ 190.80
01.09.03	Manejo Físico nutricional	mll	10	S/ 16.63	S/ 166.30
01.09.04	Remoción y Selección de Plantones	mll	10	S/ 51.50	S/ 515.00
01.09.05	Deshierbo en Camas de Repique	m2	134.48	S/ 2.20	S/ 295.86
01.09.06	Riego de Plantones	m2	3,227.52	S/ 0.38	S/ 1,226.46
II	COSTOS INDIRECTOS				S/ 2,076.11
2.01	MATERIALES Y EQUIPOS				S/ 500.00
2.02	SERVICIOS				S/ 620.00
2.02.01	Análisis de caracterización de sustrato	Serv.	1	S/ 120.00	S/ 120.00
2.02.02	Diagnóstico fitopatológico	Serv.	1	S/ 100.00	S/ 100.00
2.02.03	Flete de insumos y materiales	global	1	S/ 400.00	S/ 400.00
2.03	GASTOS ADMINISTRATIVOS 5%CD			5%	S/ 478.05
2.04	IMPREVISTOS 5%CD			5%	S/ 478.05
III	COSTO TOTAL				S/ 11,637.16

Anexo 7. Costo de producción de *Pinus radiata* D. Don con el tratamiento B2XS3.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
I	COSTO DIRECTO (CD)				S/ 9,561.05
1	PRODUCCIÓN DE PLANTONES				S/ 9,561.05
1.01	TRABAJOS PRELIMINARES				S/ 295.86
01.01.01	Limpieza del Terreno Manual	m2	134.48	S/ 0.50	S/ 67.24
01.01.02	Nivelación y Apisonado	m2	134.48	S/ 1.05	S/ 141.20
01.01.03	Trazo y Replanteo del Terreno	m2	134.48	S/ 0.65	S/ 87.41
1.02	CONSTRUCCIÓN DE POZAS DE CAMAS DE ALMÁCIGO				S/ 169.44
01.02.01	Trazo y Replanteo para instalar pozas de madera para camas de almácigo	m2	10	S/ 0.53	S/ 5.30
01.02.02	Instalación de pozas para camas de almácigo con madera (10m x 1m)	und	1	S/ 28.34	S/ 28.34
01.02.03	Habilitación del tinglado	m2	10	S/ 13.58	S/ 135.80
1.03	ALMÁCIGO DE SEMILLA DE PINO				S/ 527.75
01.03.01	Compra de semilla de pino (<i>Pinus radiata</i> D. Don)	kg	0.5	S/ 950.00	S/ 475.00
01.03.02	Tratamiento pregerminativo de la semilla	kg	0.5	S/ 69.50	S/ 34.75
01.03.03	Siembra de la semilla	m2	10	S/ 1.80	S/ 18.00
1.04	PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA ALMÁCIGO DE SEMILLA DE PINO RADIATA				S/ 351.20
01.04.01	Zarandeo Mecánico del Sustrato	m3	2	S/ 132.60	S/ 265.20
01.04.02	Desinfección del Sustrato	m3	2	S/ 43.00	S/ 86.00
1.05	PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA REPIQUE DE PINO RADIATA				S/ 3,115.42
01.05.01	Zarandeo Mecánico y Mezcla del Sustrato (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% Humus de Lombriz)	m3	8.33	S/ 331.00	S/ 2,757.23
01.05.02	Desinfección del Sustrato (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% Humus de Lombriz)	m3	8.33	S/ 43.00	S/ 358.19
1.06	EMBOLSADO DE SUSTRATO				S/ 1,690.90
01.06.01	Embolsado de Sustrato (Bolsa de polietileno 5"x8"x0.002 mm)	mll	10	S/ 169.09	S/ 1,690.90
1.07	ENFILADO O ACOMODO DE BOLSAS				S/ 323.27
01.07.01	Trazo y Replanteo del Terreno - Camas de Repique	m2	134.48	S/ 0.53	S/ 71.27
01.07.02	Enfilado de Bolsas en Camas de Repique	mll	10	S/ 25.20	S/ 252.00
1.08	REPIQUE DE PLÁNTULAS DE PINO RADIATA				S/ 464.60
01.08.01	Repique de plantines	mll	10	S/ 46.46	S/ 464.60
1.09	LABORES CULTURALES				S/ 2,622.61
01.09.01	Manejo y Control de Enfermedades Fungosas	mll	10	S/ 22.82	S/ 228.20
01.09.02	Manejo y Control de Plagas	mll	10	S/ 19.08	S/ 190.80
01.09.03	Manejo Fisio nutricional	mll	10	S/ 16.63	S/ 166.30
01.09.04	Remoción y Selección de Plantones	mll	10	S/ 51.50	S/ 515.00
01.09.05	Deshierbo en Camas de Repique	m2	134.48	S/ 2.20	S/ 295.86
01.09.06	Riego de Plantones	m2	3,227.52	S/ 0.38	S/ 1,226.46
II	COSTOS INDIRECTOS				S/ 2,076.11
2.01	MATERIALES Y EQUIPOS				S/ 500.00
2.02	SERVICIOS				S/ 620.00
2.02.01	Análisis de caracterización de sustrato	Serv.	1	S/ 120.00	S/ 120.00
2.02.02	Diagnóstico fitopatológico	Serv.	1	S/ 100.00	S/ 100.00
2.02.03	Flete de insumos y materiales	global	1	S/ 400.00	S/ 400.00
2.03	GASTOS ADMINISTRATIVOS 5%CD			5%	S/ 478.05
2.04	IMPREVISTOS 5%CD			5%	S/ 478.05
III	COSTO TOTAL				S/ 11,637.16

Anexo 8. Costo de producción de *Pinus radiata* D. Don con el tratamiento B3XS1.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
I	COSTO DIRECTO (CD)				S/ 9,353.88
1	PRODUCCIÓN DE PLANTONES				S/ 9,353.88
1.01	TRABAJOS PRELIMINARES				S/ 295.86
01.01.01	Limpieza del Terreno Manual	m2	134.48	S/ 0.50	S/ 67.24
01.01.02	Nivelación y Apisonado	m2	134.48	S/ 1.05	S/ 141.20
01.01.03	Trazo y Replanteo del Terreno	m2	134.48	S/ 0.65	S/ 87.41
1.02	CONSTRUCCIÓN DE POZAS DE CAMAS DE ALMÁCIGO				S/ 169.44
01.02.01	Trazo y Replanteo para instalar pozas de madera para camas de almácigo	m2	10	S/ 0.53	S/ 5.30
01.02.02	Instalación de pozas para camas de almácigo con madera (10m x 1m)	und	1	S/ 28.34	S/ 28.34
01.02.03	Habilitación del tinglado	m2	10	S/ 13.58	S/ 135.80
1.03	ALMÁCIGO DE SEMILLA DE PINO				S/ 516.50
01.03.01	Compra de semilla de pino (<i>Pinus radiata</i> D. Don)	kg	0.5	S/ 950.00	S/ 475.00
01.03.02	Tratamiento pregerminativo de la semilla	kg	0.5	S/ 47.00	S/ 23.50
01.03.03	Siembra de la semilla	m2	10	S/ 1.80	S/ 18.00
1.04	PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA ALMÁCIGO DE SEMILLA DE PINO RADIATA				S/ 351.20
01.04.01	Zarandeo Mecánico del Sustrato	m3	2	S/ 132.60	S/ 265.20
01.04.02	Desinfección del Sustrato	m3	2	S/ 43.00	S/ 86.00
1.05	PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA REPIQUE DE PINO RADIATA				S/ 1,910.40
01.05.01	Zarandeo Mecánico y Mezcla del Sustrato (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% tierra negra)	m3	9.6	S/ 156.00	S/ 1,497.60
01.05.02	Desinfección del Sustrato (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% tierra negra)	m3	9.6	S/ 43.00	S/ 412.80
1.06	EMBOLSADO DE SUSTRATO				S/ 2,700.00
01.06.01	Embolsado de Sustrato (Bolsa de polietileno 5"x10"x0.002 mm)	mll	10	S/ 270.00	S/ 2,700.00
1.07	ENFILADO O ACOMODO DE BOLSAS				S/ 323.27
01.07.01	Trazo y Replanteo del Terreno - Camas de Repique	m2	134.48	S/ 0.53	S/ 71.27
01.07.02	Enfilado de Bolsas en Camas de Repique	mll	10	S/ 25.20	S/ 252.00
1.08	REPIQUE DE PLÁNTULAS DE PINO RADIATA				S/ 464.60
01.08.01	Repique de plantines	mll	10	S/ 46.46	S/ 464.60
1.09	LABORES CULTURALES				S/ 2,622.61
01.09.01	Manejo y Control de Enfermedades Fungosas	mll	10	S/ 22.82	S/ 228.20
01.09.02	Manejo y Control de Plagas	mll	10	S/ 19.08	S/ 190.80
01.09.03	Manejo Físico nutricional	mll	10	S/ 16.63	S/ 166.30
01.09.04	Remoción y Selección de Plantones	mll	10	S/ 51.50	S/ 515.00
01.09.05	Deshierbo en Camas de Repique	m2	134.48	S/ 2.20	S/ 295.86
01.09.06	Riego de Plantones	m2	3,227.52	S/ 0.38	S/ 1,226.46
II	COSTOS INDIRECTOS				S/ 2,055.39
2.01	MATERIALES Y EQUIPOS				S/ 500.00
2.02	SERVICIOS				S/ 620.00
2.02.01	Análisis de caracterización de sustrato	Serv.	1	S/ 120.00	S/ 120.00
2.02.02	Diagnóstico fitopatológico	Serv.	1	S/ 100.00	S/ 100.00
2.02.03	Flete de insumos y materiales	global	1	S/ 400.00	S/ 400.00
2.03	GASTOS ADMINISTRATIVOS 5%CD			5%	S/ 467.69
2.04	IMPREVISTOS 5%CD			5%	S/ 467.69
III	COSTO TOTAL				S/ 11,409.27

Anexo 9. Costo de producción de *Pinus radiata* D. Don con el tratamiento B3XS2.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
I	COSTO DIRECTO (CD)				S/ 10,918.03
1	PRODUCCIÓN DE PLANTONES				S/ 10,918.03
1.01	TRABAJOS PRELIMINARES				S/ 295.86
01.01.01	Limpieza del Terreno Manual	m2	134.48	S/ 0.50	S/ 67.24
01.01.02	Nivelación y Apisonado	m2	134.48	S/ 1.05	S/ 141.20
01.01.03	Trazo y Replanteo del Terreno	m2	134.48	S/ 0.65	S/ 87.41
1.02	CONSTRUCCIÓN DE POZAS DE CAMAS DE ALMÁCIGO				S/ 169.44
01.02.01	Trazo y Replanteo para instalar pozas de madera para camas de almácigo	m2	10	S/ 0.53	S/ 5.30
01.02.02	Instalación de pozas para camas de almácigo con madera (10m x 1m)	und	1	S/ 28.34	S/ 28.34
01.02.03	Habilitación del tinglado	m2	10	S/ 13.58	S/ 135.80
1.03	ALMÁCIGO DE SEMILLA DE PINO				S/ 509.75
01.03.01	Compra de semilla de pino (<i>Pinus radiata</i> D. Don)	kg	0.5	S/ 950.00	S/ 475.00
01.03.02	Tratamiento pregerminativo de la semilla	kg	0.5	S/ 33.50	S/ 16.75
01.03.03	Siembra de la semilla	m2	10	S/ 1.80	S/ 18.00
1.04	PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA ALMÁCIGO DE SEMILLA DE PINO RADIATA				S/ 351.20
01.04.01	Zarandeo Mecánico del Sustrato	m3	2	S/ 132.60	S/ 265.20
01.04.02	Desinfección del Sustrato	m3	2	S/ 43.00	S/ 86.00
1.05	PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA REPIQUE DE PINO RADIATA				S/ 3,590.40
01.05.01	Zarandeo Mecánico y Mezcla del Sustrato (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% compost)	m3	9.6	S/ 331.00	S/ 3,177.60
01.05.02	Desinfección del Sustrato (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% compost)	m3	9.6	S/ 43.00	S/ 412.80
1.06	EMBOLSADO DE SUSTRATO				S/ 2,590.90
01.06.01	Embolsado de Sustrato (Bolsa de polietileno 5"x10"x0.002 mm)	mll	10	S/ 259.09	S/ 2,590.90
1.07	ENFILADO O ACOMODO DE BOLSAS				S/ 323.27
01.07.01	Trazo y Replanteo del Terreno - Camas de Repique	m2	134.48	S/ 0.53	S/ 71.27
01.07.02	Enfilado de Bolsas en Camas de Repique	mll	10	S/ 25.20	S/ 252.00
1.08	REPIQUE DE PLÁNTULAS DE PINO RADIATA				S/ 464.60
01.08.01	Repique de plantines	mll	10	S/ 46.46	S/ 464.60
1.09	LABORES CULTURALES				S/ 2,622.61
01.09.01	Manejo y Control de Enfermedades Fungosas	mll	10	S/ 22.82	S/ 228.20
01.09.02	Manejo y Control de Plagas	mll	10	S/ 19.08	S/ 190.80
01.09.03	Manejo Físico nutricional	mll	10	S/ 16.63	S/ 166.30
01.09.04	Remoción y Selección de Plantones	mll	10	S/ 51.50	S/ 515.00
01.09.05	Deshierbo en Camas de Repique	m2	134.48	S/ 2.20	S/ 295.86
01.09.06	Riego de Plantones	m2	3,227.52	S/ 0.38	S/ 1,226.46
II	COSTOS INDIRECTOS				S/ 2,211.80
2.01	MATERIALES Y EQUIPOS				S/ 500.00
2.02	SERVICIOS				S/ 620.00
2.02.01	Análisis de caracterización de sustrato	Serv.	1	S/ 120.00	S/ 120.00
2.02.02	Diagnóstico fitopatológico	Serv.	1	S/ 100.00	S/ 100.00
2.02.03	Flete de insumos y materiales	global	1	S/ 400.00	S/ 400.00
2.03	GASTOS ADMINISTRATIVOS 5%CD			5%	S/ 545.90
2.04	IMPREVISTOS 5%CD			5%	S/ 545.90
III	COSTO TOTAL				S/ 13,129.84

Anexo 10. Costo de producción de *Pinus radiata* D. Don con el tratamiento B3XS3.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
I	COSTO DIRECTO (CD)				S/ 10,918.03
1	PRODUCCIÓN DE PLANTONES				S/ 10,918.03
1.01	TRABAJOS PRELIMINARES				S/ 295.86
01.01.01	Limpieza del Terreno Manual	m2	134.48	S/ 0.50	S/ 67.24
01.01.02	Nivelación y Apisonado	m2	134.48	S/ 1.05	S/ 141.20
01.01.03	Trazo y Replanteo del Terreno	m2	134.48	S/ 0.65	S/ 87.41
1.02	CONSTRUCCIÓN DE POZAS DE CAMAS DE ALMÁCIGO				S/ 169.44
01.02.01	Trazo y Replanteo para instalar pozas de madera para camas de almácigo	m2	10	S/ 0.53	S/ 5.30
01.02.02	Instalación de pozas para camas de almácigo con madera (10m x 1m)	und	1	S/ 28.34	S/ 28.34
01.02.03	Habilitación del tinglado	m2	10	S/ 13.58	S/ 135.80
1.03	ALMÁCIGO DE SEMILLA DE PINO				S/ 509.75
01.03.01	Compra de semilla de pino (<i>Pinus radiata</i> D. Don)	kg	0.5	S/ 950.00	S/ 475.00
01.03.02	Tratamiento pregerminativo de la semilla	kg	0.5	S/ 33.50	S/ 16.75
01.03.03	Siembra de la semilla	m2	10	S/ 1.80	S/ 18.00
1.04	PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA ALMÁCIGO DE SEMILLA DE PINO RADIATA				S/ 351.20
01.04.01	Zarandeo Mecánico del Sustrato	m3	2	S/ 132.60	S/ 265.20
01.04.02	Desinfección del Sustrato	m3	2	S/ 43.00	S/ 86.00
1.05	PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA REPIQUE DE PINO RADIATA				S/ 3,590.40
01.05.01	Zarandeo Mecánico y Mezcla del Sustrato (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% Humus de Lombriz)	m3	9.6	S/ 331.00	S/ 3,177.60
01.05.02	Desinfección del Sustrato (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% Humus de Lombriz)	m3	9.6	S/ 43.00	S/ 412.80
1.06	EMBOLSADO DE SUSTRATO				S/ 2,590.90
01.06.01	Embolsado de Sustrato (Bolsa de polietileno 5"x10"x0.002 mm)	mll	10	S/ 259.09	S/ 2,590.90
1.07	ENFILADO O ACOMODO DE BOLSAS				S/ 323.27
01.07.01	Trazo y Replanteo del Terreno - Camas de Repique	m2	134.48	S/ 0.53	S/ 71.27
01.07.02	Enfilado de Bolsas en Camas de Repique	mll	10	S/ 25.20	S/ 252.00
1.08	REPIQUE DE PLÁNTULAS DE PINO RADIATA				S/ 464.60
01.08.01	Repique de plantines	mll	10	S/ 46.46	S/ 464.60
1.09	LABORES CULTURALES				S/ 2,622.61
01.09.01	Manejo y Control de Enfermedades Fungosas	mll	10	S/ 22.82	S/ 228.20
01.09.02	Manejo y Control de Plagas	mll	10	S/ 19.08	S/ 190.80
01.09.03	Manejo Físio nutricional	mll	10	S/ 16.63	S/ 166.30
01.09.04	Remoción y Selección de Plantones	mll	10	S/ 51.50	S/ 515.00
01.09.05	Deshierbo en Camas de Repique	m2	134.48	S/ 2.20	S/ 295.86
01.09.06	Riego de Plantones	m2	3,227.52	S/ 0.38	S/ 1,226.46
II	COSTOS INDIRECTOS				S/ 2,211.80
2.01	MATERIALES Y EQUIPOS				S/ 500.00
2.02	SERVICIOS				S/ 620.00
2.02.01	Análisis de caracterización de sustrato	Serv.	1	S/ 120.00	S/ 120.00
2.02.02	Diagnostico fitopatológico	Serv.	1	S/ 100.00	S/ 100.00
2.02.03	Flete de insumos y materiales	global	1	S/ 400.00	S/ 400.00
2.03	GASTOS ADMINISTRATIVOS 5%CD			5%	S/ 545.90
2.04	IMPREVISTOS 5%CD			5%	S/ 545.90
III	COSTO TOTAL				S/ 13,129.84

Anexo 11. Análisis de caracterización de los sustratos.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR
Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996
Ayacucho – Perú

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

Región : Huancavelica
Provincia : Angaráes
Distrito : Julcamarca
Localidad : Buena Vista Substrato Vivero Buena Vista
Proyecto : “TESIS”
Solicitante : Sr. Crispín Núñez Pacotaípe

HR: 00390

ANALISIS DE CARACTERIZACION

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 cambiabiles (Cmol(+)/Kg)						C. I. C. (Cmol(+)/Kg)
	Arena	Limo	Arcilla		P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺						
01	67.1	17.6	15.3	Fr-Ao	5.59	0.54	0.0	5.19	0.26	30.6	57.2	2.08	1.68	0.29	0.28	0.0	0.0	13.3
02	67.1	16.6	16.3	Fr-Ao	6.08	1.41	0.0	3.43	0.17	41.6	55.5	2.88	1.52	0.28	0.36	0.0	0.0	14.2
03	65.1	20.6	14.2	Fr-Ao	7.26	3.48	0.0	4.20	0.21	111.0	80.5	6.08	2.56	0.41	0.58	0.0	0.0	14.6

Ayacucho, 17 de Noviembre del 2023.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUA Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE

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

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

Anexo 12. Diagnóstico fitopatológico en el experimento.

DIAGNÓSTICO FITOPATOLÓGICO

Cultivo : Pino (*Pinus radiata*)
Lugar : Buena Vista (Julcamarca -Angaraes-Huancavelica)
Altitud : 2,658 msnm.
Solicitante : Tesista, Sr. Crispín, Nuñez Pacotaípe
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 fue un complejo de fitopatógenos habitantes naturales de los suelos como es : *Fusarium* sp. y *Ptythium* sp.

RECOMENDACIONES

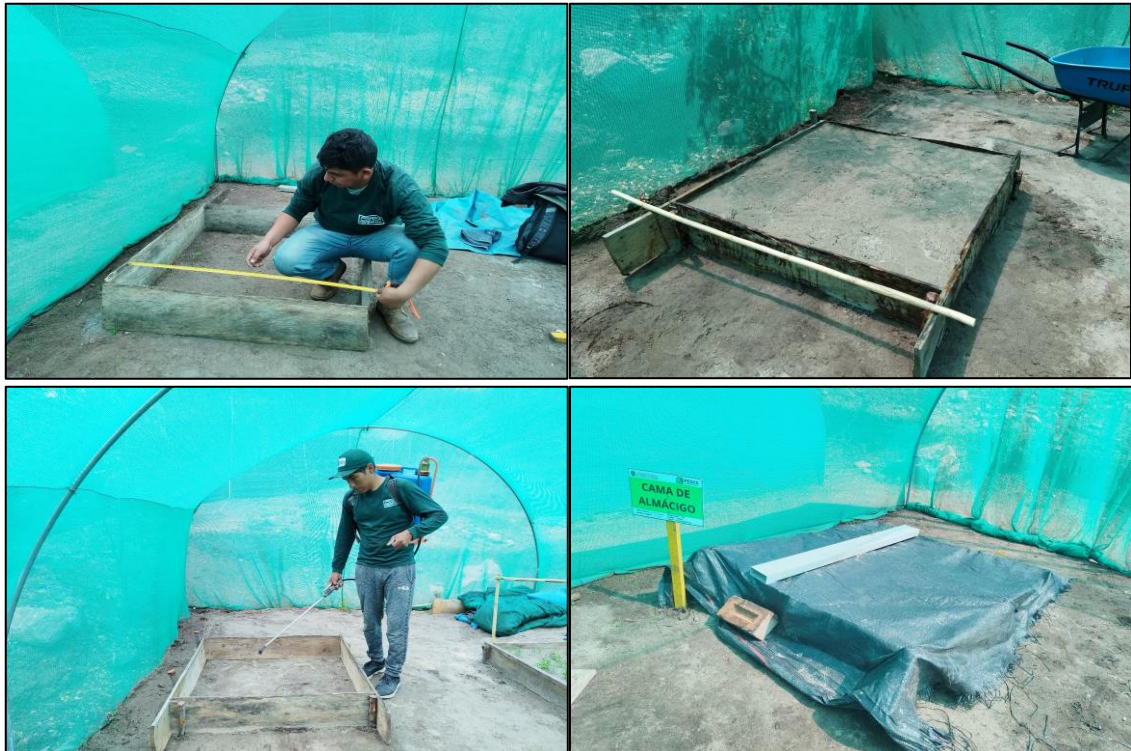
1. Evitar mucha humedad en las bolsas
2. Agregar bastante materia orgánica en los sustratos a utilizar
3. Trabajar con Biocontroladores como: *Trichoderma harzianum*, aplicarlo al sustrato y suelo y/o foliarmente.
4. Eliminar hojas y restos de plantas atacadas por la enfermedad del campo, ya que es un 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.
7. Ver cómo está el Ph.del suelo, de repente mucha acidez y eso le favorece a la proliferación de *Fusarium* sp.

Atentamente.


Ing. Guillermo Carrasco Aquino

Anexo 13. Panel fotográfico

Preparación de la cama de almácigo.



Tratamiento pre germinativo de la semilla y desinfección.



Siembra de semillas de *Pinus radiata* D. Don en la cama de almácigo



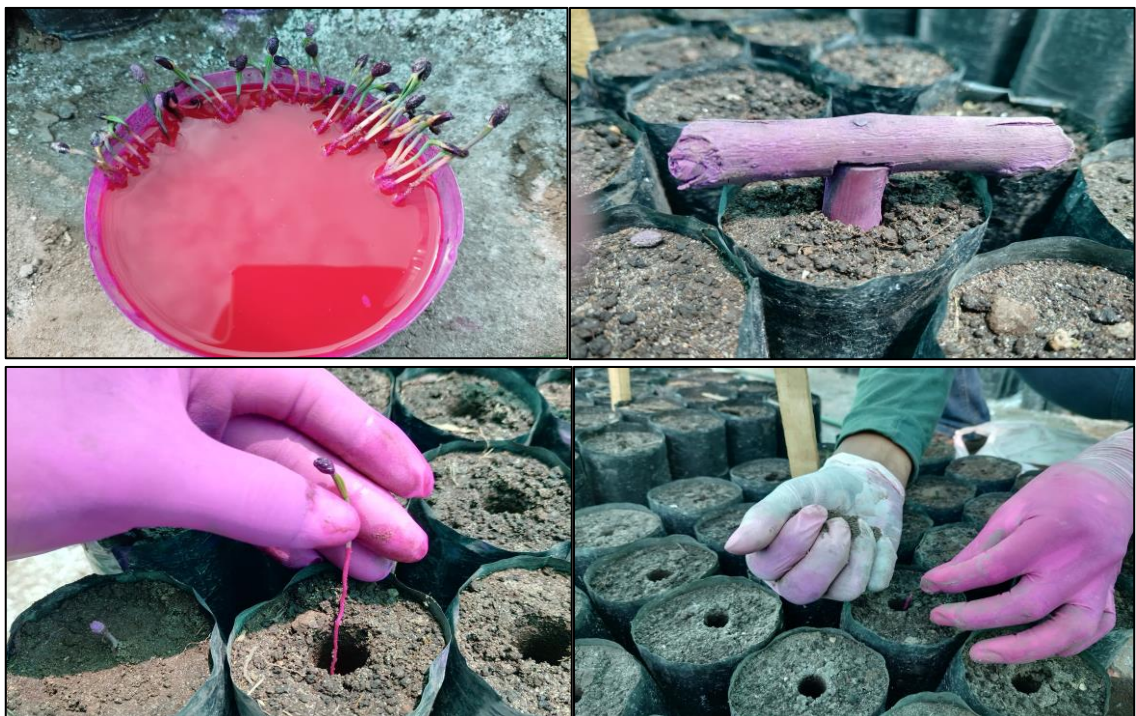
Preparación de sustratos y embolsado.



Enfilado de bolsas y desinfección de sustrato.



Repique de plántulas de *Pinus radiata* D. Don



Riego y deshierbo en plántones de *Pinus radiata* D. Don.



Plagas y enfermedades de *Pinus radiata* D. Don.



Evaluación y monitoreo del trabajo de investigación.



Muestreo y traslado de plántones de *Pinus radiata* D. Don a laboratorio para la evaluación de variables.



Toma de datos de los parámetros de evaluación de los plantones de *Pinus radiata* D.
Don, altura y diámetro de tallo de plantón.



Toma de datos de los parámetros de evaluación de los plantones de *Pinus radiata* D.
Don, longitud de raíz de plantón.



Preparación de las muestras para estufa, determinación de biomasa anhidra.



**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. CRISPIN NUÑEZ PACOTAYPE
R.D. N° 350-2024-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los doce días del mes de diciembre del año dos mil veinticuatro, siendo las dieciséis 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, Dr. José Antonio Quispe Tenorio y M.Sc. Efigenio Quispe Curi; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Tamaños de bolsa y tipo de sustratos en la propagación de Pinus radiata D. Don, vivero forestal Buena Vista 2658 msnm, Julcamarca, Huancavelica, 2023**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por el Bachiller **CRISPIN NUÑEZ PACOTAYPE**.

El señor Decano (e) 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	15	16	15	15
Dr. Yuri Gálvez Gastelú	16	15	16	16
Dr. José Antonio Quispe Tenorio	16	15	16	16
M.Sc. Efigenio Quispe Curi	14	14	15	14
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

.....
Dr. José Antonio Quispe Tenorio
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;

Tamaños de bolsa y tipo de sustratos en la propagación de *Pinus radiata* D. Don, vivero forestal Buena Vista 2658 msnm, Julcamarca, Huancavelica, 2023

Autor : Crispin Nuñez Pacotaype
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 **diecinueve (19 %)** 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:2556028805

Ayacucho, 19 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 tesis

Nivel de actividad física y actitud hacia la natación en estudiantes universitarios de educación física, Ayacucho - 2023

por Yan Adolfo Escriba Flores y Christofer Raul Alanya Mejia

Fecha de entrega: 19-nov-2024 10:47a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2525101177

Nombre del archivo: 26_de_setiembre_Tesis_Yan_y_Christofer.docx (389K)

Total de palabras: 11657

Total de caracteres: 63282

Nivel de actividad física y actitud hacia la natación en estudiantes universitarios de educación física, Ayacucho - 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

16%

PUBLICACIONES

23%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	18%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
8	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Tamaños de bolsa y tipo de sustratos en la propagación de *Pinus radiata* D. Don, vivero forestal Buena Vista 2658 msnm, Julcamarca, Huancavelica, 2023

por Crispin Nuñez Pacotaype

Fecha de entrega: 19-dic-2024 10:05a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2556028805

Nombre del archivo: BORRADOR_TESIS_CRISPIN_NUÑEZ.pdf (4.5M)

Total de palabras: 39105

Total de caracteres: 183147

Tamaños de bolsa y tipo de sustratos en la propagación de *Pinus radiata* D. Don, vivero forestal Buena Vista 2658 msnm, Julcamarca, Huancavelica, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

5%

2

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

2%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

4

www.slideshare.net

Fuente de Internet

1%

5

dspace.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.unsaac.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

vsip.info

Fuente de Internet

1%

8

proyeccion.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

9	colposdigital.colpos.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
12	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
13	vdocumento.com Fuente de Internet	<1 %
14	siar.minam.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
16	bioseguridad.minam.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.chapingo.edu.mx Fuente de Internet	<1 %
20	revistas.udg.co.cu Fuente de Internet	<1 %

21	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
22	idefor.cnf.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
23	1pdf.net Fuente de Internet	<1 %
24	erp.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	sinat.semarnat.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
31	cienciasforestales.inifap.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

33 R. Heller, A.F. Sander, C.W. Wang, F. Usman, T. Dabelsteen. " Macrogeographical variability in the great call of : assessing the applicability of vocal analysis in studies of fine-scale taxonomy of gibbons ", American Journal of Primatology, 2009
Publicación

34 repositorio.uaaan.mx <1 %
Fuente de Internet

35 revistas.unsch.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

36 repositorio.lamolina.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

37 cybertesis.uach.cl <1 %
Fuente de Internet

38 biodiversificat.pronaturaleza.org <1 %
Fuente de Internet

39 tesis.unsm.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

40 Submitted to Universidad de Guayaquil <1 %
Trabajo del estudiante

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

TAMAÑOS DE BOLSA Y TIPO DE SUSTRATOS EN LA PROPAGACIÓN DE *Pinus Radiata*
D. DON, VIVERO FORESTAL BUENA VISTA 2658 msnm, JULCAMARCA,
HUANCAMELICA, 2023

Crispin Nuñez-Pacotaype; Yuri Gálvez-Gastelú
Área de investigación: Medio ambiente
Línea de investigación: Sistema de producción agrícola
crispin.nunez.01@unsch.edu.pe
yuri.galvez@unsch.edu.pe

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en Vivero Forestal Buena Vista, a 2658 msnm, distrito Julcamarca, Huancavelica, con el objetivo de conocer la influencia de tamaños de bolsa de polietileno y tipo de sustratos en la propagación de plántones de *Pinus radiata* D. Don. Se utilizó el Diseño Completamente Randomizado (DCR) con 9 tratamientos, con un arreglo factorial tres tamaños de bolsa de polietileno (4"x7", 5"x8" y 5"x10") x tres tipos de sustratos (Sustrato con tierra negra, compost y humus de lombriz) x 5 repeticiones, constituyendo 45 unidades experimentales. Cada unidad experimental con 30 plántones, totalizando 1350 plántones, los resultados nos muestran que en los parámetros evaluados como altura de plánton (cm), diámetro de tallo (mm), longitud de raíz (cm), peso seco total del plánton (gr), peso seco de parte aérea del plánton (gr), peso seco de la raíz del plánton (gr) y el índice de calidad de Dickson (ICD), la fuente de variación tamaño de bolsa es altamente significativo y la fuente de variación tipo de sustrato no presenta significación estadística; por tanto se concluye que el tamaño de bolsa de polietileno 5" x 10" proporciona mejores condiciones (volumen, altura, sección

transversal y contenido nutricional) en la propagación de *Pinus radiata* D. Don, y los tipos de sustratos no influyeron en los parámetros evaluados. Asimismo, se evaluó el mérito económico, determinando que con el tamaño de bolsa de polietileno 4" x 7" y el tipo de sustrato con tierra negra, se obtiene la mayor rentabilidad, destacándose como la opción más eficiente en términos económicos.

Palabra clave: *Pinus radiata* D. Don, sustratos, bolsas.

ABSTRACT

This research was conducted at the Buena Vista Forest Nursery, located at an altitude of 2,658 meters above sea level, in the district of Julcamarca, Huancavelica. The objective was to evaluate the influence of polyethylene bag sizes and substrate types on the propagation of *Pinus radiata* D. Don seedlings. A Completely Randomized Design (CRD) with 9 treatments was used, employing a factorial arrangement of three polyethylene bag sizes (4"x7", 5"x8", and 5"x10") and three substrate types (substrate with black soil, compost, and worm humus), with 5 replicates, amounting to 45 experimental units. Each unit consisted of 30 seedlings, totaling 1,350 seedlings. The results indicated that for the parameters evaluated seedling height (cm), stem diameter (mm), root length (cm), total dry weight of the seedling (g), shoot dry weight (g), root dry weight (g), and Dickson's Quality Index (DQI) the size of the polyethylene bag showed a highly significant effect, whereas the substrate type did not exhibit statistical significance. It was concluded that the 5"x10" polyethylene bag size provided the best conditions (volume, height, crosssectional area, and nutritional content) for the propagation of *Pinus radiata* D. Don seedlings. However, substrate types did not significantly affect the parameters evaluated. Additionally, an economic analysis revealed that using the 4"x7" polyethylene bag size with black soil substrate resulted in the highest profitability, making it the most economically efficient option.

Keywords: *Pinus radiata* D. Don, substrates, bags.

INTRODUCCIÓN

El pino (*Pinus radiata* D. Don), es una conífera muy versátil en su adaptabilidad a distintas condiciones ambientales en distintas partes del mundo. En el Perú, esta especie fue introducido por primera vez en el año 1940 con la finalidad de “cubrir la demanda del uso de la madera en las actividades mineras de la sierra central y como complemento de las economías familiares y comunitarias” (Guariguata et al., 2017, p. 15-17). Hoy en día esta especie “es de gran interés para la industria por la calidad de su madera y rápido crecimiento” (Zanabria et al., 2014, p. 17). Por otro lado, Cerrón et al. (2018) señala que “esta especie desempeña un papel fundamental en la restauración de hábitats, biodiversidad, funcionalidad, creación de corredores ecológicos, y la recuperación de servicios ecosistémicos y el régimen hídrico”. Por lo tanto, el estado peruano promueve plantaciones de esta especie desde el año 1960 en la región sierra (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2020, p. 25), a través diferentes programas de forestación y reforestación. En el proceso de producción del pino en viveros, “existen diferentes criterios en relación a la concentración de sustratos, el tamaño de bolsas de polietileno, entre otros. Notándose en algunos casos buenas intervenciones y en otras que generan pérdidas y/o altos

costos de producción” (Zanabria et al., 2014, p. 47). Esta debilidad en campo se observa con mayor frecuencia debido a la falta de informaciones probadas, como los tamaños de bolsa de polietileno y tipo de sustratos idóneos, que permitan obtener plantones de pino de calidad y el más económico. A pesar de que se registran trabajos sobre evaluación de los parámetros morfológicos en especies forestales y frutícolas sobre la influencia del tamaño de bolsas y tipo de sustratos, la gran variabilidad en condiciones y procesos de producción en los viveros hace que el conocimiento aún sea limitado, por lo que es necesario realizar más investigaciones al respecto (Pineda et al., 2020). Por lo cual, se evaluó los parámetros morfológicos del plantón del pino (*Pinus radiata* D. Don), utilizando 3 dimensiones de bolsa de polietileno y 3 tipos de sustratos, para promover el uso de los tamaños de bolsa y tipo de sustratos idóneos, así solucionar en parte la problemática de la baja productividad del pino (*Pinus radiata* D. Don), y pérdidas económicas en los viveros.

Por las razones expuestas el presente estudio planteó los siguientes objetivos:

1. Evaluar la influencia de los tamaños de bolsa de polietileno en la propagación de plantones de pino (*Pinus radiata* D. Don) en el vivero forestal de la comunidad de Buena Vista, Julcamarca.
2. Evaluar la influencia del tipo de sustratos en la propagación de plantones de pino (*Pinus radiata* D. Don) en el vivero forestal de la comunidad de Buena Vista, Julcamarca.
3. Evaluar el mérito económico de la propagación de plantones de pino (*Pinus radiata* D. Don), en el vivero forestal de la comunidad de Buena Vista, Julcamarca.

MATERIALES Y MÉTODOS

LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se realizó en el Vivero Forestal de la comunidad de Buena Vista; situada en el distrito de Julcamarca, provincia de Angaraes, región Huancavelica, a una altitud de 2658 msnm, entre las coordenadas geográficas de 13° 01' 47" Latitud Sur y 74° 23' 17" Longitud Oeste. El Vivero Forestal está ubicado en la zona de vida Estepa espinosa – Montano Bajo Subtropical (ee-MBS), según la clasificación de las zonas de vida propuesta por Holdridge (1987); caracterizado por la presencia de un clima semiárido con una vegetación de matorrales espinosos como: El huarango (*Prosopis Pallida*), tuna (*Opuntia ficus-indica*), cabuyas (*Agave americana*) y árboles de zonas semiáridas como el molle (*Schinus molle*).

FACTORES DE ESTUDIO Y TRATAMIENTOS

El arreglo factorial de tres tamaños de bolsas x tres tipos de sustratos x 5 repeticiones (3B x 3S) x 5r, constituidos en un total de 45 unidades experimentales. Cada unidad experimental constituida por 30 plantones, totalizando 1350 plantones. Donde, el factor tamaño de bolsa de polietileno (B), compuesto

por: Bolsa 1 (4" x 7" x 0.002 mm), bolsa 2 (5" x 8" x 0.002 mm) y bolsa 3 (5" x 10" x 0.002 mm) y el factor tipo de sustratos (S) compuesto por: Sustrato que contiene tierra negra (25%), Sustrato que contiene compost (25%) y Sustrato que contiene humus de lombriz (25%).

Tabla 2.1

Descripción de los tratamientos en estudio.

Tratamientos	Tamaño bolsas		Tipos de Sustratos	
	Bolsa	Dimensión	Sustrato	Proporción volumétrica
t1	B1	4" x 7"	S1	Sustrato con tierra negra (25%)
t2	B1	4" x 7"	S2	Sustrato con compost (25%)
t3	B1	4" x 7"	S3	Sustrato con humus de lombriz (25%)
t4	B2	5" x 8"	S1	Sustrato con tierra negra (25%)
t5	B2	5" x 8"	S2	Sustrato con compost (25%)
t6	B2	5" x 8"	S3	Sustrato con humus de lombriz (25%)
t7	B3	5" x 10"	S1	Sustrato con tierra negra (25%)
t8	B3	5" x 10"	S2	Sustrato con compost (25%)
t9	B3	5" x 10"	S3	Sustrato con humus de lombriz (25%)

DISEÑO EXPERIMENTAL Y VARIABLES

El experimento se condujo utilizando el diseño completamente Randomizado (DCR), los resultados cuantitativos se sometieron al Análisis de Variancia (ANVA), la prueba de contraste de Tukey (0.05). Por otro lado, la interacción se analizó mediante el estudio de los efectos simples.

El modelo aditivo lineal fue la siguiente: $Y_{ijk} = \mu + T_j + S_k + (TS)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$

Se consideró nueve parámetros de evaluación: Altura del plantón (cm), Diámetro de tallo del plantón (mm), Longitud de la raíz del plantón (cm), Peso seco total del plantón (gr), Peso seco de la parte aérea del plantón (gr), Peso seco de la raíz del plantón (gr), Relación parte aérea/raíz del plantón en seco, Coeficiente de esbeltez (CE) y Índice de calidad de Dickson (ICD) para el plantón de *Pinus radiata* D. Don aptos para llevar a campo definitivo.

Para la evaluación del mérito económico, se determinó el costo de producción (incluyendo costos directos e indirectos) para la producción de 10,000 plantones de *Pinus radiata* D. Don en cada uno de los tratamientos evaluados, que consistieron en tres tamaños de bolsas de polietileno y tres tipos de sustratos. Posteriormente, se calcularon los ingresos brutos, considerando un precio de venta de S/.

2.00 por plantón. A partir de estos valores, se obtuvo el ingreso neto restando el costo de producción del ingreso bruto para cada tratamiento. Finalmente, se evaluó la rentabilidad mediante la relación beneficio/costo correspondiente a cada tratamiento.

INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Vivero volante, destinado para la producción de especies forestales y frutícolas en la comunidad de Buena Vista, distrito de Julcamarca, provincia Angaraes y región Huancavelica (Administrado por el Proyecto Forestal de Julcamarca – PESCS, hasta el mes de julio del 2024), donde se solicitó un espacio de 60 m² como área de investigación. En este espacio se instaló el ensayo o experimento y fue conducido durante 7 meses (24 de octubre 2023 – 10 de abril 2024). Donde se realizaron las actividades como: Tratamientos pre germinativos de la semilla, instalación de la cama de almácigo, siembra o almacigado de las semillas de pino (*Pinus radiata* D. Don) a una densidad de siembra de 150 gr/m², tamizado o zarandeo de los componentes de los sustratos, preparación volumétrica de los sustratos, embolsado en los tres tamaños de bolsa de polietileno, enfilado o acomodo de bolsas en la cama de repique (según distribución de tratamientos en campo experimental), repique y labores culturales (riego, deshierbo, remoción, fertilización y control de plagas y enfermedades).

Tabla 2.2

Resultados del análisis de caracterización de los sustratos.

Caracterización de muestras		SUSTRATO		
		S1	S2	S3
Clase Textural		Fr-Ao	Fr-Ao	Fr-Ao
pH (H ₂ O)		5.59	6.08	7.26
C.E. (dS/m.)		Muy ligera	Muy Ligera	Ligera
CaCO ₃ (%)*		0.0*	0.0*	0.0*
M.O. (%)		Alto	Medio	Alto
Nt (%)		Muy alto	Alto	Alto
Elementos disponibles (ppm)	P	Muy alto	Muy alto	Muy alto
	K	Bajo	Bajo	Bajo
	Ca ⁺⁺	Bajo	Bajo	Medio
	Mg ⁺⁺	Medio	Medio	Medio
Cationes Cambiables (Cmol(+)/Kg)	K ⁺	Bajo	Bajo	Medio
	Na ⁺	Bajo	Medio	Medio
	Al ⁺³	0.0	0.0	0.0
	H ⁺	0.0	0.0	0.0
C.I.C. (Cmol(+)/Kg)		Medio	Medio	Medio

Nota: Programa de Investigación en Pastos y Ganadería “Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar” Fr - Ao: Franco Arenoso, *: No se realizó la determinación de los CaCO₃(%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de plantón

Tabla 3.1

ANVA de la altura de plantón de Pinus radiata D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los diferentes tipos de sustrato, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.

FV	GL	SC	CM	Fc	F0.05	F0.01	p-valor
Tamaños de bolsa	2	470.25	235.12	24.98	3.26	5.25	0.0000002**
Tipo de sustratos	2	34.29	17.14	1.82	3.26	5.25	0.1763373 ns
T. Sustrato x T. Bolsa	4	99.72	24.93	2.65	2.63	3.89	0.0489839 *
Error	36	338.78	9.41				
Total	44	943.04					

CV = 8.40 %

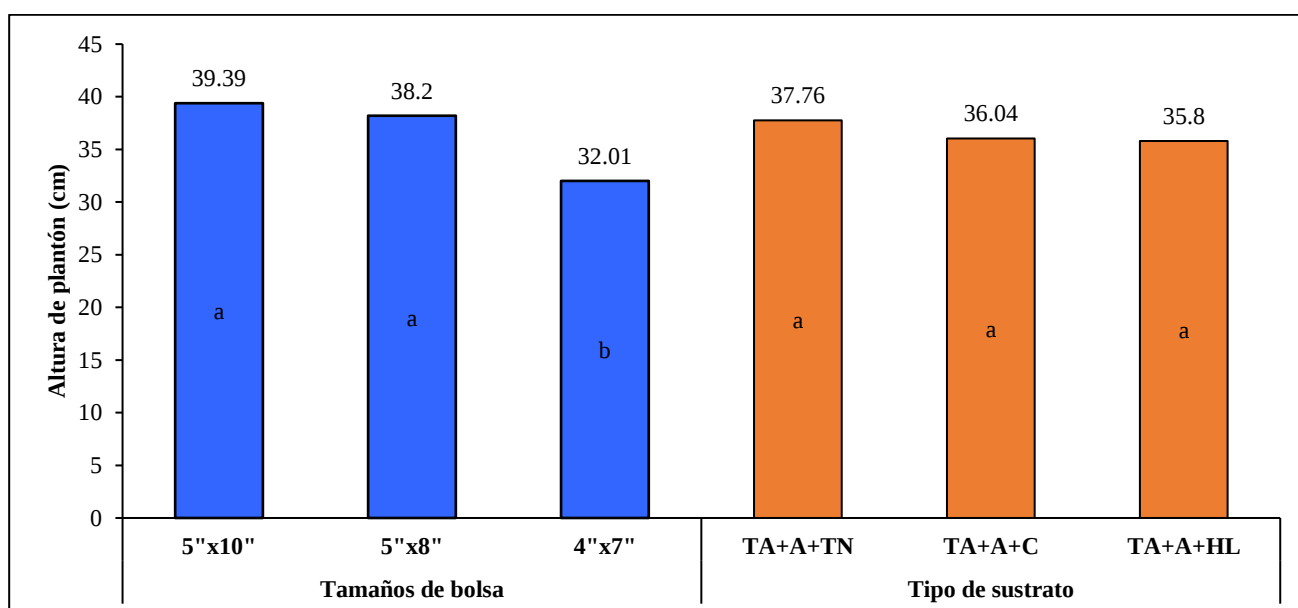
Promedio: 36.53 cm

En el análisis de varianza ($p < 0.05$) para la altura de plantón de *Pinus radiata* D. Don aptos para llevar al campo definitivo, la Tabla 3.1 muestra una alta significación estadística para los tamaños de bolsa y significación estadística para la interacción tipos de sustrato x tamaño de bolsa, no habiendo significación estadística entre los diferentes tipos de sustrato. El coeficiente de variación de 8.4 % significa que los datos obtenidos son homogéneos y están distribuidos alrededor del promedio. Los resultados obtenidos indican que, al menos uno de los tamaños de bolsa, así como la interacción de tipo de sustrato x tamaño de bolsa, presentan diferencias significativas en comparación con los demás. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los distintos tipos de sustrato. Por otro lado, dado que se observa una significación estadística en la interacción entre tipos de sustrato y tamaños de bolsa (Tabla 3.1), el análisis se enfocó en el estudio de la interacción, dejando de lado las demás fuentes de variación. Esta interacción se analizó mediante el estudio de los efectos simples, como se muestra en la Figura 3.2 y Figura 3.3.

En la Figura 3.1 se muestra la altura de plantón promedios (cm) del *Pinus radiata* D. Don evaluados en tres tamaños de bolsa y tres tipos de sustrato. Se observa que los tamaños de bolsa 5"x10"x0.002 mm y 5"x8"x0.002 mm, son estadísticamente similares, aunque presentan diferencias numéricas, con alturas promedio de plantón de 39.39 cm y 38.20 cm respectivamente. Ambos tamaños son estadística y numéricamente superiores al tamaño de bolsa B1 (4"x7"x0.002 mm), que alcanza una altura promedio de plantón de 32.01 cm.

Figura 3.1

Prueba de Tukey (0.05) para la altura promedio de plantón en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.



Este resultado indica que, a mayor tamaño de bolsa, el crecimiento y desarrollo aéreo de los plantones también es mayor. Según los resultados del análisis de caracterización de los sustratos (Tabla 2.2), se observa un alto contenido de nitrógeno total en los tres tipos de sustrato, esto favorece el crecimiento y desarrollo aéreo del *Pinus radiata* D. Don promoviendo una mayor altura de plantón. Además, los tamaños de bolsa 5"x10"x0.002 mm y 5"x8"x0.002 mm presentan un mayor volumen (960 y 833 cm³, respectivamente) y mayor profundidad de sustrato, lo que favorece el crecimiento y desarrollo del sistema radicular del plantón y mejora la capacidad de absorción de nutrientes disponibles en cada sustrato.

Al respecto, Ruano (2003, como se citó en Quiquin 2007), manifiestan que "el tamaño de envase es un parámetro que influye directamente en el crecimiento y desarrollo aéreo de las plántulas"; de igual manera, Montoya y Camara (1996, como se citó en Quiquín, 2003) indican que "el tamaño de plántulas resulta finalmente mayor y su crecimiento es más rápido cuanto mayor es el volumen del envase". Este volumen mayor crecimiento facilita el aumento del nivel de reservas de la planta y el incremento de su capacidad fotosintética, características ambas relacionadas directamente con la supervivencia y, sobre todo, con el crecimiento de plantas durante su periodo de establecimiento en el monte.

Por otro lado, se evidencia que las alturas de plantón promedio alcanzados en los diferentes sustratos fueron similares: el S1 (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% tierra negra) registró 37.76 cm, el S2 (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% compost) 36.04 cm y el S3 (50% tierra agrícola, 25% arena y

25% humus de lombriz) 35.8 cm. Esto sugiere que el tipo de sustrato no tuvo un impacto significativo en su crecimiento y desarrollo aéreo de los plantones. Según Vinueza (2013), el *Pinus radiata* D. Don requiere de suelos franco arenosos, bien drenados, con pH neutro a ligeramente ácido, y es una especie muy exigente en fósforo disponible. Estos requisitos coinciden con los resultados del análisis de caracterización de los tres tipos de sustratos (Tabla 2.2), lo que explica el crecimiento homogéneo en los plantones.

En la Tabla 3.2 prueba de contraste Tukey de altura de plantón para la interacción de tamaños de bolsa x tipos de sustrato, se observa que estadísticamente el tratamiento T7 (42.32 cm) es mejor, seguido en orden descendente por los tratamientos T8 (40.12 cm), T6 (38.96 cm), T4 (38.24 cm) y T5 (37.40 cm); por el contrario, el tratamiento T2 (30.60 cm) logra alcanzar el menor tamaño de altura de platón.

Canchari (2017) en su investigación concluye que las bolsas de polietileno de 4" x 7" x 0.002 mm proporcionan las mejores condiciones para la propagación del cedro (*Cedrela lilloi*) y el fresno (*Fraxinus americana*). No obstante, en la presente investigación el peor tratamiento fue la combinación del tamaño de bolsa 1 (4" x 7" x 0.002 mm) con el sustrato 2 (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% compost) para la especie *Pinus radiata* D. Don, lo cual se puede atribuir a la especie de planta que se utiliza en el experimento.

Tabla 3.2

Prueba de Tukey (0.05) de altura de plantón en la interacción tamaños de bolsa x tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.

N°	Tratamientos		Media (cm)	Agrupación			
1	T7	B3 X S1	42.32	a			
2	T8	B3 X S2	40.12	a	b		
3	T6	B2 X S3	38.96	a	b	c	
4	T4	B2 X S1	38.24	a	b	c	
5	T5	B2 X S2	37.40	a	b	c	
6	T9	B3 X S3	35.72		b	c	d
7	T3	B1 X S3	32.72			c	d
8	T1	B1 X S1	32.72			c	d
9	T2	B1 X S2	30.60				d

La Tabla 3.3 nos muestra el estudio completo de los efectos simples para la altura de planta, el cual indica que los diferentes tipos de sustrato, S1 (Sustrato con tierra negra), el S2 (Sustrato con compost) y S3 (Sustrato con humus de lombriz) no muestran diferencias estadísticas entre sí. Sin embargo, en

las comparaciones con los diferentes tamaños de bolsa existe significación y alta significación estadística que nos permite realizar la prueba de comparación (Tukey), el que se muestra en la Figura 3.2 y Figura 3.3.

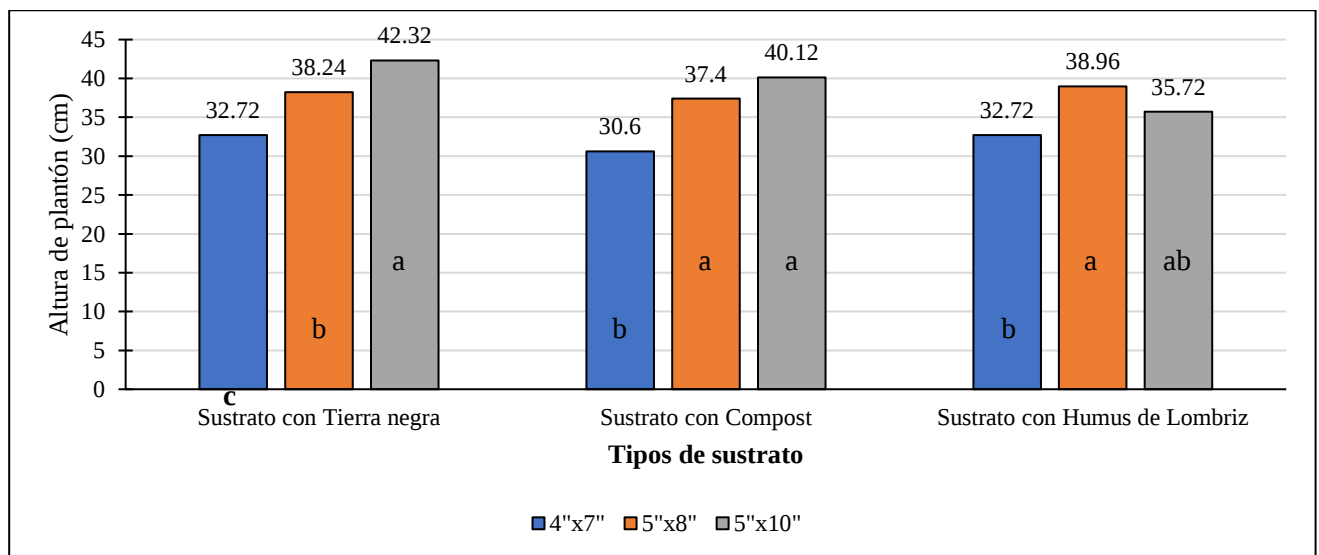
Tabla 3.3

ANVA de los efectos simples del tamaño de plantón del Pinus radiata D. Don. Tamaños de bolsa en cada tipo de sustrato y el tipo de sustrato en cada tamaño de bolsa.

F.V.	GL	SC	CM	Fc	F0.05	F0.01	p-valor
Bolsa en s1	2	232.13	116.06	12.334	3.26	5.25	0.0001**
Bolsa en s2	2	240.45	120.22	12.776	3.26	5.25	0.0025**
Bolsa en s3	2	97.39	48.7	5.175	3.26	5.25	0.0354*
Sustrato en b1	2	14.98	7.49	0.796	3.26	5.25	0.4301ns
Sustrato en b2	2	6.1	3.05	0.324	3.26	5.25	0.5692ns
Sustrato en b3	2	112.93	56.47	6.001	3.26	5.25	0.0522ns
Error	36		9.41				

Figura 3.2

Prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de los tamaños de bolsa en cada tipo de sustrato para la altura de plantón de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.

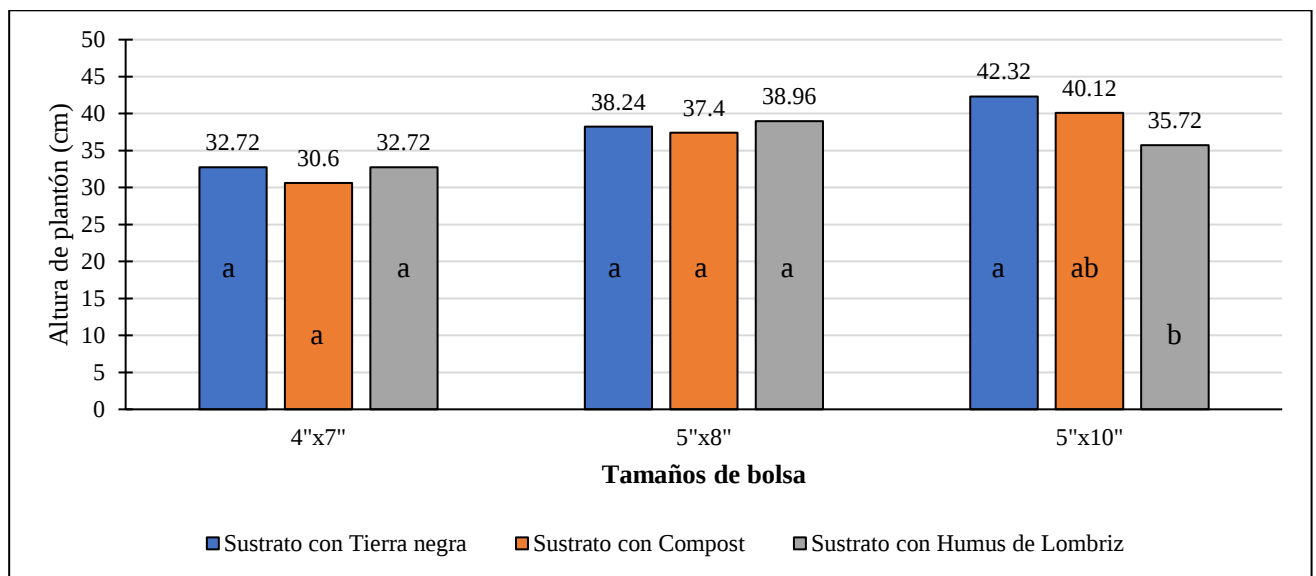


De la Figura 3.2 prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de tamaños de bolsa en cada tipo de sustrato, se concluye que el tamaño de bolsa 5"x10"x0.002 mm es el que presenta la mayor altura de plantón, con los tipos de sustratos evaluados: el sustrato 1 (Sustrato con Tierra negra) y sustrato 2 (Sustrato con Compost), mostrando diferencias estadísticamente significativas frente a los demás tamaños de bolsa, las alturas promedio de plantones de *Pinus radiata* D. Don para tipos de

sustrato fueron de 42.32 y 40.12 cm, respectivamente. Por otro lado, el tamaño de bolsa 5''x8''x0.002 mm, fue superior con una altura promedio de plantón de *Pinus radiata* D. Don de 38.96 cm para el sustrato 3 (Sustrato con Humus de Lombriz) y mostrando diferencias estadísticamente significativas frente a los demás tamaños de bolsa. Estos resultados indican que un mayor volumen, sección transversal, profundidad y contenido nutricional del sustrato proporcionan mejores condiciones para un crecimiento y desarrollo aéreo mayor de los plantones de *Pinus radiata* D. Don.

Figura 3.3

Prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de los tipos de sustrato en cada tamaño de bolsa para la altura de plantón de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.



De la Figura 3.3 prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de tipos de sustrato en cada tamaño de bolsa, se muestra que no hay diferencias estadísticas significativas entre los tipos de sustratos, utilizando los tamaños de bolsa 4''x7''x0.002 mm y 5''x8''x0.002 mm. Sin embargo, existe diferencias entre los tipos de sustratos evaluados con el tamaño de bolsa 5''x10''x0.002 mm, donde el sustrato 1(Sustrato con Tierra negra) es superior con 42.32 cm, seguido por el sustrato 2 (Sustrato con Compost) con 40.12 cm y finalmente el sustrato 3 (Sustrato con Humus de lombriz) que reporta la menor altura de plantón de *Pinus radiata* D. Don.

Estos resultados indican que los tipos de sustrato no tienen una influencia significativa en el crecimiento y desarrollo aéreo de los plantones de *Pinus radiata* D. Don. Sin embargo, la diferencia que existe entre los tipos de sustrato evaluados con el tamaño de bolsa 5''x10''x0.002 mm, es debido a la influencia del tamaño de bolsa, mas no por el tipo de sustrato. Por lo tanto, se concluye que todos los sustratos presentan características similares en cuanto a la clase textural, pH, contenido nutricional,

materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), lo cual reflejo en un crecimiento y desarrollo aéreo homogéneo de los plantones de *Pinus radiata* D. Don.

Diámetro de tallo del plantón

Tabla 3.4

ANVA del diámetro de tallo del plantón de Pinus radiata D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los diferentes tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.

F.V.	GL	SC	CM	Fc	F0.05	F0.01	p-valor
Tamaños de bolsa	2	3.51	1.76	39.62	3.259	5.248	<0.0001 **
Tipo de Sustrato	2	0.06	0.03	0.67	3.259	5.248	0.5204ns
T. Sustrato x T. Bolsa	4	0.51	0.13	2.89	2.634	3.890	0.0355 *
Error	36	1.6	0.04				
Total	44	5.68					

CV = 5.44 %

Promedio: 3.87 mm

En el análisis de varianza ($p < 0.05$) para el diámetro de tallo del plantón de *Pinus radiata* D. Don aptos para llevar al campo definitivo, la Tabla 3.4 muestra alta significación estadística para tamaños de bolsa y significación estadística para la interacción tipo de sustrato x tamaño de bolsa, no habiendo significación estadística para tipos de sustrato. El coeficiente de variación de 5.44 % significa que los datos obtenidos son homogéneos y se encuentran al rededor del promedio. Los resultados obtenidos indican que, al menos uno de los tamaños de bolsa, así como la interacción de tipo de sustrato x tamaño de bolsa, presentan diferencias significativas en comparación con los demás. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los distintos tipos de sustrato. Por otro lado, dado que se observa una significación estadística en la interacción entre tipos de sustrato y tamaños de bolsa (Tabla 3.4), el análisis se enfocó en el estudio de la interacción, dejando de lado las demás fuentes de variación. Esta interacción se analizó mediante el estudio de los efectos simples, como se muestra en la Figura 3.2 y Figura 3.3.

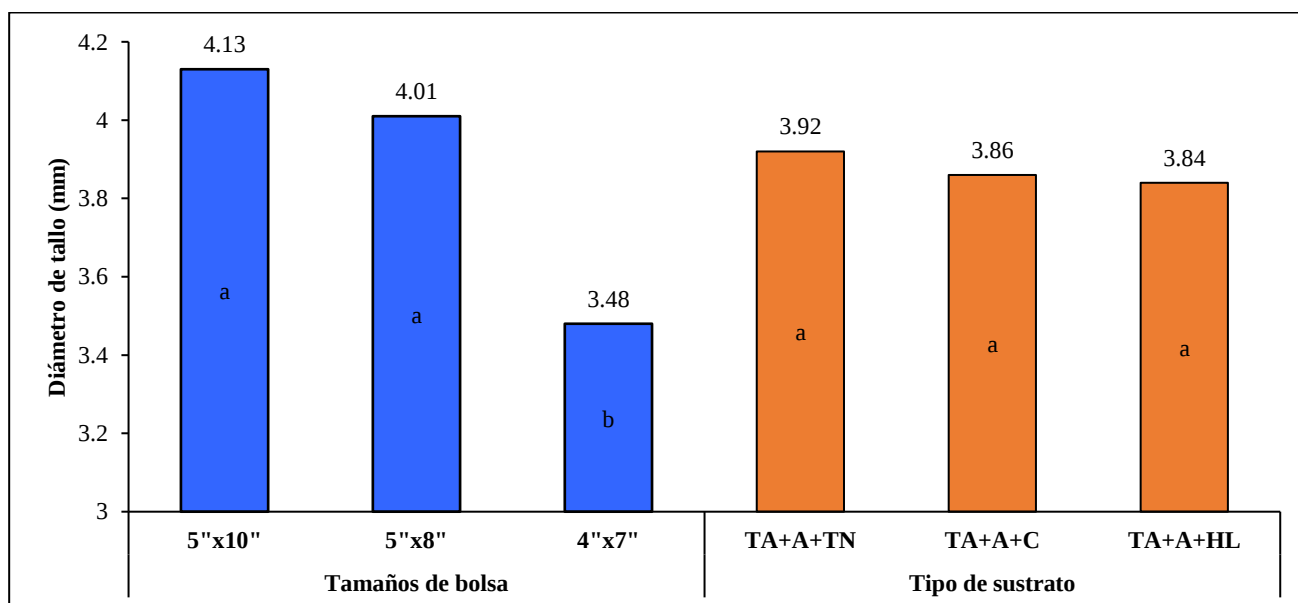
Al respecto Romero (2016), en su investigación concluye que en la producción de plantones de caoba (*Swietenia macrophylla* King.), el efecto principal del tamaño de bolsa grande y mediana fue significativo en las variables diámetro a nivel del cuello del plantón para la fase de vivero. Por otro lado, Arnold (1996) en su investigación menciona que el menor diámetro alcanzado en los plantones de caoba al ser producidos en envases de tamaño pequeño, radica en que la distancia entre los plantones fue menor a causa del diámetro de las bolsas, lo que originó la competencia entre los plantones por

ganar altura total y esto le ocasionó la disminución de su calidad, como refiere que mientras mayor sea el diámetro del tallo y el peso fresco de una planta, mejor será la calidad de ella.

En la Figura 3.4 el diámetro de tallo del plantón promedios del *Pinus radiata* D. Don para tamaños de bolsa y tipos de sustrato. Se observa que los tamaños de bolsa B3 (5"x10"x0.002 mm) y B2 (5"x8"x0.002 mm), son estadísticamente similares, aunque presentan diferencias numéricas, con un diámetro de tallo promedio de plantón de 4.13 mm y 4.01 mm respectivamente. Ambos tamaños son estadística y numéricamente superiores al tamaño de bolsa B1 (4"x7"x0.002 mm), que alcanza un diámetro de tallo promedio de plantón de 3.48 mm. Este resultado demuestra que un mayor tamaño de bolsa se correlaciona con un incremento en el diámetro de tallo de los plantones, lo que indica una mayor probabilidad de supervivencia en el sitio de plantación. En particular los tamaños de bolsa B3 (5"x10"x0.002 mm) y B2 (5"x8"x0.002 mm) ofrecen mayor diámetro de bolsa (8 cm), lo que genera mayor espacio entre plantas en la cama de crianza. Este mayor espacio reduce la competencia por luz, favoreciendo el desarrollo del diámetro de tallo de los plantones. Por el contrario, el tamaño de bolsa B1 (4"x7"x0.002 mm), con un diámetro de bolsa de 6.5 cm, ofrece menor espacio entre plantas en la cama de crianza, lo que incrementa la competencia por la luz y limitando el desarrollo del diámetro de tallo del plantón.

Figura 3.4

Prueba de Tukey (0.05) para el diámetro de tallo del plantón (mm) en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustrato la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.



Por otro lado, se evidencia que los diámetros de tallo de plantón promedio alcanzados en los diferentes sustratos fueron similares: el S1 (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% tierra negra) registró 3.92 mm,

el S2 (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% compost) 3.86 mm y el S3 (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% humus de lombriz) 3.84 mm. Esto sugiere que el tipo de sustrato no tuvo un impacto significativo en el incremento del diámetro de tallo de los plantones de la presente investigación. Este comportamiento podría explicarse por las características similares de los sustratos utilizados, así como por las condiciones climáticas y el ambiente controlado (vivero con malla raschel, color verde) en el que se desarrolló el ensayo. Estas condiciones pueden haber limitado las diferencias significativas entre los tipos de sustratos.

Sin embargo, Orozco y Thienhaus (1997) mencionan que la aplicación de abono orgánico (gallinaza) contribuye al incremento del diámetro del tallo, en plántulas de cacao. Por otro lado, Cervantes et al. (2018), en su estudio señalan que el factor sustrato causó diferencias significativas en el crecimiento de las plantas *Prosopis laevigata* en las variables diámetro y producción de biomasa de la parte aérea de este cultivo.

Tabla 3.5

Prueba de Tukey (0.05) del diámetro de tallo del plantón en la interacción tamaños de bolsa x tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.

Nº	Tratamientos		Media (mm)	Agrupación		
1	T7	B3 X S1	4.30	a		
2	T8	B3 X S2	4.19	a		
3	T6	B2 X S3	4.07	a		
4	T4	B2 X S2	3.99	a	b	
5	T5	B2 X S1	3.98	a	b	
6	T9	B3 X S3	3.88	a	b	c
7	T3	B1 X S3	3.57		b	c d
8	T1	B1 X S1	3.49		c	d
9	T2	B1 X S2	3.39			d

En la Tabla 3.5 prueba de contraste Tukey de diámetro de tallo del plantón para la interacción de tamaños de bolsa x tipos de sustrato, se observa que estadísticamente el tratamiento T7 (4.30 mm) es mejor, seguido en orden descendente por los tratamientos T8 (4.19 mm), T6 (4.07 mm), T4 (3.99 mm), T5 (3.98 mm) y T9 (3.88 mm); por el contrario, el tratamiento T2 (3.39 mm) logra alcanzar el menor diámetro de tallo de plantón.

Según los resultados de la investigación de Canchari (2017), el diámetro de tallo del plantón de cedro y fresno establecidos en bandejas y bolsas en diferentes sustratos, se observó que existe diferencia estadística entre bandejas y bolsas; siendo las bolsas, quienes proporcionan mejores condiciones para un mayor incremento del diámetro del tallo; debido a la disponibilidad de espacio y volumen de sustrato, por ser en mayor cantidad en comparación con las bandejas. Esta mayor capacidad permite un desarrollo radicular más amplio, facilitando una mejor absorción de agua y nutrientes, lo que se refleja en un mayor incremento del diámetro de tallo del plantón.

La Tabla 3.6 presenta un análisis completo de los efectos simples sobre el diámetro de tallo del plantón, el cual indica que los diferentes tipos de sustrato, S1 (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% tierra negra), el S2 (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% compost) y S3 (50% tierra agrícola, 25% arena y 25% humus de lombriz) no muestran diferencias estadísticamente significativas entre sí. Sin embargo, en las comparaciones con los diferentes tamaños de bolsa existe una alta significación estadística que nos permite realizar la prueba de comparación (Tukey), el que se muestra en la Figura 3.5 y Figura 3.6.

Tabla 3.6

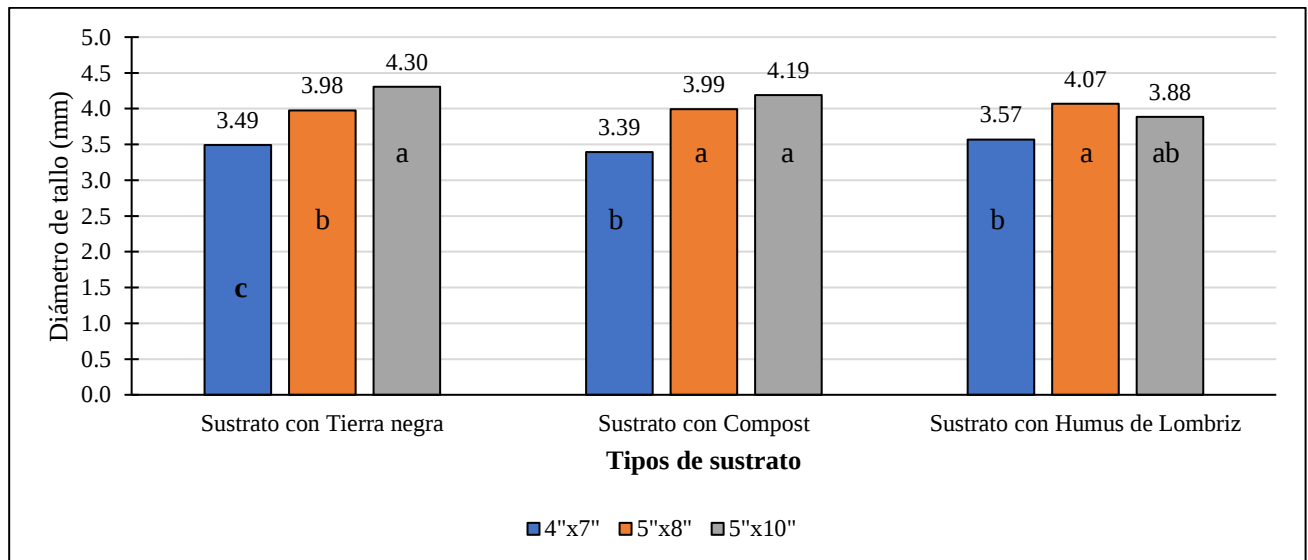
ANVA de los efectos simples del diámetro de tallo del plantón del Pinus radiata D. Don. Tamaños de bolsa en cada tipo de sustrato y el tipo de sustrato en cada tamaño de bolsa.

F.V.	GL	SC	CM	Fc	F0.05	F0.01	p-valor
Bolsa en s1	2	1.67	0.83	20.750	3.26	5.25	0.0001**
Bolsa en s2	2	1.72	0.86	21.500	3.26	5.25	0.0006**
Bolsa en s3	2	0.64	0.32	8.000	3.26	5.25	0.0057**
Sustrato en b1	2	0.08	0.04	1.000	3.26	5.25	0.3658ns
Sustrato en b2	2	0.02	0.01	0.250	3.26	5.25	0.6242ns
Sustrato en b3	2	0.47	0.24	6.000	3.26	5.25	0.0755ns
Error	36		0.04				

De la Figura 3.5 prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de tamaños de bolsa en cada tipo de sustrato, se concluye que el tamaño de bolsa 5"x10"x0.002 mm es el que presenta la mayor altura de plantón, con los tipos de sustratos evaluados: el sustrato 1 (Sustrato con Tierra negra) y sustrato 2 (Sustrato con Compost), mostrando diferencias estadísticamente significativas frente a los demás tamaños de bolsa, los diámetros de tallo promedio de plantones de *Pinus radiata* D. Don para tipos de sustrato fueron de 4.30 y 4.19 mm, respectivamente.

Figura 3.5

*Prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de los tamaños de bolsa en cada tipo de sustrato para el diámetro de tallo del plantón de *Pinus radiata* D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.*

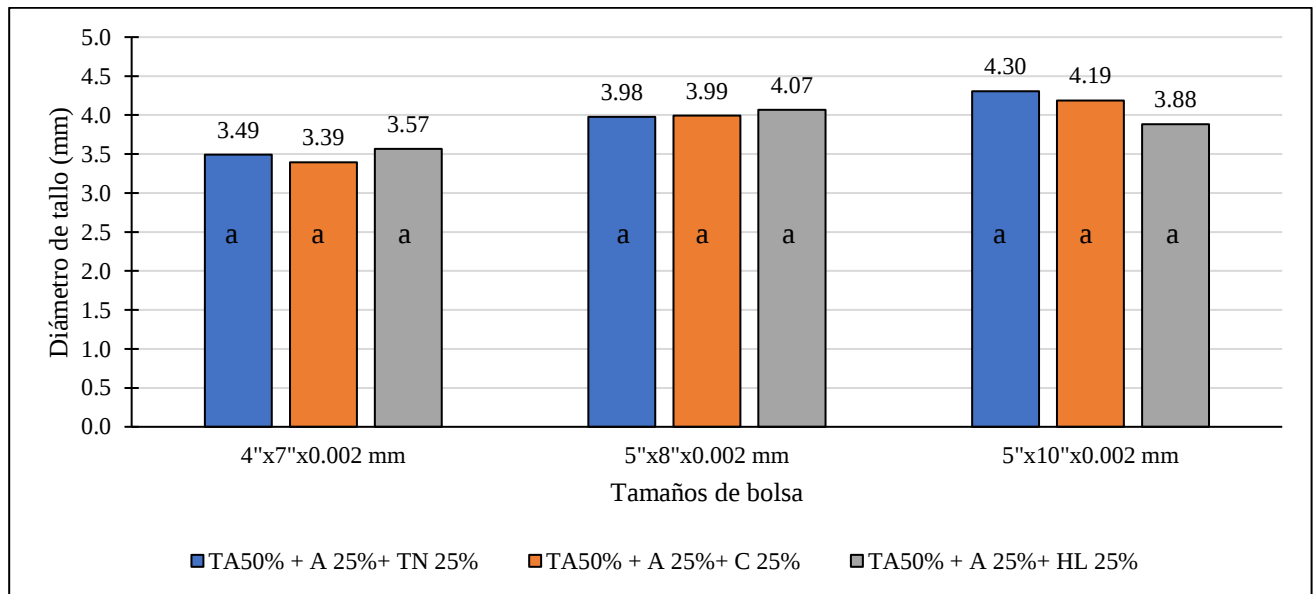


Por otro lado, el tamaño de bolsa 5"x8"x0.002 mm, fue superior con un diámetro de tallo promedio de plantón de *Pinus radiata* D. Don de 4.07 mm para el sustrato 3 (Sustrato con Humus de Lombriz) y mostrando diferencias estadísticamente significativas frente a los demás tamaños de bolsa (4"x7"x0.002 mm y 5"x10"x0.002 mm). Estos resultados indican que un mayor volumen, sección transversal, profundidad y contenido nutricional del sustrato proporcionan mejores condiciones para un crecimiento y desarrollo del diámetro de tallo mayor de los plantones de *Pinus radiata* D. Don.

De la Figura 3.6 prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de tipos de sustrato en cada tamaño de bolsa, se muestra que no hay diferencias estadísticas significativas entre los tipos de sustratos, utilizando los tamaños de bolsa 4"x7"x0.002 mm, 5"x8"x0.002 mm y 5"x10"x0.002 mm. Estos resultados indican que los tipos de sustrato no tienen una influencia significativa en el crecimiento y desarrollo del diámetro de tallo de los plantones de *Pinus radiata* D. Don. Sin embargo, la diferencia numérica que existe entre los tipos de sustrato evaluados con el tamaño de bolsa 4"x7"x0.002 mm, 5"x8"x0.002 mm y 5"x10"x0.002 mm, es debido a la influencia del tamaño de bolsa, mas no por el tipo de sustrato. Por lo tanto, se concluye que todos los sustratos presentan características similares en cuanto a la clase textural, pH, contenido nutricional, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), lo cual refleja en un crecimiento y desarrollo del diámetro de tallo homogéneo de los plantones de *Pinus radiata* D. Don.

Figura 3.6

Prueba de promedios Tukey (0.05) de los efectos simples de los tipos de sustrato en cada tamaño de bolsa para el diámetro de tallo del plantón de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.



Longitud de la raíz

Tabla 3.7

ANVA de la longitud de raíz del plantón de Pinus radiata D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.

F.V.	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01	p-valor
Tamaños de bolsa	2	11328.24	5664.12	21.04	3.26	5.25	<0.0001**
Tipo de Sustrato	2	578.21	289.11	1.07	3.26	5.25	0.3523 ns
T. Sustrato x T. Bolsa	4	1184.64	296.16	1.1	2.63	3.89	0.3714 ns
Error	36	9691.14	269.2				
Total	44	22782.23					

CV = 25.7 %

Promedio: 63.84 cm

En el análisis de varianza ($p < 0.05$) para la longitud de raíz del plantón de *Pinus radiata* D. Don aptos para llevar al campo definitivo, la Tabla 3.7 muestra alta significación estadística para tamaños de bolsa, no habiendo significación estadística para tipos de sustrato y la interacción tipo de sustrato x tamaño de bolsa. El coeficiente de variación de 25.7 % significa que los datos obtenidos son homogéneos y se encuentran al rededor del promedio. Los resultados obtenidos indican que, al menos uno de los tamaños de bolsa presenta diferencias significativas en comparación con los demás. Sin

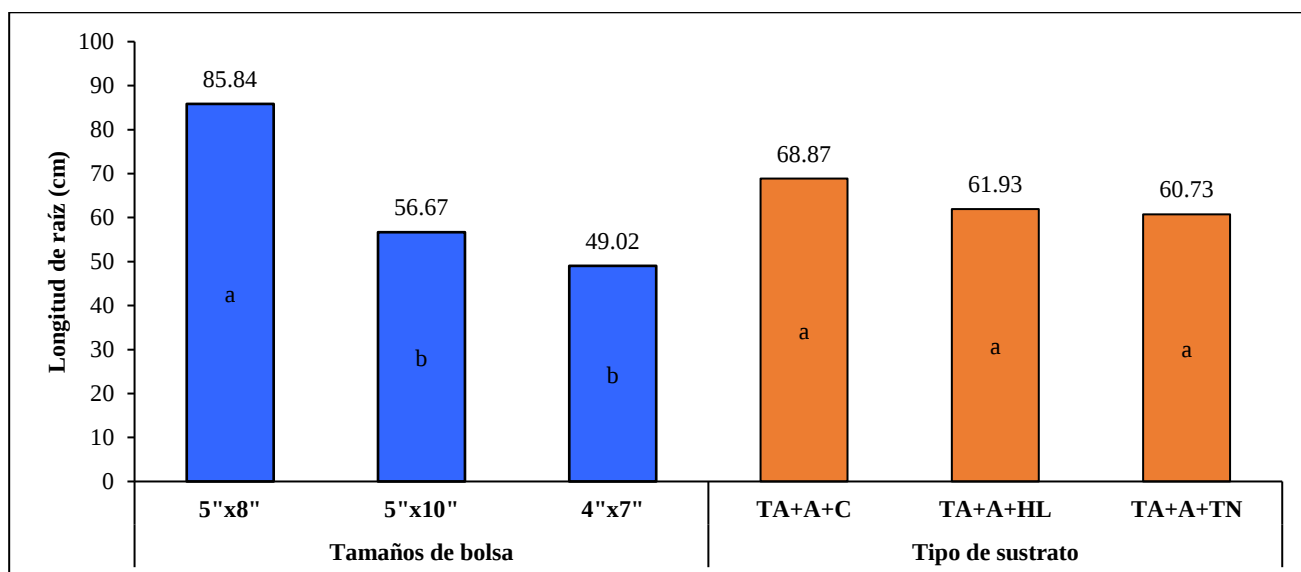
embargo, no se observaron diferencias significativas entre los distintos tipos de sustrato y la interacción de tipo de sustrato x tamaño de bolsa.

Canchari (2017) destacó en su investigación que existen diferencias estadísticas altamente significativas en las interacciones entre las especies (cedro y fresno) y los tipos de contenedores, especialmente en el uso de bolsas. El estudio concluye que tanto el potencial genético de las especies como el volumen del sustrato influyen en el crecimiento de la longitud de la raíz. Por otro lado, según los resultados de la investigación realizada por Arizaleta y Pire (2007), el tamaño de la bolsa de propagación afectó ($p \leq 0.05$) todas las variables de crecimiento de las plantas de cafeto, donde las plantas propagadas en bolsas de menor tamaño presentaron las raíces de menor longitud y mayor diámetro; en las bolsas de mayor tamaño hubo mayor acumulación de biomasa en la raíz.

En la Figura 3.7 se presenta la longitud promedio de raíz de los plantones de *Pinus radiata* D. Don en función de los tamaños de bolsa y tipos de sustrato. Se observa que el tamaño de bolsa B2 (5"x8"x0.002 mm) es estadísticamente superior, con longitud promedio de raíz de 85.84 cm, en comparación con los tamaños de bolsa B3 (5"x10"x0.002 mm) y B1 (4"x7"x0.002 mm). Aunque estas dos últimas no muestran diferencias estadísticamente significativas entre sí, presentan diferencias numéricas, con longitudes promedio de raíz de 56.67 cm y 49.02 cm, respectivamente.

Figura 3.7

Longitud de la raíz del plantón (cm) en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.



Este resultado demuestra que, a mayor tamaño de bolsa, el crecimiento y desarrollo del sistema radicular de los plantones también es mayor. En efecto, el tamaño del envase es uno de los factores que

más influye en la formación del sistema radicular, por otro lado, la altura del envase también es fundamental, ya que impacta tanto en las propiedades de retención de agua del sustrato como en el espacio disponible para el crecimiento longitudinal de las raíces, influyendo directamente en el crecimiento y el desarrollo del sistema radicular del plantón. Asimismo, al margen de obtener mayor longitud de raíz en la bolsa B2 (5"x8"x0.002 mm) ocurrió el fenómeno de mal formación llamada "cola de chancho" del sistema radicular.

Por otro lado, se evidencia que la longitud de raíz alcanzada por los plantones en diferentes sustratos fue similar: el S2 (Sustrato con compost) registró una longitud promedio de raíz de 68.87 cm, seguido del sustrato S3 (Sustrato con Humus de lombriz) con 61.93 cm, y finalmente el sustrato 1 S1 (Sustrato con Tierra Negra) con 60.73 cm. Estos resultados sugieren que el tipo de sustrato no tuvo un impacto significativo en el crecimiento y desarrollo del sistema radicular de los plantones.

Al respecto, Ruano (2003, como se citó en Quiquín, 2007) menciona que la mayoría de los contenedores están diseñados, con mayor o menor acierto, para favorecer el buen desarrollo de un sistema radicular en las plantas de vivero, garantizando así que las raíces se mantengan protegidas durante el transporte y hasta su establecimiento en el campo definitivo.

Chala y Sosa (2017) a través de su investigación concluyen que las plantas cultivadas en los sustratos T-2 (suelo 70% + humus de lombriz 30%) y T-3(suelo 70% + Materia orgánica 30%) evidenciaron mejores resultados en la evaluación de los atributos morfológicos evaluados para el cultivo *Pinus maestrensis* Bisse. Por lo tanto, la utilización de sustratos orgánicos mejora la calidad de la planta en vivero, disminuye el período de permanencia de las posturas en el mismo y eleva la probabilidad de éxito en plantación.

En la Tabla 3.8 prueba de contraste Tukey de la longitud de raíz del plantón para la interacción de tamaños de bolsa x tipos de sustrato, se observa que estadísticamente el tratamiento T5 (96.73 cm) es mejor, seguido en orden descendente por los tratamientos T4 (86.80 cm) y T6 (74.00 cm); por el contrario, el tratamiento T1 (42.07 cm) logra alcanzar la menor longitud de raíz del platón. Este resultado demuestra que el tratamiento T5 (96.73 cm), utilizando una combinación de B2 (5"x8"x0.02 mm) con S2 (Sustrato con compost) favorece una mayor retención de agua capilar y un mayor espacio poroso ($CIC = 14.2 \text{ Cmol (+) /kg}$). Estas condiciones proporcionan al plantón una mejor disponibilidad de nutrientes, agua y oxigenación del sistema radicular, lo que permite un balance adecuado entre la fotosíntesis y respiración, impulsando así el crecimiento y desarrollo óptimo del sistema radicular.

Tabla 3.8

Prueba de Tukey (0.05) de la longitud de la raíz del plantón en la interacción tamaños de bolsa x tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.

Nº	Tratamientos		Media (cm)	Agrupación		
1	T5	B2 X S2	96.73	a		
2	T4	B2 X S1	86.80	a	b	
3	T6	B2 X S3	74.00	a	b	c
4	T8	B3 X S2	58.67		b	c
5	T9	B3 X S3	58.00		b	c
6	T3	B1 X S3	53.80		b	c
7	T7	B3 X S1	53.33		b	c
8	T2	B1 X S2	51.20			c
9	T1	B1 X S1	42.07			c

Según los resultados de la investigación de Canchari (2017), el sustrato compuesto en proporción 3:2:1 de (Tierra negra 50% + vermiculita 33.3% + compost 16.7%), provee las mejores condiciones en la propagación de cedro (*Cedrela lilloi*) y fresno (*Fraxinus americana*).

Peso seco total del plantón

Tabla 3.9

ANVA del peso seco total del plantón de Pinus radiata D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.

F.V.	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01	p-valor
Tamaños de bolsa	2	29.51	14.76	41.44	3.26	5.25	<0.0001**
Tipo de Sustrato	2	1.07	0.54	1.51	3.26	5.25	0.2351ns
T. Sustrato x T. Bolsa	4	1.36	0.34	0.95	2.63	3.89	0.4443ns
Error	36	12.82	0.36				
Total	44	44.76					

CV = 14.24 % Promedio: 4.19 g

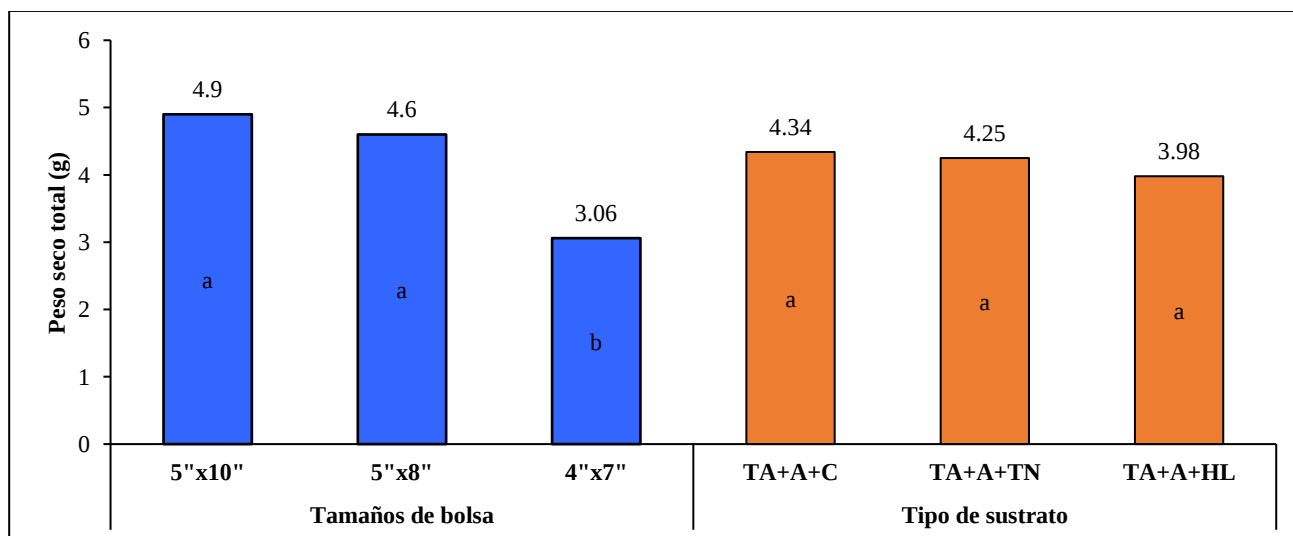
En el análisis de varianza ($p < 0.05$) para el peso seco total del plantón de *Pinus radiata* D. Don aptos para llevar al campo definitivo, la Tabla 3.9 muestra alta significación estadística para tamaños de bolsa, no habiendo significación estadística para tipos de sustrato y la interacción tipo de sustrato x tamaño de bolsa. El coeficiente de variación de 14.24 % significa que los datos obtenidos son

homogéneos y se encuentran al rededor del promedio. Cuyos resultados demuestran que, al menos uno de los tamaños de bolsa es diferente a los demás. Mientras entre los tipos de sustrato y la interacción de tipo de sustrato x tamaño de bolsa son iguales.

En la Figura 3.8 se presenta el peso seco total promedios de los plántones de *Pinus radiata* D. Don evaluados en tres tamaños de bolsa y tres tipos de sustrato. Se observa que los tamaños de bolsa B3 (5"x10"x0.02 mm) y B2 (5"x8"x0.02 mm), son estadísticamente similares, aunque presentan diferencias numéricas, con pesos secos totales promedio de 4.90 g y 4.60 g, respectivamente. Ambos tamaños son estadística y numéricamente superiores al tamaño de bolsa B1 (4"x7"x0.02 mm), que alcanza un peso seco total promedio del plánton de 3.06 g. Este resultado demuestra que el aumento en el tamaño de la bolsa está directamente relacionado con el incremento en los pesos de la biomasa seca aérea y subterránea (radicular) de los plántones de *Pinus radiata* D. Don. Este efecto puede atribuirse al mayor volumen de sustrato proporcionado por las bolsas más grandes, que incrementan tanto la profundidad como el diámetro del contenedor, lo cual reduce la densidad de la población de los plántones en las camas de crianza. En estas condiciones, la intercepción de radiación solar aumenta debido al mayor espacio disponible entre los plántones, lo que favorece el crecimiento y desarrollo de la biomasa aérea y radicular. Esto se traduce en una mayor eficiencia fotosintética y una mayor producción de asimilados, reflejándose en un incremento significativo en la biomasa seca total, tanto aérea como radicular.

Figura 3.8

Prueba de Tukey (0.05) para el peso seco total del plánton promedio (g) en los diferentes de tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de *Pinus radiata* D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.



Por otro lado, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los tipos de sustratos en relación con el peso seco total de los plantones, lo que indica un comportamiento similar en esta variable. En promedio, los valores registrados fueron de 4.34 g para el sustrato 2 (Sustrato con compost), 4.25 g para el sustrato 1 (Sustrato con Tierra Negra), y 3.98 g para el sustrato 3 (Sustrato con Humus de lombriz). Esto sugiere que los tres tipos de sustratos evaluados no ejercen una influencia significativa en la acumulación de biomasa seca total en la producción de plantones de *Pinus radiata* D. Don. Esta ausencia de diferencias puede atribuirse a las características físicas, químicas y biológicas similares que presentan los sustratos utilizados, estas propiedades homogéneas parecen proporcionar condiciones equivalentes para el crecimiento y desarrollo de los plantones, independientemente del tipo de sustrato utilizado.

Según la investigación de Canchari (2017), los plantones de fresno establecidos en bolsas alcanzaron mayores valores de peso seco total, mientras que los plantones de cedro establecidos en bandejas obtuvieron el valor más bajo. Por otro lado, Muñoz (2007) según resultado de su investigación, indica que los tratamientos con vermiculita obtuvieron un mayor crecimiento en altura total, materia seca de la parte aérea, raíz y total. Citando también a Olivo y Buduva (2006) quienes afirman que los sustratos orgánicos mezclados con vermiculita desarrollan mejores plantas tanto en altura como en materia seca; ya que contienen una alta capacidad de retención de humedad, buena aireación y oxigenación de raíces.

Tabla 3.10

Prueba de Tukey (0.05) del peso seco total del plantón en la interacción tamaños de bolsa x tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.

Nº	Tratamientos		Media (g)	Agrupación
1	T8	B3 X S2	5.28	a
2	T7	B3 X S1	5.10	a
3	T5	B2 X S2	4.67	a
4	T4	B2 X S1	4.64	a
5	T6	B2 X S3	4.47	a
6	T9	B3 X S3	4.37	a
7	T3	B1 X S3	3.09	b
8	T2	B1 X S2	3.08	b
9	T1	B1 X S1	3.01	b

En la Tabla 3.10 que presenta la prueba de contraste Tukey de peso seco total del plantón para la interacción de tamaños de bolsa x tipos de sustrato, se observa que los tratamientos T8 (5.28 g), T7

(5.10 g), T5 (4.67 g), T4 (4.64 g), T6 (4.47 g) y T9 (4.37 g) son estadísticamente fueron superiores y similares entre sí. En contraste, el tratamiento T1, con un peso seco total de 3.01 g, registro el menor valor. Estos resultados indican que el tamaño de la bolsa, asociado a un mayor volumen de sustrato y/o mayor altura de contenedor está directamente relacionado con la acumulación de biomasa seca total de los plantones *Pinus radiata* D. Don. Este efecto se debe a que existe una mayor disponibilidad de espacio y nutrientes para el desarrollo radicular y aéreo.

Quiróz et al. (2012) sostienen que el volumen o capacidad del contenedor es una variable que tiene una buena correlación con las características morfológicas de las plantas producidas en vivero, siendo el peso seco y el DAC (diámetro del cuello) las variables con una mayor correlación y esta se da principalmente dentro de un rango bien definido de volumen.

Peso seco de la parte aérea del plantón

En el análisis de varianza ($p < 0.05$) para peso seco de la parte aérea del plantón de *Pinus radiata* D. Don aptos para su traslado al campo definitivo, se muestra en la Figura 3.11 una alta significación estadística para los tamaños de bolsa. Sin embargo, no se observó significación estadística para tipos de sustrato ni para la interacción tipo de sustrato y tamaño de bolsa.

Tabla 3.11

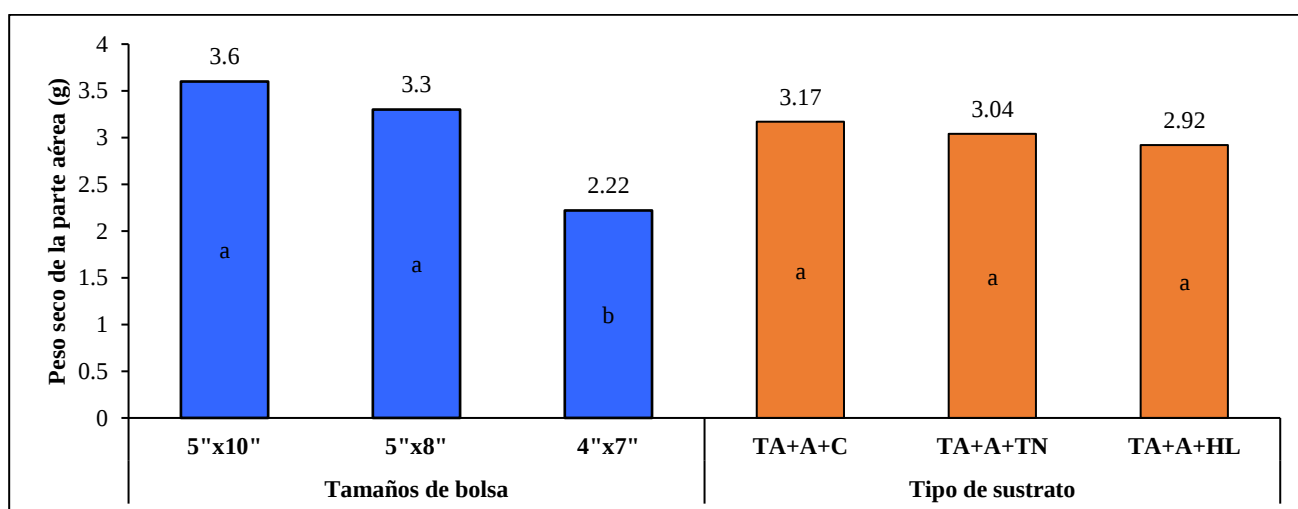
ANVA del peso seco de la parte aérea del plantón de Pinus radiata D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.

F.V.	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01	p-valor
Tamaños de bolsa	2	15.95	7.98	38.19	3.26	5.25	<0.0001**
Tipo de Sustrato	2	0.48	0.24	1.14	3.26	5.25	0.3308ns
T. Sustrato x T. Bolsa	4	0.84	0.21	1.01	2.63	3.89	0.4169ns
Error	36	7.52	0.21				
Total	44	24.79					
CV = 15.02 %		Promedio: 3.04 g					

El coeficiente de variación de 15.02 %, indica que los datos obtenidos son homogéneos y se encuentran al rededor del promedio. Estos resultados evidencian que al menos uno de los tamaños de bolsa difiere significativamente de los demás, mientras que los tipos de sustrato y su interacción con el tamaño de bolsa presentan un comportamiento similar entre sí, sin diferencias estadísticas destacables.

Figura 3.9

Prueba de Tukey (0.05) para el peso seco de la parte aérea del plantón (g) en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.



En la Figura 3.9 se presenta el peso seco promedio de la parte aérea de los plantones de *Pinus radiata* D. Don en función de los tamaños de bolsa y tipos de sustrato. Se observa que el tamaño de bolsa B3 (5''x10''x0.002 mm) presenta un peso seco promedio de la parte aérea del plantón de 3.60 g, lo cual es estadísticamente similar al tamaño de bolsa B2 (5''x8''x0.002 mm), que alcanza 3.30 g. Aunque estos dos tamaños son estadísticamente similares, presentan diferencias numéricas. Ambas son superiores que el tamaño de bolsa B1 (4''x7''x0.002 mm), que registra un peso seco total de 2.22 g.

Este resultado indica que el tamaño del envase es un factor clave en el desarrollo de la biomasa aérea de los plantones de *Pinus radiata* D. Don, lo que se refleja en una mayor acumulación de peso seco aéreo. Además, el diámetro del envase juega un papel fundamental ya que influye en la densidad poblacional de los plantones (mayor espacio entre plantas), lo que favoreció una mayor intercepción de la radiación solar y, por ende, una mayor eficiencia fotosintética, lo cual tuvo un impacto directo en el crecimiento y el desarrollo del sistema aéreo de los plantones.

En la Tabla 3.12 prueba de contraste Tukey de peso seco de la parte aérea del plantón para la interacción de tamaños de bolsa x tipos de sustrato, se observa que estadísticamente el tratamiento T8 (3.89 g) es mejor, seguido en orden descendente por los tratamientos T7 (3.69 g), T5 (3.42 g), T6 (3.31 g), T9 (3.22 g) y T4 (3.20 g); por el contrario, el tratamiento T2 (2.20 g) logra alcanzar el menor peso seco de la parte aérea de plantón.

Tabla 3.12

Prueba de Tukey (0.05) del peso seco de la parte aérea del plantón en la interacción tamaños de bolsa x tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.

Nº	Tratamientos		Media (cm)	Agrupación
1	T8	B3 X S2	3.89	a
2	T7	B3 X S1	3.69	a
3	T5	B2 X S2	3.42	a
4	T6	B2 X S3	3.31	a
5	T9	B3 X S3	3.22	a
6	T4	B2 X S1	3.20	a
7	T3	B1 X S3	2.23	b
8	T1	B1 X S1	2.22	b
9	T2	B1 X S2	2.20	b

Este resultado indica que las bolsas B2 (5"x8"x0.002 mm) y B3 (5"x10"x0.002 mm) obtuvieron mejores pesos secos de la parte aérea de los plantones, independientemente del tipo de sustrato utilizado en la propagación de *Pinus radiata* D. Don en el vivero de la comunidad de Buena Vista. Esto demuestra que los valores alcanzados están directamente relacionados con el tamaño de las bolsas, particularmente debido a su mayor diámetro. Este factor permitió una menor densidad de plantas por unidad de área en la cama de crianza, lo que favoreció una mayor intercepción de radiación solar por plantón. Este incremento en la captura de luz se traduce en una mayor tasa fotosintética y en la producción de foto asimilados, reflejándose en una acumulación mayor de la biomasa seca aéreo.

Peso seco de la parte radical del plantón

En el análisis de varianza ($p < 0.05$) realizado para peso seco de la parte radical de los plantones de *Pinus radiata* D. Don, aptos para su traslado al campo definitivo. Los resultados presentados en la Tabla 3.13 indican una alta significación estadística para la fuente de variación tamaños de bolsa. En contraste, no se observaron diferencias estadísticamente significativas para las fuentes de variación tipos de sustrato y la interacción tipo de sustrato x tamaño de bolsa. Lo que indica que estas últimas variables no influyen significativamente sobre el peso seco radical en este experimento.

Tabla 3.13

*ANVA del peso seco de la parte radical del plantón de *Pinus radiata* D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.*

F.V.	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01	p-valor
Tamaños de bolsa	2	2.08	1.04	30.92	3.26	5.25	<0.0001**
Tipo de Sustrato	2	0.19	0.10	2.84	3.26	5.25	0.0719ns
T. Sustrato x T. Bolsa	4	0.24	0.06	1.78	2.63	3.89	0.1545ns
Error	36	1.21	0.03				
Total	44	3.72					

CV = 16.01%

Promedio: 1.15 g

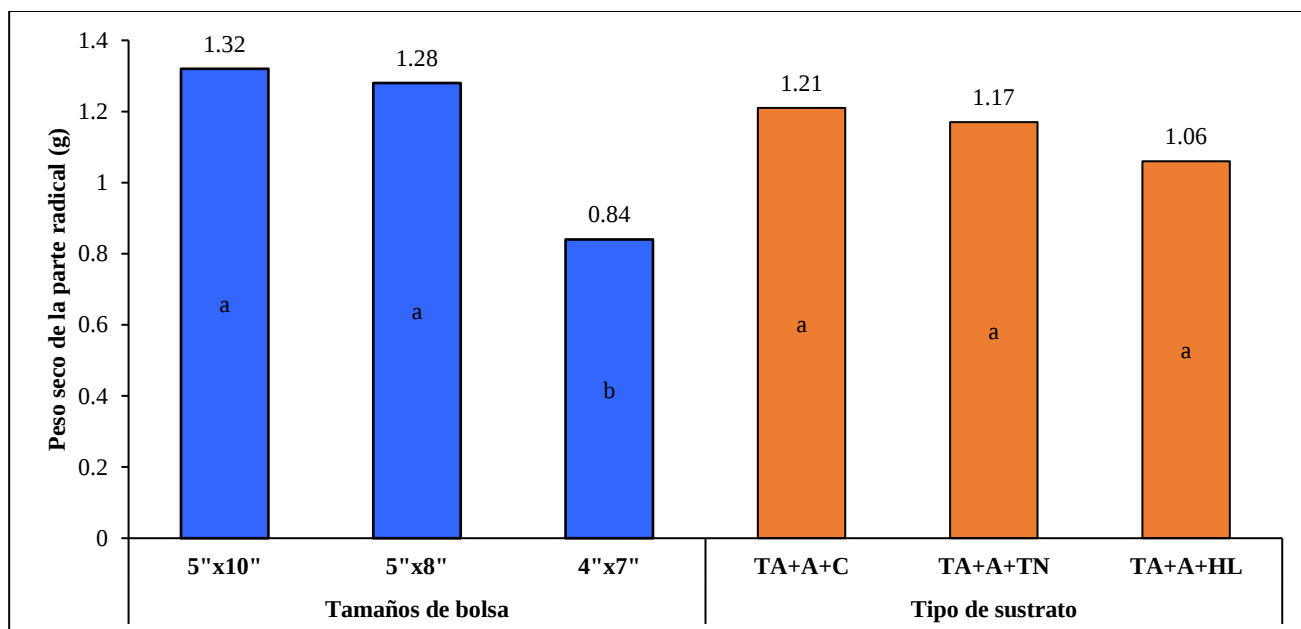
El coeficiente de variación de 16.01 % refleja que los datos obtenidos son homogéneos y se encuentran al rededor del promedio. En síntesis, los resultados demuestran que, al menos uno de los tamaños de bolsa es diferente a los demás, mientras entre los tipos de sustrato y la interacción de tipo de sustrato x tamaño de bolsa son iguales.

En la Figura 3.10 se presenta el peso seco promedio de la parte radical del plantón de *Pinus radiata* D. Don evaluados en tres tamaños de bolsa y tres tipos de sustrato. Se observa que los tamaños de bolsa B3 (5"x10"x0.02 mm) y B2 (5"x8"x0.02 mm), son estadísticamente similares, aunque presentan diferencias numéricas, con pesos secos promedio de la parte radical de 1.32 g y 1.28 g, respectivamente. Ambos tamaños son estadística y numéricamente superiores al tamaño de bolsa B1 (4"x7"x0.02 mm), que alcanza un peso seco promedio de la parte radical del plantón de 0.84 g. Este resultado demuestra la influencia determinante del tamaño de contenedor en el desarrollo de los plantones, así como la relevancia de las características físicas y químicas del sustrato, siempre que estas se mantengan dentro de los valores óptimos. Asimismo, destaca el papel fundamental de las condiciones controladas del ambiente en el que se realizó el experimento, las cuales favorecieron significativamente el crecimiento y desarrollo de los plantones de *Pinus radiata* D. Don.

Por otro lado, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los tipos de sustratos en relación con el peso seco total de los plantones, lo que indica un comportamiento similar en esta variable. En promedio, los valores registrados fueron de 1.21 g para el sustrato 2 (Sustrato con compost), 1.17 g para el sustrato 1 (Sustrato con Tierra Negra) y 1.06 g para el sustrato 3 (Sustrato con Humus de lombriz).

Figura 3.10

Prueba de Tukey (0.05) para el peso seco promedio de la parte radical del plantón (g) en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.



Esto sugiere que los tres tipos de sustratos evaluados no ejercen una influencia significativa en la acumulación de biomasa seca de la parte radical del plantón en la producción de *Pinus radiata* D. Don. Esta ausencia de diferencias puede atribuirse a las características físicas y químicas similares (condiciones óptimas) que presentaron los sustratos.

Tabla 3.14

Prueba de Tukey (0.05) del peso seco de la parte radical del plantón en la interacción tamaños de bolsa x tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.

N°	Tratamientos		Media (g)	Agrupación		
1	T4	B2 X S1	1.43	a		
2	T7	B3 X S1	1.41	a		
3	T8	B3 X S2	1.39	a		
4	T5	B2 X S2	1.25	a	b	
5	T9	B3 X S3	1.15	a	b	c
6	T6	B2 X S3	1.15	a	b	c
7	T2	B1 X S2	0.88		b	c
8	T3	B1 X S3	0.86			c
9	T1	B1 X S1	0.79			c

En la Tabla 3.14 que presenta la prueba de contraste Tukey de peso seco total del plantón para la interacción de tamaños de bolsa x tipos de sustrato, se observa que estadísticamente el tratamiento T4 (1.43 g) es mejor, seguido en orden descendente por los tratamientos T7 (1.41 g), T8 (1.39 g), T5 (1.25 g), T9 (1.15 g) y T6 (1.15 g); por el contrario, el tratamiento T1 (0.79 g) logra alcanzar el menor peso seco de la parte radical de platón. Este resultado indica que los tamaños de bolsa B3 (5"x10"x0.002 mm) y B2 (5"x8"x0.002 mm), proporcionan un mayor volumen (960 y 833 cm³ respectivamente), así como una mayor altura y diámetro de bolsa en comparación con la bolsa B1 (4"x7"x0.002 mm). Por lo tanto, las bolsas B3 y B2 ofrecen más espacio interno y un mayor volumen de sustrato, lo cual favorece la circulación y la absorción de agua y nutrientes. Además, al ofrecer más espacio entre las plantas se reduce la densidad de plantas, lo que mejora la exposición a la luz. Estas condiciones crean un ambiente más propicio para el óptimo crecimiento y desarrollo de los plantones de *Pinus radiata* D. Don en comparación con la bolsa B1.

Relación peso seco de la parte área y radical

En el análisis de varianza ($p < 0.05$) realizado para la relación peso seco de la parte aérea y radical del plantón de *Pinus radiata* D. Don aptos para su traslado al campo definitivo, la Tabla 3.15 indican que no existe significación estadística alguna para tamaños de bolsa, tipos de sustrato y la interacción tipo de sustrato x tamaño de bolsa.

Tabla 3.15

ANVA de la relación peso seco de la parte aérea y radical del plantón de Pinus radiata D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y en los tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.

F.V.	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01	p-valor
Tamaños de bolsa	2	0.07	0.03	0.26	3.26	5.25	0.7727ns
Tipo de Sustrato	2	0.19	0.09	0.72	3.26	5.25	0.4952ns
T. Sustrato x T. Bolsa	4	1.32	0.33	2.54	2.63	3.89	0.0565ns
Error	36	4.66	0.13				
Total	44	6.23					

CV = 13.12%

Promedio: 2.75

El coeficiente de variación de 13.12 % significa que los datos obtenidos son homogéneos y se encuentran al rededor del promedio. Cuyos resultados demuestran que, entre los tamaños de bolsa, los tipos de sustrato y la interacción de tipo de sustrato x tamaño de bolsa son iguales.

Al respecto Rodríguez (2008) sostiene que este índice morfológico representa la proporción entre tejido evapotranspiracional o productor y el tejido absorbedor de agua y nutrientes (raíces), por lo tanto, si este valor es igual a uno indica que la biomasa aérea y la subterránea son equivalentes. Sin embargo, si el valor es menor a uno, significa que la biomasa subterránea supera a la aérea; por el contrario, si el valor es mayor a uno, la biomasa aérea predomina sobre la subterránea. Por lo tanto, que si se quiere reforestar un sitio con limitaciones de humedad, los arbolitos con una menor relación biomasa aérea/biomasa subterránea ($BA/BS < 1$), tenderán a la aclimatación y sobrevivir mejor en ese sitio que aquellos con una mayor relación biomasa aérea/biomasa subterránea ($BA/BS > 1$). Sin embargo, los valores de la relación peso seco de la parte aérea y radical del plantón de *Pinus radiata* D. Don promedio obtenido en la presente investigación oscilan de 2.75, lo cual nos indica que los plantones propagados aun requieren un periodo de aclimatación y/o agoste en vivero, antes de que sea llevado a campo definitivo.

Coeficiente de Esbeltez

En el análisis de varianza ($p < 0.05$) realizado para el coeficiente de esbeltez del plantón de *Pinus radiata* D. Don aptos para llevar al campo definitivo, la Tabla 3.16 muestra que no existe significación estadística alguna para tamaños de bolsa, tipos de sustrato y la interacción tipo de sustrato x tamaño de bolsa. El coeficiente de variación de 5.54 % significa que los datos obtenidos son homogéneos y se encuentran al rededor del promedio. Cuyos resultados demuestran que, entre los tamaños de bolsa, los tipos de sustrato y la interacción de tipo de sustrato x tamaño de bolsa son iguales.

Tabla 3.16

Análisis de variancia del coeficiente de esbeltez del plantón de Pinus radiata D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.

F.V.	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01	p-valor
Tamaños de bolsa	2	1.14	0.57	2.08	3.26	5.25	0.1396ns
Tipo de Sustrato	2	0.85	0.42	1.55	3.26	5.25	0.2251ns
T. Sustrato x T. Bolsa	4	0.79	0.2	0.72	2.63	3.89	0.5833ns
Error	36	9.82	0.27				
Total	44	12.6					
CV = 5.54%		Promedio: 9.43					

Según Toral (1997, como se citó en Silva, 2021), este índice relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética de la misma. Valores entre 5 y 10 indican una mejor calidad de planta, valores sobre 10, indican una planta muy alta respecto al diámetro al cuello, por su parte valores menores a 5,

indican una planta de poca altura respecto al diámetro al cuello. Se obtendrá para cada planta viva de la unidad de muestreo. No obstante, en la presente investigación el valor promedio obtenido del Índice de esbeltez o robustez es de 9.43, lo cual nos indica que los plantones de *Pinus radiata* D. Don son de una buena calidad, previo a ser destinado para la instalación y establecimiento en campo definitivo.

Índice de calidad de Dickson

Tabla 3.17

Análisis de variancia del índice de calidad de Dickson del plantón de Pinus radiata D. Don en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustratos, Buena Vista, 2658 m.s.n.m.

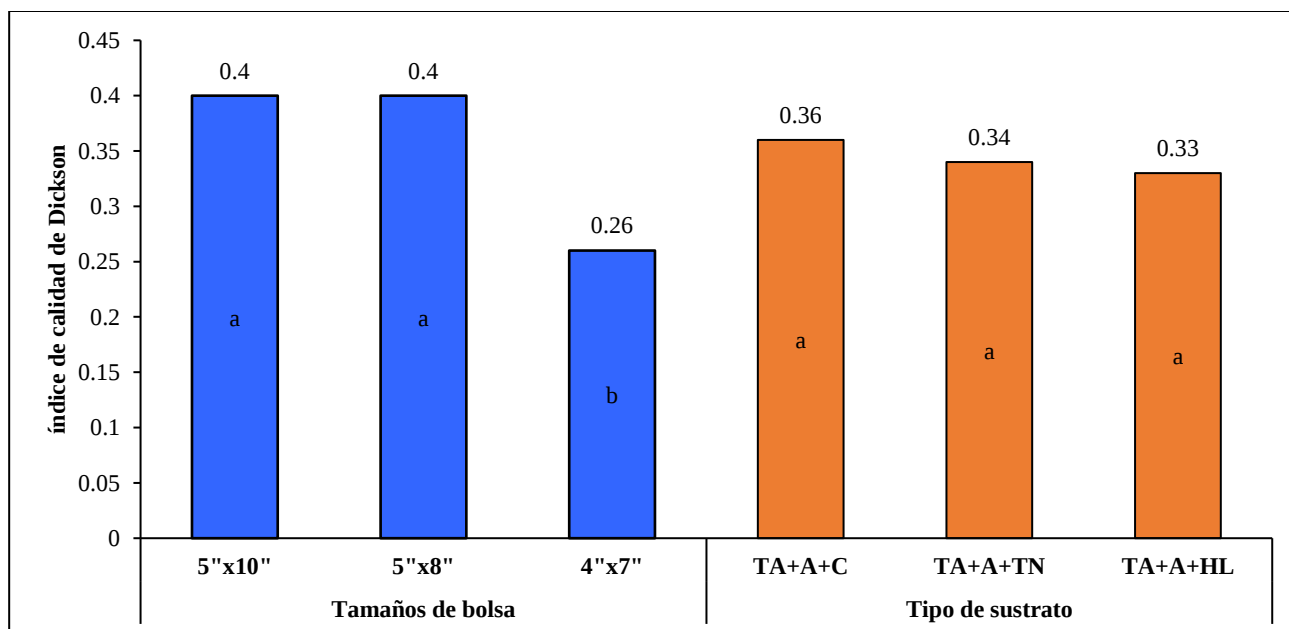
F.V.	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01	p-valor
Tamaños de bolsa	2	0.16	0.0800	31.31	3.26	5.25	<0.0001**
Tipo de Sustrato	2	0.01	0.0044	1.63	3.26	5.25	0.2093ns
T. Sustrato x T. Bolsa	4	0.01	0.0017	0.61	2.63	3.89	0.6564ns
Error	36	0.09	0.0026				
Total	44	0.27					
CV = 14.72%		Promedio: 0.34					

En el análisis de varianza ($p < 0.05$) realizado para el índice de calidad de Dickson de los plantones de *Pinus radiata* D. Don, aptos para su traslado a campo definitivo. La Tabla 3.17 muestra una alta significación estadística para tamaños de bolsa, no habiendo significación estadística para tipos de sustrato y la interacción tipo de sustrato x tamaño de bolsa. El coeficiente de variación de 14.72 % significa que los datos obtenidos son homogéneos y se encuentran al rededor del promedio. Cuyos resultados demuestran que, al menos uno de los tamaños de bolsa es diferente a los demás. Mientras entre los tipos de sustrato y la interacción de tipo de sustrato x tamaño de bolsa son iguales.

Según la investigación realizada por Arizaleta y Pire (2007), el índice de Dickson, que es una medida integral del vigor de la planta, fue mayor en las bolsas más grandes; y como este índice se emplea para predecir el comportamiento en campo de especies de coníferas. Por otro lado, según la Comisión Nacional Forestal (2005, como se citó en Ramos y Lombardi, 2020), el Índice de Calidad de Dickson (ICD) es considerado como un método superior y completo, ya que incluye atributos como la altura, el diámetro y la biomasa (seca y fresca). Los cuales siendo evaluados de forma aislada no contribuyen a predecir la calidad de las plantas. Para clasificar la calidad de las plantas, se considera que un ICD de 0.5 o más indica alta calidad, entre 0.20 a 0.49 señala calidad media, y valores por debajo de 0.20 se consideran de baja calidad.

Figura 3.11

Prueba de Tukey (0.05) para el índice de calidad de Dickson de los plantones en los diferentes tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.



En la Figura 3.11 se presenta el índice de calidad de Dickson promedio de los plantones de *Pinus radiata* D. Don en función de los tamaños de bolsa y tipos de sustrato. Se observa que los tamaños de bolsa B3 (5"x10"x0.002 mm) y B2 (5"x8"x0.002 mm), son estadística y numéricamente iguales, con el valor de índice de calidad de Dickson de 0.4. Ambos tamaños son estadística y numéricamente superiores al tamaño de bolsa B1 (4"x7"x0.02 mm), que alcanza un valor de Índice de calidad de Dickson de 0.26. Este resultado indica que, a mayor tamaño de bolsa, el valor del Índice de Calidad de Dickson de los plantones también es mayor. Por otro lado, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los tipos de sustratos en relación con el índice de calidad de Dickson (IDC) de los plantones, lo que indica un comportamiento similar en esta variable. En promedio, los valores que registran fueron 0.36 para el sustrato S2 (Sustrato con compost), 0.34 para el sustrato S1 (Sustrato con Tierra Negra), y 0.33 para el sustrato S3 (Sustrato con Humus de lombriz). Esto sugiere que el tipo de sustrato no tuvo un impacto significativo en su Índice de calidad de Dickson de los plantones.

En la Tabla 3.18 prueba de contraste Tukey de Índice de Calidad de Dickson del plantón para la interacción de tamaños de bolsa x tipos de sustrato, se observa que estadísticamente el tratamiento T8 (0.48) es mejor, seguido en orden descendente por los tratamientos T7 (0.40), T4 (0.38), T5 (0.38), T9

(0.36) y T6 (0.36); por el contrario, el tratamiento T1 (0.25) logra alcanzar el menor valor del Índice de Calidad de Dickson del plátón.

Tabla 3.18

Prueba de Tukey (0.05) del índice de calidad de Dickson del plantón en la interacción tamaños de bolsa y tipos de sustrato en la propagación de Pinus radiata D. Don. Buena Vista, 2658 msnm.

N°	Tratamientos		Media (cm)	Agrupación		
1	T8	B3 X S2	0.43	a		
2	T7	B3 X S1	0.40	a		
3	T4	B2 X S1	0.38	a		
4	T5	B2 X S2	0.38	a	b	
5	T9	B3 X S3	0.36	a	b	c
6	T6	B2 X S3	0.36	a	b	c
7	T2	B1 X S2	0.27		b	c d
8	T3	B1 X S3	0.26			c d
9	T1	B1 X S1	0.25			d

En la presente investigación el valor promedio del índice de calidad de Dickson para propagación de *Pinus radiata* D. Don evaluados en tres tamaños de bolsa y tres tipos de sustrato es de 0.34. Este resultado clasifica a los plantones en un rango de calidad media, según los estándares de calidad postulados por la Comisión nacional forestal (2005).

Mérito económico

Costo total de producción

El costo total de producción de plantones de pino (*Pinus radiata* D. Don) por tratamientos se muestra en la Tabla 3.19, donde los valores de los costos de producción han sido calculados en la base a 10000 plantones, utilizando tres tamaños bolsa de polietileno y tres tipos de sustratos.

Según la Tabla 3.19, los costos de producción de los plantones de *Pinus radiata* D. Don varían en función del tamaño de la bolsa de polietileno y del tipo de sustrato utilizado.

Los plantones de *Pinus radiata* D. Don producidos en bolsas de polietileno de tamaño 4"x7"x0.002 mm (B1) reportan el menor costo de producción, con un costo de S/ 7,864.49 cuando se utiliza el sustrato S1 (Sustrato con Tierra Negra). En cambio, el mayor costo de producción se observa con los sustratos S2 (Sustrato con compost) y S3 (Sustrato con Humus de lombriz), ambos con un costo de S/ 8,637.02. La diferencia en los costos se atribuye al precio más elevado de los materiales orgánicos

(compost y humus de lombriz) utilizados en los sustratos S2 y S3, mientras que el costo de producción con el sustrato S1 es más bajo debido a la utilización de tierra negra o turba, materiales de menor costo. Así, la principal variación en los costos se debe al tipo de materia orgánica empleada en la preparación de los sustratos.

Tabla 3.19

Costo de producción (costo directo e indirecto) por tratamientos en la propagación de Pinus radiata D. Don.

Tratamiento	Costo Directo	Costo Indirecto	Costo total
T1	S/ 6,131.35	S/ 1,733.14	S/ 7,864.49
T2	S/ 6,833.65	S/ 1,803.37	S/ 8,637.02
T3	S/ 6,833.65	S/ 1,803.37	S/ 8,637.02
T4	S/ 8,103.30	S/ 1,930.33	S/ 10,033.63
T5	S/ 9,561.05	S/ 2,076.11	S/ 11,637.16
T6	S/ 9,561.05	S/ 2,076.11	S/ 11,637.16
T7	S/ 9,353.88	S/ 2,055.39	S/ 11,409.27
T8	S/ 10,918.03	S/ 2,211.80	S/ 13,129.84
T9	S/ 10,918.03	S/ 2,211.80	S/ 13,129.84

En el caso de las bolsas de tamaño 5"x8"x0.002 mm (B2), el costo de producción más bajo también se obtiene con el sustrato S1, con un costo de S/ 10,033.63. Los mayores costos se observan nuevamente con los sustratos S2 y S3, alcanzando S/ 11,637.16. Al igual que en el caso de las bolsas B1, la diferencia de costos radica en el precio de los materiales orgánicos, siendo más caros el compost y el humus de lombriz en los sustratos S2 y S3, mientras que el sustrato S1 mantiene un costo más bajo gracias a los materiales más económicos. Además, la diferencia en los costos con respecto a las bolsas B1 se debe a que las bolsas B2 requieren mayor cantidad de sustrato (tierra agrícola, arena y materia orgánica), lo que incrementa los costos. Asimismo, el precio de las bolsas B2 es superior al de las B1, lo que también contribuye al aumento del costo total de producción por plantón.

Finalmente, en las bolsas de mayor tamaño, 5"x10"x0.002 mm (B3), los costos de producción se incrementan. El costo más bajo se obtiene con el sustrato S1, con un costo de S/ 11,409.27, mientras que el mayor costo corresponde a los sustratos S2 y S3, con un costo de S/ 13,129.84. De nuevo, la diferencia en los costos se debe al precio de los materiales orgánicos, siendo el compost y el humus de lombriz más caros, mientras que el uso de tierra negra o turba en el sustrato S1 mantiene los costos más bajos. La diferencia de costos con respecto a las bolsas B1 y B2 se debe a que las bolsas B3

requieren una mayor cantidad de sustrato (tierra agrícola, arena y materia orgánica) y mayor cantidad de mano de obra en la preparación del sustrato, embolsado y enfilado, lo que aumenta los costos. Además, el precio de las bolsas de mayor tamaño (5"x10"x0.002 mm) es superior, lo que también contribuye al incremento en el costo total de producción por plantón.

En resumen, tanto el tamaño de la bolsa como el tipo de sustrato utilizado tienen un impacto significativo en los costos de producción. Las bolsas de mayor tamaño y los sustratos más complejos (compost y humus de lombriz) tienden a generar mayores costos por plantón.

Ingreso bruto

Los ingresos brutos obtenidos en la propagación de *Pinus radiata* D. Don para cada tratamiento fueron calculados sobre la base de 10000 plántones, considerándose el precio de venta a S/.2.00 por plantón y generando un ingreso bruto de S/ 20000 para todos los tratamientos.

Ingreso neto

Los ingresos netos de la propagación de *Pinus radiata* D. Don para cada tratamiento se presentan en la Tabla 3.20. Los tratamientos T2, T3, T5, T6, T8 y T9, que contienen materia orgánica como compost y humus de lombriz en los sustratos, muestran un mayor valor de ingreso neto (s/. 10000 plántones), influenciado por los diferentes tamaños de bolsa utilizados.

Tabla 3.20

Ingreso neto en la propagación de Pinus radiata D. Don.

Tratamiento	Ingreso Bruto	Costo total de producción	Ingreso neto
T1	S/ 20,000.00	S/ 7,864.49	S/ 12,135.51
T2	S/ 20,000.00	S/ 8,637.02	S/ 11,362.98
T3	S/ 20,000.00	S/ 8,637.02	S/ 11,362.98
T4	S/ 20,000.00	S/ 10,033.63	S/ 9,966.37
T5	S/ 20,000.00	S/ 11,637.16	S/ 8,362.84
T6	S/ 20,000.00	S/ 11,637.16	S/ 8,362.84
T7	S/ 20,000.00	S/ 11,409.27	S/ 8,590.73
T8	S/ 20,000.00	S/ 13,129.84	S/ 6,870.16
T9	S/ 20,000.00	S/ 13,129.84	S/ 6,870.16

Rentabilidad

Tabla 3.21

Rentabilidad en la propagación del Pinus radiata D. Don, expresado en beneficio/costo.

Tratamiento	Costo total de producción	Ingreso neto	Rentabilidad (B/C)
T1	S/ 7,864.49	S/ 12,135.51	1.54
T2	S/ 8,637.02	S/ 11,362.98	1.32
T3	S/ 8,637.02	S/ 11,362.98	1.32
T4	S/ 10,033.63	S/ 9,966.37	0.99
T5	S/ 11,637.16	S/ 8,362.84	0.72
T6	S/ 11,637.16	S/ 8,362.84	0.72
T7	S/ 11,409.27	S/ 8,590.73	0.75
T8	S/ 13,129.84	S/ 6,870.16	0.52
T9	S/ 13,129.84	S/ 6,870.16	0.52

El tratamiento T1 presenta el mayor valor de la relación beneficio/costo (Tabla 3.21), utilizando la bolsa de tamaño B1 (4"x7"x0.002 mm) y el sustrato S1 (Sustrato con Tierra Negra) obteniendo un índice de 1.54 soles. Esto significa que por cada S/ 1.00 sol invertido solo se recupera S/ 1.54. esto representa un superavit de S/ 0.54 por cada sol, generado por la producción de 10000 plantones de *Pinus radiata* D. Don.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados del presente trabajo, permite arribar las conclusiones siguientes:

- El tamaño de bolsa de polietileno tiene influencia en la propagación de plantones de pino (*Pinus radiata* D. Don), donde la bolsa de tamaño (5" x 10"x 0.002mm) tienen mejores respuestas en altura de plantón (39.39 cm), diámetro de tallo del plantón (4.13 mm), peso seco total (4.9 g), peso seco de la parte aérea (3.6 g), peso seco de la parte radical (1.32 g) y el Índice de calidad de Dickson (0.4). Sin embargo, para longitud de raíz tuvo la mejor respuesta con la bolsa de tamaño (5" x 8"x 0.002mm).
- Los tipos de sustratos no tienen influencia en la propagación de plantones de pino (*Pinus radiata* D. Don); sin embargo, cuantitativamente el sustrato S1 (Sustrato con Tierra Negra) tiene mejor respuesta en los parámetros de evaluación como la altura de planta, diámetro de tallo del plantón. Por otro lado, el S2 (Sustrato con compost) tiene mejor respuesta en los parámetros de evaluación como la longitud de raíz, peso seco total, peso seco de la parte aérea, peso seco de la parte radical y el Índice de calidad de Dickson.

- Con el tamaño de bolsa B1 (4" x 7"x 0.002 mm) y tipo de sustrato S1 (Sustrato con Tierra Negra), se obtiene la mayor rentabilidad, destacándose como la opción más eficiente en términos económicos en la propagación de plántones de *Pinus radiata* D. Don.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvares, A. C. (2018). *Manual de Diseños Experimentales para ingeniería agroforestal e ingeniería en zootecnia*. Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaraguense.
<http://repositorio.uraccan.edu.ni/1282/1/Manual%20dise%C3%B1os%20experimentales.pdf>
- Arizaleta, M., & Pire, R. (2007). Respuesta de plántulas de cafeto al tamaño de la bolsa y fertilización con nitrógeno y fósforo en vivero. *AGROCIENCIA*, 42(1), 9.
<https://doi.org/https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v42n1/v42n1a6.pdf>
- Blanco, E. L., & Centeno, L. R. (2017). Efecto de cuatro tipos de sustratos y tres envases en la obtención de plántones de pino (*Pinus tecunumanii*) en vivero, anexo Marapata – Paucartambo – Pasco 2017. 98. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2821/1/T026_43200528_T.pdf
- Buamscha, G., Contardi, L., Dumroese, K., Enricci, J., Escobar, R., Gonda, H., Jacobs, D., Landis, T., Luna, T., Mexal, J., Wilkinson, K. (2012). *Producción de plantas en viveros forestales*. Consejo Federal de Inversiones (CFI), Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP). Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB).
https://doi.org/http://ciefap.org.ar/documentos/pub/Produc_plantas_viv.pdf
- Canchari, J. (2017). *Influencia de contenedores y sustratos en la propagación de cedro (Cedrela lilloi) y fresno (Fraxinus americana), en Ayacucho a 2792 msnm*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga:
http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3111/1/TESIS%20AG1201_Can.pdf
- Castellano, M., & Molina, R. (2015). Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. *Capítulo 2 Micorrizas*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
- Chala, K., & Sosa, Y. (2017). Influence of substrates in the production of *Pinus maestrensis* Bisse plants in black polyethylene bags in the municipality of Buey Arriba in the province of Granma. *REDEL. Revista Granmense de Desarrollo Local*, 1(3), 14.
<https://doi.org/https://core.ac.uk/download/pdf/233137055.pdf>
- Choque, A. (2015). *La germinación del pino (Pinus radiata) en relación de diferentes sustratos y pre – tratamientos germinativos*. La Paz, Bolivia.: [Tesis de pregrado]. Universidad Mayor de San Andres:

<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5732/T-2081.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Centro de Investigación Forestal Lourizán. (16 de Septiembre de 2017). *Pino insigne.*, de XUNTA DE GALICIA: <https://lourizan.xunta.gal/es/centro/departamentos/departamento-de-silvicultura-y-mejora/recursos-geneticos/materiales-de-reproduccion/pino-insigne>

Comisión Nacional Forestal. (2003). *Pinus Radiata D. Don: Paquetes tecnológicos.*
<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/982Pinus%20radiata.pdf>

Condor, J. A., & Pardo, O. (2021). *Caracterización de la anatomía, propiedades fisicomecánicas y químicas de Pinus radiata D. Don Y Pinus patula Schiede ex Schltdl. & Cham. – Cajamarca.* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Del Centro del Perú:
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7045/T010_73034415_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cuellar, J., & Garrido, J. (2020). *Manejo de Vivero Forestal.* Dirección de Extensión Universitaria y Proyección Social Universidad Nacional Agraria La Molina:
https://proyeccion.lamolina.edu.pe/manuales/Manual_Manejo_Vivero_Forestal.pdf

Duran, M. (2018). *Factores de sitio y productividad de Pinus radiata a escala predial en la región del Biobío, Chile.* Cybertesis Universidad Austral de Chile:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2018/fifd948f/doc/fifd948f.pdf>

Estrada, W. (1997). *Manual para la producción de Pino: Pinus radiata D. Don* (Primera Edición ed.). Quito, Ecuador: EDI-U.

Gálvez, Y. (2015). Guía de Estudios de Agrotecnia Aplicada. Capítulo de silvicultura. Ayacucho, Perú. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.

Instituto de Recursos Naturales. (2005). *Plan Nacional de Reforestación.*
https://www.agrorural.gob.pe/dmdocuments/bnsf/plan_nacional_de_reforestacion.pdf

Lugano, L. (2002). *Enfermedades en Viveros Forestales.* SIVICOFF:
<http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/09%20Manuales%20t%C3%A9cnicos/Lista%20de%20documentos/Viveros%20forestales/Manual%20INTA%20plagas%20viveros.pdf>

McDonald, P. M., & Laacke, R. J. (1990). *Pinus radiata D. Don*, Monterey Pine. En R. M. Burns, & B. H. Honkala, *Silvics of North America, Conifers* (Vol. Volumen 1, pág. 683). Washintong, DC: Forest Service Agriculture. https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/misc/ag_654_vol1.pdf

Michel, M. (2003). El pino radiata (*Pinus Radiata D. Don*) en la historia forestal de la Comunidad Autónoma del País Vasco: análisis de un proceso de forestalismo intensivo. *E.T.S.I. Montes (UPM) [antigua denominación]*. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.404.>, 408.

- Ministerio del Ambiente - Perú (2020). *Linea de Base de Especies Forestales (Pinus sp y Eucalyptus sp.) con fines de Bioseguridad*. Dirección General de Diversidad Biologica:
https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2020/07/LB_-Forestales.pdf
- Morales, E. (2013). *Indicadores de calidad de planta en cuatro viveros forestales del Estado de Tamaulipas*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Muñoz, H. J., Saenz, J. T., Coria, V. M., Garcia, J. d., Hernandez, J., & Manzanilla, G. E. (2013). Calidad de planta en el vivero foestal La Dieta, Municipio Zitácuro, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6, 18.
<https://doi.org/https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v6n27/v6n27a7.pdf>
- Oliva, M., Vacalla, F., Pérez, D., & Tucto, A. (2014). *Manual vivero forestal para producción de plantones de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa, Amazonas – PE*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP:
<http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/publ1419.pdf>
- Prieto, J., Garcia, J., Mejia, J., Huchin, S., & Aguilar, J. (2009). *Producción de planta del género Pinus en vivero en clima templado frío* (Primera Edicion ed.). INIFAP.
<http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/09%20Manuales%20t%C3%A9cnicos/Lista%20de%20documentos/Viveros%20forestales/Manual%20Produccion%20de%20planta%20de%20Pinus%20en%20vivero.pdf>
- Quiroz, I., Chung, P., García, E., González, M., & Soto, H. (2009). *Vivero forestal: producción de plantas nativas a raíz cubierta*. Santiago, Chile.: INFOR.
<https://doi.org/https://doi.org/10.52904/20.500.12220/17366>
- Quiróz, I., González, M., Hernández, Á., Soto, H., García, E., & Pincheira, M. (2012). Efecto del tamaño de contenedor sobre el crecimiento en vivero y comportamiento en terreno de plantas de Quillaja saponaria Mol. establecidas en Florida, Región del Biobio. *Ciencia e Investigación Forestal INFOR Chile*, 18(2), 18.
<https://doi.org/https://revista.infor.cl/index.php/infor/article/view/385/389>
- Quispe, C. (2019). *Influencia del tamaño de bolsas en el crecimiento y desarrollo de patrones de cítricos en el vivero de la E.P. Ingeniería Agroforestal, 580 msnm – Pichari, Cusco*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga:
http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3531/1/TESIS%20AF08_Qui.pdf
- Ramos, A., & Lombardi, I. (2020). Calidad de plantas en un vivero de tecnología intermedia en Huánuco: Estudio de caso con “*Eucalipto urograndis*”. *Revista Forestal del Perú*, 35(2), 14.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v35i2.1581>

- Ramos, R. E. (2015). *Evaluación de diferentes sustratos de materias orgánicas y con microorganismos eficientes en la preparación de compost, en la zona de Pangoa - Perú*. Pangoa. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional del Centro del Perú:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1908>
- Rodríguez, B. R. (2017). *Evaluación del potencial energético del Zacate "KING GRASS" (Pennisetum purpureum), en El Salvador*. Salvador. <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/13120/>
- Rodriguez, D. A. (2008). *Indicadores de calidad de planta forestal*. México: Universidad Autonoma de Chapingo.
- Rodriguez, R., Cueto, A., Majada, J., & Benito, J. L. (2010). *Selvicultura del Pino Insigne (Pinus Radiata): Manual Básico* (2da Edición ed.). ESGERENA S.L.
https://www.asturias.es/Asturias/descargas/PDF_TEMAS/Agricultura/Politica%20Forestal/manual_selvicultura_pino_insigne.pdf
- Romero, A. L. (2016). *Influencia del tamaño de envase y edad del plantón sobre el crecimiento inicial de Swietenia machophylla KING*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional del Centro del Perú:
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3484/Romero%20Escobar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Saldana, R. (2012). *Ánàlisis del crecimiento en Plantaciones de Pinus Radiata en Inkahuasi, Lambayeque*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria La Molina:
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1678>
- Sanchez, F., & Rodriguez, R. J. (2012). *Selvicultura de Pinus radiata*. Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela, 41.
https://webspersoais.usc.es/export9/sites/persoais/persoais/roque.rodriguez/descargas/Pinus_radiata.pdf
- Sánchez, H., Aldrete, A., Vargas, J., & Ordaz, V. (2016). Influencia del tipo y color de envase en el desarrollo de las plantas de pino en vivero. *Agrociencia*, 12.
- Silva, P. (2021). *Metodologia para la evaluación de calidad y levantamiento del inventario de planta en viveros forestales*. CONAFOR. CONAFOR.
- Solano, R. (2013). *Forestación [Guia de Prácticas]*. Ayacucho, Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Tineo, A., Cerda, M., Palomino, R., & Giron, J. (2017). *Fertilidad de suelos: Guia de practicas*. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga. <https://doi.org/Agronomia>

Vargas, H., Santa Cruz, F., & Lizarraga, A. (2020). *Efecto de tamaño de envases y tres tipos de sustratos para la obtención de portainjerto de Cacao (Theobroma cacao L.) en vivero*.
<https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1374>

Vinueza, M. (2013). *Ficha Técnica N° 11 Pinus radiata D. Don*. Ecuador Forestal:
<http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/PINO.pdf>

Zanabria, Y., Cuellar, J. E., Clemente, G., Leyva, H., Contreras, L., & Gala, S. (2014). *Tecnologías de producción en viveros de cuatro especies forestales en el Valle del Mantaro*. Lima, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA - MINAGRI).