

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL



TESIS:

**Tipos de sustrato en la propagación de plantones de moringa
(*Moringa oleífera* Lam) en vivero, Pichari, Cusco, 2019**

Para optar el título profesional de:
INGENIERA AGROFORESTAL

PRESENTADO POR:
Bach. Nancy HUAMANÍ CÓRDOVA

ASESOR:
Mtro. Juan Aníbal GALINDO GALINDO

CO-ASESOR:
Ing. Eduardo ROBLES GARCÍA

AYACUCHO - PERÚ

2024

*A Dios quien con su infinita misericordia me
guía en el camino de la vida.*

*A mis padres Mariano y Cirila, por su
confianza y comprensión.*

*A mis hermanos Henry y Carmen, por su
apoyo incondicional.*

AGRADECIMIENTO

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

A la prestigiosa Facultad de Ciencias Agrarias, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal-Pichari y a sus docentes, por sus enseñanzas académicas y sociales que me brindaron durante mis estudios.

Al Ing. Juan Aníbal Galindo Galindo, asesor del presente trabajo, por su apoyo y colaboración.

Al Ing. Eduardo Robles García, coasesor del presente trabajo, por su disposición y apoyo desinteresado.

Al Dr. Rómulo Solano Agustín Solano Ramos, Dr. Yuri Gálvez Gastelú e Ing. Guillermo Carrasco Aquino, por sus valiosos aportes, recomendaciones, observaciones al presente trabajo.

A la Técnica Karen Alarcón Rojas, al Técnico William De la Cruz Guillén y al Sr. Miki Rúa Enciso, por su apoyo en el presente trabajo.

A mis amigos, por su apoyo directo e indirecto, por su amistad y solidaridad.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	viii
Índice de anexos.....	x
Resumen.....	xi
Introducción	1
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes de la investigación	3
1.2. Bases teóricas	8
1.2.1. <i>Calidad de plántones</i>	8
1.2.2. <i>Producción de plántones en vivero</i>	14
1.2.3. <i>Factores que afectan el crecimiento de la planta en vivero</i>	16
1.2.4. <i>Tipos de sustratos</i>	17
1.2.5. <i>Moringa (Moringa oleífera)</i>	18
1.3. Marco conceptual	23
1.3.1. <i>Vivero</i>	23
1.3.2. <i>Bolsa de polietileno</i>	23
1.3.3. <i>Sustrato</i>	23
1.3.4. <i>Humus de lombriz</i>	24
1.3.5. <i>Arena fina</i>	24
1.3.6. <i>Índice de calidad de Dickson</i>	24
CAPÍTULO II	
METODOLOGÍA.....	25
2.1. Ubicación.....	25
2.2. Características climáticas	26
2.3. Análisis de los sustratos	27
2.4. Materiales y equipos.....	28
2.4.1. <i>Materiales - herramientas de campo</i>	28
2.4.2. <i>Materiales de medición forestal</i>	28

2.4.3. Equipo.....	28
2.5. Problemas específicos	28
2.6. Variables	28
2.6.1. Variable independiente	28
2.6.2. Variable dependiente	29
2.7. Procedimiento.....	29
2.7.1. Población.....	29
2.7.2. Muestra.....	29
2.8. Unidad de análisis	29
2.9. Diseño experimental.....	29
2.10. Análisis estadístico	30
2.11. Procedimiento experimental.....	30
2.11.1. Preparación del terreno.....	30
2.11.2. Instalación del tinglado.....	30
2.11.3. Construcción de la cama de almácigo	31
2.11.4. Preparación de sustrato para almácigo	31
2.11.5. Almacigado de semillas	31
2.11.6. Preparación de sustrato para la crianza.....	31
2.11.7. Embolsado de sustrato	32
2.11.8. Repique	32
2.11.9. Riego.....	32
2.11.10. Desmalezado	32
2.12. Evaluación de los parámetros.....	32
2.12.1. Altura del plantón.....	32
2.12.2. Diámetro del plantón.....	32
2.12.3. Longitud de raíz.....	33
2.12.4. Biomasa aérea (g) y radicular.....	33
2.12.5. Índice de Robustez (IR).....	33
2.12.6. Relación de la biomasa aérea/radicular	33
2.12.7. Índice de calidad de Dickson (ICD)	33
2.12.8. Índice de lignificación	34
2.12.9. Relación altura/longitud de raíz.....	34
2.13. Procesamiento de información.....	34

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
3.1. Altura de plantón	35
3.2. Diámetro de tallo	37
3.3. Longitud de raíz.....	39
3.4. Biomasa seca aérea.....	41
3.5. Biomasa seca radicular	42
3.6. Índice de robustez.....	44
3.7. Relación de la biomasa seca aérea/biomasa seca radicular	45
3.8. Índice de calidad de Dickson.....	47
3.9. Índice de lignificación	48
3.10. Relación altura de plantón/ longitud de raíz.....	50
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. <i>Valoración de las propiedades nutricionales de Moringa oleífera.....</i>	23
Tabla 2.1. <i>Interpretación del análisis de los sustratos.....</i>	27
Tabla 3.1. <i>Análisis de variancia de la altura del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco.....</i>	35
Tabla 3.2. <i>Análisis de variancia del diámetro de tallo del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco</i>	37
Tabla 3.3. <i>Análisis de variancia de longitud de raíz del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco</i>	39
Tabla 3.4. <i>Análisis de variancia de biomasa seca aérea del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco</i>	41
Tabla 3.5. <i>Análisis de variancia de biomasa seca radicular del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco</i>	42
Tabla 3.6. <i>Análisis de variancia del Índice de Robustez del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco</i>	44
Tabla 3.7. <i>Análisis de variancia de la relación entre biomasa seca aérea y biomasa seca radicular del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco</i>	45
Tabla 3.8. <i>Análisis de variancia del Índice de Calidad de Dickson del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco</i>	47
Tabla 3.9. <i>Análisis de variancia del Índice de Lignificación del plantón de moringa a 2 meses después del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco.....</i>	48
Tabla 3.10. <i>Análisis de variancia de la relación altura/ longitud de raíz del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco</i>	50

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. <i>Países donde se cultiva la Moringa oleífera</i>	20
Figura 2.1. <i>Mapas de ubicación del departamento del Cusco, provincia de La Convención y distrito de Pichari</i>	25
Figura 2.2. <i>Ubicación del trabajo de investigación- Centro Experimental de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal-Pichari (EPIAF)</i>	26
Figura 2.3. <i>Balance hídrico histórico del distrito de Pichari, La Convención, Cusco</i>	27
Figura 2.4. <i>Croquis del campo experimental</i>	30
Figura 3.1. <i>Prueba de Tukey de la altura promedio de plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco</i>	36
Figura 3.2. <i>Prueba de Tukey del diámetro de tallo del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco</i>	38
Figura 3.3. <i>Prueba de Tukey de la longitud de raíz promedio del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco</i>	40
Figura 3.4. <i>Prueba de Tukey de peso seco promedio de biomasa aérea del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco</i>	42
Figura 3.5. <i>Prueba de Tukey de peso seco promedio de biomasa radicular del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco</i>	43
Figura 3.6. <i>Prueba de Tukey del Índice de Robustez promedio del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco</i>	44
Figura 3.7. <i>Prueba de Tukey de la relación de biomasa aérea/ biomasa radicular del plantón de moringa a dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco</i>	46
Figura 3.8. <i>Prueba de Tukey del Índice de Calidad de Dickson promedio del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco</i>	47

Figura 3.9. <i>Prueba de Tukey del Índice de Lignificación promedio del plantón de moringa evaluado a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco</i>	49
Figura 3.10. <i>Prueba de Tukey de la relación altura y longitud de raíz del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco.....</i>	50

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. <i>Análisis de Caracterización de lo sustratos en estudio</i>	58
Anexo 2. <i>Métodos de análisis y tabla de interpretación de resultados</i>	59
Anexo 3. <i>Interpretación del resultado de análisis del sustrato</i>	60
Anexo 4. <i>Galería fotográfica</i>	61

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de cuatro tipos de sustrato en la propagación de plántones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en el vivero del Centro Experimental de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal, Pichari, Cusco (CEEPIAP). Para el estudio se utilizó el diseño experimental Completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos y 4 repeticiones con 10 plantas por repetición. Los parámetros evaluados fueron; altura de plánton, diámetro de tallo, biomasa seca aérea, relación altura/longitud de raíz, Índice de Dickson, relación de biomasa aérea, biomasa, longitud de raíz, biomasa seca radicular, Índice de lignificación e Índice de robustez. Los sustratos fueron: **T₁**: tierra agrícola 50% + arena fina 30% + aserrín 20%; **T₂**: tierra agrícola 50% + arena fina 30% + humus 20%; **T₃**: tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + aserrín 20%; **T₄**: tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30%+ humus 20%. Los resultados obtenidos a los dos meses del repique, muestran que el Tratamiento 4 compuesto por tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + humus 20%, tuvo efecto positivo y directo en la altura de plánton (65.50 cm), diámetro de tallo (4.81 cm), biomasa seca aérea (8.95 g), relación altura/longitud de raíz (6.16), Índice de Dickson (0.21) y en la relación de biomasa aérea y biomasa radicular (2.95). El tratamiento 3 compuesto por tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + aserrín 20%, tuvo efecto en la longitud de raíz (20.39 cm), biomasa seca radicular (1.37 g), mientras que los cuatro sustratos no tuvieron influencia en Índice de lignificación e Índice de robustez.

Palabras clave: moringa, *Moringa oleífera*, propagación sexual, sustratos, (VRAEM).

INTRODUCCIÓN

La *Moringa oleífera* Lam., conocido comúnmente como moringa, es un árbol que tiene un gran potencial para su cultivo en muchas partes de América tropical por su combinación singular de propiedades. Las hojas son comestibles y ricas en proteínas, con un perfil de aminoácidos esenciales muy balanceado. Al mismo tiempo, contiene vitaminas A y C, en altas cantidades, así como antioxidantes potentes. También se utiliza como forraje nutritivo para los animales. Los frutos jóvenes son comestibles y las semillas producen un aceite comestible y lubricante de altísima calidad. Los desechos del prensado de las semillas para obtener el aceite contienen uno de los floculantes o aglutinantes vegetales más potentes que se conocen y pueden eliminar la turbidez del agua (Martínez, 1959; Reyes et al., 2006). Estos árboles crecen con suma rapidez, tolera el calor y es resistente a la sequía.

Asimismo, es necesario mencionar que la moringa no es exigente en suelos de calidad y ayudaría mucho en la recuperación, mejoramiento y conservación de los suelos en el Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM).

Por otro lado, un estudio para conocer sobre *Moringa oleífera*, puede representar un importante aporte socio-económico al mejoramiento de las condiciones del nivel de vida de la población, no solo por los beneficios directos al consumir la planta, nutrición, alimentación animal, sino también en las posibilidades de generar productos para la industria con beneficios económicos (Mora, 2017).

Sin embargo, en esta parte del Perú (VRAEM), se conoce muy poco sobre esta especie. Solo encontramos dos casos de intentos de adaptación, uno, la existencia de una hectárea de este cultivo de aproximadamente un año de edad a cargo de PROVRAEM en Río Tambo (Satipo), bajo el sistema agroforestal integrado por cacao y moringa, el otro

caso, es la pérdida total de varias hectáreas de los agricultores por el daño económico causado por la hormiga, más conocida como “coqui” (*Atta sp*).

Por lo tanto, es imprescindible efectuar estudios silviculturales de la moringa en vivero desde el manejo de semillas, sustratos adecuados, repique y crianza de plántones hasta obtener plántones de calidad para luego llevar a campo definitivo.

En tal sentido, considerando todo lo anterior se propuso realizar un trabajo de investigación utilizando diferentes tipos de sustratos en la producción de plántones de moringa de calidad, con los siguientes objetivos.

Objetivo general

Determinar el efecto de tipos de sustrato en la propagación de plántones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en condiciones de vivero, Pichari.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de cuatro tipos de sustratos en las características morfológicas de los plántones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en condiciones de vivero, Pichari.
2. Determinar el tipo de sustrato óptimo en la propagación de plántones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en vivero.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

Chuquihuaraca (2020), al realizar el trabajo evaluación de tratamientos pre germinativos y tipos de sustratos en la producción de plántones de Moringa (*Moringa oleífera* Lam.) cuyos objetivos fueron:

Determinar el tratamiento pre germinativo y el tipo de sustrato más óptimo en la producción de plántones de moringa (*Moringa oleífera* Lam.) en vivero, encontró que:

Existe diferencia estadística altamente significativa entre los tipos de sustratos en la producción de plántones de *Moringa oleífera* Lam. para las variables: altura de planta, peso fresco de la planta y peso seco de la planta, donde se observa que el tratamiento T1 (Tierra agrícola 50% + Arena 25% + Compost de café 25%) muestra los mejores promedios de 64.91 cm, 0.0153 kg y 0.0075 kg respectivamente. En contraste para las variables longitud de raíz y diámetro de tallo, no se presenta diferencia estadística significativa, presentando como promedios 8.88 cm para la longitud de raíz y 0.046 cm. para diámetro de tallo, respectivamente. (p. 2)

Silvestre (2019) en su trabajo de tesis de pregrado, cuyo objetivo fue:

Evaluar del efecto de cinco sustratos en el desarrollo de plantas de *Moringa oleífera* Lam, en vivero, en la provincia de Santa Elena usando cañas de guadua curadas y serán polisombra; se utilizó el diseño de bloques completos al azar DBCA, con bolsas de polietileno 0.20m x 0.30m con cuatro repeticiones, encontró que la germinación y sobrevivencia permiten señalar que esta especie es adaptable a nuestro medio. El tratamiento dos; del sustrato compost 50% - suelo 50% mostró el mejor desarrollo y crecimiento en vivero. Sin embargo, a nivel radicular y peso

del mismo el sustrato de arena 50% - suelo 50% fue superior al sustrato del tratamiento dos. (p. 2)

Mora y García (2017) evaluaron las características físicas, capacidad de germinación y crecimiento en vivero de la *Moringa oleífera* Lam, con los siguientes objetivos:

Evaluar los efectos de sustrato en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de *Moringa Oleífera* Lam, bajo cuatro sustratos en el Municipio de Turbo, Colombia; para lo cual se utilizó un diseño completamente al azar. Los tratamientos estuvieron compuestos por los sustratos (T1 cascarilla de arroz 75% + arena 25%, T2 escombros de palo 75%+ arena 25%, T3 aserrín 75% + arena 25%, T4 testigo 100% tierra) con cuatro tratamientos. Las variables evaluadas fueron: altura de plántulas, longitud de la raíz, el número de hojas, peso de la planta de semillero fresca entera, índice de velocidad de germinación.

Los resultados indican que el mejor sustrato en porcentaje de germinación fue el testigo (tierra), teniendo como resultado un 95%, pese a no mostrar diferencia significativa entre tratamientos. Durante el proceso de la medición del comportamiento del largo de la plántula la que obtuvo mejor desarrollo fue el sustrato de palo, arrojando como resultado de 21.6 cm. El proceso comparativo de la raíz por sustrato, la que mostró mejores resultados fue el sustrato de aserrín, con un largo de 7.64 cm. En la evaluación del peso de las plántulas la que mejor resultado mostro fue el sustrato de palo, con peso de 3.62 gr. El sustrato que presento mayores porcentajes de crecimientos fue escombros de palo, con una medida de 50 cm de largo. (p. 2)

Cervantes (2017) en su trabajo efecto de sustratos sobre la propagación sexual del cultivo de moringa (*Moringa oleífera*) en vivero en Vines, Ecuador, tuvo como objetivos:

Establecer cuál de los sustratos tiene mejor efecto de acuerdo al porcentaje de prendimiento y determinar el crecimiento de la biomasa radicular y foliar en las plantas de moringa de acuerdo a los tratamientos. Se utilizó el diseño bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, cuyos resultados a los 60 días de desarrollo del cultivo se obtuvo que el T₃ compuesto por 70 % suelo, 20 % humus de lombriz, 10 % cascarilla de arroz, fue superior en longitud de hoja con

37,80 cm, diámetro con 10,29 mm, longitud de la raíz con 22,8 cm , número de raíces 13, peso de la raíz con 20,34 g, seguido del T₄ compuesto por 50 % suelo, 20 % turba, 20 % cascarilla de arroz, 10 % humus de lombriz, que destacó en las variables: altura de planta con 65,20 cm, número de hojas 12; el tratamiento, finalmente el T₂ compuesto por 40 % suelo, 30 % turba, 30 % arena que alcanzó mayor diámetro de la raíz con 15,64 mm. (p. 2)

Valdés et al. (2014) efectuaron el análisis y ajuste de curvas de crecimiento de *Moringa oleífera* Lam., con el objetivo de:

Analizar curvas de crecimiento de plántulas de *M. oleífera* bajo condiciones de invernadero en seis sustratos con diferente contenido nutrimental: arenoso (A), franco-arenoso (FA), arcilloso (AC) y composta de cachaza de caña (C) mezclada en proporciones de A2:C1, A1:C1 y A1:C2, cuyos resultados indican diferencias significativas en diámetro, altura de tallo y número de hojas entre el sustrato A y los otros a partir de los 20 días ($P < 0.05$). Los sustratos A1:C1 y A1:C2 permitieron tasas de crecimiento mayores en altura y diámetro de tallo, seguidos del sustrato A2:C1 y los sustratos FA y AC. Los modelos que mejor ajuste tuvieron con las curvas de crecimiento fueron el Logístico, con coeficientes de determinación de 0.96 y Gompertz con 0.95. Se concluye que una combinación A1:C1 fue suficiente para obtener altas tasas de crecimiento en *M. oleífera* y que los modelos Gompertz y Logístico permitieron predecir este crecimiento en diferentes sustratos durante su fase de vivero. (p. 66)

Alcántara (2015) en su trabajo evaluó el efecto de sustratos comerciales en la germinación y crecimiento inicial de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. y *Pinus tecunumanii* F. Schwerdtf. ex Eguluz & J. P. Perry en condiciones de vivero – San Ramón – Chanchamayo, con el objetivo de:

Evaluar los efectos de tres sustratos comerciales Sunshine PreMix #8, MecPlant 1C y MecPlant 3C y sus mezclas entre sí, en la germinación, crecimiento inicial y calidad de plantas de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. y *Pinus tecunumanii* F. Schwerdtf. ex Eguluz & J. P. Perry. El diseño experimental fue en bloques completamente al azar; los siete tratamientos y dos bloques generados se mantuvieron bajo condiciones de vivero, por un periodo de 140 días, Las variables evaluadas fueron: Germinación (%) y Sobrevivencia (%), Altura (AL), Diámetro

(D), Índice de Calidad de Dickson (ICD), Índice de Robustez (IR), Índice de Lignificación (IL) e Índice de Biomasa de la Parte Aérea y Parte Radical (BPA/BPR). Los resultados obtenidos señalan que para *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. y *Pinus tecunumanii* F. Schwerdtf. ex Eguiluz & J. P. Perry, el tratamiento con mayor porcentaje de germinación fue el T5 (Sunshine PreMix #8 x MecPlant 3C) con un 95.72 % y 98.13% respectivamente; en cuanto al crecimiento en altura y diámetro, fue el T5 (Sunshine PreMix #8 x MecPlant 3C) con valores de 27.833 cm. y 5.150 mm para *P. oocarpa* y valores de 25.803 cm. y 5.051 mm. para *P. tecunumanii*; en tal sentido, el tratamiento que obtuvo los mejores resultados en mención a la calidad de planta también fue el T5 (Sunshine PreMix #8 x MecPlant 3C). (p.2)

Rojas (2015) evaluó la producción de plantones de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke), cuyos objetivos fueron:

Determinar el crecimiento de altura y diámetro, biomasa aérea, biomasa radicular y calidad de plantones y el sustrato orgánico óptimo para plantones de calidad.; se ejecutó entre febrero a agosto del 2015, en el Vivero Forestal y Ornamental y en el Laboratorio de Certificación de Semillas Forestales de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicados en el distrito Rupa Rupa, región Huánuco. Los tratamientos fueron: sustrato de bosque (T0), sustrato de vivero (T1), sustrato de vivero + guano de isla al 0.5% (T2), sustrato de vivero + gallinaza al 3% (T3) y sustrato de vivero + abono orgánico Tropimax (T4), distribuidos en bloques completos al azar. Se evaluó la altura y diámetro, índices de calidad: robustez, relación BSA/BSR, índice de Dickson, índice de lignificación y relación tallo-raíz, cuyos resultados señalan mayor valor en altura (20.88 cm), diámetro (3.51 mm) y biomasa radicular (0.51 g) para el T₀, la biomasa aérea (1.79 g) en el T₃, en calidad el T₀ mostró mejor desempeño, con calidades altas en altura (≥ 15), relación altura/longitud de raíz ($< 2:1$) e índice de lignificación (>17.01), con calidades medias en el diámetro (2.5 - 4.9), Dickson (0.2 - 0.4), robustez (7.9 - 6) y solo en la relación BSA/BSR presentó calidad baja (≥ 2.5). (pp. 53, 90)

Canchari (2017) evaluó 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, con los siguientes objetivos:

Determinar la influencia de tipos de contenedores y sustratos en la propagación de cedro (*Cedrela lilloi*) y fresno (*Fraxinus americana*) en condiciones de Vivero. Se utilizó 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. Se emplearon bolsas de polietileno de 4" x 7" x 2 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. La bolsa de polietileno (4" x 7"x 2 mm) y el sustrato S4 compuesto en proporción 3:2:1 de (Tierra negra 50% + vermiculita 33.3% + compost 16.7%), respectivamente; La evaluación de los parámetros de altura de plánton, diámetro de tallo, longitud de raíz, peso seco total, peso seco de la parte aérea, peso seco de raíz y relación parte aérea – raíz en peso seco; los resultados fueron; efecto del sustrato, contenedor y especie; porque presenta correlación estadísticamente significativa entre sí. Y el costo unitario de plantones de cedro y fresno en bolsas de polietileno 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. 2)

Aquino (2017) señala que al evaluar el efecto del uso de 4 tipos de sustratos para la producción de plántula de papaya (*Carica papaya* L.) en condiciones de vivero en el Centro de Investigación Frutícola - Olerícola de Cayhuayna – UNHEVAL, los objetivos específicos fueron:

- 1) Determinar el efecto del sustrato Comercial Turba (*Peat moss*) en la fase vegetativa, 2) Determinar el efecto del sustrato comercial + arena + aserrín (2:1.1) en la fase vegetativa, 3) Determinar el efecto del sustrato comercial + arena + aserrín (1:2.1) en la fase vegetativa y 4) Determinar el efecto del sustrato comercial + arena + aserrín (1:1.2) en la fase vegetativa; para ello se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con 5 tratamientos y 10 repeticiones, analizándose con la técnica estadística ANDEVA y la prueba de comparaciones

múltiples Tukey al 5% y 1% de significación; las variables evaluadas fueron; días a la emergencia, altura de la planta, diámetro del tallo, días a la aparición de las primeras hojas verdaderas y longitud de la raíz, fueron tomadas entre el periodo de siembra hasta los 3 meses posterior a la emergencia.

Los resultados mencionan que el sustrato “turba” correspondiente al tratamiento 1 (t1) mostró alta significación; en días a la emergencia (16 días), altura de la planta (41,55 centímetros), diámetro del tallo (0,48 milímetros), biomasa (peso fresco con 58,37 gramos y peso seco con 5,80 gramos, días a la aparición de las primeras hojas verdaderas (26 días) y longitud de la raíz (25,50 centímetros); por lo que se recomienda emplear el sustrato comercial (Turba) para producción de plántones de papaya en vivero y realizar trabajos de investigación en diferentes cultivos frutícolas empleando el mismo sustrato, debido a que provee las mejores características para el crecimiento y desarrollo de las plantas. (p. 2)

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Calidad de plántones

Rodríguez (2008) manifiesta que “la planta de calidad es aquella que posee ciertas propiedades morfológicas y fisiológicas que le permiten establecerse, crecer y desarrollarse vigorosamente en el sitio de plantación (aclimatarse). Cuando se utiliza planta de calidad, la supervivencia es mayor” (p.109).

a) Altura

“Esta es una variable fácil de medir, y se ha determinado que existe correlación entre la altura al momento de plantación y la supervivencia y el crecimiento uno o más años después en varias especies” (Rodríguez, 2008, p.114).

b) Diámetro

“Aunque es un poco difícil de ser medido, en general se considera que el diámetro es un mejor indicador de calidad de planta que la altura” (Rodríguez, 2008, p. 116).

Mexal y Landis (1990, como se citó en Rojas, 2015) mencionan que:

El diámetro permite predecir en gran medida la supervivencia de la planta en campo, especialmente, cuando se incluye una estimación de la biomasa de la raíz, aparentemente, el diámetro es un buen indicador del comportamiento de la altura

y ambos definen la producción de biomasa de la parte aérea y la raíz. En diferentes estudios se ha encontrado que los brinzales con diámetro mayor tienen tasas de supervivencia más altas y se indica que esta aumenta de 5 a 7% por cada milímetro de incremento en el diámetro de los mismos. Una supervivencia alta (> 80%), se logra cuando las plantas tienen de 5 a 6 mm de diámetro. (p. 36)

Rodríguez (2008) al comentar sobre desarrollo de raíces señala que “el potasio es esencial para el desarrollo y crecimiento de las raíces. ayuda a regular la elongación celular y la división de células en las puntas de las raíces. Las raíces sanas y fuertes son fundamentales para la absorción eficiente de nutrientes y agua” (p. 79).

c) Biomasa

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

d) Índice de robustez

Referente al índice de robustez, Rodríguez (2008) sostiene que:

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

e) Relación de la biomasa aérea/ radicular

Rodríguez (2008) considera que esta relación:

También puede expresarse en términos de volumen o como relación biomasa subterránea entre biomasa aérea. Representa en términos generales la proporción entre tejido evapotranspiracional o productor (particularmente en especies cespitosas, donde gran parte de dicha biomasa es follaje) y tejido absorbedor de agua y nutrientes (raíces). Si tal valor es igual a uno, significa que la biomasa aérea es igual a la biomasa subterránea, si el valor es menor de uno, la biomasa aérea es mayor que la biomasa subterránea. (p. 120)

f) Índice de calidad de Dickson

Dickson (1960, como se citó en Rodríguez, 2008) manifiesta que:

Combina cinco variables morfológicas y, que fue usado con éxito por sus creadores en *Picea glauca* y en *Pinus albicaulis*. Cuyo modelo es el siguiente:

$$QI = p / ((h/ d) + (pa / ps))$$

Donde:

QI = índice de calidad,

p = peso anhidro total de la planta (g),

h = la altura (cm),

d = diámetro (mm),

pa = peso anhidro de la parte aérea (g) y,

ps = peso anhidro de la parte subterránea (g).

Además, señala que:

Este Índice integra 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 o Índice de Tallo-Raíz (ITR)” que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar plantas de menor altura, pero con mayor vigor. Además, indica que de acuerdo con estudios realizados por Hunt (1990) en coníferas, un QI inferior a 0,15 podría significar problemas en el establecimiento de una plantación: $ICD = PST/(ALT/DAC + PST/PSR)$. (p.121)

Asimismo, Rodríguez (2008) menciona que el índice de Dickson en plantas es un indicador crucial con varios beneficios:

Resistencia a la desecación: El índice de Dickson está relacionado con la resistencia de la planta a la desecación causada por el viento. Una planta con un índice más bajo tiende a ser más resistente a la sequía y al estrés hídrico.

Supervivencia y crecimiento, un índice de Dickson menor a seis se asocia con una mayor supervivencia y un mejor crecimiento en condiciones secas. Esto significa que las plantas con un índice más bajo tienen más probabilidades de sobrevivir y prosperar en entornos con poca disponibilidad de agua.

Potencial de establecimiento, las plantas con un índice de Dickson adecuado tienen un mayor potencial para establecerse y crecer en áreas con suelos secos o en proyectos de reforestación. (p. 121)

g) Índice de lignificación

Al respecto, Rodríguez (2008) indica que para encontrar el índice de lignificación se relaciona:

El peso seco total y el peso húmedo total de la planta, el cual determina el porcentaje (%) de lignificación.

Se calculó con la fórmula:

$$IL = PST/PHT$$

Donde:

IL = índice de lignificación

PST= Peso seco total de la planta

PHT= Peso húmedo total de la planta. (p.145)

Garvillo (2024) al comentar sobre desarrollo de raíces, indica que “el potasio manifiesta que es esencial para el desarrollo y crecimiento de las raíces. ayuda a regular la elongación celular y la división de células en las puntas de las raíces. Las raíces sanas y fuertes son fundamentales para la absorción eficiente de nutrientes y agua” (p.15).

h) Relación altura/ longitud de raíz

Según Rojas (2015) la relación altura/longitud de raíz “Predice el éxito de la plantación y debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radicular de los plantones” (67).

Mientras que Gonzáles (2007, como se citó en Rojas, 2015) menciona que:

La relación altura y longitud de raíz ha sido vista como una medición del balance entre el área de transpiración (tallo y hojas) y el área de absorción (raíces finas y gruesas) de agua y nutrientes de la planta. Se calculó como el cociente entre el peso seco del tallo y el peso seco de la raíz. Su interpretación es equivalente a la del coeficiente de vigorosidad. (p. 82)

Vilagrosa et al. (2006), indican que:

Se han empleado multitud de atributos morfológicos cuantitativos para caracterizar la calidad de una planta. Los más utilizados han sido la altura de la parte aérea, el diámetro del cuello de la raíz y los pesos secos de la raíz y la parte aérea, todos ellos descriptores del grado de desarrollo de la parte aérea y radical” (p.127).

Quiróz et al. (2009), respecto a los atributos morfológicos de una planta, manifiestan que:

No obstante, los atributos morfológicos, pueden correlacionarse exitosamente con la supervivencia y el crecimiento inicial en terreno de muchas especies de uso forestal, cabe señalar que mientras más grande es la planta, mayor es su potencialidad de supervivencia, por ello, se consideran parámetros adecuados para evaluar la calidad de las plantas. (p. 67)

A continuación, Quiróz et al. (2009) “plantea algunos atributos morfológicos e Índices de calidad, que permiten caracterizar en forma cuantitativa la calidad de la planta” (p. 67).

Altura, al respecto, Quiroz et al. (2009), manifiestan que:

La variable altura se relaciona con su capacidad fotosintética y su superficie de transpiración. Las plantas más altas pueden lidiar mejor con la vegetación competidora, aunque esto implica una buena salud fisiológica y un sistema radicular adecuado. Esta variable se expresa generalmente en centímetros. (p. 68)

Diámetro de cuello (DAC), Quiróz et al. (2009) mencionan que “es un indicador de la capacidad de transporte de agua hacia la parte aérea, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa de tolerar altas temperaturas de la planta. Esta variable se expresa generalmente en milímetros” (p. 68).

i) Razón altura/diámetro (A/D)

Al respecto, Quiróz et al. 2009) señalan que “es el cociente o razón entre la altura (cm) y el DAC (mm) (ALT/DAC)” “Este índice relaciona la resistencia de la planta con

la capacidad fotosintética de la misma. Entre 5-10 indican una mejor calidad de planta, valores sobre 10, indican una planta muy alta” (p. 69).

j) Razón tallo/raíz (T/R)

Quiróz et al. (2009), expresan que la “relación Tallo/Raíz, o Índice Tallo/Raíz (ITR), se define como la razón entre el peso seco de la parte aérea (tallo y hojas) y el peso seco de la raíz. Determina el balance entre la superficie transpirante y la superficie absorbente de la planta” (p. 69).

k) Lignificación de paredes celulares

Donaldson (2001) sostiene que:

El primer paso en la lignificación implicaría la secreción de los monolignoles en un proceso mediado por el aparato de Golgi. Estos monolignoles son oxidados por la acción de la peroxidasa y posteriormente polimerizan. La lignificación comienza en las esquinas celulares, la lámina media y la capa S1 de la pared secundaria, extendiéndose después por el resto de la pared secundaria hacia el lumen. (p. 49)

Además, Donaldson (2001) expresa que:

Debido a que la lignificación comienza en la región más alejada del protoplasto, se ha sugerido que haya puntos de inicio ligados a regiones específicas de la pared celular, donde comienza la polimerización, asimismo, las enzimas ligadas a puntos específicos en la pared celular podrían actuar como sitios de inicio, aunque el hecho de que tanto peroxidasas como oxidasas estén restringidas a las células lignificantes durante la formación de la xilema. (p. 51)

INFOJARDIN (2023) también sostiene que:

La lignificación es el proceso por el cual las células de las plantas se vuelven más rígidas y resistentes gracias a la acumulación de lignina, un polímero complejo que se encuentra en las paredes celulares de las plantas. La lignificación es un proceso natural que ocurre en las plantas a medida que maduran y se desarrollan. La lignificación de los plantones forestales se debe a la necesidad de que estos sean capaces de soportar el peso de su propio crecimiento y resistir las condiciones climáticas adversas. (p.7)

1.2.2. Producción de plántones en vivero

a) Vivero

Vásquez (2001) Cuando se refiere al vivero forestal suscribe que:

Es el lugar destinado a la crianza y producción de plántones forestales capaces de abastecer las necesidades de los programas reforestación con plantas de alta calidad que garanticen una buena supervivencia, prendimiento y crecimiento a fin de establecer poblaciones forestales homogéneas con altos rendimientos. (p. 68)

Solano (2013) señala que “el vivero es el lugar destinado a la obtención, con el mejor rendimiento posible, de plántones de óptima calidad y capaces de soportar satisfactoriamente las condiciones del medio en campo definitivo” (p.27).

b) Bolsa plástica

Rojas (2015) manifiesta que las ventajas de propagar en bolsas plásticas, son:

- Ampliamente conocido y popularmente aceptado.
 - De fácil trabajabilidad.
 - De alta resistencia y duración.
 - De fácil control de plagas, enfermedades, riegos y malezas.
 - Para gran cantidad de especies.
 - Para una producción que tarda de 4 a 6 meses.
 - Porque facilita el control de calidad de los plántones.
 - Porque se pueden adicionar enmiendas para controlar la calidad del sustrato.
- (p.12)

c) Semillas forestales

Rojas (2015) indica que la compra de semillas forestales tiene las siguientes ventajas:

- Se obtienen las semillas en el momento y en la cantidad que se requiere.
- Es la mejor manera de conseguir semillas de especies del extranjero (es el caso de los pinos)
- La mayoría de los bancos de semilla brindan certificados de calidad del material y asesoran acerca de cómo manejarlas.
- Generalmente el material que venden es de buena calidad. (p. 9)

d) Camas de germinación

Respecto a las camas de germinación, Rojas (2015) manifiesta que “son estructuras de concreto, ladrillo o madera de tamaño variable, fijas o transportables y se emplean solo para especies delicadas” (p. 10).

e) Repique

Rojas (2015) suscribe que “el repique consiste en el traslado de plantas recién germinadas del germinador al sistema de producción previamente seleccionado. De un buen repique depende en gran parte la forma y calidad del sistema radical. La mayoría de las especies se repican cuando aparecen sus primeras hojas” (p. 39).

Asimismo, Solano (2013) señala que el repique “es una actividad que consiste en trasladar la plántula a recipientes individuales o platabandas de modo que puedan desarrollarse adecuadamente hasta el momento de ser llevado a campo definitivo” (p. 38).

f) Llenado de bolsas

Rojas (2015) manifiesta que un buen embolsado requiere de los siguientes pasos:

- Preparar una buena mezcla de sustrato. Lógicamente esto depende del tipo de tierra del vivero. Prefiere siempre un suelo liviano, homogéneo, fácil de conseguir, libre de semillas de malezas, buena aireación y drenaje.
- Tamizar o colar tanto la tierra como la arena.
- Se recomienda aplicar desinfectante al suelo, tal como VAPAN, BASAMID, PCNB, formalina, calor, solarización u otro, tanto a la tierra como la arena y espere el tiempo indicado.
- Preparar y aplanar el sitio donde colocará las bolsas y en los cuatro extremos de la era de la tienda un alambre, bambú o reglas de madera que sirvan como sostén.
- Mezclar tres partes de tierra buena más una parte de arena, remezcla y agregue fertilizantes granulares (10-30-10) en poca cantidad (100g por carretilla de tierra)
- Llenar totalmente las bolsas y compactar la tierra hasta lograr cilindros casi perfectos.
- Acomodar las bolsas perfectamente. (p. 38)

g) Manejo de vivero

La Empresa Nacional de Capacitación [ENCAP] (2008) menciona que “El manejo del vivero consiste en regar las plantas al menos dos veces por semana, realizar el control manual de malezas dentro de la bolsa de polietileno y el control mecánico de las malezas entre los surcos, además, el reacomodo de las bolsas que se desalinean en los surcos establecidos” (p.17).

1.2.3. Factores que afectan el crecimiento de la planta en vivero

Empresa Nacional de Capacitación (ENCAP, 2008) señala que “las bajas temperaturas, las constantes lluvias, y la velocidad del aire, afectan considerablemente el desarrollo de la planta y provocan el amarillamiento de las hojas bajas de la planta y en algunos casos, defoliación. La deficiencia de agua y el clima frío son tan perjudiciales como el anegamiento” (p. 21).

Pastor (1999) considera que el término “sustrato” que se aplica en la producción viverística se refiere:

A todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que, colocado en contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular; el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta allí ubicada. Esto último, clasifica a los sustratos en químicamente inertes (perlita, lana de roca, roca volcánica, etc.) y químicamente activos (turbas, corteza de pino, etc.) (p. 133).

a) Características físicas

Pastor (1999) menciona que:

Las características físicas del sustrato vienen determinadas por la estructura interna de las partículas, su granulometría y el tipo de empaquetamiento y algunas de las más destacadas son:

- Densidad real y aparente
- Distribución granulométrica
- Porosidad y aireación
- Retención de agua
- Permeabilidad

- Distribución de tamaños de poros
- Estabilidad estructural. (p.134)

b) Características químicas

Pastor (1999) refiere que estas propiedades vienen definidas por la composición elemental de los materiales; éstas caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del mismo. Entre las características químicas de los sustratos destacan:

- Capacidad de intercambio catiónico
- pH
- Capacidad tampón
- Contenido de nutrimentos
- Relación C/N. (p.132)

1.2.4. Tipos de sustratos

a) Humus de Lombriz

Alvarado y Solano (2002, como se citó en Canchari, 2017) indican que:

Las lombrices de tierra tienen una capacidad de formación de humus considerable. El sistema digestivo es su principal adaptación evolutiva que le permite sobrevivir en escasa cantidad de nutrientes. Luego de la digestión, se produce la expulsión de los residuos no digeridos, pero si transformados en una mezcla íntima química y físicamente homogénea, de fina materia orgánica e inorgánica. A estas excretas se les denomina “humus de lombriz” y posee un elevado valor de fertilizantes. (p. 24)

b) Suelo

Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA, 2002, como se citó en Aquino, 2017) menciona que:

Los suelos franco arenosos o francos son ingredientes buenos para la preparación de mezclas con suelo. Los francos tienen las características físicas deseables de las arcillas y las arenas sin mostrar las propiedades indeseables de soltura extrema, baja fertilidad, y baja retención de humedad, por un lado, y adherencia, compactación, drenaje y movimiento lento del aire por el otro. Puesto que los

problemas que envuelven el drenaje y la aireación son acentuados cuando el suelo es colocado en un recipiente, el franco o el franco arenosos son preferidos al franco limoso o arcilloso. (p. 17)

c) Arena fina

Alvarado y Solano (2002, como se citó en Canchari, 2017) manifiestan que: La arena es el agregado grueso más económico, pero a la vez el más pesado. El peso adicional aumenta los costos de manejo y embarque de plantas cultivadas en un medio que la contiene. Es baja en nutrientes y en capacidad de retención de humedad, y es química y biológicamente inerte. (p. 23)

d) Aserrín

WORLDAGROFORESTRY (2001, como se citó en Aquino, 2017) menciona que “la mezcla de nitrógeno con aserrín puede constituir un buen sustrato en el vivero, pero es necesario efectuar varias pruebas para encontrar las proporciones adecuadas ya que las características del aserrín varían con la especie y la edad” (p. 18)

e) Cascarilla de arroz

ECOCULTURA (2020) señala que la cascarilla de arroz es un subproducto del arroz y es un complemento muy completo para tu sustrato, aquí algunos de sus beneficios:

1. Mejora las características físicas de la tierra y de los abonos orgánicos.
2. Facilita la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes.
3. Incrementa la actividad macro y microbiológica de la tierra.
4. Estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas.
5. Provee resistencia a los ataques de insectos y enfermedades.
6. Aporta principalmente silicio, fósforo, potasio y otros minerales.
7. Ayuda a corregir la acidez de los suelos.

1.2.5. *Moringa (Moringa oleífera)*

a) Origen y distribución de la moringa

Sáenz (2015) respecto al origen y distribución menciona que:

La *Moringa oleífera*, pertenece a la familia Moringaceae, es una planta nativa del norte de la India, pero actualmente crece muy bien en los trópicos. En África la introducción data desde hace más de 100 años y se encuentra ampliamente

distribuida en los países de la costa de África, en Australia, en Arabia y en el Caribe, también ha sido introducida en general en América Latina y Centroamérica. (p. 62)

Saénz (2015) respecto a la distribución menciona que:

Se encuentra sembrado en gran parte del planeta, como India, Bangladesh, Afganistán, Pakistán, Sri Lanka, el SE asiático, Asia occidental, la Península Arábig, África del Este y del Oeste, Madagascar, el sur de la Florida, las Islas del Caribe, y América del Sur, desde México a Perú, Paraguay y Brasil. (p. 62)

Chepote (2018) señala que:

En el Perú se inició a cultivar en el departamento de Ica, en la Pampa de Villacurí en el año 2009, señalando la facilidad de su manejo y que provee de subproductos las hojas y semillas principalmente, suscitando el interés económico por el procesamiento mínimo de sus hojas y semillas. (p. 13)

b) Clasificación taxonómica de moringa

Liñán, (2010), describe la taxonomía de la especie *Moringa oleífera* de la siguiente manera:

Reino	: Plantae
División	: Embryophyta
Sub-división	: Diploidalia
Clase	: Dicotyledonae
Sub-clase	: Archichalamydeae
Orden	: Rhoeadales
Familia	: Moringaceas
Origen	: Capparidales
Clase	: Magnoleopsida
Género	: Moringa
Especies	: M. arbórea, M. concanensis, M. drocanensis, M. drouhardii, : M. hildebrandtii, M. pygmeae, M. peregrina, M. ovalaifolia, : M. rospoliana, M. stenopetala, M. rivae, M. borziana y M. oleifera. (p.7)

Figura 1.1

Países donde se cultiva la Moringa oleífera



Nota, Lugares en el mundo (color verde) donde crece la moringa. Ronda Universitaria 4. Barcelona. España.

c) Descripción botánica de moringa

Olson y Fahey (2011) mencionan que:

La moringa es un árbol delgado con ramas caídas que alcanza una altura de 10-15 metros, con una corteza gruesa, corchosa y fisurada, crece rápidamente incluso en suelos pobres y adaptable a sequías. Las hojas son compuestas, pinnadas y elípticas dispuestas sobre un raquis en donde se observa una pequeña glándula, presentan flores fragantes en panículas grandes, las vainas en forma de péndulo presentan un aspecto verdoso, largo y acanalado con las semillas. (p. 4)

Empresa Nacional de Capacitación (ENCAP, 2008) al referirse sobre el fruto de la moringa indica que:

Está formado por tres lígulas en forma triangular y lineal, que dan apariencia de vaina. Miden de 20 a 45 cm de largo y 1 a 2 cm de espesor o grosor. Si se corta transversalmente se observa una sección triangular con varias semillas dispuestas a lo largo. Asimismo, señala que “las semillas son carnosas, cubiertas por una cáscara fina de color café. Poseen tres alas, o semillas aladas de 2.5 a 3 mm de largo. Al quitar la cáscara se obtiene el endospermo que es blanquecino y muy oleaginoso. Del mismo modo, manifiesta que la raíz principal mide varios metros y es carnosa en forma de rábano. Es pivotante y globosa lo que le brinda a la planta cierta resistencia a la sequía en periodos prolongados. Cuando se le hacen cortes, produce una goma de color rojizo parduzco. (p.17)

d) Condiciones ambientales de la moringa

Al respecto (Pérez et al. 2010) señalan que:

La planta arbustiva *M. oleifera* tiene una gran plasticidad ecológica, ya que es capaz de adaptarse a las más diversas condiciones edafoclimáticas. Su valor nutricional y los elevados rendimientos de biomasa, la hacen un recurso fitogenético de importancia en los sistemas de producción, el cual puede ser consumido por diversas categorías de animales. Se cultiva mejor en climas tropicales soleados, se la encuentra en abundancia cerca de ríos y arroyos, aunque también soporta rangos de lluvia de 25 a más de 300 mm por año. (p. 3)

e) Usos y propiedades de moringa

Pérez et al. (2010) referente a los usos y propiedades de la moringa, expresan que:

La moringa es una planta de múltiples usos, ya que estos productos gomosos se emplean en importantes tipos de industrias, como la de alimentos, la farmacéutica, la cosmética y otras; en la elaboración de los más disímiles productos como: confites, derivados lácteos, alimentos enlatados, bebidas gaseosas, productos dietéticos, emulsiones, tabletas, grageas, jarabes y suspensiones, emulsiones y cremas, cinta pegantes, papel, tintes, telas, pintura, suspensiones, emulsiones y cremas, cintas pegantes, papel, telas. La moringa es una planta de múltiples usos y propiedades, tales como: cerca viva, cortina rompevientos, reforestación de terrenos y cuencas, como abono verde, producción de etanol y producción de goma; de ahí que sea una especie interesante para el trópico. (p. 7)

Chepote, (2018) sostiene que:

De las semillas se obtiene un aceite de una alta calidad y contenido de omega 3 y 6, que controlan múltiples patologías, todas las partes de la planta son consumidas por ser un alimento completo, generalmente no tienen mal sabor y se consumen frescas. Los frutos o vainas verdes o inmaduras, se cuecen y tienen un sabor similar a frijol; las semillas son consumidas tostadas y son muy nutritivas, y las hojas verdes son preparadas como ensaladas y así como en otras preparaciones. (p. 22)

Fugliee (2000, como se citó en Mora y García, 2017) menciona que:

La planta enriquece significativamente los suelos agrícolas, luego de un proceso de arado, siembra entre 1-2 cm de profundidad a un espacio de 10 x 10 cm produciendo una densidad de 1 millón de plantas por ha y luego de 25 días de la siembra las plantas son incorporadas al suelo con el arado y posteriormente se siembra el cultivo deseado. (p. 26)

f) Propagación de moringa

Chepote, 2018) respecto a la propagación de la moringa manifiesta que:

Esta especie puede propagarse mediante dos formas: sexual y asexual, la más utilizada para plantaciones es la sexual, especialmente cuando el objetivo es la producción de forraje, la siembra de las semillas se realiza manualmente, a una profundidad de 2 cm, y germinan a los 10 días. Este mismo autor plantea que el número de semillas por kilogramo varía entre 4.000 y 4.800 y cada árbol puede producir de 15.000 a 25.000 semillas por año. La siembra se maneja por almacigo y en forma directa o en campo definitivo, en ambos casos es recomendable como una práctica previa a la siembra es el retiro de la cobertura externa de la semilla y el remojo de la semilla a utilizar por 24 horas previas a la siembra. Esto acelera e incentiva una germinación más homogénea de las semillas. Se puede reproducir por estacas de 1 m a 1,4 m de largo, como en la India, aunque para ser trasplantado en regiones áridas y semiáridas conviene obtener el árbol a partir de semilla, porque produce raíces más profundas. (p. 18)

g) Manejo de moringa

Fugliee (2000, como se citó en Mora y García, 2017) señala que:

La planta funciona de manera eficiente en sistemas productivos con banano cuando se usa, no solo, para el aporte de materia orgánica sino también como soporte en plantaciones cuando es sembrada en un espaciamiento de 6 x 2 m, con una doble hilera de banano a 0,5 m de las hileras de árboles y a 1 x 1,5 m, dejando al final 2222 plantas por ha. (p. 26)

Asimismo, ENCAP (2008) menciona que “para la producción de follaje de manera intensiva puede sembrarse de 10 a 20 centímetros entre planta de manera lineal. Esto permite el manejo de brotes y follaje” (p. 10).

Tabla 1.1*Valoración de las propiedades nutricionales de Moringa oleífera*

	Testigo	Química	Orgánica	Literatura
Proteínas (g)	6.23	8.53	4.75	6.7
Carbohidratos (g)	11.65	12.31	12.94	13.4
Lípidos (g)	0.96	0.78	1.04	1.7
Humedad (g)	77.65	73.39	76.04	75
Fibra (g)	1.89	1.96	2.04	0.9
Calcio (g)	0.28	0.6	0.55	0.44
Fósforo (g)	0.017	0.021	0.035	0.07
Potasio (g)	0.195	0.925	0.503	0.259
Sodio (g)	0.184	0.16	0.124	0.0159
Hierro (g)	0.008	0.008	0.008	0.007
Magnesio (g)	0.052	0.077	0.089	0.024
Zinc (g)	0.001	0.001	0.001	0.0255
Ceniza (g)	0.98	1.02	1.64	-----
Vitamina C (mg)	170	174	188	220
Vitamina A (mg)	2.8	3.24	2	3.39
Vitamina B1 (mg)	1.04	0.84	0.89	0.21
Vitamina B2 (mg)	3.96	3.6	3.2	0.05

Nota: Valores nutricionales de la moringa, encontrado en la Revista de Ciencias, 15, 23-30. 2011.

1.3. Marco conceptual

1.3.1. Vivero

Vásquez (2001) sostiene que “es un lugar destinado a la crianza y producción de plántulas forestales capaces de abastecer las necesidades de los programas reforestación con plantas de alta calidad que garanticen una buena supervivencia, prendimiento y crecimiento a fin de establecer poblaciones forestales homogéneas con altos rendimientos” (p. 63).

1.3.2. Bolsa de polietileno

Rojas (2015) señala que “las bolsas de polietileno permiten trasplantar o repicar las plántulas del semillero, llenándolas de tierra o sustrato, se obtiene un medio de conservación y traslado hacia su punto final de plantación” (p. 12).

1.3.3. Sustrato

Abad et al., (2004) señalan que:

Sustrato es todo material sólido distinto del suelo in situ, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta y que este puede intervenir o no en la nutrición vegetal. (p. 127)

1.3.4. *Humus de lombriz*

Alvarado y Solano (2002, como se citó en Canchari, 2017) indican que “son producidos por las lombrices de tierra, mezcla íntima química y físicamente homogénea, de fina materia orgánica e inorgánica” (24).

1.3.5. *Arena fina*

Alvarado y Solano (2002, como se citó en Canchari, 2017) manifiestan “que la arena fina es el agregado grueso más económico, pero a la vez el más pesado. Es baja en nutrientes y en capacidad de retención de humedad y, es química y biológicamente inerte” (p. 23).

1.3.6. *Índice de calidad de Dickson*

Dickson (1960, como se citó en Rodríguez, 2008,) describe que “es la relación entre la altura de la planta (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm); es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento, de la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos y su valor debe ser menor a seis” (p. 121).

CAPÍTULO II

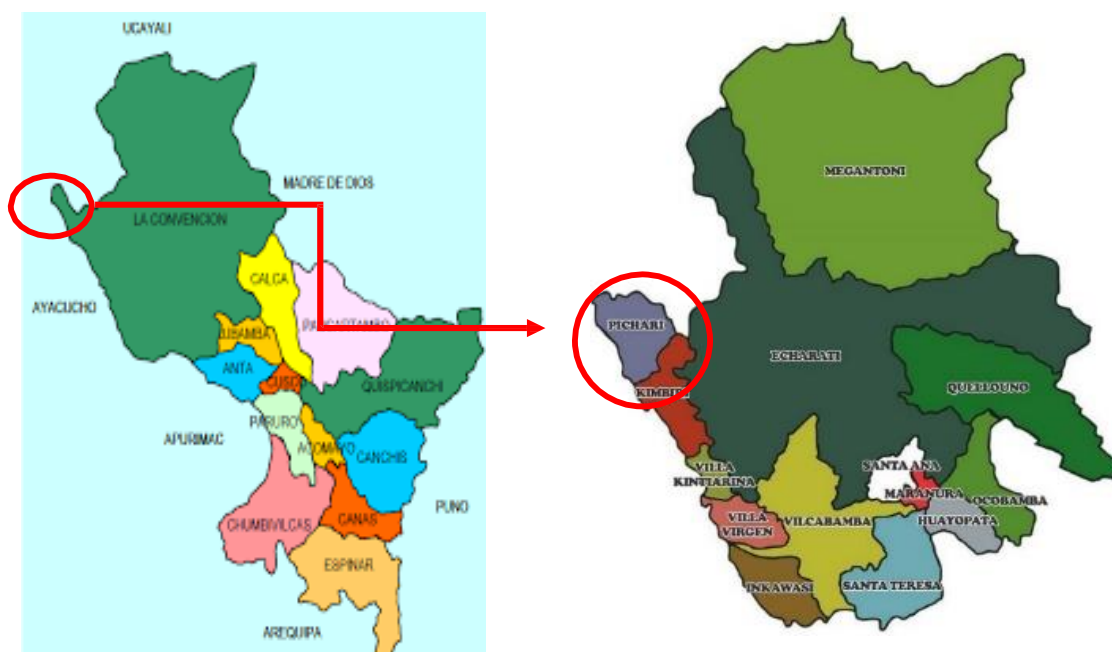
METODOLOGÍA

2.1. Ubicación

El trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Pichari, provincia La Convención, Región Cusco, a una altitud de 550 msnm cuyas coordenadas geográficas son 12°31'31" Latitud Sur y 73°49'48" Longitud Oeste. Perteneciente a la región natural rupa rupa o selva alta.

Figura 2.1

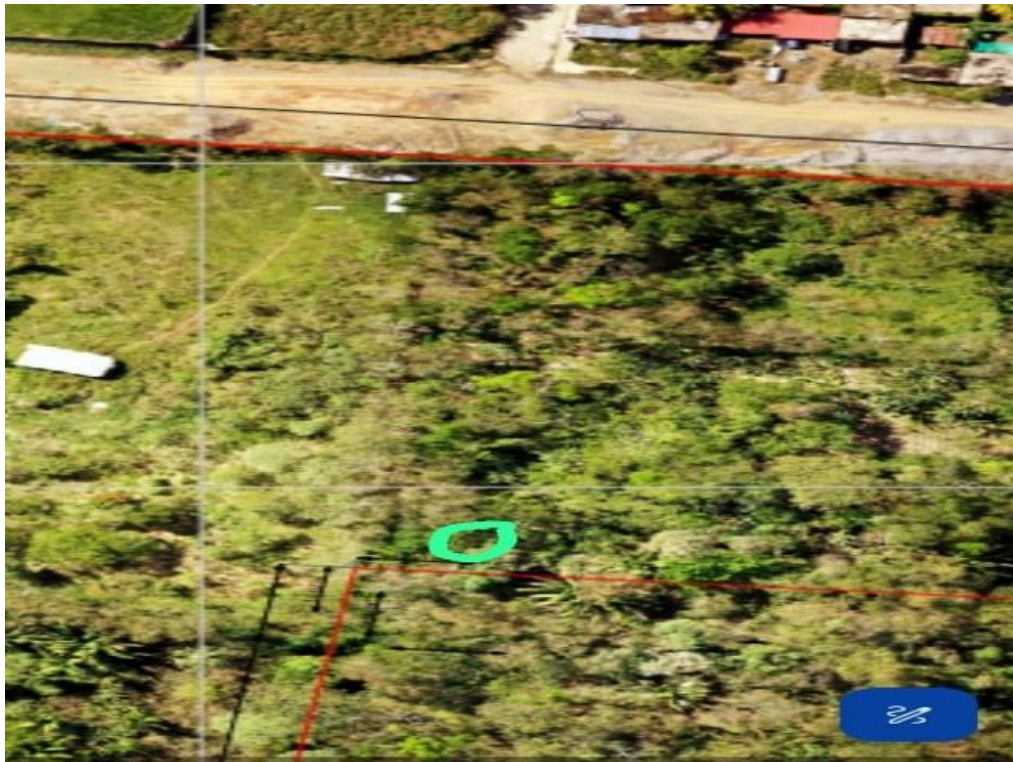
Mapas de ubicación del departamento del Cusco, provincia de La Convención y distrito de Pichari



Nota. En el lado izquierdo muestra el departamento del Cusco y al lado derecho se encuentran la provincia de La Convención y el distrito de Pichari

Figura 2.2

Ubicación del trabajo de investigación- Centro Experimental de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal-Pichari (EPIAF)

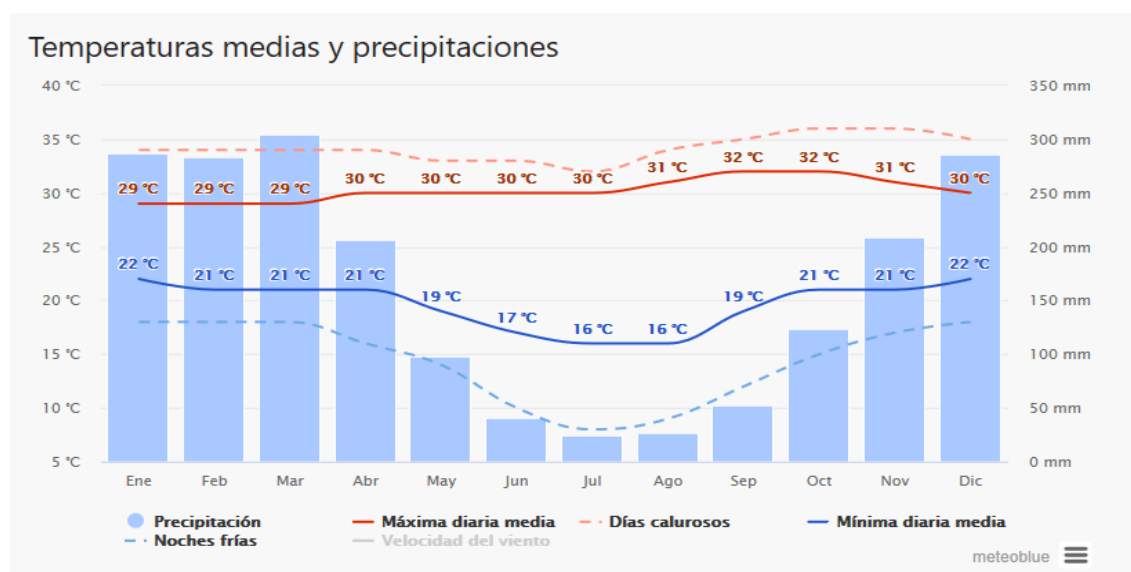


2.2. Características climáticas

El clima en Pichari se caracteriza por la presentación de dos épocas; una frígida-seca (mayo- setiembre) y otra calurosa-lluviosa (noviembre - abril). La temperatura máxima en promedio fue de 30.25 °C, siendo los meses de setiembre y octubre como los más calurosos con 32°C. La temperatura mínima en promedio fue de 19.6°C, siendo junio, julio y agosto, los meses más fríos con 16.3°C. La precipitación máxima de 310.6 mm se registró durante los meses de diciembre a marzo, mientras que la precipitación mínima de 15.2 mm ocurrió en el mes de julio.

Figura 2.3

Balance hídrico histórico del distrito de Pichari, La Convención, Cusco



Nota. Meteoblue es un servicio meteorológico creado en la Universidad de Basilea, Suiza, en cooperación con la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos y los Centros Nacionales de Predicción Ambiental. En 2006, se fundó como una empresa spin-off con el fin de servir a los clientes, especialmente en el área de la agricultura, así como la energía solar y eólica. El balance hídrico de METEOBLUE basado en 30 años de simulaciones de modelos meteorológicos por hora, están disponibles para todos los lugares de la Tierra.

2.3. Análisis de los sustratos

Tabla 2.1

Interpretación del análisis de los sustratos

Sustrato	Clase textural	pH agua (1:2.5)	CE dS/m 1:1	CaCO ₃ %	M.O. %	Nt %	Fósforo disponible ppm P	Potasio disponible ppm K	CIC (Cmol (+) Kg
S ₁	Fr	Moderadamente alcalino	Muy ligeramente salino	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
S ₂	Fr-Ao	Moderadamente alcalino	Muy ligeramente salino	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo
S ₃	Fr-Ao	Moderadamente alcalino	Muy ligeramente salino	Medio	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo
S ₄	Fr-Ao	Moderadamente alcalino	Muy ligeramente salino	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo

Nota. Los sustratos S₁, S₂, S₃ y S₄ son equivalentes a los T₁, T₂, T₃ y T₄

2.4. Materiales y equipos

2.4.1. Materiales - herramientas de campo

- Pico
- Machete
- Pala
- Bolsas de polietileno (15 cm x 30 cm x 0.2 mm)
- Humus de lombriz
- Regadera
- Papel kraft
- Costales
- Zaranda
- Plástico transparente
- Formatos para apuntes

2.4.2. Materiales de medición forestal

- Vernier
- Regla graduada
- Cinta métrica

2.4.3. Equipo

- Balanza analítica

2.5. Problemas específicos

1. ¿Cuál es el efecto de los tipos de sustratos en las características morfológicas de plántones de calidad de Moringa (*Moringa oleífera* Lam) en vivero de Pichari, La Convención, Cusco?
2. ¿Cuál es el tipo de sustrato más óptimo en la propagación de plántones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en vivero?

2.6. Variables

2.6.1. Variable independiente

Tipos de sustratos

Indicadores

- S_1 = 50 % de tierra agrícola + 30% de arena fina + 20% de aserrín.
- S_2 = 50% de tierra agrícola + 30% de arena fina + 20% de humus.
- S_3 = 50% de tierra agrícola + 30% de cascarilla de arroz + 20% de aserrín.
- S_4 = 50% de tierra agrícola + 30% de cascarilla de arroz + 20% de humus.

2.6.2. Variable dependiente

Propagación sexual de moringa (*Moringa oleífera* Lam)

Indicadores

- Altura del plantón (cm)
- Diámetro del plantón (mm)
- Longitud de raíz (cm)
- Biomasa aérea (g) y radicular (g)
- Índice de robustez (IR)
- Relación de la biomasa aérea/radicular.
- Índice de calidad de Dickson (ICD)
- Índice de lignificación (%)
- Relación altura/longitud de raíz

2.7. Procedimiento

2.7.1. Población

La población estuvo conformada por 160 plantones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) como resultado de cuatro tipos de sustrato (S₁, S₂, S₃, S₄) con 4 repeticiones y 10 plantas por unidad experimental.

2.7.2. Muestra

La muestra del proyecto de investigación estuvo compuesta por 56 plantones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) de los cuatro tratamientos debidamente identificados.

2.8. Unidad de análisis

La unidad de análisis estuvo representada por 56 plantones de *Moringa oleífera* Lam de los cuales se obtuvo los parámetros a evaluar: altura del plantón (cm), diámetro del plantón (mm), longitud de raíz (cm), biomasa aérea (g) y radicular (g), Índice de robustez (IR), Relación de la biomasa aérea/radicular, Índice de calidad de Dickson (ICD), Índice de lignificación (%) y Relación altura/longitud de raíz.

2.9. Diseño experimental

Para el desarrollo del proyecto de investigación en vivero se utilizó el Diseño Completo Randomizado (DCR) con 4 tipos de sustrato y 4 repeticiones haciendo un total de 16 tratamientos con 10 plantas cada uno, totalizando 160 plantones.

2.10. Análisis estadístico

Modelo estadístico. $Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$

Donde:

Y_{ij} = jiésima observación del tratamiento i

$i = 1, 2, \dots, k$

$j = 1, 2, \dots, n_i$

U = Media global

T_i = Efecto del tratamiento i

E_{ij} = Efecto del error experimental de la medición Y_{ij}

2.11. Procedimiento experimental

2.11.1. Preparación del terreno

Se procedió a la limpieza y a la nivelación del terreno. Esta actividad se realizó el 23 de marzo del 2020.

2.11.2. Instalación del tinglado

Se tendió la malla Rashell de 65 % color verde, cubriendo totalmente el vivero. Actividad que se llevó a cabo el 1 de abril del 2020.

Figura 2.4

Croquis del campo experimental

00000 00000 T₁	00000 00000 T₄	00000 00000 T₃	00000 00000 T₃
00000 00000 T₂	00000 00000 T₄	00000 00000 T₂	00000 00000 T₁
00000 00000 T₁	00000 00000 T₄	00000 00000 T₃	00000 00000 T₂
00000 00000 T₃	00000 00000 T₂	00000 00000 T₁	00000 00000 T₄

2.11.3. Construcción de la cama de almácigo

La cama de almácigo se construyó a nivel del suelo, el 10 de abril del 2020, con las siguientes dimensiones:

Largo : 1m

Ancho : 1m

Altura : 0.20 m.

2.11.4. Preparación de sustrato para almácigo

Se utilizó arena fina, se tamizó y se desinfectó el sustrato 10 ml de formol comercial (40%) disuelto en medio litro de agua, para desinfectar 0.5 m de sustrato, se cubrió con un plástico y se dejó por 24 horas y se dejó orear por un día. Se realizó el 14 de abril del 2020.

2.11.5. Almacigado de semillas

Las semillas se remojaron por 24 horas en agua, luego se distribuyeron uniformemente en la cama de almácigo, la siembra se realizó a 1.5 cm de profundidad, se procedió a regar y se cubrió con malla rashell. Esta actividad se realizó el 16 de abril del 2020.

2.11.6. Preparación de sustrato para la crianza

Para la preparación de los 4 sustratos utilizados, se tamizó los componentes de los sustratos, en forma separada con una zaranda metálica de $\frac{1}{2}$ " x $\frac{1}{2}$ ", esto, con el objetivo de eliminar raíces, hojas y objetos extraños.

Luego, se mezclaron los componentes de cada sustrato de acuerdo a la siguiente proporción:

S₁=T₁: tierra agrícola 50% + arena fina 30% + aserrín 20%

S₂=T₂: tierra agrícola 50% + arena fina 30% + humus 20%

S₃=T₃: tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + aserrín 20%

S₄=T₄: tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30%+ humus 20%

El sustrato se desinfectó con formol 40% diluido en 3 litros de agua con la ayuda de una regadera luego, se cubrió con plástico por 24 horas y se dejó orear por un día. Esta labor se llevó a cabo el 12 de abril del 2020.

2.11.7. Embolsado de sustrato

El sustrato fue embolsado debidamente identificados y rotulados de acuerdo a los tratamientos y se colocó de acuerdo al diseño establecido. Además, cada tratamiento fue identificado con el respectivo letrero. Se realizó el 15 de abril del 2020.

2.11.8. Repique

Esta labor se ejecutó el 2 de mayo de 2020 y consistió en colocar las plántulas de moringa en las bolsas de polietileno previamente identificadas. Las plántulas de moringa presentaron las dos primeras hojas. Previo al repique se regó las camas germinadoras con la finalidad de extraer las plántulas sin dañar las raíces; luego de la extracción de las plántulas se depositaron en un recipiente con agua para mantener la humedad de las raíces y con la ayuda de un hoyador se realizaron los hoyos para colocar las plántulas de moringa en forma vertical, luego, se relleno el hoyo con el mismo sustrato que contiene la bolsa. Al cabo de tres días se efectuó una evaluación de las plántulas repicadas muertas las que fueron reemplazadas por otra plántula.

2.11.9. Riego

El riego se aplicó previa evaluación de las bolsas en función a la capacidad de campo del sustrato.

2.11.10. Desmalezado

Se realizó el desmalezado manualmente, para evitar la competencia por agua, luz y nutrientes. Se realizó semanalmente.

2.12. Evaluación de los parámetros

2.12.1. Altura del plantón

Para obtener los datos de la altura de plantón, al final del ensayo (21 de junio de 2020) y con la ayuda de una regla graduada se midió 16 plantones por tratamiento desde el cuello del tallo hasta el ápice de la planta; cuyos resultados se expresaron en centímetros (cm).

2.12.2. Diámetro del plantón

Con la ayuda de un vernier, se midió el diámetro del cuello del tallo de 16 plantones por tratamiento. Se evaluó al final del ensayo; cuyos resultados se expresaron en milímetros (mm).

2.12.3. Longitud de raíz

Para encontrar los datos de la longitud de raíz, al final del experimento, con la ayuda de una regla graduada se midió la longitud de raíz de 16 plántones por tratamiento desde el cuello hasta el ápice de la raíz.

2.12.4. Biomasa aérea (g) y radicular

Esta evaluación se realizó al final del ensayo (21 de junio de 2020), para ello, se utilizaron 16 plántones de moringa por tratamiento, haciendo un total de 64 plántones; primero, se extrae los plántones de las bolsas, se separa con cuidado, el sustrato de las raíces, luego se procede a cortar el plánton en dos partes (parte aérea y parte radicular) para luego con ayuda de una balanza analítica realizar el pesaje en húmedo de la biomasa aérea y radicular. Posteriormente, se envolvió cada parte de la planta por separado y etiquetados con papel craft, Luego, se sometió al secado en una estufa a temperatura de 60 °C durante 24 horas; al cabo del cual, se realizó el pesaje de la biomasa aérea y radicular secos de cada plánton. Los resultados se expresaron en g.

2.12.5. Índice de Robustez (IR)

El índice de robustez se obtiene dividiendo la altura del plánton (en cm) entre el diámetro a nivel del cuello del tallo (en mm), cuyos datos son parte de la evaluación de los parámetros.

$$IR = \frac{\text{Altura de plánton (cm)}}{\text{diámetro de cuello de tallo (mm)}}$$

2.12.6. Relación de la biomasa aérea/radicular

Los datos de esta relación se obtuvieron considerando los datos ya obtenidos de biomasa seca aérea (g) y biomasa seca de la raíz (g).

2.12.7. Índice de calidad de Dickson (ICD)

Para determinar los datos de ICD, se procedió a dividir el peso seco total de plánton (g) entre el Índice de Robustez más la relación biomasa aérea/biomasa radicular.

$$ICD = p / [(h/ d) + (pa / ps)]$$

Donde:

ICD = índice de calidad de Dickson

p = peso anhidro total de plánton (g),

h = altura de plantón (cm),

d = diámetro del cuello de tallo (mm),

pa = peso anhidro de la parte aérea (g) y,

ps = peso anhidro de la parte subterránea (g). (Dickson (1960, como se citó en Rodríguez, 2008, p. 121).

2.12.8. Índice de lignificación

Rodríguez (2008) señala que, para encontrar el índice de lignificación se dividió los datos ya obtenidos del peso seco total de plantón (g) y el peso húmedo total de plantón (g) multiplicado por 100.

$$\%IL = \text{pst (g)} / \text{pht (g)} \times 100; \text{ donde:}$$

Donde:

%IL = índice de lignificación

Pst (g) = peso seco total de plantón

Pht (g) = peso húmedo total de plantón. (p. 145)

2.12.9. Relación altura/longitud de raíz

Para determinar los datos de esta relación se utilizaron los datos ya obtenidos de la altura del plantón (cm) y la longitud de raíz (cm).

$$\text{Relación altura plantón} - \text{long. de raíz} = \frac{\text{Altura de plantón}}{\text{Longitud raíz plantón}}$$

2.13. Procesamiento de información

Los datos obtenidos en campo se sistematizaron para efectuar el análisis de varianza y las pruebas de contraste de Tukey, para ello se utilizó el programa SPSS y Excel.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Altura de plantón

Tabla 3.1

Análisis de variancia de la altura del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco

F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	3028,371	3	1009,457	24,117	0,001**
Error	502,282	12	41,857		
Total	3530,653	15			

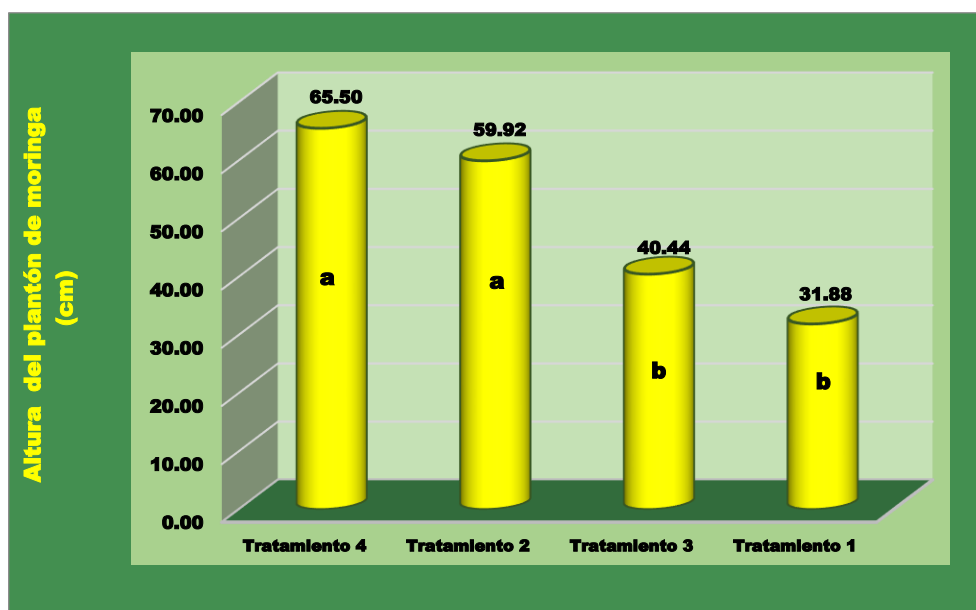
CV = 13.09%

En la Tabla 3.1 se muestra el análisis de variancia de la altura de plantón de moringa a 2 meses después del repique donde se observa diferencia estadística altamente significativa entre los tipos de sustrato, en tal sentido para saber cuál de ellos es diferente se realizó la prueba de contraste de Tukey, que se presenta en la Figura 3.1, donde se observa que los tratamientos 4 y 2 son iguales estadísticamente (65.50 y 59.92 cm de altura) pero, superiores a los tratamientos 3 y 1 que, también son iguales estadísticamente entre ellos, con 40.44 y 31.88 cm de altura, respectivamente.

Además, el coeficiente de variabilidad se encuentra dentro del valor permisible, lo que significa buena precisión.

Figura 3.1

Prueba de Tukey de la altura promedio de plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



El hecho de que los tratamientos T₄ y T₂ son iguales estadísticamente y superiores a los demás tratamientos, se debe posiblemente, a que ambos tratamientos tengan en común 50% de tierra agrícola y 20% de humus, que influyeron en la altura de los plantones debido a la presencia de N proveniente del humus; asimismo, es necesario señalar que el T₄ contiene 30% de cascarilla de arroz y el T₂, 30% de arena fina y que ambos facilitan la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes, sin embargo, la presencia de la cascarilla de arroz en el T₄, presenta, según ECOCULTURA (2020), mayores beneficios que la arena fina, como por ejemplo, aporta principalmente silicio, fósforo, potasio y otros minerales útiles para la planta e incrementa la actividad macro y microbiológica de la tierra, influyendo en la altura del plantón, razón por los cuales el T₄ es superior al T₂ numéricamente.

Al respecto, Cervantes (2017) encontró en su trabajo que el T₄ compuesto por 50 % suelo agrícola, 20 % turba, 20 % cascarilla de arroz, 10 % humus de lombriz, fue superior en altura de planta con 65,20 cm, mientras que en el presente trabajo el T₄ compuesto por tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + humus 20% y T₂ compuesto por tierra agrícola 50% + arena fina 30% + humus 20% fueron superiores en altura de planta con 65.50 y 59.92 cm, respectivamente, corroborando que en ambos trabajos los sustratos son similares y por ende, alcanzan a ser superiores en altura.

Por su parte, Chuquihuaraca (2020) señala que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tipos de sustratos en la producción de plántones de *Moringa oleífera* Lam. para altura de planta donde se observa que el tratamiento T1 (Tierra agrícola 50% + Arena 25% + Compost de café 25%) muestra el mejor promedio: 64.91 cm, en tanto, en el presente trabajo con el T₄ compuesto por tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + humus 20% es superior con 65.50 cm. de altura con similar sustrato.

Asimismo, Rodríguez (2008) manifiesta que, la altura del plánton es una variable fácil de medir, y se ha determinado que existe correlación entre la altura al momento de plantación y la supervivencia y el crecimiento uno o más años después, en varias especies.

Quiroz et al. (2009), manifiestan que la variable altura se relaciona con su capacidad fotosintética y su superficie de transpiración. Las plantas más altas pueden lidiar mejor con la vegetación competidora, aunque esto implica una buena salud fisiológica y un sistema radicular adecuado. Esta variable se expresa generalmente en centímetros (cm).

3.2. Diámetro de tallo

Tabla 3.2

Análisis de variancia del diámetro de tallo del plánton de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco

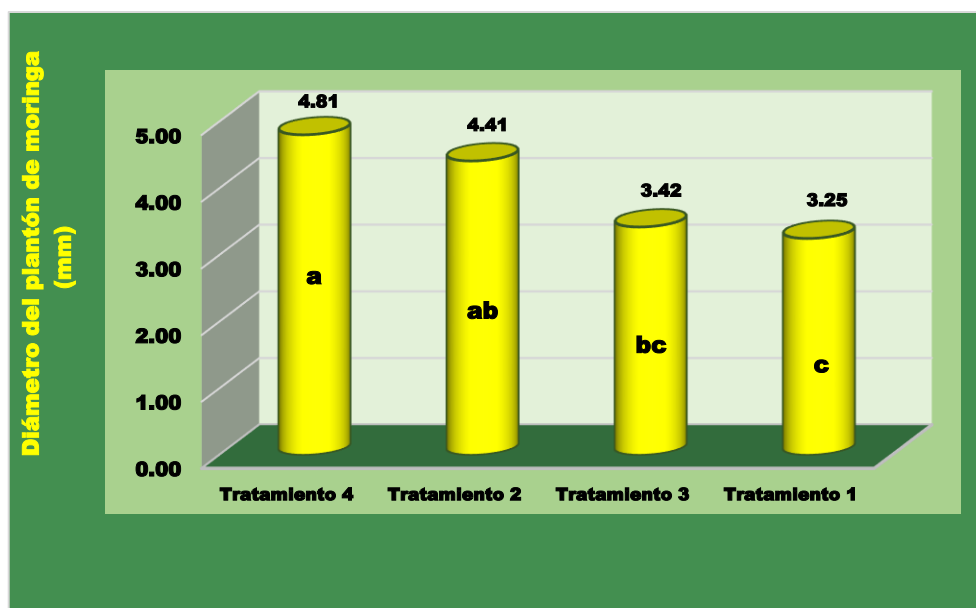
F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	6,845	3	2,282	8,194	0,003 *
Error	3,341	12	0,278		
Total	10,186	15			

CV = 13,28%

En la Tabla 3.2, se muestra el análisis de variancia de la variable diámetro de tallo del plánton de moringa a 2 meses después del repique donde se observa diferencia significativa entre los tipos de sustrato, razón por la cual, se realizó la prueba de contraste de Tukey, tal como se muestra en la Figura 3.2, donde se observa que los tratamientos 4 y 2 son estadísticamente iguales pero superiores a los tratamientos 3 y 1.

Figura 3.2

Prueba de Tukey del diámetro de tallo del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



El hecho de que los tratamientos T₄ y T₂ son iguales estadísticamente y superiores a los demás tratamientos, se debe posiblemente, a que ambos tratamientos tengan en común 50% de tierra agrícola y 20% de humus, que influyeron en el diámetro de los plantones debido a la presencia de N proveniente del humus; asimismo, es necesario señalar que el T₄ contiene 30% de cascarilla de arroz y el T₂, 30% de arena fina y que ambos facilitan la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes, sin embargo, la presencia de la cascarilla de arroz en el T₄, presenta, según ECOCULTURA (2020), mayores beneficios que la arena fina, como por ejemplo, aporta principalmente silicio, fósforo, potasio y otros minerales útiles para la planta e incrementa la actividad macro y microbológica de la tierra, influyendo en el diámetro del plantón, razón por los cuales el T₄ es superior al T₂ numéricamente.

Al respecto, Cervantes (2017), en su trabajo efecto de sustratos en planta de moringa encontró que, el T₃ compuesto por 70 % suelo, 20 % humus de lombriz, 10 % cascarilla de arroz, fue superior en diámetro con 10,29 mm, mientras que, en el presente trabajo, los tratamientos T₄ y T₂ con similares sustratos, alcanzaron los mayores valores en diámetro, 4.81 y 4.41 mm, respectivamente.

Chuquihuaraca (2020) menciona que no existe diferencia estadística entre los tipos de sustratos en la producción de plántones de *Moringa oleífera* Lam, para diámetro de tallo, lo que quiere decir que los tipos de sustratos no tienen efecto en esta variable, presentando como promedios 4.6 mm. para diámetro de tallo, mientras que en el presente trabajo con el T₄ se alcanzó un mayor valor, 4.81mm.

De la misma manera, Valdés et al. (2014), al utilizar diferentes sustratos en la producción de *M. oleífera*: arenoso (A), franco-arenoso (FA), arcilloso (AC) y composta de cachaza de caña (C) mezclada en proporciones de A₂:C₁, A₁:C₁ y A₁:C₂, encontró que la combinación de A₁:C₁ fue suficiente para obtener alta tasa de crecimiento en diámetro de *M. oleífera* al igual que en el presente trabajo donde el sustrato T₂ compuesto por arena fina y humus permite alcanzar 4.41 mm de diámetro.

Además, Mexal y Landis (1990, como se citó en Rojas, 2015,) mencionan que el diámetro permite predecir en gran medida la supervivencia de la planta en campo, especialmente, cuando se incluye una estimación de la biomasa de la raíz, aparentemente, el diámetro es un buen indicador del comportamiento de la altura y ambos definen la producción de biomasa de la parte aérea y la raíz.

En diferentes estudios se ha encontrado que los brinzales con diámetro mayor tienen tasas de supervivencia más altas y se indica que ésta aumenta de 5 a 7% por cada milímetro de incremento en el diámetro de los mismos. Una supervivencia alta (> 80%), se logra cuando las plantas tienen de 5 a 6 mm de diámetro.

3.3. Longitud de raíz

Tabla 3.3

Análisis de variancia de longitud de raíz del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco

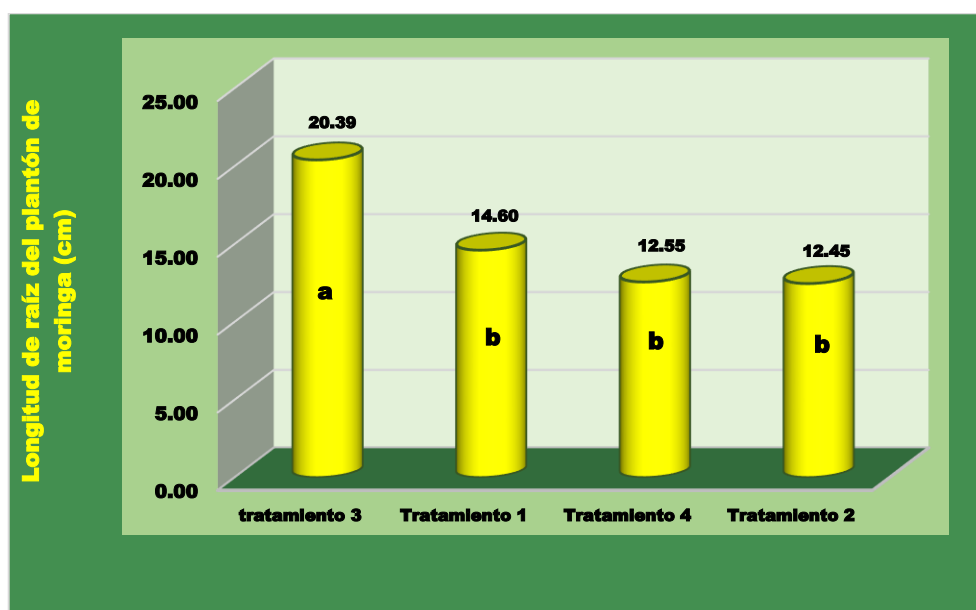
F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	166,835	3	55,612	11,511	0,001**
Error	57,975	12	4,831		
Total	224,810	15			

CV = 14,66%

En la Tabla 3.3 se muestra el análisis de variancia de la variable longitud de raíz del plantón de moringa a 2 meses después del repique donde se observa diferencia altamente significativa entre los tipos de sustrato, razón por la cual, se realizó la prueba de contraste de Tukey (Figura 3.3) donde se observa que el tratamiento 3 con 20.39 cm de longitud de raíz, es superior a los tratamientos 1 (14.60 cm) 4 (12.55 cm) y 2 (12.45 cm) que son iguales estadísticamente.

Figura 3.3

Prueba de Tukey de la longitud de raíz promedio del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



Estos resultados, de acuerdo al análisis de los sustratos, posiblemente, se deben al contenido medio de potasio y nitrógeno del T₃, lo que influye en un mayor crecimiento de las raíces en comparación de los otros tratamientos que tienen potasio medio, pero bajo en contenido de nitrógeno.

Asimismo, el hecho de que el tratamiento T₃ es superiores a los demás tratamientos, posiblemente, se debe a que dicho tratamiento esté compuesto de 50% de tierra agrícola, 30% de cascarilla de arroz y 20% de aserrín lo que influyeron en el mayor crecimiento de la longitud de raíz de los plantones debido a que los dos últimos elementos, especialmente la cascarilla de arroz por tratarse de un subproducto del arroz y es un complemento muy completo para el sustrato, facilita la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes, incrementa la actividad macro y microbiológica de la

tierra, estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas y aporta principalmente silicio, fósforo, potasio y otros minerales útiles para la raíz. (ECOCULTURA, 2020)

Garvillo (2024) al comentar sobre desarrollo de raíces, manifiesta que el potasio que es esencial para el desarrollo y crecimiento de las raíces. ayuda a regular la elongación celular y la división de células en las puntas de las raíces. Las raíces sanas y fuertes son fundamentales para la absorción eficiente de nutrientes y agua.

Además, Cervantes (2017) encontró que el T₃ compuesto por 70 % suelo, 20 % humus de lombriz, 10 % cascarilla de arroz, fue superior a los demás tratamientos en longitud de la raíz con 22,8 cm, resultado similar al obtenido en el presente trabajo donde el T₃ integrado por tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + humus 20% es superior a los otros tratamientos con 20.39 cm, debido a sus bondades de la cascarilla de arroz ya señaladas líneas arriba.

3.4. Biomasa seca aérea

Tabla 3.4

Análisis de variancia de biomasa seca aérea del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco

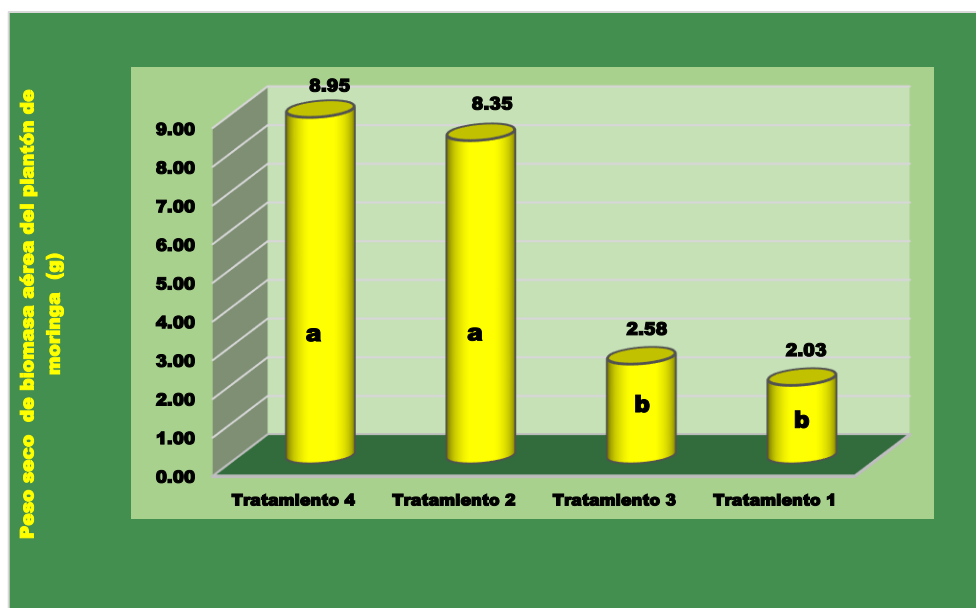
F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	12,424	3	4,141	16,968	0,001**
Error	2,929	12	0,244		
Total	15,353	15			

CV = 37,11%

La Tabla 3.4 muestra el análisis de variancia de biomasa aérea del plantón de moringa a 2 meses del repique donde se observa diferencia altamente significativa entre tipos de sustrato y para conocer cuál de ellos es diferente se realizó la prueba de Tukey que se presenta en la Figura 3.4, donde se observa que los T₄ (8.95 g) y T₂ (8.35 g) son iguales estadísticamente, pero superiores a los tratamientos 3 con 2.58 g y 1 con 2.03 g.

Figura 3.4

Prueba de Tukey de peso seco promedio de biomasa aérea del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



Referente a ello, Chuquihuaraca (2020) señala que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tipos de sustratos en la producción de plantones de *Moringa oleífera* Lam. para peso seco del plantón donde se observa que el tratamiento T1 (Tierra agrícola 50% + Arena 25% + Compost de café 25%) muestra el mejor promedio, 7.5 g, mientras que, en el presente trabajo, el T₄ compuesto de tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + 20% de humus y T₂ compuesto por 50% de tierra agrícola + 30% de arena fina + 20% de humus, alcanzan 8.95 y 8.35 g, respectivamente, valores superiores al encontrado por Chuquihuaraca.

3.5. Biomasa seca radicular

Tabla 3.5

Análisis de variancia de biomasa seca radicular del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco

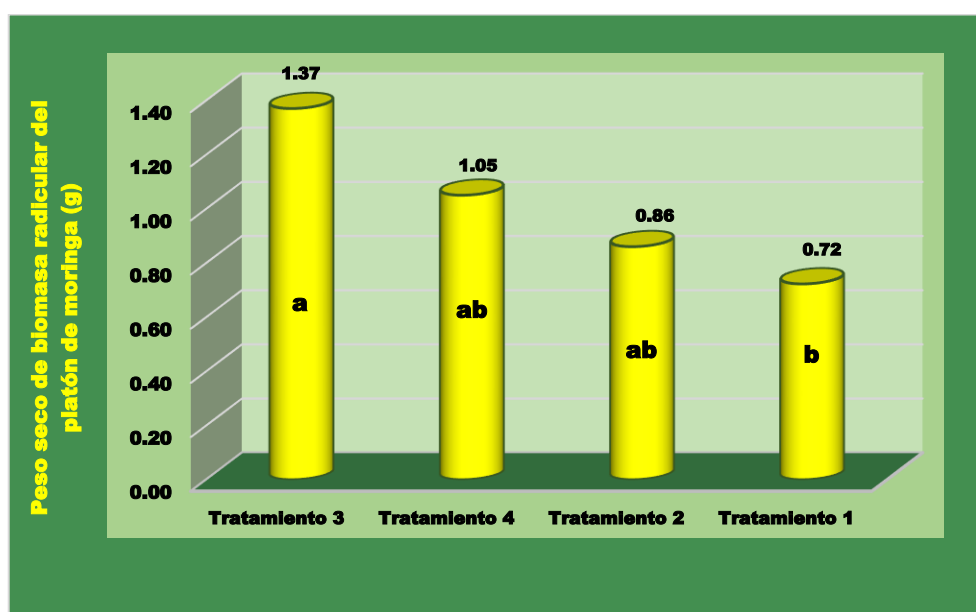
F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	0,926	3	0,309	4,868	0,019*
Error	0,761	12	0,063		
Total	1,686	15			

CV = 25,19%

La Tabla 3.5. muestra el análisis de variancia de biomasa radicular del plantón de moringa a 2 meses del repique donde se observa diferencia significativa entre tipos de sustrato y para determinar cuál de ellos es diferente se realizó la prueba de Tukey que se presenta en la Figura 3.5. donde se observa que el tratamiento 3 (1.37 g) y tratamiento 4 (1.05 g) son iguales estadísticamente, pero superiores a los tratamientos 2 con 0.86 g y 1 con 0.72 g.

Figura 3.5

Prueba de Tukey de peso seco promedio de biomasa radicular del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



Los valores obtenidos del peso seco de biomasa radicular tienen estrecha relación con los valores obtenidos en la variable longitud de raíz, es decir que a mayor longitud de raíz le corresponde mayor peso seco de la biomasa radicular.

Al respecto, Cervantes (2017) encontró que el T₃ compuesto por 70 % suelo, 20 % humus de lombriz, 10 % cascarilla de arroz, fue superior en peso de la raíz con 20,34 g, mientras que en el presente trabajo con el T₃ compuesto por tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + aserrín 20% sólo se alcanza 1.37 g.

3.6. Índice de robustez

Tabla 3.6

Análisis de variancia del Índice de Robustez del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco

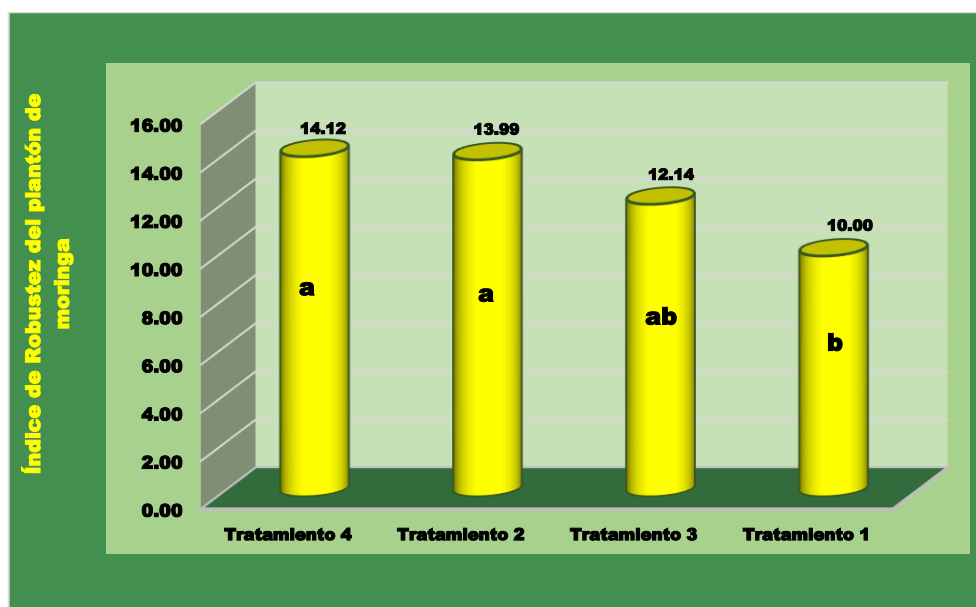
F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	44,959	3	14,986	12,783	0,001**
Error	14,069	12	1,172		
Total	59,028	15			

CV = 8,62%

En la Tabla 3.6. se presenta el análisis de variancia del índice de robustez del plantón de moringa luego de 2 meses del repique donde se observa diferencia altamente significativa para tipos de sustrato, por lo tanto, se realizó la prueba de contraste de Tukey que se muestra en la Figura 3.6. donde se observa que los tratamientos T₄ (14.12) y T₂ (13.99) son iguales y superiores a los T₃ (12.14) y T₁ que alcanza 10 de índice de robustez.

Figura 3.6

Prueba de Tukey del Índice de Robustez promedio del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



Para Rodríguez (2008) el índice de robustez “se obtiene dividiendo la altura de la planta (en cm) entre el diámetro a nivel del cuello de la raíz (en cm). Tanto sea menor su

valor, más bajo y grueso es el arbolito, tendiendo a ser más apto para limitaciones de humedad, y viceversa.

El Índice de Robustez, evalúa la resistencia de la planta a la desecación por el viento, su supervivencia, su adaptabilidad y su capacidad de crecimiento en condiciones secas. Su valor óptimo para el Índice de Robustez debe ser menor a seis (06).

En consecuencia, los valores obtenidos en el presente trabajo se encuentran entre 10 y 14.12 sobrepasando el valor de seis (06) lo que significa que dichos plantones no resisten a la desecación por el viento, limita su supervivencia, su adaptabilidad y su capacidad de crecimiento en condiciones secas, por lo tanto, se trata de plantones frágiles y vulnerables a la falta de humedad y otros factores limitantes del medio ambiente.

3.7. Relación de la biomasa seca aérea/biomasa seca radicular

Tabla 3.7

Análisis de variancia de la relación entre biomasa seca aérea y biomasa seca radicular del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco

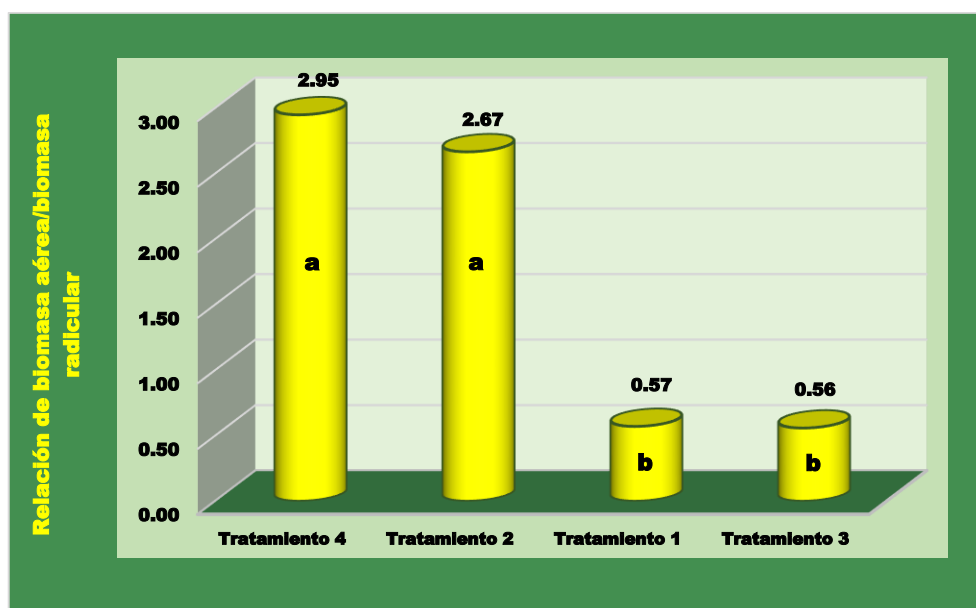
F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	20,275	3	6,758	9,619	0,002*
Error	8,432	12	0,703		
Total	28,707	15			

CV = 49,75%

En la Tabla 3.7. se presenta el análisis de variancia de la relación entre biomasa seca aérea y la biomasa seca radicular del plantón de moringa a 2 meses del repique, donde se observa significación estadística para tipos de sustrato, por tanto, para conocer cuál de ellos es diferente, se realizó la prueba de Tukey que se muestra en la Figura 3.7. donde se observa que los tratamientos T₄ (2.95) y T₂ (2.65) son iguales estadísticamente, pero, superiores a los T₁ y T₃ con 0.57 y 0.56, respectivamente.

Figura 3.7

Prueba de Tukey de la relación de biomasa aérea/ biomasa radicular del plantón de moringa a dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



Rodríguez (2008), al comentar sobre la relación de biomasa aérea y biomasa radicular, señala que también puede expresarse en términos de volumen o como relación biomasa subterránea entre biomasa aérea. Representa en términos generales la proporción entre tejido evapotranspiracional o productor (particularmente en especies cespitosas, donde gran parte de dicha biomasa es follaje) y tejido absorbedor de agua y nutrientes (raíces). Si tal valor es igual a uno, significa que la biomasa aérea es igual a la biomasa subterránea, si el valor es menor de uno, la biomasa aérea es mayor que la biomasa subterránea.

En el presente trabajo, el T4 presentó el mayor valor (2.95) lo cual indica una mejor calidad de planta, es decir, existe un balance entre la parte aérea y la parte radical. Por tanto, una planta de calidad, es aquella que reúne las características morfológicas y fisiológicas adecuadas para sobrevivir satisfactoriamente en las condiciones ambientales del lugar donde serán plantadas.

3.8. Índice de calidad de Dickson

Tabla 3.8

Análisis de variancia del Índice de Calidad de Dickson del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco

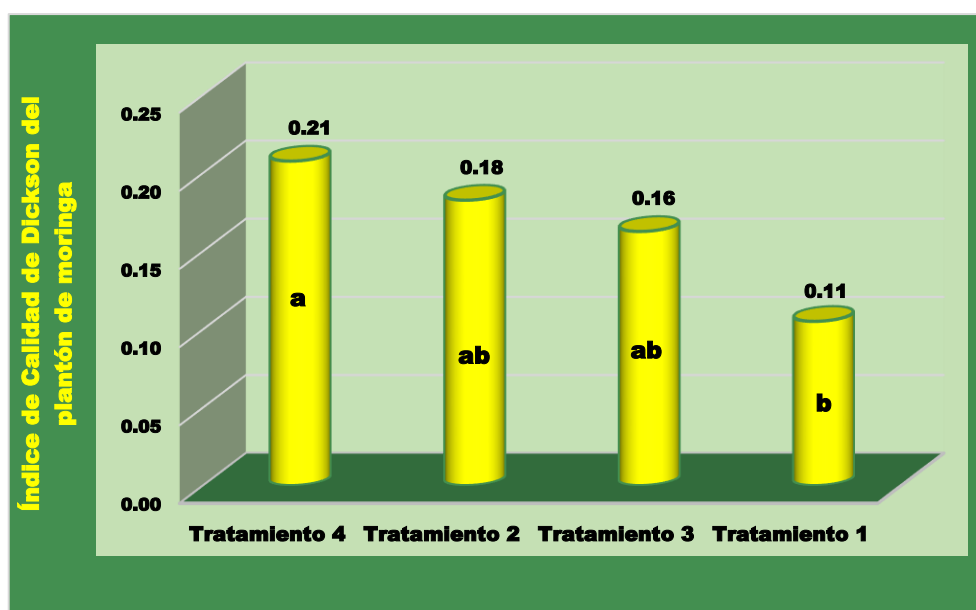
F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	0,023	3	0,008	3,641	0,045*
Error	0,025	12	0,002		
Total	0,048	15			

CV = 27,84%

En la Tabla 3.8. se presenta el análisis de variancia de la relación entre biomasa seca aérea y la biomasa seca radicular del plantón de moringa a 2 meses del repique, donde se observa significación estadística para tipos de sustrato, en consecuencia, para conocer cuál de ellos es diferente, se realizó la prueba de Tukey que se muestra en la Figura 3.8, donde se observa que los tratamientos T₄ (0.21), T₂ (0.18) y T₃ (0.16) son iguales estadísticamente, pero, superiores a T₁ que alcanza sólo a 0.11.

Figura 3.8

Prueba de Tukey del Índice de Calidad de Dickson promedio del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



Al respecto, Dickson et al. (1960, citado por Quiroz et al. (2009), manifiesta que el índice de Dickson es un parámetro importante para evaluar la calidad de las plántulas en viveros forestales. Por lo tanto, nos proporciona información sobre la relación entre el peso seco de la parte aérea de la planta y el peso seco de la raíz de la planta, asimismo, indica que un valor menor a seis significa una planta más robusta y adaptada a condiciones secas. En consecuencia, de acuerdo a la Figura 3.8, todos los plantones producidos en los cuatro tratamientos se encuentran debajo de seis; T₄ (0.21), T₂ (0.18) y T₃ (0.16) y T₁ 0.11, por lo tanto, están considerados como plantones de calidad y con potencial de crecimiento en campo definitivo.

En resumen, el Índice de Dickson es una medida que evalúa la calidad de las plantas en viveros o al momento de la plantación y un valor más alto en el Índice de Dickson indica una planta más vigorosa y con mayor potencial de crecimiento.

Además, Rodríguez (2008) manifiesta que la planta de calidad es aquella que posee ciertas propiedades morfológicas y fisiológicas que le permiten establecerse, crecer y desarrollarse vigorosamente en el sitio de plantación (aclimatarse). Cuando se utiliza planta de calidad, la supervivencia es mayor”

3.9. Índice de lignificación

Tabla 3.9

Análisis de variancia del Índice de Lignificación del plantón de moringa a 2 meses después del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco

F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	256,250	3	85,417	3,149	0,065NS
Error	325,500	12	27,125		
Total	581,750	15			

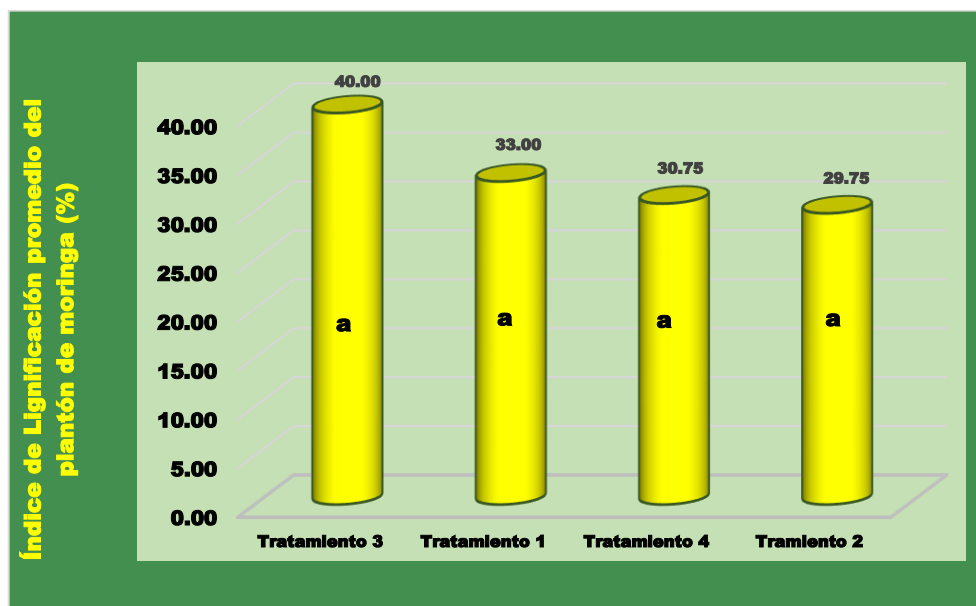
CV = 15,60%

En la Tabla 3.9 se presenta el análisis de variancia del índice de lignificación del plantón de moringa a 2 meses del repique, donde se observa que no existe ninguna significación estadística para tipos de sustrato, sin embargo, se efectuó la prueba de Tukey

que se muestra en la Figura 3.9, donde, efectivamente, se observa que los 4 tratamientos en estudio son iguales estadísticamente.

Figura 3.9

Prueba de Tukey del Índice de Lignificación promedio del plantón de moringa evaluado a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



Rojas (2015) al referirse al Índice de lignificación señala que para encontrar el índice de lignificación se relaciona el peso seco total y el peso húmedo total de la planta, el cual determina el porcentaje (%) de lignificación. En consecuencia, los valores que se observan en la Figura 3.9, de 40, 33, 30.75 y 29.75, permiten afirmar que los plantones se encuentran en proceso de lignificación y por ende son capaces de resistir los extremos climáticos en campo definitivo.

Al respecto, INFOJARDIN (2023) señala que la lignificación es el proceso por el cual las células de las plantas se vuelven más rígidas y resistentes gracias a la acumulación de lignina, un polímero complejo que se encuentra en las paredes celulares de las plantas. La lignificación es un proceso natural que ocurre en las plantas a medida que maduran y se desarrollan. La lignificación de los plantones forestales se debe a la necesidad de que estos sean capaces de soportar el peso de su propio crecimiento y resistir las condiciones climáticas adversas.

3.10. Relación altura de plantón/ longitud de raíz

Tabla 3.10

Análisis de variancia de la relación altura/ longitud de raíz del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco

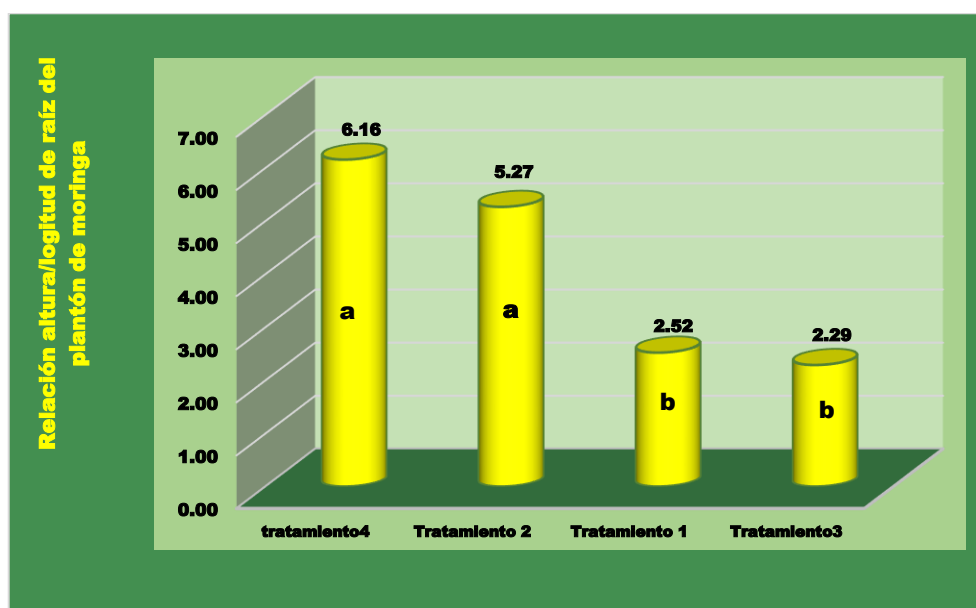
F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	45,417	3	15,139	44,787	0,0001**
Error	4,056	12	0,338		
Total	49,474	15			

CV = 14,33%

En la Tabla 3.10. se muestra el análisis de variancia de la relación altura y longitud de raíz del plantón de moringa a 2 meses después del repique, en los diferentes tipos de sustratos donde se observa diferencia estadística altamente significativo para tipos de sustrato, lo que significa que por lo menos uno de ellos es diferente, razón por la cual se realizó la prueba de Tukey, tal como se muestra en la Figura 3.10. donde se observa que los tratamientos T₄ (6.16) y T₂ (5.27) son iguales estadísticamente, pero superiores a los tratamientos T₁ (2.52) y T₃ (2.29).

Figura 3.10

Prueba de Tukey de la relación altura y longitud de raíz del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



Chuquihuaraca (2020), al realizar el trabajo tipos de sustratos en la producción de plántones de Moringa (*Moringa oleífera* Lam.) en vivero, encontró que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tipos de sustratos en la producción de plántones de *Moringa oleífera* Lam. para la variable altura de planta, donde se observa que el tratamiento T₁ (Tierra agrícola 50% + Arena 25% + Compost de café 25%) muestra el mejor promedio de 64.91 cm y 8.88 cm para la longitud de raíz. Por lo tanto, relacionando estos dos valores se obtiene 7.3 de relación de altura/longitud de raíz mientras que en el presente trabajo se obtiene 6.16 con el T₄, que tiene similar composición del sustrato (tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + aserrín 20%).

Tal como se ha podido observar en el presente trabajo, el sustrato 4, compuesto por 50% de tierra agrícola + 30% de cascarilla de arroz + 20% de humus tuvo el mayor efecto en la propagación de plántones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en vivero, superando a los otros sustratos en la mayoría de las variables en estudio, debido a que en su composición integra la cascarilla de arroz que de acuerdo a ECOCULTURA (2020), es un subproducto del arroz y es un complemento muy completo para el sustrato, debido a que facilita la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes, incrementa la actividad macro y microbiológica de la tierra, estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas y aporta principalmente silicio, fósforo, potasio y otros minerales; sumado al otro componente que es el humus que contiene alta calidad de fertilizante muy importante para el crecimiento y desarrollo de la planta. Mientras que el sustrato 3, tuvo el mayor efecto en el parámetro biomasa seca radicular, Ecocultura (2020), señala que la cascarilla de arroz.

CONCLUSIONES

1. Los tipos de sustratos tuvieron efectos positivos en las características morfológicas de la moringa (*Moringa oleífera* Lam) en condiciones de vivero: altura de planta, diámetro de tallo, en biomasa seca (aérea, radicular y aérea/radicular), índices (de robustez y de calidad de Dickson) y relación de altura de plantón/longitud de raíz; con excepción del índice de lignificación.
2. El sustrato 4, compuesto por 50% de tierra agrícola + 30% de cascarilla de arroz + 20% de humus tuvo el mayor efecto en la propagación de plantones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en vivero, superando a los otros sustratos en la mayoría de las variables en estudio, mientras que el sustrato 3, tuvo el mayor efecto en el parámetro biomasa seca radicular.

RECOMENDACIONES

- Utilizar el sustrato 4 (tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + humus 20%) para producir plantones de moringa (*M. oleífera*) debido a los efectos positivos en la gran mayoría de las variables en estudio.
- Realizar ensayos de sustratos considerando mayores niveles de componentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad-Berjon M, Noguera-Murray P, Carrión-Benedito C. (2004). *Los sustratos en los cultivos sin suelo*. Urrestarazu-Gavilán. Cultivo sin suelo. Madrid: Mundi Prensa. 113-158.
- Alcántara, C. (2015). *Efecto de sustratos comerciales en la germinación y crecimiento inicial de Pinus oocarpa schiede ex schldl. y Pinus tecunumanii f. Schwerdtf. ex Eguliz & J. P. Perry en condiciones de vivero – San Ramón – Chanchamayo*. [Tesis de pregrado]. ¿recuperado de [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/uncp/3506/juan de dios alcantara.pdf? sequence =1&isallowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/uncp/3506/juan_de_dios_alcantara.pdf?sequence=1&isallowed=y)
- Aquino, J. (2017). *Efecto del uso de 4 tipos de sustratos para la producción de plántula de papaya (Carica papaya L.) en condiciones de vivero en el centro de investigación frutícola - olerícola de Cayhuayna – UNHEVAL – 2016*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. [https://hdl.handle.net/20.500.13080/1513http://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/unheval/1513/tag00714 a65.pdf? sequence=1&isallowed=y](https://hdl.handle.net/20.500.13080/1513http://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/unheval/1513/tag00714_a65.pdf?sequence=1&isallowed=y)
- Canchari, Y. (2017). *Influencia de contenedores y sustratos en la propagación de cedro (Cedrela lilloi) y fresno (Fraxinus americana), en Ayacucho a 2792 msnm*. [http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/unsch/3111/tesis ag1201_can.pdf?sequence=1&isallowed=y](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/unsch/3111/tesis_ag1201_can.pdf?sequence=1&isallowed=y)
- Cervantes, S. (2017). *(Efecto de sustratos sobre la propagación sexual del cultivo de moringa (Moringa oleífera) en etapa de vivero en la zona de Vinces-Ecuador*. [Tesis de pregrado]. Universidad de Guayaquil. [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23459/1/tesis final sandy.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23459/1/tesis%20final%20sandy.pdf)
- ECOCULTURA. (2020) Importancia de la cascarilla de arroz. [https://www.bing.com/ck/a?!&&p=b8e73169192133a8642c1799b141c82ac5a67d0d3137255f5ab3ad765ebe3d36JmltdHM9MTczMDU5MjAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=3168fb62-6da3-60a2-3b8ea636cfd61c8&psq=Porque+es+ importante+en+el+ sustrato](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=b8e73169192133a8642c1799b141c82ac5a67d0d3137255f5ab3ad765ebe3d36JmltdHM9MTczMDU5MjAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=3168fb62-6da3-60a2-3b8ea636cfd61c8&psq=Porque+es+importante+en+el+ sustrato)
- Chuquihauraca, C. J. V. (2020) *Evaluación de tratamientos pregerminativos y tipos de sustratos en la producción de plantones de Moringa oleífera en vivero*. [Tesis de pregrado]. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2051>.

- Chepote, M. A. (2018). *Siembra del cultivo de moringa (Moringa oleífera) en la Pampa de Villacurí, departamento de Ica*. <https://doi.org/10.1016/j.jgo.2013.09.111>
- Del Toro Martínez, J. J., Herrera, A. C., & Román, L. R. (2011). Valoración de las propiedades nutricionales de Moringa oleífera en el departamento de Bolívar. *Revista de Ciencias*, 15, 23-30.
- Donaldson (2001). Lignificación en cultivos celulares de gimnospermas basales Cbyer.Woow.Pack. (p. 48-53). <https://library.co/document/z3dg7w7y-titulolignificación-en-cultivos-celulares-de-gimnospermas-basales.html>.
- Empresa Nacional de Capacitación [ENCAP] (2008). <https://www.encap.edu.pe/course/curso-corto/instalacin-y-manejo-de-viveros-forestales?subtipo=ninguno>
- Garvillo. (2024) <https://garvillo.com/es/que-hace-el-potasio-por-las-plantas/#comment-19>
- INFOJARDIN (2023). TODO INFOJARDIN: jardinería, flores, plantas, jardines... https://articulos.infojardin.com/todas_paginas_com.htm
- Liñán, Tobias F. (2010). *Moringa oleífera, el árbol de la nutrición*. Ciencia y salud virtual. 2145-5333
- Mora, R. y García, J. (2017). *Características físicas, capacidad de germinación y crecimiento en vivero de la Moringa oleífera Lam, bajo cuatro sustratos en el municipio de Turbo*. [Tesis de grado] Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. <https://core.ac.uk/download/pdf/143468298.pdf>
- Olson, M y Fahey, J. 2011, Moringa oleífera: Un árbol multiusos para zonas secas, *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82. Mexico. 10 p.
- Pastor, S. J. N. (1999). Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoamericana*, vol. 17, núm. 3, julio-septiembre, 1999, pp. 231-235 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317307.pdf>
- Pérez, A., Sánchez,T., Armengol, N., & Reyes, F. (2010). Características y potencialidades de *Moringa oleífera*, Lamark: una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes*, 33(4), 1-1. <http://www.redalyc.org/pdf/2691/269119492001.pdf>
- Quiróz, I; García, E; González, M; Chung, P & Soto, H (2009). Vivero forestal: producción de plantas nativas a raíz cubierta. centro tecnológico de la planta forestal. Instituto de Investigación Forestal. Concepción – Chile. 119 pp. 67-71.

- Rodríguez, T. D. (2008). *Indicadores de calidad de planta forestal*. México: Mundi Prens. México S. A. de CV. México D. F. 150 p.
- Rojas, P. (2015). *Efecto de diferentes tipos de sustratos en el crecimiento inicial de tornillo (Cedrelinga cateniformis DUCKE), en Tingo María* [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva. http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/unas/1050/ts_prn_2015.pdf?sequence=1&isallowed=y
- Sáenz, W. (2015). *Utilización de la semilla natural Moringa oleífera como ayudante de la coagulación en la planta potabilizadora de agua de la ciudad de Caraz provincia de Huaylas Ancash*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo). <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/unasam/1692>.
- Silvestre Oyola, Bruno Germán (2019). *Evaluación del efecto de cinco sustratos en el desarrollo de plantas de moringa; Moringa oleífera Lam., en vivero, en la comuna Entre Ríos, provincia de Santa Elena. La Libertad*. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias Agrarias. 65p.
- Solano, R. R. (2013). *Forestación. Texto Universitario*. Escuela Profesional de Agronomía. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Multiservicios Publigráf. Ayacucho. Perú. 104 p.
- Valdés, O; Muñoz, C; Pérez, A & Martínez, L. (2014). Análisis y ajuste de curvas de crecimiento de *Moringa oleífera* Lam. en diferentes sustratos. Revista Científica Biológico Agropecuaria, Tuxpan 2(2): 66-70 Appl. Phys. A, 73(2), 1-21. https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/42285647/anlisis_y_ajuste_de_curvas_de_crecimient20160207-12785-vhbdnb.pdf?response-content-disposition=inline%3bfilename%3danalisis_y_ajuste_de_curvas_de_crecimien.pdf&xamzalgorithm=aws4-hmac-sha256&x-am
- Vásquez, A., (2001). *Silvicultura de plantaciones forestales en Colombia*. Facultad de Ingeniería forestal. Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia. 304 p.
- Vilagrosa, A; Villar-Salvador, P. & Puértolas, J. (2006). El endurecimiento de especies forestales mediterráneas. en: J. Cortina, coord. Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos. Madrid: Naturaleza y Parques Nacionales. Serie Forestal. Madrid, p. 119-140.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de Caracterización de lo sustratos en estudio



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 Universalización de la Salud"

Región : Cusco
Provincia : La Convención
Distrito : Pichari
Localidad : Pichari
Proyecto : "Tesis"
Solicitante : Srta. Nancy Huamaní Córdova

HR, 0063

ANALISIS DE CARACTERIZACION

Muestra Sustrato	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 ⁺		
S1	45.6	29.2	25.2	Fr	7.99	0.818	3.0	1.84	0.09	6.7	143.2	7.30	1.60	0.73	0.78	0.0	0.0	11.2	
S2	59.6	23.2	17.2	Fr-Ao	8.15	0.735	3.5	2.02	0.10	8.5	168.9	7.42	1.98	0.86	0.88	0.0	0.0	11.7	
S3	75.6	9.2	15.2	Fr-Ao	8.35	0.693	5.0	2.14	0.11	8.2	192.3	8.02	2.04	0.98	0.92	0.0	0.0	12.2	
S4	79.6	7.2	13.2	Fr-Ao	8.10	0.578	1.5	1.72	0.08	7.5	156.7	7.40	1.22	0.80	0.84	0.0	0.0	10.3	

Ayacucho, 20 de Julio del 2020.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELO
PLANTA AGUAS 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 2. Métodos de análisis y tabla de interpretación de resultados

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELOS

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 ó en el extracto de la pasta de saturación (es).
3. pH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:2.5 ó en suspensión suelo: KCl 1N, relación 1:2.5
4. Calcio total (CaCO_3): método volumétrico o gaso-volumétrico utilizando un calcimetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. $\% \text{M.O.} = \% \text{C} \times 1.724$.
6. Nitrógeno total: método del semi micro-kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método Bray Kurtz I y método del Olsen modificado, extracción con $\text{NaHCO}_3 = 0.5\text{M}$, pH: 8.5
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONa}$)N, pH 4.8
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$)N, pH: 7. Titulación con Formaldehído.
10. Ca^{+2} , Mg^{+2} , cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$)N, pH 7.0, cuantificación por complexometría EDTA.
11. $\text{AL}^{+3} + \text{H}^+$: método de Yuan. Extracción con KCl N
12. Iones solubles:
 - a) Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica.
 - b) Cl^- , CO_3^{+2} , HCO_3^- , NO_3^- solubles: volumetría y colorimetría, SO_4^{+2} turbidimetría con Cloruro de Bario.
 - c) Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcúmina.
 - d) Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

Equivalencias:

1ppm = 1mg/kilogramo
 1 milimho/cm (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro
 1 miliequivalente/ 100g = 1 cmol(+)/kg
 Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes
 CE (1:1) mmho/cm x 2 = CE (es) mmho/cm

TABLA DE INTERPRETACIÓN

Salinidad	
Clasificación del Suelo	CE (es)
* muy ligeramente salino	< 2
* ligeramente salino	2 - 4
* moderadamente salino	4 - 8
* fuertemente salino	> 8

Reacción o pH	
Clasificación del Suelo	pH
* Fuertemente ácido	< 5.5
* Moderadamente ácido	5.6 - 6.0
* Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
* Neutro	6.6 - 7.0
* Ligeramente alcalino	7.1 - 7.8
* Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4
* Fuertemente alcalino	> 8.4

	Materia Orgánica	Fósforo disponible	Potasio disponible
Clasificación	%	ppm P	ppm K
* bajo	< 2.0	< 12.0	< 100
* medio	2 - 4	12.0 - 18.0	100 - 240
* alto	> 4.0	> 18.0	> 240

Relaciones Catiónicas			
Clasificación	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
* Normal	5 - 8	14 - 16	1.8 - 2.5
* Deficiencia Ca	< 5	< 14	
* Deficiencia K		> 16	> 2.5
* Deficiencia Mg	> 8		< 1.8

Distribución de Cationes %		% Calcio Total	
Ca^{+2}	60 - 75	< 1 %	Nivel bajo
Mg^{+2}	15 - 20	1 a 5 %	Nivel Medio
K^+	3 - 7	5 - 15 %	Nivel alto
Na^+	< 15	> 15 %	Nivel muy alto

Anexo 3. Interpretación del resultado de análisis del sustrato

Sustrato	Clase textural	pH agua (1:2.5)	CE dS/m 1:1	CaCO ₃ %	M.O. %	Nt %	Fósforo disponible ppm P	Potasio disponible ppm K	CIC (Cmol (+) Kg
S ₁	Fr	Moderadame nte alcalino	Muy ligeramente salino	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
S ₂	Fr-Ao	Moderadame nte alcalino	Muy ligeramente salino	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo
S ₃	Fr-Ao	Moderadame nte alcalino	Muy ligeramente salino	Medio	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo
S ₄	Fr-Ao	Moderadame nte alcalino	Muy ligeramente salino	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo

Anexo 4. Galería fotográfica



Foto 01. Semillas de moringa



Foto 02. Desinfección de sustrato



Foto 03. Preparación de sustrato



Foto 04. Ubicación de bolsas con sustrato



Foto 05. Emergencia de plántulas



Foto 06. Repique de plántulas



Foto 07. Crecimiento de plantas



Foto 08. Medición de cuello de plantas



Foto 09. Medición de altura de planta



Foto 10. Pesaje de la raíz de plantones



Foto 11. Secado de plantones de moringa



Foto 12. Pesaje de materia seca de plantones

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. NANCY HUAMANÍ CÓRDOVA
R.D. N° 302-2024-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los veinticinco días del mes de octubre 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. Rómulo Agustín Solano Ramos Decano (e) de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por Dr. Rómulo Agustín Solano Ramos, Mtro. Juan Aníbal Galindo Galindo como asesor, Dr. Yuri Gálvez Gastelú y M.Sc. Guillermo Carrasco Aquino; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Tipos de sustrato en la propagación de plántones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en vivero, Pichari, Cusco, 2019**, para obtener el Título Profesional de Ingeniera Agroforestal presentado por la Bachiller **NANCY HUAMANÍ CÓRDOVA**.

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:

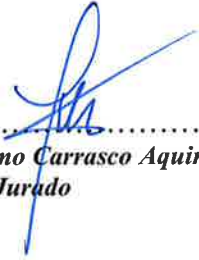
Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. Rómulo Agustín Solano Ramos	16	15	16	16
Mtro. Juan Aníbal Galindo Galindo	16	16	15	16
Dr. Yuri Gálvez Gastelú	15	14	15	15
M.Sc. Guillermo Carrasco Aquino	15	14	15	15
PROMEDIO GENERAL				16

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


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


.....
Mtro. Juan Aníbal Galindo Galindo
Asesor


.....
Dr. Yuri Gálvez Gastelú
Jurado


.....
M.Sc. Guillermo Carrasco Aquino
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;

Tipos de sustrato en la propagación de plántones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en vivero, Pichari, Cusco, 2019

Autor : Nancy HUAMANÍ CÓRDOVA
Asesor : Juan Aníbal GALINDO GALINDO

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 **veinticuatro (24 %)** 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: 2527420744

Ayacucho, 21 de noviembre de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Dr. Yuri Gálvez Castelú
Coordinador de Control de originalidad de
trabajos de investigación

Tipos de sustrato en la propagación de plantones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en vivero, Pichari, Cusco, 2019

por Nancy HUAMANÍ CÓRDOVA

Fecha de entrega: 21-nov-2024 10:02a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2527420744

Nombre del archivo: TESIS_NANCY_HUAMANI_CORDOVA_EPIAF.docx (7.18M)

Total de palabras: 16170

Total de caracteres: 83325

Tipos de sustrato en la propagación de plántones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en vivero, Pichari, Cusco, 2019

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	10%
2	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
6	revistaciencias.univalle.edu.co Fuente de Internet	1%
7	docplayer.es Fuente de Internet	1%
8	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	1%

9	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	1 %
11	Submitted to Universidad Francisco de Paula Santander Trabajo del estudiante	<1 %
12	sigmof.icf.gob.hn Fuente de Internet	<1 %
13	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
14	noalasdrogasparaunmejorfuturo.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
16	wiki2.org Fuente de Internet	<1 %
17	www.treesftf.org Fuente de Internet	<1 %
18	dspace.ueb.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
19	redi.ufasta.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21

repository.unad.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

22

repositorio.unasam.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

23

www.agr.una.py

Fuente de Internet

<1 %

24

repositorio.untels.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Tipos de sustrato en la propagación de plántones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en vivero, Pichari, Cusco, 2019

Área de Investigación: Medio Ambiente
Líneas de investigación: Sistemas de Producción Agrícola
Nancy Huamani Córdova
nancy.huamani.29@unsch.edu.pe
Juan Aníbal Galindo Galindo
juan.galindo@unsch.edu.pe

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de cuatro tipos de sustrato en la propagación de plántones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en el vivero del Centro Experimental de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal, Pichari, Cusco (CEEPIAP). Para el estudio se utilizó el diseño experimental Completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos y 4 repeticiones con 10 plantas por repetición. Los parámetros evaluados fueron; altura de plánton, diámetro de tallo, biomasa seca aérea, relación altura/longitud de raíz, Índice de Dickson, relación de biomasa aérea, biomasa, longitud de raíz, biomasa seca radicular, Índice de lignificación e Índice de robustez. Los sustratos fueron: T₁: tierra agrícola 50% + arena fina 30% + aserrín 20%; T₂: tierra agrícola 50% + arena fina 30% + humus 20%; T₃: tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + aserrín 20%; T₄: tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30%+ humus 20%. Los resultados obtenidos a los dos meses del repique, muestran que el Tratamiento 4 compuesto por tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + humus 20%, tuvo efecto positivo y directo en la altura de plánton (65.50 cm), diámetro de tallo (4.81 cm), biomasa seca aérea (8.95 g), relación altura/longitud de raíz (6.16), Índice de Dickson (0.21) y en la relación de biomasa aérea y biomasa radicular (2.95). El tratamiento 3 compuesto por tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + aserrín 20%, tuvo efecto en la longitud de raíz (20.39 cm), biomasa seca radicular (1.37 g), mientras que los cuatro sustratos no tuvieron influencia en Índice de lignificación e Índice de robustez.

Palabras clave: moringa, *Moringa oleífera*, propagación sexual, sustratos, (VRAEM).

Types of substrate in the propagation of moringa seedlings (*Moringa oleifera* Lam) in nursery, Pichari, Cusco, 2019

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the effect of four types of substrate on the propagation of moringa seedlings (*Moringa oleifera* Lam) in the nursery of the Experimental Center of the Professional School of Agroforestry Engineering, Pichari, Cusco (CEEPIAP). For the study, the completely randomized experimental design (DCA) was used, with 4 treatments and 4 repetitions with 10 plants per repetition. The parameters evaluated were; seedling height, stem diameter, aerial dry biomass, root height/length ratio, Dickson Index, aerial biomass ratio, biomass, root length, root dry biomass, Lignification Index and Robustness Index. The substrates were: T1: agricultural land 50% + fine sand 30% + sawdust 20%; T2: agricultural land 50% + fine sand 30% + humus 20%; T3: agricultural land 50% + rice husk 30% + sawdust 20%; T4: agricultural land 50% + rice husk 30% + humus 20%. The results obtained two months after the ringing, show that Treatment 4, composed of agricultural land 50% + rice husk 30% + humus 20%, had a positive and direct effect on seedling height (65.50 cm), stem diameter (4.81 cm), dry aerial biomass (8.95 g), root height/length ratio (6.16), Dickson Index (0.21) and the relationship between aerial biomass and root biomass (2.95). Treatment 3, composed of agricultural land 50% + rice husk 30% + sawdust 20%, had an effect on root length (20.39 cm), root dry biomass (1.37 g), while the four substrates had no influence on Index lignification and robustness index.

Keywords: moringa, *Moringa oleifera*, sexual propagation, substrates, (VRAEM).

I. INTRODUCCIÓN

La *Moringa oleífera* Lam., conocido comúnmente como moringa, es un árbol que tiene un gran potencial para su cultivo en muchas partes de América tropical por su combinación singular de propiedades. Las hojas son comestibles y ricas en proteínas, con un perfil de aminoácidos esenciales muy balanceado. Al mismo tiempo, contiene vitaminas A y C, en altas cantidades, así como antioxidantes potentes. También se utiliza como forraje nutritivo para los animales. Los frutos jóvenes son comestibles y las semillas producen un aceite comestible y lubricante de altísima calidad. Los desechos del prensado de las semillas para obtener el aceite contienen uno de los floculantes o aglutinantes vegetales más potentes que se conocen y pueden eliminar la turbidez del

agua (Martínez, 1959; Reyes et al., 2006). Estos árboles crecen con suma rapidez, tolera el calor y es resistente a la sequía.

Asimismo, es necesario mencionar que la moringa no es exigente en suelos de calidad y ayudaría mucho en la recuperación, mejoramiento y conservación de los suelos en el Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM).

Por otro lado, un estudio para conocer sobre *Moringa oleífera*, puede representar un importante aporte socio-económico al mejoramiento de las condiciones del nivel de vida de la población, no solo por los beneficios directos al consumir la planta, nutrición, alimentación animal, sino también en las posibilidades de generar productos para la industria con beneficios económicos (Mora, 2017).

Sin embargo, en esta parte del Perú (VRAEM), se conoce muy poco sobre esta especie. Solo encontramos dos casos de intentos de adaptación, uno, la existencia de una hectárea de este cultivo de aproximadamente un año de edad a cargo de PROVRAEM en Río Tambo (Satipo), bajo el sistema agroforestal integrado por cacao y moringa, el otro caso, es la pérdida total de varias hectáreas de los agricultores por el daño económico causado por la hormiga, más conocida como “coqui” (*Atta sp*).

Por lo tanto, es imprescindible efectuar estudios silviculturales de la moringa en vivero desde el manejo de semillas, sustratos adecuados, repique y crianza de plántones hasta obtener plántones de calidad para luego llevar a campo definitivo.

En tal sentido, considerando todo lo anterior se propuso realizar un trabajo de investigación utilizando diferentes tipos de sustratos en la producción de plántones de moringa de calidad, con los siguientes objetivos.

Objetivo general

Determinar el efecto de tipos de sustrato en la propagación de plántones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en condiciones de vivero, Pichari.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de cuatro tipos de sustratos en las características morfológicas de los plántones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en condiciones de vivero, Pichari.
2. Determinar el tipo de sustrato óptimo en la propagación de plántones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en vivero.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación

El trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Pichari,

provincia La Convención, Región Cusco, a una altitud de 550 msnm cuyas coordenadas geográficas son 12°31'31" Latitud Sur y 73°49'48" Longitud Oeste. Perteneciente a la región natural rupa rupa o selva alta.

2.2. Características climáticas

El clima en Pichari se caracteriza por la presentación de dos épocas; una frígida-seca (mayo- setiembre) y otra calurosa-lluviosa (noviembre - abril). La temperatura máxima en promedio fue de 30.25 °C, siendo los meses de setiembre y octubre como los más calurosos con 32°C. La temperatura mínima en promedio fue de 19.6°C, siendo junio, julio y agosto, los meses más fríos con 16.3°C. La precipitación máxima de 310.6 mm se registró durante los meses de diciembre a marzo, mientras que la precipitación mínima de 15.2 mm ocurrió en el mes de julio.

2.3. Análisis de los sustratos

Análisis de los sustratos

Sustrato	Clase textural	pH agua (1:2.5)	CE dS/m 1:1	CaCO ₃ %	M.O. %	Nt %	Fósforo disponible ppm P	Potasio disponible ppm K	CIC (Cmol (+) Kg
S ₁	Fr	Moderadamente alcalino	Muy ligeramente salino	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
S ₂	Fr-Ao	Moderadamente alcalino	Muy ligeramente salino	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo
S ₃	Fr-Ao	Moderadamente alcalino	Muy ligeramente salino	Medio	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo
S ₄	Fr-Ao	Moderadamente alcalino	Muy ligeramente salino	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo

Nota. Los sustratos S₁, S₂, S₃ y S₄ son equivalentes a los T₁, T₂, T₃ y T₄

2.3. Materiales y equipos

- Pico
- Machete
- Pala
- Bolsas de polietileno
- Humus de lombriz
- Regadera
- Papel kraft
- Costales
- Zaranda
- Plástico transparente
- Formatos para apuntes
- Vernier
- Regla graduada
- Cinta métrica
- Balanza analítica

2.4. Variables

2.4.1. Variable independiente

Tipos de sustratos

Indicadores

S_1 = 50 % de tierra agrícola + 30% de arena fina + 20% de aserrín.

S_2 = 50% de tierra agrícola + 30% de arena fina + 20% de humus.

S_3 = 50% de tierra agrícola + 30% de cascarilla de arroz + 20% de aserrín.

S_4 = 50% de tierra agrícola + 30% de cascarilla de arroz + 20% de humus.

2.4.2. Variable dependiente

Propagación sexual de moringa (*Moringa oleífera* Lam)

Indicadores

- Altura del plantón (cm)
- Diámetro del plantón (mm)
- Longitud de raíz (cm)
- Biomasa aérea (g) y radicular (g)
- Índice de robustez (IR)
- Relación de la biomasa aérea/radicular.
- Índice de calidad de Dickson (ICD)
- Índice de lignificación (%)
- Relación altura/longitud de raíz

2.5. Procedimiento**2.5.1. Población**

La población estuvo conformada por 160 plantones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) como resultado de cuatro tipos de sustrato (S_1 , S_2 , S_3 , S_4) con 4 repeticiones y 10 plantas por unidad experimental.

2.5.2. Muestra

La muestra del proyecto de investigación estuvo compuesta por 56 plantones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) de los cuatro tratamientos debidamente identificados.

2.6. Unidad de análisis

La unidad de análisis estuvo representada por 56 plantones de *Moringa oleífera* Lam de los cuales se obtuvo los parámetros a evaluar: altura del plantón (cm), diámetro del plantón (mm), longitud de raíz (cm), biomasa aérea (g) y radicular (g), Índice de robustez (IR), Relación de la biomasa aérea/radicular, Índice de calidad de Dickson (ICD), Índice de lignificación (%) y Relación altura/longitud de raíz.

2.7. Diseño experimental

Para el desarrollo del proyecto de investigación en vivero se utilizó el Diseño Completo Randomizado (DCR) con 4 tipos de sustrato y 4 repeticiones haciendo un total de 16 tratamientos con 10 plantas cada uno, totalizando 160 plantones.

2.8. Análisis estadístico

$$\text{Modelo estadístico. } Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = jiésima observación del tratamiento i

i = 1, 2, ..., k

j = 1, 2, ..., n_i

U = Media global

T_i = Efecto del tratamiento i

E_{ij} = Efecto del error experimental de la medición Y_{ij}

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Altura de plantón

Tabla 3.1

Análisis de variancia de la altura del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco

F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	3028,371	3	1009,457	24,117	0,001**
Error	502,282	12	41,857		
Total	3530,653	15			

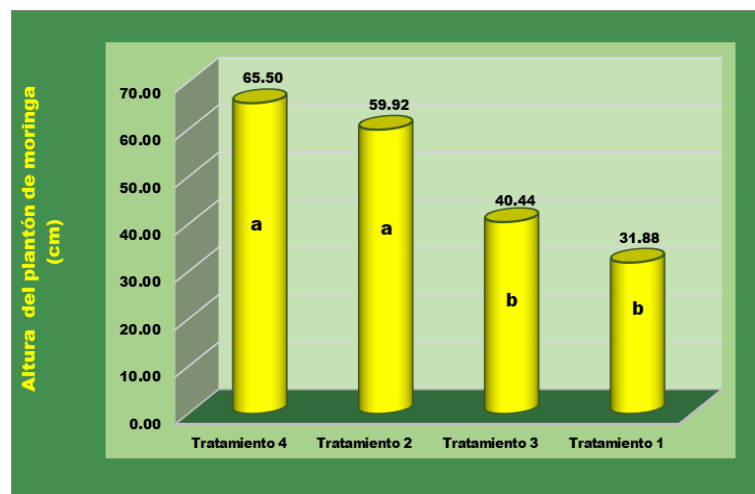
CV = 13.09%

En la Tabla 3.1 se muestra el análisis de variancia de la altura de plantón de moringa a 2 meses después del repique donde se observa diferencia estadística altamente significativa entre los tipos de sustrato, en tal sentido para saber cuál de ellos es diferente se realizó la prueba de contraste de Tukey, que se presenta en la Figura 3.1, donde se observa que los tratamientos 4 y 2 son iguales estadísticamente (65.50 y 59.92 cm de altura) pero, superiores a los tratamientos 3 y 1 que, también son iguales estadísticamente entre ellos, con 40.44 y 31.88 cm de altura, respectivamente.

Además, el coeficiente de variabilidad se encuentra dentro del valor permisible, lo que significa buena precisión.

Figura 3.1

Prueba de Tukey de la altura promedio de plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



El hecho de que los tratamientos T₄ y T₂ son iguales estadísticamente y superiores a los demás tratamientos, se debe posiblemente, a que ambos tratamientos tengan en común 50% de tierra agrícola y 20% de humus, que influyeron en la altura de los plantones debido a la presencia de N proveniente del humus; asimismo, es necesario señalar que el T₄ contiene 30% de cascarilla de arroz y el T₂, 30% de arena fina y que ambos facilitan la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes, sin embargo, la presencia de la cascarilla de arroz en el T₄, presenta, según ECOCULTURA (2020), mayores beneficios que la arena fina, como por ejemplo, aporta principalmente silicio, fósforo, potasio y otros minerales útiles para la planta e incrementa la actividad macro y microbiológica de la tierra, influyendo en la altura del plantón, razón por los cuales el T₄ es superior al T₂ numéricamente.

Al respecto, Cervantes (2017) encontró en su trabajo que el T₄ compuesto por 50 % suelo agrícola, 20 % turba, 20 % cascarilla de arroz, 10 % humus de lombriz, fue superior en altura de planta con 65,20 cm, mientras que en el presente trabajo el T₄ compuesto por tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + humus 20% y T₂ compuesto por tierra agrícola 50% + arena fina 30% + humus 20% fueron superiores en altura de planta con 65.50 y 59.92 cm, respectivamente, corroborando que en ambos trabajos los sustratos son similares y por ende, alcanzan a ser superiores en altura.

Por su parte, Chuquihuaraca (2020) señala que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tipos de sustratos en la producción de plantones de *Moringa oleífera* Lam. para altura de planta donde se observa que el tratamiento T1 (Tierra agrícola 50% + Arena 25% + Compost de café 25%) muestra el mejor promedio: 64.91 cm, en tanto, en el presente trabajo con el T₄ compuesto por tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + humus 20% es superior con 65.50 cm. de altura con similar sustrato.

Asimismo, Rodríguez (2008) manifiesta que, la altura del plantón es una variable fácil de medir, y se ha determinado que existe correlación entre la altura al momento de plantación y la supervivencia y el crecimiento uno o más años después, en varias especies.

Quiroz et al. (2009), manifiestan que la variable altura se relaciona con su capacidad fotosintética y su superficie de transpiración. Las plantas más altas pueden lidiar mejor con la vegetación competidora, aunque esto implica una buena salud fisiológica y un sistema radicular adecuado. Esta variable se expresa generalmente en centímetros (cm).

3.2. Diámetro de tallo

Tabla 3.2

Análisis de variancia del diámetro de tallo del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco

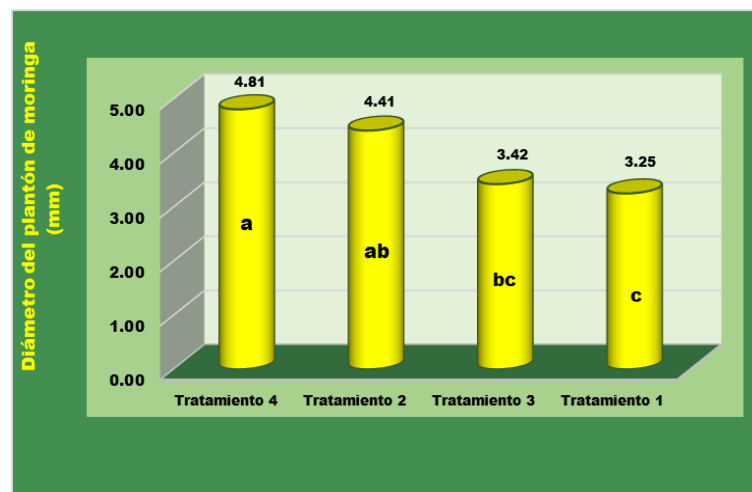
F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	6,845	3	2,282	8,194	0,003 *
Error	3,341	12	0,278		
Total	10,186	15			

CV = 13,28%

En la Tabla 3.2, se muestra el análisis de variancia de la variable diámetro de tallo del plantón de moringa a 2 meses después del repique donde se observa diferencia significativa entre los tipos de sustrato, razón por la cual, se realizó la prueba de contraste de Tukey, tal como se muestra en la Figura 3.2, donde se observa que los tratamientos 4 y 2 son estadísticamente iguales pero superiores a los tratamientos 3 y 1.

Figura 3.2

Prueba de Tukey del diámetro de tallo del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



El hecho de que los tratamientos T_4 y T_2 son iguales estadísticamente y superiores a los demás tratamientos, se debe posiblemente, a que ambos tratamientos tengan en común 50% de tierra agrícola y 20% de humus, que influyeron en el diámetro de los plantones debido a la presencia de N proveniente del humus; asimismo, es necesario señalar que el T_4 contiene 30% de cascarilla de arroz y el T_2 , 30% de arena fina y que ambos facilitan la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes, sin embargo, la presencia de la cascarilla de arroz en el T_4 , presenta, según ECOCULTURA (2020), mayores beneficios que la arena fina, como por ejemplo, aporta principalmente silicio, fósforo, potasio y otros minerales útiles para la planta e incrementa la actividad macro y microbiológica de la tierra, influyendo en el diámetro del plantón, razón por los cuales el T_4 es superior al T_2 numéricamente.

Al respecto, Cervantes (2017), en su trabajo efecto de sustratos en planta de moringa encontró que, el T₃ compuesto por 70 % suelo, 20 % humus de lombriz, 10 % cascarilla de arroz, fue superior en diámetro con 10,29 mm, mientras que, en el presente trabajo, los tratamientos T₄ y T₂ con similares sustratos, alcanzaron los mayores valores en diámetro, 4.81 y 4.41 mm, respectivamente.

Chuquihuaraca (2020) menciona que no existe diferencia estadística entre los tipos de sustratos en la producción de plántones de *Moringa oleífera* Lam, para diámetro de tallo, lo que quiere decir que los tipos de sustratos no tienen efecto en esta variable, presentando como promedios 4.6 mm. para diámetro de tallo, mientras que en el presente trabajo con el T₄ se alcanzó un mayor valor, 4.81mm.

De la misma manera, Valdés et al. (2014), al utilizar diferentes sustratos en la producción de *M. oleífera*: arenoso (A), franco-arenoso (FA), arcilloso (AC) y composta de cachaza de caña (C) mezclada en proporciones de A₂:C₁, A₁:C₁ y A₁:C₂, encontró que la combinación de A₁:C₁ fue suficiente para obtener alta tasa de crecimiento en diámetro de *M. oleífera* al igual que en el presente trabajo donde el sustrato T₂ compuesto por arena fina y humus permite alcanzar 4.41 mm de diámetro.

Además, Mexal y Landis (1990, como se citó en Rojas, 2015,) mencionan que el diámetro permite predecir en gran medida la supervivencia de la planta en campo, especialmente, cuando se incluye una estimación de la biomasa de la raíz, aparentemente, el diámetro es un buen indicador del comportamiento de la altura y ambos definen la producción de biomasa de la parte aérea y la raíz.

En diferentes estudios se ha encontrado que los brinzales con diámetro mayor tienen tasas de supervivencia más altas y se indica que ésta aumenta de 5 a 7% por cada milímetro de incremento en el diámetro de los mismos. Una supervivencia alta (> 80%), se logra cuando las plantas tienen de 5 a 6 mm de diámetro.

3.3. Longitud de raíz

Tabla 3.3

Análisis de variancia de longitud de raíz del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco

F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	166,835	3	55,612	11,511	0,001**
Error	57,975	12	4,831		
Total	224,810	15			

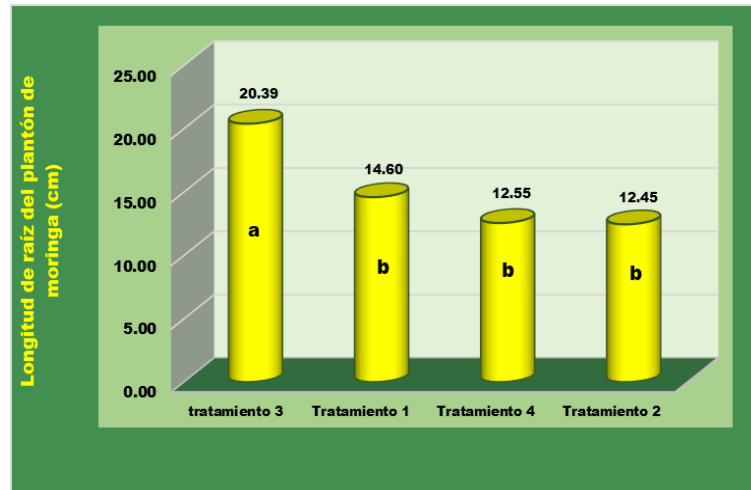
CV = 14,66%

En la Tabla 3.3 se muestra el análisis de variancia de la variable longitud de raíz del plantón de moringa a 2 meses después del repique donde se observa diferencia altamente significativa entre los tipos de sustrato, razón por la cual, se realizó la prueba de contraste de Tukey (Figura 3.3) donde se observa que el tratamiento 3 con 20.39 cm

de longitud de raíz, es superior a los tratamientos 1 (14.60 cm) 4 (12.55 cm) y 2 (12.45 cm) que son iguales estadísticamente.

Figura 3.3

Prueba de Tukey de la longitud de raíz promedio del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



Estos resultados, de acuerdo al análisis de los sustratos, posiblemente, se deben al contenido medio de potasio y nitrógeno del T₃, lo que influye en un mayor crecimiento de las raíces en comparación de los otros tratamientos que tienen potasio medio, pero bajo en contenido de nitrógeno.

Asimismo, el hecho de que el tratamiento T₃ es superiores a los demás tratamientos, posiblemente, se debe a que dicho tratamiento esté compuesto de 50% de tierra agrícola, 30% de cascarilla de arroz y 20% de aserrín lo que influyeron en el mayor crecimiento de la longitud de raíz de los plantones debido a que los dos últimos elementos, especialmente la cascarilla de arroz por tratarse de un subproducto del arroz y es un complemento muy completo para el sustrato, facilita la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes, incrementa la actividad macro y microbiológica de la tierra, estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas y aporta principalmente silicio, fósforo, potasio y otros minerales útiles para la raíz. (ECOCULTURA, 2020)

Garvillo (2024) al comentar sobre desarrollo de raíces, manifiesta que el potasio que es esencial para el desarrollo y crecimiento de las raíces. ayuda a regular la elongación celular y la división de células en las puntas de las raíces. Las raíces sanas y fuertes son fundamentales para la absorción eficiente de nutrientes y agua.

Además, Cervantes (2017) encontró que el T₃ compuesto por 70 % suelo, 20 % humus de lombriz, 10 % cascarilla de arroz, fue superior a los demás tratamientos en longitud de la raíz con 22,8 cm, resultado similar al obtenido en el presente trabajo donde el T₃ integrado por tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + humus 20% es superior a

los otros tratamientos con 20.39 cm, debido a sus bondades de la cascarilla de arroz ya señaladas líneas arriba.

3.4. Biomasa seca aérea

Tabla 3.4

Análisis de variancia de biomasa seca aérea del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco.

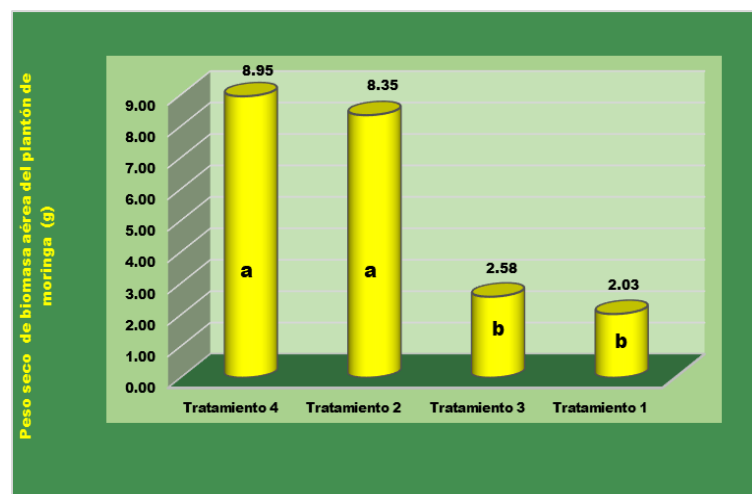
F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	12,424	3	4,141	16,968	0,001**
Error	2,929	12	0,244		
Total	15,353	15			

CV = 37,11%

La Tabla 3.4 muestra el análisis de variancia de biomasa aérea del plantón de moringa a 2 meses del repique donde se observa diferencia altamente significativa entre tipos de sustrato y para conocer cuál de ellos es diferente se realizó la prueba de Tukey que se presenta en la Figura 3.4, donde se observa que los T₄ (8.95 g) y T₂ (8.35 g) son iguales estadísticamente, pero superiores a los tratamientos 3 con 2.58 g y 1 con 2.03 g.

Figura 3.4

Prueba de Tukey de peso seco promedio de biomasa aérea del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



Referente a ello, Chuquihuaraca (2020) señala que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tipos de sustratos en la producción de plantones de *Moringa oleífera* Lam. para peso seco del plantón donde se observa que el tratamiento T1 (Tierra agrícola 50% + Arena 25% + Compost de café 25%) muestra el mejor promedio, 7.5 g, mientras que, en el presente trabajo, el T₄ compuesto de tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + 20% de humus y T₂ compuesto por 50% de tierra agrícola + 30% de arena fina + 20% de humus, alcanzan 8.95 y 8.35 g, respectivamente, valores superiores al encontrado por Chuquihuaraca.

3.5. Biomasa seca radicular

Tabla 3.5

Análisis de variancia de biomasa seca radicular del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco

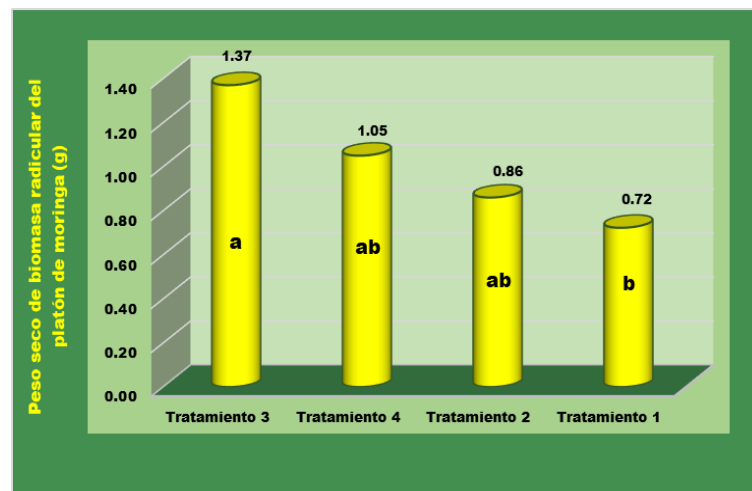
F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	0,926	3	0,309	4,868	0,019*
Error	0,761	12	0,063		
Total	1,686	15			

CV = 25,19%

La Tabla 3.5. muestra el análisis de variancia de biomasa radicular del plantón de moringa a 2 meses del repique donde se observa diferencia significativa entre tipos de sustrato y para determinar cuál de ellos es diferente se realizó la prueba de Tukey que se presenta en la Figura 3.5. donde se observa que el tratamiento 3 (1.37 g) y tratamiento 4 (1.05 g) son iguales estadísticamente, pero superiores a los tratamientos 2 con 0.86 g y 1 con 0.72 g.

Figura 3.5

Prueba de Tukey de peso seco promedio de biomasa radicular del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



Los valores obtenidos del peso seco de biomasa radicular tienen estrecha relación con los valores obtenidos en la variable longitud de raíz, es decir que a mayor longitud de raíz le corresponde mayor peso seco de la biomasa radicular.

Al respecto, Cervantes (2017) encontró que el T₃ compuesto por 70 % suelo, 20 % humus de lombriz, 10 % cascarilla de arroz, fue superior en peso de la raíz con 20,34 g, mientras que en el presente trabajo con el T₃ compuesto por tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + aserrín 20% sólo se alcanza 1.37 g.

3.6. Índice de robustez

Tabla 3.6

Análisis de variancia del Índice de Robustez del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco

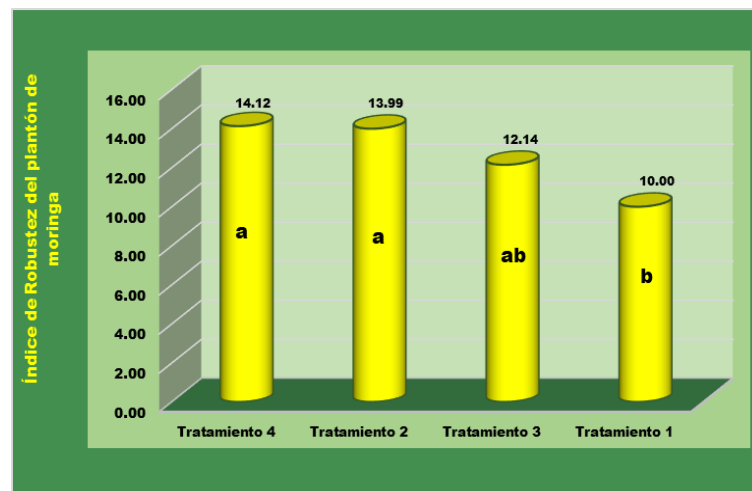
F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	44,959	3	14,986	12,783	0,001**
Error	14,069	12	1,172		
Total	59,028	15			

CV = 8,62%

En la Tabla 3.6. se presenta el análisis de variancia del índice de robustez del plantón de moringa luego de 2 meses del repique donde se observa diferencia altamente significativa para tipos de sustrato, por lo tanto, se realizó la prueba de contraste de Tukey que se muestra en la Figura 3.6. donde se observa que los tratamientos T₄ (14.12) y T₂ (13.99) son iguales y superiores a los T₃ (12.14) y T₁ que alcanza 10 de índice de robustez.

Figura 3.6

Prueba de Tukey del Índice de Robustez promedio del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



Para Rodríguez (2008) el índice de robustez “se obtiene dividiendo la altura de la planta (en cm) entre el diámetro a nivel del cuello de la raíz (en cm). Tanto sea menor su valor, más bajo y grueso es el arbolito, tendiendo a ser más apto para limitaciones de humedad, y viceversa.

El Índice de Robustez, evalúa la resistencia de la planta a la desecación por el viento, su supervivencia, su adaptabilidad y su capacidad de crecimiento en condiciones secas. Su valor óptimo para el Índice de Robustez debe ser menor a seis (06).

En consecuencia, los valores obtenidos en el presente trabajo se encuentran entre 10 y 14.12 sobrepasando el valor de seis (06) lo que significa que dichos plantones no resisten a la desecación por el viento, limita su supervivencia, su adaptabilidad y su

capacidad de crecimiento en condiciones secas, por lo tanto, se trata de plantones frágiles y vulnerables a la falta de humedad y otros factores limitantes del medio ambiente.

3.7. Relación de la biomasa seca aérea/biomasa seca radicular

Tabla 3.7

Análisis de variancia de la relación entre biomasa seca aérea y biomasa seca radicular del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco

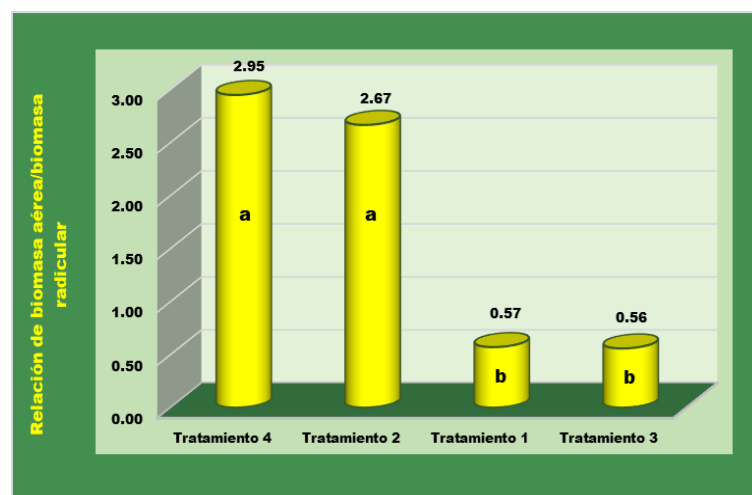
F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	20,275	3	6,758	9,619	0,002*
Error	8,432	12	0,703		
Total	28,707	15			

CV = 49,75%

En la Tabla 3.7. se presenta el análisis de variancia de la relación entre biomasa seca aérea y la biomasa seca radicular del plantón de moringa a 2 meses del repique, donde se observa significación estadística para tipos de sustrato, por tanto, para conocer cuál de ellos es diferente, se realizó la prueba de Tukey que se muestra en la Figura 3.7. donde se observa que los tratamientos T₄ (2.95) y T₂ (2.65) son iguales estadísticamente, pero, superiores a los T₁ y T₃ con 0.57 y 0.56, respectivamente.

Figura 3.7

Prueba de Tukey de la relación de biomasa aérea/ biomasa radicular del plantón de moringa a dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



Rodríguez (2008), al comentar sobre la relación de biomasa aérea y biomasa radicular, señala que también puede expresarse en términos de volumen o como relación biomasa subterránea entre biomasa aérea. Representa en términos generales la proporción entre tejido evapotranspiracional o productor (particularmente en especies cespitosas, donde gran parte de dicha biomasa es follaje) y tejido absorbedor de agua y nutrientes (raíces). Si tal valor es igual a uno, significa que la biomasa aérea es igual a la biomasa subterránea, si el valor es < de uno, la biomasa aérea es > que la biomasa subterránea.

En el presente trabajo, el T4 presentó el mayor valor (2.95) lo cual indica una mejor calidad de planta, es decir, existe un balance entre la parte aérea y la parte radical. Por tanto, una planta de calidad, es aquella que reúne las características morfológicas y fisiológicas adecuadas para sobrevivir satisfactoriamente en las condiciones ambientales del lugar donde serán plantadas.

3.8. Índice de calidad de Dickson

Tabla 3.8

Análisis de variancia del Índice de Calidad de Dickson del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco

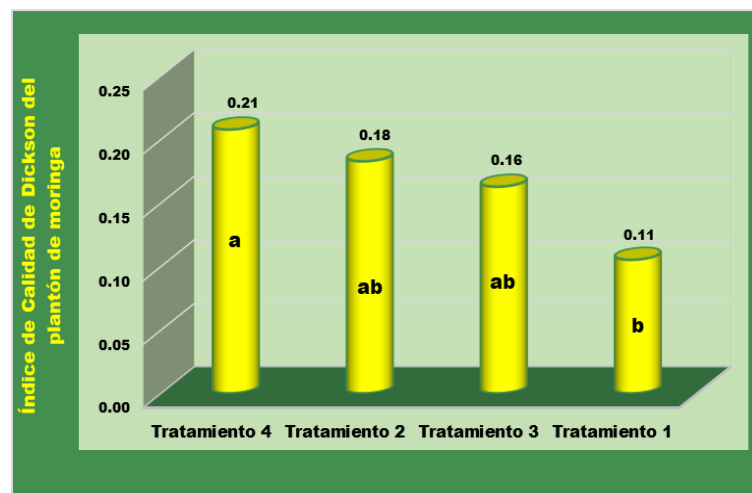
F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	0,023	3	0,008	3,641	0,045*
Error	0,025	12	0,002		
Total	0,048	15			

CV = 27,84%

En la Tabla 3.8. se presenta el análisis de variancia de la relación entre biomasa seca aérea y la biomasa seca radicular del plantón de moringa a 2 meses del repique, donde se observa significación estadística para tipos de sustrato, en consecuencia, para conocer cuál de ellos es diferente, se realizó la prueba de Tukey que se muestra en la Figura 3.8, donde se observa que los tratamientos T₄ (0.21), T₂ (0.18) y T₃ (0.16) son iguales estadísticamente, pero, superiores a T₁ que alcanza sólo a 0.11.

Figura 3.8

Prueba de Tukey del Índice de Calidad de Dickson promedio del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



Al respecto, Dickson et al. (1960, citado por Quiroz et al. (2009), manifiesta que el índice de Dickson es un parámetro importante para evaluar la calidad de las plántulas en viveros forestales. Por lo tanto, nos proporciona información sobre la relación entre el peso seco de la parte aérea de la planta y el peso seco de la raíz de la planta, asimismo, indica que un valor menor a seis significa una planta más robusta y adaptada

a condiciones secas. En consecuencia, de acuerdo a la Figura 3.8, todos los plantones producidos en los cuatro tratamientos se encuentran debajo de seis; T_4 (0.21), T_2 (0.18) y T_3 (0.16) y T_1 0.11, por lo tanto, están considerados como plantones de calidad y con potencial de crecimiento en campo definitivo.

En resumen, el Índice de Dickson es una medida que evalúa la calidad de las plantas en viveros o al momento de la plantación y un valor más alto en el Índice de Dickson indica una planta más vigorosa y con mayor potencial de crecimiento.

Además, Rodríguez (2008) manifiesta que la planta de calidad es aquella que posee ciertas propiedades morfológicas y fisiológicas que le permiten establecerse, crecer y desarrollarse vigorosamente en el sitio de plantación (aclimatarse). Cuando se utiliza planta de calidad, la supervivencia es mayor”

3.9. Índice de lignificación

Tabla 3.9

Análisis de variancia del Índice de Lignificación del plantón de moringa a 2 meses después del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco

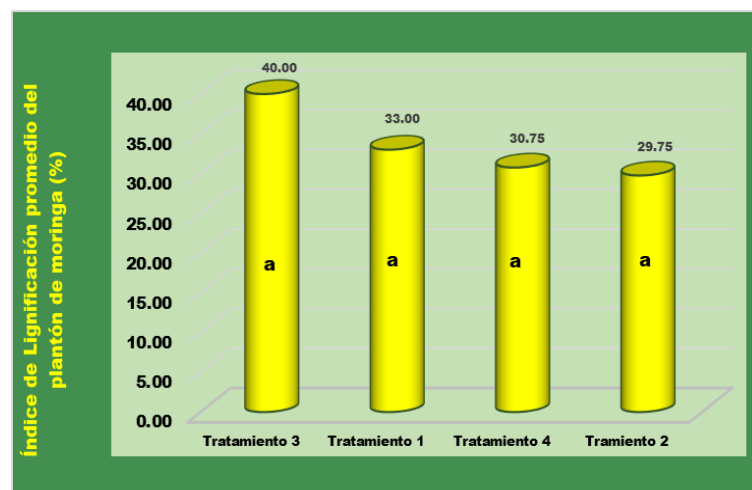
F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	256,250	3	85,417	3,149	0,065NS
Error	325,500	12	27,125		
Total	581,750	15			

CV = 15,60%

En la Tabla 3.9 se presenta el análisis de variancia del índice de lignificación del plantón de moringa a 2 meses del repique, donde se observa que no existe ninguna significación estadística para tipos de sustrato, sin embargo, se efectuó la prueba de Tukey que se muestra en la Figura 3.9, donde, efectivamente, se observa que los 4 tratamientos en estudio son iguales estadísticamente.

Figura 3.9

Prueba de Tukey del Índice de Lignificación promedio del plantón de moringa evaluado a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



Rojas (2015) al referirse al Índice de lignificación señala que para encontrar el índice de lignificación se relaciona el peso seco total y el peso húmedo total de la planta, el cual determina el porcentaje (%) de lignificación. En consecuencia, los valores que se observan en la Figura 3.9, de 40, 33, 30.75 y 29.75, permiten afirmar que los plantones se encuentran en proceso de lignificación y por ende son capaces de resistir los extremos climáticos en campo definitivo.

Al respecto, INFOJARDIN (2023) señala que la lignificación es el proceso por el cual las células de las plantas se vuelven más rígidas y resistentes gracias a la acumulación de lignina, un polímero complejo que se encuentra en las paredes celulares de las plantas. La lignificación es un proceso natural que ocurre en las plantas a medida que maduran y se desarrollan. La lignificación de los plantones forestales se debe a la necesidad de que estos sean capaces de soportar el peso de su propio crecimiento y resistir las condiciones climáticas adversas.

3.10. Relación altura de plantón/ longitud de raíz

Tabla 3.10

Análisis de variancia de la relación altura/ longitud de raíz del plantón de moringa a 2 meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco.

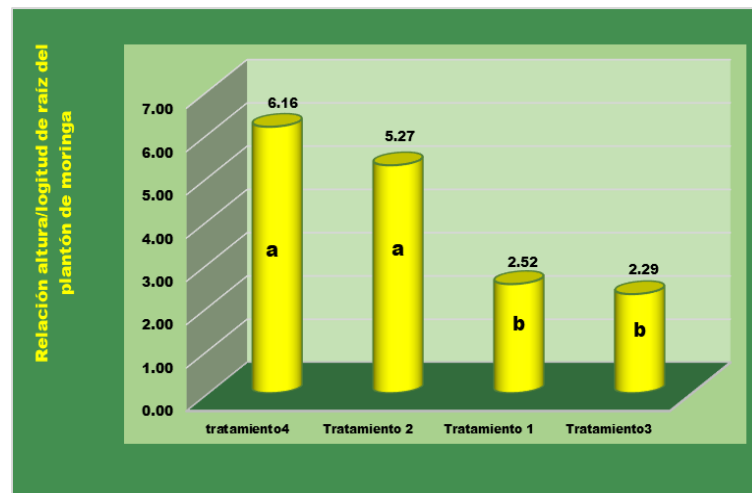
F.V.	SC	GL	CM	F	Sig.
Tipos de sustrato	45,417	3	15,139	44,787	0,0001**
Error	4,056	12	0,338		
Total	49,474	15			

CV = 14,33%

En la Tabla 3.10. se muestra el análisis de variancia de la relación altura y longitud de raíz del plantón de moringa a 2 meses después del repique, en los diferentes tipos de sustratos donde se observa diferencia estadística altamente significativo para tipos de sustrato, lo que significa que por lo menos uno de ellos es diferente, razón por la cual se realizó la prueba de Tukey, tal como se muestra en la Figura 3.10. donde se observa que los tratamientos T₄ (6.16) y T₂ (5.27) son iguales estadísticamente, pero superiores a los tratamientos T₁ (2.52) y T₃ (2.29).

Figura 3.10

Prueba de Tukey de la relación altura y longitud de raíz del plantón de moringa a los dos meses del repique, en los diferentes tipos de sustratos, Pichari, Cusco



Chuquihuaraca (2020), al realizar el trabajo tipos de sustratos en la producción de plantones de Moringa (*Moringa oleífera* Lam.) en vivero, encontró que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tipos de sustratos en la producción de plantones de *Moringa oleífera* Lam. para la variable altura de planta, donde se observa que el tratamiento T₁ (Tierra agrícola 50% + Arena 25% + Compost de café 25%) muestra el mejor promedio de 64.91 cm y 8.88 cm para la longitud de raíz. Por lo tanto, relacionando estos dos valores se obtiene 7.3 de relación de altura/longitud de raíz mientras que en el presente trabajo se obtiene 6.16 con el T₄, que tiene similar composición del sustrato (tierra agrícola 50% + cascarilla de arroz 30% + aserrín 20%). Tal como se ha podido observar en el presente trabajo, el sustrato 4, compuesto por 50% de tierra agrícola + 30% de cascarilla de arroz + 20% de humus tuvo el mayor efecto en la propagación de plantones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en vivero, superando a los otros sustratos en la mayoría de las variables en estudio, debido a que en su composición integra la cascarilla de arroz que de acuerdo a ECOCULTURA (2020), es un subproducto del arroz y es un complemento muy completo para el sustrato, debido a que facilita la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes, incrementa la actividad macro y microbiológica de la tierra, estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas y aporta principalmente silicio, fósforo, potasio y otros minerales; sumado al otro componente que es el humus que contiene alta calidad de fertilizante muy importante para el crecimiento y desarrollo de la planta. Mientras que el sustrato 3, tuvo el mayor efecto en el parámetro biomasa seca radicular, Ecocultura (2020), señala que la cascarilla de arroz

CONCLUSIONES

1. Los tipos de sustratos tuvieron efectos positivos en las características morfológicas de la moringa (*Moringa oleífera* Lam) en condiciones de vivero: altura de planta, diámetro de tallo, en biomasa seca (aérea, radicular y aérea/radicular), índices (de robustez y de calidad de Dickson) y relación de altura de plantón/longitud de raíz; con excepción del índice de lignificación.
2. El sustrato 4, compuesto por 50% de tierra agrícola + 30% de cascarilla de arroz + 20% de humus tuvo el mayor efecto en la propagación de plantones de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en vivero, superando a los otros sustratos en la mayoría de las variables en estudio, mientras que el sustrato 3, tuvo el mayor efecto en el parámetro biomasa seca radicular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cervantes, S. (2017). (*Efecto de sustratos sobre la propagación sexual del cultivo de moringa (Moringa oleífera) en etapa de vivero en la zona de Vinces-Ecuador.* [Tesis de pregrado]. Universidad de Guayaquil. [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23459/1/tesis final sandy.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23459/1/tesis%20final%20sandy.pdf)
- ECOCULTURA. (2020) Importancia de la cascarilla de arroz. <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=b8e73169192133a8642c1799b141c82ac5a67d0d3137255f5ab3ad765ebe3d36JmltdHM9MTczMDU5MjAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=3168fb62-6da3-60a2-3b8ea636cfd61c8&psq=Porque+es+importante+en+el+sustrato>
- Garvillo. (2024) <https://garvillo.com/es/que-hace-el-potasio-por-las-plantas/#comment-19>
- INFOJARDIN (2023). TODO INFOJARDIN: jardinería, flores, plantas, jardines... https://articulos.infojardin.com/todas_paginas_com.htm
- Mora, R. y García, J. (2017). *Características físicas, capacidad de germinación y crecimiento en vivero de la Moringa oleífera Lam, bajo cuatro sustratos en el municipio de Turbo.* [Tesis de grado] Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. <https://core.ac.uk/download/pdf/143468298.pdf>
- Rodríguez, T. D. (2008). *Indicadores de calidad de planta forestal.* México: Mundi Prensa. México S. A. de CV. México D. F.150 p.
- Rojas, P. (2015). *Efecto de diferentes tipos de sustratos en el crecimiento inicial de tornillo (Cedrelinga cateniformis DUCKE), en Tingo María* [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva.

http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/unas/1050/ts_prn_2015.pdf?sequence=1&isallowed=y

Valdés, O; Muñoz, C; Pérez, A & Martínez, L. (2014). Análisis y ajuste de curvas de crecimiento de *Moringa oleífera* Lam. en diferentes sustratos. Revista Científica Biológico Agropecuaria, Tuxpan 2(2): 66-70 Appl. Phys. A, 73(2), 1-21. https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/42285647/anlisis_y_ajuste_de_curvas_de_crecimient20160207-12785-vhbdnb.pdf?response-content-disposition=inline%3bfilename%3danalisis_y_ajuste_de_curvas_de_crecimien.pdf&xamzalgorithm=aws4-hmac-sha256&x-am