

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACION DE
SUELOS Y AGUA



EFFECTO DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA CALIDAD DE PLANTONES
DE TRES ESPECIES FORESTALES EN TINGO MARÍA, PERÚ

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

CECILIA ELIZABETH CHAMAYA SOTO

Tingo María – Perú

2023



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°067-2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 18 de mayo de 2023, a horas 19:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“EFECTO DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA CALIDAD DE
PLANTONES DE TRES ESPECIES FORESTALES EN TINGO MARÍA,
PERÚ”**

Presentado por la Bachiller: **CHAMAYA SOTO, CECILIA ELIZABETH**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 11 de agosto de 2023

Ing. M. Sc. JOSE DOLORES LEVANO CRISOSTOMO
PRESIDENTE

Dr. ROBERTO OBREGON PEÑA
MIEMBRO

Ing. M. Sc. EDILBERTO DIAZ QUINTANA
MIEMBRO



Ing. M. Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
ASESOR



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 249- 2023 - CS-RIDUNAS

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

CERTIFICA QUE:

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

Programa de Estudio:

Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua

Tipo de documento:

Tesis

X

Trabajo de investigación

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA CALIDAD DE PLANTONES DE TRES ESPECIES FORESTALES EN TINGO MARÍA, PERÚ	CECILIA ELIZABETH CHAMAYA SOTO	23 % Veintitrés

Tingo María, 31 de agosto de 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallqui
DIRECTOR

VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
OFICINA DE INVESTIGACION



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCION DEL
TITULO UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN DOCENTE
Y TESISTA

(Resol. N° 113-2019-CU-R-UNAS)

I. Datos Generales de Pregrado

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva.
Facultad : Facultad de Recursos Naturales Renovables.
Título de tesis : Efecto de los sustratos orgánicos en la calidad de
plantones de tres especies forestales en tingo maría,
Perú
Autor : Cecilia Elizabeth Chamaya Soto
Asesor de tesis : Rengifo Trigozo Juan Pablo
Escuela Profesional : Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua
Programa de investigación : Ciencias básicas
Línea(s) de investigación : Ecología y conservación de suelos
Eje Temático : Manejo de abonos orgánicos
Lugar de ejecución : Vivero forestal - FRNR.
Duración : Inicio : 29/10/2021
Término : 29/03/2022
Financiamiento : FEDU : No
Propio : Si
Otros : No

Tingo María, Perú, 2023.

Handwritten signature of Cecilia Elizabeth Chamaya Soto in blue ink.

Chamaya Soto Cecilia Elizabeth

Tesista

Handwritten signature of Rengifo Trigozo Juan Pablo in blue ink.

Rengifo Trigozo Juan Pablo

Asesor

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido estar aquí y darme salud para lograr todos mis propósitos y anhelos en esta vida, además de su infinita bondad y amor.

A mi difunto padre, José Teodoro Chamaya Correa que ha sido un ángel que me ha guiado y acompañado en todo este recorrido de mi vida profesional y a mi madre Rosa Isabel Soto Veintemilla, que ha sido la luz de mi vida y con su esfuerzo, apoyo, amor, consejos y valores, para ser una mejor persona.

A mis abuelos por estar siempre presentes, aconsejándome, guiándome y acompañándome para poderme realizar mi vida profesional.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios por mi fe y devoción, por la fortaleza física y mental que me brindo en mi día a día para guiarme por un buen camino en mi formación profesional, desde los cielos, Dios nos protege y ayuda a que cada día sea especial, único y sobre todo lleno de bendiciones.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, mi alma mater, por albergarme en sus aulas durante mi formación profesional.
- A la Facultad de Recursos Naturales Renovables, en especial a la escuela profesional de ingeniería en Conservación de Suelos y Agua por haberme permitido formarme en ella, gracias a sus docentes por inculcarme sus sabios conocimientos, experiencia, facilidades de aprendizaje para la culminación de mi carrera profesional y todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes, que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.
- A los miembros integrantes del jurado de tesis: Ing. M.Sc. José Lévano Crisóstomo; Ing. Dr. Roberto Obregón Peña; Ing. M.Sc. Edilberto Días Quintana y al Dr. Wilfredo Alva Valdiviezo, por el tiempo tomado para la evaluación de mi tesis.
- Al Ing. M.Sc. Rengifo Trigozo Juan Pablo, asesor del presente trabajo de investigación, por su amistad, sus consejos y desinteresada asistencia en la presente tesis.
- A mis queridos amigos (as) por su apoyo incondicional en la realización y la culminación de la investigación.
- A una persona muy especial que ha estado en todo el trayecto de la investigación, apoyándome y guiándome.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco teórico	6
2.2.1. Los sustratos	6
2.2.2. La calidad de plántones	13
2.2.3. Especies forestales en estudio	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. Lugar de ejecución	20
3.1.1. Ubicación geográfica y política	20
3.1.2. Descripción del área	20
3.1.3. Clima	20
3.1.4. Zona de vida	20
3.2. Materiales y métodos	21
3.2.1. Materiales	21
3.2.2. Equipos	21
3.3. Método y diseño de la investigación	21
3.3.1. Enfoque metodológico	21
3.3.2. Tipo de investigación y nivel de investigación	21
3.3.3. Componentes en estudio	22
3.3.4. Diseño de la investigación	25
3.4. Metodología	28
3.4.1. Del efecto de los sustratos orgánicos mediante la medición de la altura y diámetro de planta en tres especies forestales	28

3.4.1.1.	Limpieza y preparación del área en el vivero	28
3.4.1.2.	Ensayos de germinación de semillas	28
3.4.1.3.	Llenado de bolsas	28
3.4.1.4.	Desinfección de los sustratos	29
3.4.1.5.	Colección y preparación del material vegetativo	29
3.4.1.6.	Siembra de plántulas	29
3.4.1.7.	Evaluaciones	29
3.4.1.8.	Labores posteriores	29
3.4.1.9.	Evaluación de variables	29
3.4.2.	Del efecto de los sustratos orgánicos mediante la medición del Índice de esbeltez, Relación altura vs longitud de raíz, Relación peso seco aéreo vs peso seco radicular y el Índice de Dickson en tres especies forestales	30
3.4.2.1.	Índices de calidad	30
3.4.2.2.	Índice de robustez o índice de esbeltez	30
3.4.2.3.	Relación altura/Longitud de la raíz	30
3.4.2.4.	Relación peso seco parte aérea/peso seco radicular	30
3.4.2.5.	Índice de calidad de Dickson	31
3.4.3.	De las características físicas y químicas de los sustratos orgánicos	31
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1.	Efecto de los sustratos orgánicos en tres especies forestales	33
4.1.1.	Altura de planta	33
4.1.2.	Diámetro basal del tallo en tres especies forestales	38
4.2.	Del efecto de los sustratos orgánicos mediante la medición del Índice de esbeltez, Relación altura vs longitud de raíz, Relación peso seco aéreo vs peso seco radicular y el Índice de Dickson en tres especies forestales	44
4.2.1.	Índice de esbeltez	45
4.2.2.	Relación altura vs longitud de la raíz	46

4.2.3. Relación peso seco aéreo vs peso seco radicular	48
4.2.4. Índice de Dickson	50
4.3. De las características físicas y químicas de los sustratos orgánicos	51
4.3.1. Características físicas	51
4.3.2. Características químicas	53
V. CONCLUSIONES	56
VI. PROPUESTAS A FUTURO	57
VII. REFERENCIAS	58
ANEXO	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Niveles óptimos para las características físicas del sustrato para el cultivo.....	11
2. Valores óptimos, debajo y por arriba del rango de los sustratos.	12
3. Coordenadas UTM (Datum WGS 84, UTM/UPS) del área de investigación.	20
4. Factores en estudio.	26
5. Factores en combinación para designación de tratamientos.....	26
6. Modelo del análisis de variancia.	27
7. Valores para la calificación de la calidad de plantón en vivero.	31
8. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm) por efecto de los sustratos orgánicos.....	33
9. Valores promedios de la altura de planta por efecto de los sustratos orgánicos (cm).	34
10. Valores promedios para la altura de planta de las especies forestales (cm) por efecto de los sustratos orgánicos.	35
11. Valores promedios de la altura de planta por efecto de los sustratos orgánicos vs las especies forestales (cm).	37
12. Análisis de varianza para la variable diámetro basal de planta (mm) por efecto de los sustratos orgánicos.....	39
13. Valores promedios del diámetro de planta (mm) por efecto de los sustratos orgánicos. ...	39
14. Valores promedios para el diámetro de planta (mm) de las especies forestales.....	41
15. Valores promedios del diámetro basal por efecto de los sustratos orgánicos vs las especies forestales (mm).	43
16. Valores del Índice de esbeltez para los sustratos orgánicos utilizados.....	45
17. Valores del Índice de esbeltez para las especies forestales utilizadas.....	46
18. Valores de la relación de altura vs la longitud de raíz para los sustratos orgánicos utilizados.....	47
19. Valores de la relación de la altura vs la longitud de raíz para las especies forestales utilizadas.....	48

20. Valores de la relación de peso seco aérea vs peso seco radicular para los sustratos orgánicos utilizados.	49
21. Valores de la relación de peso seco aérea vs peso seco radicular para las especies forestales utilizadas.	49
22. Valores del Índice de Dickson para los sustratos orgánicos utilizados.	50
23. Valores del Índice de Dickson para las especies forestales utilizadas.	51
24. Características físicas de los sustratos utilizados en la investigación.	52
25. Valores promedio del pH, nitrógeno disponible (%), fósforo disponible (ppm) y potasio disponible (ppm) de los sustratos orgánicos.	54
26. Valores de la altura de planta (cm).	75
27. Valores del diámetro de planta (mm).	76
28. Valores para la longitud de raíz (cm).	77
29. Valores para el peso seco aéreo para el factor sustratos orgánicos (g).	78
30. Valores para el peso seco aéreo para el factor especies forestales (g).	79
31. Valores para el peso seco radicular para el factor sustratos orgánicos (g).	79
32. Valores para el peso seco radicular para el factor especies forestales (g).	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Croquis del experimento.....	28
2. Crecimiento en altura de planta (cm) para el factor sustrato orgánico.....	34
3. Crecimiento en altura de planta (cm) para el factor especies forestales.....	36
4. Crecimiento en altura de planta (cm) para la combinación de factores: sustratos vs especies forestales.....	38
5. Crecimiento en diámetro de planta (cm) por efecto de los sustratos.....	41
6. Crecimiento en diámetro de planta (mm) para las especies forestales.....	42
7. Crecimiento en diámetro de planta (mm) para la combinación de los factores sustratos vs especies forestales.....	44
8. Semillas forestales utilizados en la investigación: a) <i>E. torreliana</i> , b) <i>S. parahyba</i> c) <i>P. nítida</i>	71
9. Mezclando el sustrato a utilizar en la investigación.....	71
10. Llenado de bolsas de acuerdo con los tratamientos para los sustratos orgánicos.....	72
11. Letrero informativo con los tratamientos designados en el área experimental.....	72
12. Repique de los plántones de especies forestales utilizadas en la investigación: a) <i>S. parahyba</i> b) <i>E. torreliana</i> c) <i>P. nítida</i>	73
13. Evaluando los plántones de las especies forestales.....	73
14. Muestreo de biomasa de la especie <i>E. torreliana</i>	74
15. Midiendo los parámetros físicos de los sustratos.....	74

RESUMEN

La investigación se realizó en el vivero forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco. El objetivo fue evaluar el efecto de los sustratos orgánicos en la calidad de plántulas de tres especies forestales en Tingo María, Perú. Se utilizó el diseño completo al azar con arreglo factorial de 4A x 3B con tres repeticiones, los factores en estudio fueron los tipos de sustratos con sus niveles Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1), Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1), Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1) y Sustrato vivero (3:2:1) como testigo así mismo los tipos de especies con sus niveles *Schizolobium Parahyba*, *Parkia nítida* y *Eucalyptus torrelliana*. Las variables en estudio fueron: la altura y diámetro de planta, el Índice de esbeltez, Relación altura vs longitud de la raíz, Relación peso seco aéreo vs peso seco radicular, el índice de Dickson y las características físicas y químicas de los sustratos orgánicos. Los resultados para el factor sustrato orgánico en la altura y diámetro de planta para el Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) presentó 22,30 cm y 3,45 mm respectivamente y en el factor especies forestales el mayor valor en altura y diámetro de planta estuvo en *Schizolobium Parahyba* con 27,24 cm y 3,72 mm, asimismo presentó un Índice de esbeltez de calidad media, relación de la altura vs longitud de raíz de calidad media, relación peso seco aéreo vs peso seco radicular de calidad baja e índice de Dickson de calidad baja, en cuanto a las características físicas presentaron el valor más alto para la densidad aparente en el sustrato Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1) con 1,165 g/cm³, espacio poroso total en el sustrato Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) con 54% v/v, capacidad de retención de humedad en el sustrato Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) con 42,2% v/v, y espacio aéreo en el sustrato de vivero (3:2:1) con 14,2%, en las características químicas el mayor valor se presentó en el pH del sustrato Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) con 6,89, nitrógeno en el sustrato orgánico Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) con 0,13%, fósforo en el sustrato orgánico Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) con 88,41 ppm y en el potasio el sustrato orgánico Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1) con 377 ppm.

Palabras clave: Sustrato, especies forestales, propiedades físicas, abonos, viveros forestales.

ABSTRACT

The research was carried out in the Faculty of Renewable Natural Resources' forest nursery at the Universidad Nacional Agraria de la Selva in the Rupa Rupa district of the Leoncio Prado province in the Huánuco department [of Peru]. The objective was to evaluate the effect of the organic substrata on the quality of seedlings for three forest species in Tingo Maria, Peru. A completely randomized design with a factorial arrangement of 4A x 3B with three repetitions was used. The factors in study were the types of substrata and their levels: Sumacc humus (40%) + nursery substrate (3:2:1), Quispiterra Vector Compost (20%) + nursery substrate (3:2:1), Odinsu compost (14%) + nursery substrate (3:2:1), and nursery substrate (3:2:1) as a control; as well as, the types of species with their levels: *Schizolobium Parahyba*, *Parkia nítida*, and *Eucalyptus torrelliana*. The variables in study were: the plant height and diameter, the slenderness index, the height vs. length of the root relationship, the dry aerial weight vs. dry radicular weight relationship, the Dickson index, and the physical and chemical characteristics of the organic substrata. The results for the [effect] of the organic substrate factor on the plant height and diameter [were] 22.30 cm and 3.45 mm, respectively, for the Sumacc humus (40%) + nursery substrate (3:2:1), and for the forest species factor, the greatest value for the plant height and diameter was 27.23 cm and 3.72 mm for *Schizolobium Parahyba*. Likewise, the slenderness index was of an average quality, the height vs. root length relationship [was] of an average quality, the dry aerial weight vs. dry radicular weight relationship [was] of a low quality, and the Dickson index was of a low quality. With respect the physical characteristics, the Odinsu compost (14%) + nursery substrate (3:2:1) presented the highest value for apparent density at 1.165 g/cm³; the [highest] total porous space was with the Sumacc humus substrate (40%) + nursery substrate (3:2:1) at 54% v/v; the [greatest] moisture retention capacity was with the Sumacc humus substrate (40%) + nursery substrate (3:2:1) at 42.2% v/v; and [for the] aerial space, [it was] the nursery substrate at 14.2%. For the chemical characteristics, the greatest value for the pH [was with] the Sumacc humus substrate (40%) + nursery substrate (3:2:1) at 6.89, [for the] nitrogen [it was] the Sumacc humus organic substrate (40%) + nursery substrate (3:2:1) at 0.13%, [for the] phosphorous [it was] the Sumacc humus organic substrate (40%) + nursery substrate (3:2:1) at 88.41 ppm, and for the potassium [it was] the Quispiterra Vector compost organic (20%) + nursery substrate (3:2:1) at 377 ppm.

Keywords: Substrate, forest species, physical properties, fertilizers, forest nurseries

I. INTRODUCCIÓN

El Perú ha tomado retos a mediano y largo plazo para que las plantaciones forestales con fines comerciales se conviertan en un eje impulsor del desarrollo del país, hecho que ha generado la instalación y establecimiento de viveros para producción de plántulas en todo el territorio por parte de empresas privadas y también por el estado. Los viveros forestales particulares e inclusive los proyectos de reforestación cada una de ellas con distintas finalidades de producción vienen empleando tecnologías avanzadas para garantizar el éxito de estas actividades, ya que cada vez más se va haciendo necesaria la producción de plántulas de mayor calidad que respondan a las exigencias del área de instalación y a las expectativas de producción de madera de aquellas especies de importancia económica y con rápido crecimiento.

Los viveros forestales son espacios para producir plántulas en calidad y cantidad de plantas requeridas al menor costo posible, los recursos económicos limitados hacen que la producción de plántulas en el vivero deba realizarse en el menor tiempo posible, siempre que las plantas sean de buena calidad, para que la plantación se establezca y desarrolle con éxito. Es por esa razón que durante la producción de plántulas en los viveros forestales se efectúan diversas actividades que permiten al técnico viverista manipular una serie de condiciones hídricas, climáticas, fitosanitarias, edáficas y nutricionales que influyen en la morfología y la fisiología de la planta, siendo el agua, la temperatura y el sustrato, los factores que más afectan en el crecimiento de los plántulas.

Los medios de crecimiento o sustratos usados en la producción de plántulas en recipientes tienen la función de proveer soporte físico a la vez de proporcionar aire, agua y nutrientes para el apropiado funcionamiento y protección a las raíces durante el transporte a campo definitivo. Los sustratos poseen un conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas de acuerdo con los materiales que lo componen; las más utilizadas generalmente es la tierra de la capa arable de campos agrícolas, el compost, la arena de río, el musgo y el estiércol descompuesto, en tal sentido las características físicas de los sustratos y los tipos de recipientes resultan muy importantes, porque deben proporcionar rigidez, adecuado suministro de aire, capacidad de retención de humedad y soporte a la planta a la vez de tener un peso liviano y estar compuesta por componentes de fácil obtención e incorporación.

En los viveros se produce generalmente plantas en bolsas de polietileno y las proporciones no varían por tipo de planta obteniendo resultados medianamente esperados que determina que no exista un sustrato ideal, gran parte de los viveros forestales acopian los

sustratos y manejan mezclas de sustratos estándar sin tener en cuenta si éstas favorecen el crecimiento de las plántulas y sobre todo permitan producir plantones de calidad, lo que genera la necesidad de establecer relaciones entre los sustratos y el crecimiento de plantas y establece la interrogante ¿Cuáles son los efectos de los sustratos orgánicos en la calidad de plantones de tres especies forestales en Tingo María, Perú? el tipo de sustrato orgánico tiene efectos positivos en el crecimiento de las especies forestales, razones que nos permiten proponer esta investigación, buscando contribuir al conocimiento de sustratos orgánicos que favorezcan el crecimiento de plántulas de especies forestales en fase de vivero, se propuso el siguiente:

1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de los sustratos orgánicos en la calidad de plantones de tres especies forestales en Tingo María, Perú.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de los sustratos orgánicos mediante la medición de la altura y diámetro de planta en tres especies forestales.
- Determinar el efecto de los sustratos orgánicos mediante la medición del Índice de esbeltez, Relación altura vs longitud de la raíz, Relación peso seco aéreo vs peso seco radicular y el índice de Dickson en tres especies forestales
- Determinar las características físicas y químicas de los sustratos orgánicos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

El estudio de Falcón et al. (2019) tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes sustratos orgánicos en la calidad de la plántula *S. mahagoni*, cultivada en contenedores. Los sustratos empleados fueron Cascarilla de cacao (Cc), Fibra de coco (Fc) y Aserrín de pino (As) y mezclas volumétricas de cascarilla de cacao, fibra de coco y aserrín de pino en un experimento completamente al azar con ocho tratamientos y cinco réplicas. Se caracterizaron los sustratos y se determinaron los parámetros morfológicos de las plántulas, características de destubetado, estabilidad estructural del cepellón y arquitectura radical. La especie mostró una respuesta morfológica más favorable en las mezclas Cc60 (Cc-60% + Fc-20% + As-20%) y Cc50 (Cc-50% + Fc-30% + As-20%), atribuible a las características físicas y químicas.

El trabajo de Vicente et al. (2019) tuvo por objetivo evaluar la calidad de planta de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. producidas en diferentes sustratos a base de aserrín, con fertilización e inoculación con un hongo ectomicorrícico. La calidad de planta se evaluó mediante indicadores e índices morfológicos y fisiológicos. También se analizaron las propiedades físicas y químicas de los sustratos utilizados en el presente estudio. En general, las plantas calificaron con una calidad media a alta. Los tratamientos con mayor número de indicadores de calidad correspondieron principalmente a los inoculados. El mejor tratamiento correspondió a un sustrato con 80% de aserrín y 20% de corteza de pino, 8 g de fertilizante de liberación controlada y 75 ppm de nitrógeno. Es posible producir plantas de *P. greggii* de calidad con sustratos a base de aserrín, fertilizados y micorrizados.

El estudio de Gonzáles et al. (2018) evaluaron cuatro tipos de sustratos (aserrín de pino crudo, corteza de pino compostada y turba de musgo), en combinación con dos fertilizantes de liberación controlada (Multicote® y Osmocote Plus®), en el crecimiento y calidad de *Pinus cooperi* producido en vivero. La siembra se realizó en contenedores de poliestireno de 77 cavidades, con 170 mL por cavidad. Los sustratos fueron: S1) 46% turba + 54% corteza; S2) 30% turba + 20% corteza + 50% aserrín; S3) 25% turba + 25% corteza + 50% aserrín; y S4) 20% turba + 30% corteza + 50% aserrín, con Multicote® (18-06-12, N-P-K) y Osmocote Plus® (15-09-12, N-P-K). Se aplicó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 4 × 2. A los nueve meses de edad de las plantas, los mejores resultados para diámetro, biomasa total e índice de calidad de Dickson se obtuvieron con el sustrato S1: 46% turba + 54% corteza, con 8 g L⁻¹ de Multicote®. Sin embargo, el sustrato S2: 30% turba + 20% corteza +

50% aserrín en combinación con 8 g L⁻¹ de Multicote® también tuvo valores aceptables; además, redujo 39.8 % los costos de producción, debido al sustrato y al fertilizante.

El estudio de Reyes et al. (2018) evaluó el crecimiento y calidad de plantas de *Gmelina arborea*, especie que se ha adaptado, fácilmente, a las regiones tropicales húmedas y subhúmedas de México, con diferentes mezclas de sustrato mediante el sistema de producción tradicional en vivero. Se aplicó un diseño experimental completamente al azar, con seis tratamientos, cinco repeticiones y 25 plantas por unidad experimental. Los tratamientos evaluados fueron: T₁ (50% tierra +50% cascabillo de café), T₂ (50% tierra + 50% aserrín (mezcla de *Mangifera indica*, *Tabebuia rosea* y *Tabebuia donnell-smithii*)), T₃ (50% tierra + 50% cáscara de cacao), T₄ (50% tierra + 50% bagazo de caña), T₅ (50% tierra + 50% estiércol de ganado) y T₆ (100% tierra de monte). El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre ellos, en las que el T₅ generó los valores más altos en diámetro (8,76 mm), altura (66,08 cm), área foliar (1 097,42 cm²), biomasa total (11,48 g) e índice de calidad de Dickson (1,00). Se concluye que este sustrato produce plantas de calidad de la especie probada.

El estudio realizado por Insuasti (2017) evaluó el efecto del triple 20 y nitrato de potasio en pH, conductividad eléctrica del sustrato y su efecto en crecimiento de plántulas de lechuga, tomate y chile. fueron tres tratamientos: 1 triple 20 (0,5g·L⁻¹), 2 nitrato de potasio (0,74g·L⁻¹) y el testigo sin fertilizante. Las dosis de fertilizante se basaron en 100 mg·kg⁻¹ de nitrógeno. La fertilización se inició cuando las plántulas obtuvieron dos hojas cotiledonares, con aplicaciones diarias durante 21 días. Se evaluó pH y conductividad eléctrica del sustrato y altura de la planta medidas a los 7, 14 y 21 días, durante tres semanas. Al finalizar el ensayo se realizaron análisis foliares de macronutrientes. Se realizó un (DCA) y un ANDEVA con separación de medias por el método de Duncan P (≤ 0.05), con el programa SAS®9.4. Aplicar nitrato de potasio genera mayor crecimiento. Las aplicaciones con triple 20 acidifican el sustrato y el nitrato de potasio aumenta su pH. Los fertilizantes aumentaron la conductividad eléctrica del sustrato sin diferencia entre ellos. El uso de los fertilizantes modifica el pH y la conductividad eléctrica sin afectar el desarrollo en la etapa de plántulas.

El estudio realizado por Castro et al. (2018) denominado efecto del envase, sustrato y fertilización en el crecimiento de *Pinus greggii* var. australis en vivero, evaluó el crecimiento de *Pinus greggii* var. australis mediante la interacción de envases, sustratos y formas de fertilización. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial (2'3'2). Las plantas se produjeron en dos tipos de envase de 230 mL: (E1), Tres mezclas de sustratos se

utilizaron con proporción mayor de turba de musgo (S1), corteza de pino (S2) o aserrín de pino (S3). La fertilización fue con Osmocote Plus® (15 N-9 P-12 K), en una dosis de 8 g L⁻¹ en dos formas de aplicación: F1 (sólo fertilizante de 8 a 9 meses de liberación) y F2 (mezcla compuesta de 4 g L⁻¹ de fertilizante de 5 a 6 meses y 4 g L⁻¹ de 8 a 9 meses de liberación). Se evaluó: altura, diámetro al cuello de la raíz, peso seco aéreo (PSA) y de raíces (PSR) y se calculó el índice de esbeltez (IE), la relación peso seco aéreo/peso seco de raíces y de calidad de Dickson (ICD). Los factores envase y sustrato fueron significativos en todas las variables morfológicas ($p \leq 0.05$) y la fertilización resultó no significativa. El envase E1 produjo plantas más altas y con diámetro mayor en comparación con E2. Las plantas con S1 tuvieron altura, diámetro al cuello de la raíz, PSA, IE e ICD mayor; y con S2 y S3 se obtuvo crecimiento que cumple con los mínimos sugeridos. El diseño del envase modifica el crecimiento de las plantas; con fertilizantes de liberación controlada y sustratos a base de corteza y aserrín de pino es posible obtener planta de buena calidad.

La investigación de Hine (1991) evaluó el efecto de tres dosis de Nitrógeno y dos sustratos de suelo sobre el crecimiento y producción de la planta *Leuconeura*, *Erythroneura* (Maranta), las dosis de nitrógeno fueron 11, 22 y 33 kg de nitrógeno/ha/semana y los sustratos estuvieron elaborados con peat moss, piedra pómez y suelo en proporciones 1:1:2 respectivamente para el testigo comercial y fibra de coco, piedra pómez y suelo en la misma proporción, como medio comparativo de crecimiento. Se evaluó el contenido de N, P, K, Ca y Mg en el tejido foliar y en los sustratos; además se determinó la lixiviación de nitrógeno en cada sustrato. El ensayo se diseñó en forma irrestricta con un arreglo de parcelas divididas. Los resultados presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre las variables "Tips" exportables y los contenidos foliares de fósforo y potasio. Así mismo, existieron diferencias altamente significativas entre el tipo de sustrato y las variables "Tips" exportables y contenido de nitrógeno foliar. La interacción entre dosis de nitrógeno y tipo de sustrato fue también altamente significativa. La lixiviación de nitrógeno también diferente estadísticamente entre sustratos y la interacción entre estos y las dosis de nitrógeno aplicadas. La mejor dosis de aplicación de nitrógeno correspondió a 22 kg de N/ha/semana y el mejor sustrato fue el constituido por fibra de coco. De acuerdo con los resultados de lixiviación y producción, el sustrato constituido por fibra de coco retuvo más nitrógeno que el testigo comercial con peat moss. La producción de "Tips" exportables fue mayor para el sustrato con fibra de coco.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Los sustratos

Son aquellos materiales distintos de los suelos naturales que se utilizan para el cuidado de las plantas, determinada por un pequeño recipiente o envase que los almacena (Bures, 2002). Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo natural de síntesis o residual mineral u orgánico, que colocado en un contenido en forma pura o mezclada permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por lo tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo mineral de la planta (Azcon-Bieto y Talón, 2008), en general “Un sustrato es cualquier material sólido y poroso diferente del suelo *in situ* que se encuentra dentro de un recipiente, sirve de anclaje a las raíces de la planta y permite una libre circulación del agua y de los gases” (Carmona y Abad, 2008).

Los sustratos o medios de crecimiento tienen como finalidad de dotar de soporte físico a las plantas así como proporcionar aireación, agua y diversos nutrientes para el adecuado funcionamiento de las raíces (Pire y Pereira, 2003), los sustratos pueden contribuir a la producción masiva de especies vegetales de cualquier hábito de vida y de este modo proporcionar altos rendimientos, incluso en áreas con condiciones cada vez más adversas o con disturbios (Ansorena, 1994), en tal sentido, la calidad de las plantas obtenidas dependerá del tipo de sustrato a utilizar y de sus atributos físico-químicas, ya que el desarrollo y funcionamiento de las raíces están condicionadas por las tipo de aireación y el contenido de agua, además de la influencia que estos componentes tienen sobre la provisión de los nutrientes necesarios (Bracho et al., 2009).

El sustrato en terminos de producción de plántones se refiere a la diversidad de materiales solidos diferentes del suelo que pueden ser naturales o sintéticos, minerales u organicos y que depositados en un recipiente o contenedor de forma combinada o pura permite el anclaje de las plantas a traves del crecimiento radicular del mismo; el sustrato puede intervenir o no en el suministro de nutrientes hacia la plantas (Pastor, 1999). Los sustratos se clasifican en inertes, si sólo suministran soporte a la planta, y activos, si proporcionan además nutrientes para su crecimiento (Abad et al., 2005). En el caso de “los materiales químicamente inertes, actúan únicamente como soporte de la planta, mientras que en los restantes intervienen además en procesos de adsorción y fijación de nutrimentos (Pastor, 1999).

Para que un sustrato cumpla las funciones óptimas se deben utilizar combinaciones de materiales apropiados, las cuales serán seleccionados considerando una serie

de propiedades físicas y químicas que están supeditadas al área de cultivo (es decir si se instala en invernaderos o fuera de ella), además de la altura, volumen y forma del recipiente; tipo de sistema de riego y características del agua de riego, así como también, los requerimientos nutricionales de la especie, la época del año y el tiempo de permanencia en que la planta desarrollará en el sustrato (Abad *et al.*, 2005). Los sustratos orgánicos sin combinaciones generalmente presentan dificultades para cumplir por sí solas con las condiciones óptimas para el buen desarrollo de las especies vegetales (Quesada y Méndez, 2005) y por ende obtener mejores condiciones de crecimiento.

Una vez establecida las plantas, las propiedades físicas del sustrato suelen ser más relevantes que las propiedades químicas porque no se pueden cambiar (López y López, 2012). Las propiedades físicas más relevantes de los sustratos utilizados en viveros “es la capacidad de retención de agua y la capacidad de aireación”, ambas están relacionadas directamente con la porosidad y dependen de la distribución, composición, estructura interna, forma y tamaño de partícula, que, a la vez, determinan la relación agua-aire en el sustrato” (Anicua *et al.*, 2009), también, esos atributos condicionan el contenido de agua, aire y nutrientes disponibles para la parte radicular, en tal sentido “las características físicas tienen relación directa con la cantidad de agua y nutrientes aplicados después de instalar la planta” (Quintero *et al.*, 2011).

Los sustratos orgánicos varían en el contenido de nutrientes asimilables respecto a los sustratos inertes, dependiendo de su origen y grado de descomposición (Abad *et al.*, 2005). Las características de los sustratos orgánicos para el establecimiento de plantas son cambiantes con el tiempo, y por lo general las características físicas del mismo tienden a reducirse (Morales y Casanova, 2015), en condiciones de vivero la disminución de estas propiedades originan inconvenientes como el compactado del sustrato por el riego continuo que afectan las raíces y por ende el crecimiento de las plantas.

Un sustrato o mezcla de sustratos debe contener menos de 20% de sus partículas con dimensiones menores a 0.5 mm (Cabrera, 1999), también “las partículas de 0.25 a 1.00 mm son esenciales para el equilibrio agua-aire” (Anicua *et al.*, 2009, Vargas *et al.*, 2008), la relación aire-agua resulta de manera adecuada con valores de 10 a 30% del volumen del sustrato con aire (Morales y Casanova, 2015) y “un 20 a 30% del volumen con agua es mejor, aunque puede variar con la especie a cultivar” (Abad *et al.*, 2005). Entre “ las propiedades físicas necesarias se encuentra la densidad aparente, la cual debería ser baja, para facilitar las actividades durante el manejo del cultivo” (Bunt, 2012), Las características físicas importantes

para seleccionar un sustrato, son: densidad aparente, granulometría, porosidad, retención de humedad (Urrestarazu, 2015).

Park *et al.* (2011), sostiene que para cumplir con el abastecimiento de agua y aire, los sustratos orgánicos deben poseer características como la porosidad mayor a 85% y capacidad de retención de agua, aunado a un drenaje rápido y una aireación entre 10 y 30%, así también Prasad y Chualáin (2004) añaden que el tamaño de partícula menor a 0,5 mm, presenta la mayor influencia en la porosidad de aire y en la retención de agua, dado que la disminuye e incrementa, respectivamente al respecto Morales y Casanova, (2015), así, partículas mayores a 0,5 mm incrementan la porosidad total y disminuyen la retención de agua. Por tanto, el tamaño de partícula se tendrá que modificar o seleccionar adecuadamente para obtener propiedades físicas óptimas. Un elemento no menos importante a considerar cuando se utilizan sustratos orgánicos es el contenido de materia orgánica, ya que la capacidad de degradación de esta afecta los atributos del sustrato, principalmente las físicas, dado que constituye la mayor parte de la fase sólida (Picken *et al.*, 2008).

2.2.1.1. Tipos de sustratos

Los sustratos naturales se puede aprovechar la tierra suelta o arenosa de color cenizo o negra que contiene los elementos necesarios en proporciones naturales para un desarrollo normal de la planta. Generalmente se encuentra como capa superficial en el monte alto o purmas viejas, barrizales de ríos y quebradas (Azcón y Talón, 2008).

Algunos sustratos naturales son los residuos forestales triturados en trozos muy pequeños (1-2 cm.) y se mezcla con turba en cantidades uniformes o variadas, así como también se utiliza el aserrín siempre que no se origine de maderas preservadas. En los sustratos que utilicen este tipo de residuos hay que combinarlas con dosis complementarias de abonos nitrogenados, ya que estos residuos forestales no aportan nitrógeno (Rao *et al.*, 2007).

La tierra agrícola es un material natural que se obtiene de la capa superficial del suelo y es un medio para la nutrición y el crecimiento de las plantas y cuyas características determinadas por los factores climáticos y de los organismos vivos que actúan sobre el material original (Azcón y Talón, 2008).

La arena es uno de los materiales en la mezcla de sustratos, aunque su empleo es en pequeñas proporciones. La arena mejora la estructura del sustrato, pero aporta peso al mismo. Las arenas utilizadas no deben contener elementos nocivos tales como sales,

arcillas o plagas. El grano no debe ser grueso. La arena de río, que es la mejor, debe estar limpia para ser utilizada en sustratos (Socay, 2009)

La turba se forma con restos de vegetación acuática, de marismas, ciénagas o pantanos, que se ha preservado bajo el agua en un estado de descomposición parcial. La turba de pantanos está formada por restos de pastos, juncos y otras plantas de pantanos. Este tipo de turba es variable en su composición y color. Su pH varía alrededor de 4 a 7,5 y su capacidad de retención de humedad es de 10 veces su peso seco (Rao, *et al*, 2007).

El humus de lombriz se forma de restos vegetales, restos animales y restos domiciliarios orgánicos, que acumulados, forman un compost, y con el agregado de lombrices que digieren la materia orgánica, resulta en un producto final, llamado vermicompuesto, semejante al humus, atóxico para los vegetales y excelente mejorador de suelos. Algunas características del humus de lombriz modifican las propiedades físico - químicas y microbiológicas del suelo (Socay, 2009)

Los sustratos especiales es la mezcla de tierra, arena y abono en proporción por la mano del hombre para satisfacer en forma óptima las necesidades de las plantas. Esta mezcla debe realizarse en caso de que no se consiga el sustrato natural. Este sustrato especial como suelo mejorado, permite un buen prendimiento de las especies en terrenos definitivos y en particular un desarrollo normal de las plantas pequeñas.

Uno de los sustratos más largamente utilizado como sustrato es la turba. Este es un sustrato orgánico dificultosamente renovable que procede de la degradación natural de los residuos vegetales que caen sobre el suelo, descomponiéndose lentamente durante cientos de años. La turba proporciona características óptimas como medio de crecimiento para las plantas, por lo que ha sido explotado en forma comercial principalmente en países de clima templado (Arenas *et al.*, 2002), sus atributos particulares le han permitido ocupar un lugar importante como medio de crecimiento diferente del suelo, convirtiéndose en factor de desarrollo para el sector hortícola durante los últimos años (Abad y Noguera, 2000).

Bures (2002) menciona que los sustratos deben buscar especialidad ya que a medida que se desarrolla la planta, la evapotranspiración aumenta, por ello es necesario que el sustrato proporcione un suministro continuo de agua y elementos nutritivos, a la vez que proporcione la aireación suficiente. Los sustratos para multiplicación actualmente diferencian poco los distintos cultivos y técnicas empleadas y se diferencian de un modo claro su tipología por el tipo de uso dado:

- Sustratos para semilleros
- Sustrato para enraizamiento de esquejes
- Sustratos para especies forestales

2.2.1.2. Características físicas, químicas y biológicas de los sustratos

Las características físicas son aquellas que se perciben con los sentidos, como por ejemplo el color, la capacidad de retención de agua, la textura, la densidad aparente, la porosidad. Las propiedades físicas como la textura en muchos de los casos son propias de los sustratos y no pueden ser modificadas, mientras que las propiedades químicas son cambiantes, por este motivo en muchos de los casos los sustratos tienden a ser seleccionados mayormente por las propiedades físicas, ya que el componente químico se le puede suministrar fácilmente mediante la adición de algún tipo de fertilización o solución nutritiva (Hine, 1991).

Las características físicas de los sustratos son importantes porque deben proporcionar rigidez y una adecuada aireación, capacidad de retención de humedad y soporte a la planta a la vez de poseer peso liviano y estar constituida por componentes de fácil obtención e incorporación (Bell, 1992). Los medios de crecimiento o sustratos usados en la producción de plantas en recipientes tienen la función de proveer soporte físico a la vez de proporcionar aire, agua y nutrientes para el apropiado funcionamiento de las raíces (Jiménez y Caballero, 1990). Por otra parte, el sustrato debe ser lo suficientemente pesado (suficiente densidad aparente) para mantener a la planta en posición vertical, evitando el volcamiento, y al mismo tiempo sin excesos de peso que dificulte el manipuleo de las plantas e incremente los costos de transporte (Azcón y Talón, 2008).

Pastor (1999) manifiesta que las propiedades físicas que usualmente se determinan en los sustratos son el espacio poroso total, la capacidad de retención de agua y de aire, la densidad aparente y densidad de las partículas. Estas vienen determinadas por la estructura interna de las partículas, su granulometría y el tipo de empaquetamiento. Algunas de las más destacadas son:

La densidad (DA) aparente representa el peso seco del medio con relación al volumen total que ocupa mientras que la densidad real de partículas está representada por el mismo peso con relación al volumen del material sólido (Ingram *et al.*, 1993) así mismo Bures (2002) menciona que es la relación entre la masa o peso de las partículas y el volumen real que estas ocupan.

El espacio poroso o porosidad total (EPT) es la porción no sólida del volumen del sustrato. Representa el volumen de aire del material, seco en estufa, expresado como un porcentaje del volumen total (Ingram *et al.*, 1993), así mismo (Pastor, 1999) menciona que, es el volumen total del sustrato de cultivo que no está ocupado por partículas orgánicas o minerales. Es un dato que se determina a partir de la densidad real y aparente. Su valor óptimo se produce cuando alcanza niveles superiores a 85%.

La capacidad de retención de agua (CRA) de un medio es el volumen de agua que se retiene después del riego y el drenaje. La cantidad de agua retenida por un medio particular es dependiente en la distribución del tamaño de las partículas y la altura del recipiente. Cuando un medio determinado se ha saturado con agua y se ha permitido drenar libremente, se dice que el medio está a la capacidad del recipiente (Ingram *et al.*, 1993),

El espacio aéreo (EA) o porosidad de aireación o espacio drenable es el volumen del medio ocupado por el aire a este nivel de humedad (Ingram *et al.*, 1993), del mismo modo (Pastor, 1999) menciona que, es la proporción del volumen del sustrato que contiene aire después que dicho sustrato ha sido llevado a saturación y dejado drenar (normalmente a 10 cm de columna de agua). El valor óptimo se produce cuando se dan valores entre 10 y 30%

Se han desarrollado metodologías más sencillas basadas en el hecho que usualmente no es necesario conocer todo el rango de distribución de los poros del sustrato sino fundamentalmente los puntos básicos que reflejan su capacidad de retención de agua y de aireación (Bures, 2002).

Tabla 1. Niveles óptimos para las características físicas del sustrato para el cultivo.

Características físicas	Nivel óptimo
Tamaño de partícula (mm)	0,25 – 2,50
Densidad aparente (g/l)	< 400
Densidad real (g/ml)	1,45 – 2,65
Porosidad total (% en Volumen)	> 85
	10 cm
Retención de agua (% en Volumen)	55 - 70
	50 cm
	31 - 40
	100 cm
	25 - 31

Capacidad de Aireación (% en Volumen)	10 - 30
Agua fácilmente disponible (% en Volumen)	20 - 30
Agua de reserva (% en Volumen)	4 - 10
Agua total disponible (% en Volumen)	24 - 40
Contracción (% en Volumen)	< 30

Fuente: Ansorena (1994)

Tabla 2. Valores óptimos, debajo y por arriba del rango de los sustratos.

Parámetros	Valor optimo	Debajo	Dentro del rango	Arriba
Espacio poroso total	> 85% v/v	41,18	58,82	...
Capacidad de retención de agua	55 a 70% v/v	76,46	14,71	8,82
Poros con aire	15 a 30% v/v	29,41	14,71	55,88
Densidad aparente	< 0,40 g/cm ³	...	67,85	32,35
Densidad real	< 2,65 g/cm ³	...	2,65 – 2,70	> 2,71

Fuente: Valenzuela y Gallardo (2003)

La importancia de las características químicas radica en la ductilidad para ser alteradas o modificadas después de establecer las plántulas en las bolsas, donde si un sustrato no tiene el pH adecuado, estos pueden modificarse para mejorar sus condiciones de nivel nutricional añadiendo mejoradores o abonos, en sentido inverso un exceso de sales solubles puede solucionarse con un lixiviado con agua de salinidad baja (Cabrera, 1999).

Pire y Pereira (2003) manifiestan que las características químicas de los sustratos más relevantes son: capacidad de intercambio catiónico, pH, capacidad tampón, contenido de nutrientes y relación carbono/nitrógeno, así mismo Pastor (1999) añade que, estas propiedades vienen determinadas por la disposición elemental de los sustratos; éstas describen las transferencias de materia entre el sustrato y la solución de este. las características químicas de los sustratos que más destacan son:

- Capacidad de intercambio catiónico
- pH - Capacidad tampón

- Contenido de nutrimentos
- Relación C/N

Los estudios sobre el uso de sustratos, generalmente se basan en los resultados de rendimiento o desarrollo de los cultivos, algunos incluyen los parámetros de calidad de los sustratos y solo algunos estudios resaltaron la importancia de las características químicas de los sustratos para el establecimiento de las plantas cuya caracterización incluye: pH, conductividad eléctrica (CE), Humedad y materia orgánica (MO), Nitrógeno total (N), Fósforo total (P), contenidos totales de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ , y la capacidad de intercambio catiónico (CIC).

En cuanto a las características biológicas, están referidas a las propiedades dadas por los materiales orgánicos, cuando éstos no provienen de síntesis son inestables termodinámicamente y, por lo tanto, susceptibles de degradación mediante reacciones químicas de hidrólisis, o bien, por la acción de microorganismos (Burés, 2002). Entre las características biológicas destacan: el contenido de materia orgánica y el estado y velocidad de descomposición (Pastor, 1999).

2.2.2. La calidad de plántones

Los factores que han condicionado el éxito de las plantaciones, teniendo resultados de supervivencia valores mínimos de 37,8%, la selección de especies, la mala o nula preparación del terreno, la falta de seguimiento, de protección y, en gran parte, la mala calidad de la planta (Sáenz y Lindig, 2004), el éxito de los programas de reforestación depende principalmente de la calidad de la planta que se produce en los viveros, la cual puede asegurar una mayor probabilidad de supervivencia y desarrollo cuando llegan a establecerse en el lugar definitivo (Mas, 2003). pues está condicionada por los atributos genéticos, fisiológicos y morfológicos que operan de forma conjunta con el medio ambiente (Ruano, 2003).

La calidad de plántones se define como la capacidad que tienen las plantas para adaptarse y desarrollarse a las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación, y depende de las características genéticas del germoplasma y de las técnicas utilizadas para su reproducción en vivero (Prieto *et al.*, 2009). Otra definición: es la que reúne las características morfológicas y fisiológicas necesarias para sobrevivir y crecer, en las condiciones ambientales en las que será plantada (Ramírez y Rodríguez, 2004).

El empleo de planta de calidad, asegura en mayor medida el éxito de las plantaciones o reforestaciones, dicha calidad viene definida a través de una serie de parámetros morfológicos y fisiológicos que tratan de caracterizar a la planta en el momento de su establecimiento y que permitirán un seguimiento más controlado de su comportamiento en el campo (Pardos y Montero, 1997), de tal modo que los arbolitos de buena calidad se escogen sanos, frondosos y bien formados, de tamaño apropiado en altura y grosor de tallo, con una proporción balanceada entre la parte aérea y la raíz, cualidades que les permiten su establecimiento y crecimiento vigoroso en el sitio de plantación, asegurando la mayor supervivencia (Rodríguez, 2008).

La clasificación de calidad de planta se realiza con base en variables morfológicas y fisiológicas; entre las primeras se incluye la altura, el diámetro basal del tallo o del collar, tamaño, forma y volumen del sistema radical, así como la relación altura/diámetro del collar, la relación tallo/raíz, la presencia de yema terminal y micorrizas, el color del follaje y la sanidad, el peso seco de los tallos, el follaje y la raíz. En los atributos fisiológicos se consideran: resistencia al frío, días para que la yema principal inicie su crecimiento, índice de mitosis, potencial hídrico, contenido nutricional y de carbohidratos, tolerancia a sequía, fotosíntesis neta, micorrización y capacidad de emisión de nuevas raíces. (Prieto *et al.*, 1999; Prieto *et al.*, 2009).

Los rasgos morfológicos generalmente mencionadas para definir la calidad de planta son: altura, diámetro a la altura del cuello, peso o volumen de la planta y sus partes aérea y subterránea, además de características cualitativas como follaje vigoroso, tallo sin deformaciones, raíz fibrosa y carencia de plagas y enfermedades (Ramírez y Rodríguez, 2004). la altura es el atributo morfológico más fácil de determinar en una plántula, y que tiene poco valor si trabajamos como indicador único, pero combinado con el diámetro y arquitectura del tallo adquiere mayor relevancia (Prieto *et al.*, 1999). El diámetro del tallo del plantón (a la altura del cuello de la raíz), puede manifestar el tamaño del sistema radical y la resistencia del brinzal. Los brinzales que presentan mayor diámetro usualmente tienen un cuantioso sistema radical (Landis, 1990, Como se cita en Ramírez y Rodríguez, 2004).

La clasificación de calidad de planta se realiza en base a variables morfológicas y fisiológicas; entre las primeras se incluyen: la altura de la planta, el diámetro del tallo o de collar, tamaño, forma y volumen del sistema radical, la relación altura/diámetro de collar, la relación tallo/raíz, la presencia de yema terminal y micorrizas, el color del follaje y la sanidad, el peso seco de los tallos, follaje y raíz. En los atributos fisiológicos se consideran:

resistencia al frío, días para que la yema principal inicie su crecimiento, índice de mitosis, potencial hídrico, contenido nutricional y de carbohidratos, tolerancia a sequía, fotosíntesis neta, micorrización y capacidad de emisión de nuevas raíces (Prieto *et al.*, 1999 y Prieto, *et al.*, 2009).

Sáenz *et al.* (2014) manifiestan que los índices más usuales para determinar la calidad de planta producida en viveros forestales son:

- El índice de Robustez es un indicador de la resistencia de la planta a la deshidratación por el viento, de la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos y su valor debe ser menor a seis. Un valor inferior revela una mejor calidad de la planta, arbolitos más robustos, pequeños y gruesos son más idóneos para sitios con secos; valores superiores a seis sugieren una discordancia entre el crecimiento en altura y el diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados (Prieto *et al.*, 1999; Prieto *et al.*, 2009).
- Relación altura del tallo vs la longitud de la raíz principal, pronostica el éxito de la plantación. Debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radical de la planta. La relación 1:1 favorece elevadas tasas de supervivencia en los sitios de plantación sin condiciones ambientales adversas; en sitios secos se sugiere utilizar brinzales con relaciones de 0.5:1 a 1:1; mientras que en sitios húmedos las relaciones pueden ser de 1.5:1 a 2.5:1. (Prieto *et al.*, 1999).
- Relación peso seco de la parte aérea y el peso seco del sistema radicular, la producción de biomasa es significativa debido a que manifiesta el desarrollo de la planta en vivero. Una relación igual a uno dice que la biomasa aérea es igual a la subterránea; pero si el valor es menor a uno, entonces la biomasa subterránea es mayor que la aérea; al contrario, si el valor es mayor a uno, la biomasa aérea es mayor que la subterránea (Rodríguez, 2008).
- Índice de calidad de Dickson, permite evaluar mejor las diferencias morfológicas entre plantas de una muestra, es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, esto evita elegir plantas desproporcionadas y apartar las de menor altura, pero con mayor vigor (García, 2007).

2.2.3. Especies forestales en estudio

2.2.3.1. *Schizolobium parahyba* (Pino chuncho)

Árbol de 30 a 70 cm de diámetro y 18 a 25 m de altura total con el fuste cilíndrico, la ramificación en el tercer tercio, la base del fuste recta. La corteza externa lisa a agrietada de color marrón rojizo a grisáceo, con ritidoma en placas rectangulares a cuadrangulares pequeñas de 1,5 a 4 cm de ancho. La corteza interna es homogénea de color amarillo blanquecino, con olor a legumbre. Las hojas compuestas bipinnadas alternas y dispuestas en espiral. Las flores de tamaño medio hermafroditas, zigomorfas de color amarillo. Los frutos alargados y planos de color marrón oscuro, semilla única y alada de forma y tamaño similar al fruto. La fenología de la especie registra la floración a fines de la estación seca entre octubre a noviembre y fructificación a inicios de la estación de lluvias, noviembre a diciembre. El árbol se defolia antes de la floración (Reynel et al., 2003).

Cronquist (1981) clasifica a la especie de la siguiente manera:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Fabales
Familia	: Fabaceae
Género	: <i>Schizolobium</i>
Especie	: <i>S. parahyba</i>
Nombre binomial	: <i>Schizolobium parahyba</i>

La especie es nativa desde México hasta Brasil. Se desarrolla comúnmente en tierras bajas, con climas de húmedos a muy húmedos y en climas secos, cerca de los ríos. Es una especie heliofita, puede plantarse desde el nivel del mar hasta 1000 m. de altitud, es de rápido crecimiento, es muy común en bosques secundarios, se adapta bien a distintos tipos de suelos incluyendo suelos ácidos muy pobres (Salazar, 1995).

S. parahyba es una especie de amplia distribución geográfica, por lo que recibe varios nombres comunes, de acuerdo con la zona, región o país donde se encuentre. En el Ecuador y Perú es conocido con el nombre de pashaco y pino chuncho. En Colombia y

en gran parte de Centroamérica se le denomina tambor y zorra. En Brasil recibe los nombres de parica o paricá grande, pinho ciuabano, guapuruvú, faveira branca, bacurubú, pinho, pau de ventém y fcheiro. En México se le conoce como judío. En el comercio internacional es conocido como quamwood, guapuruvú y pachaco (Parrota *et al.*, s/f, citado por Joaquín, 2001).

2.2.3.2. *Parkia nitida* (Pashaco colorado)

Esta especie, según Spichiger et al. (1989), son árboles de 20 a 30 m de alto, con frutos que son legumbres aplanadas, encurvadas, con 15 a 20 semillas en cada fruto. Se distribuye en las Guayanas y la Amazonia; crece en suelos drenados de bosques no inundables. Los pashacos pertenecientes a las especies *Parkia*, *Enterolobium* y *Pithecellobium* producen frutos leñosos de mesocarpo rico en taninos que se emplean en la industria de la curtiembre. Los frutos y la corteza de los pashacos contienen una resina brillante, ocre o agridulce algunas veces gomosa. Esta resina forma parte de la materia prima para la fabricación de mordientes en la industria del curtido.

Cronquist (1981) clasifica taxonómicamente a la especie de la siguiente manera:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Fabales
Familia	: Fabaceae
Género	: <i>Parkia</i>
Especie	: <i>P. multijuga</i>
Nombre binomial	: <i>Parkia nitida</i>

La floración se inicia en el mes de octubre, llega a su plenitud en noviembre y se puede deducir que en el mes de diciembre termina y la fructificación se inicia en el mes de diciembre, luego entra a una fase plena en los meses de enero, febrero y marzo y termina en los meses de abril y mayo. Estos meses son los recomendables para la colecta de semillas (Aróstegui y Díaz, 1992). Esta especie ubicada entre las comerciales promisorias se encuentra en el tipo de bosque aluvial y colinas bajas y ocupa el puesto 14 entre las 50 especies

más abundantes con un volumen bruto de 2 239 m³/ha y volumen neto de 1 768 m³/ha (Malleux, 1982).

2.2.3.3. *Eucalyptus torrelliana* (Eucalipto tropical)

Es un árbol que puede alcanzar alturas de 45 a 55 m, las hojas son perennes, en entornos de disturbios o perturbación del área crece en forma de arbusto retorcido, el fuste es recto, la corteza varía de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas usualmente es persistente o escamosa suave y sus fibras color marrón rojizo (Fao, 1981). Otros reportes afirman que miden entre los 45 a 55 m con hojas perennes, cuando se instala en medios desfavorables su crecimiento se traduce en forma de arbusto retorcido, aunque su tronco suele ser recto (Prado, 2016).

Las flores individuales blancas (raras veces hay dos o tres) en la base de las hojas, con un pedicelo delgado y muy corto. Frutos o capsulas simples, en la base de las hojas, redondeados, tetragonales y arrugados, con un disco blanquecino, ancho, grueso, aplanado o convexo y 3-5 incisiones. Semillas numerosas, (230 000 o 330 000 semillas/Kg) irregulares, elípticas, de 2-3 milímetros de longitud de color negro mate, con muchas semillas pequeñas y estériles. Aproximadamente hay entre 70 000 y 110 000 semillas viables por kilogramo (FAO, 1981).

Cronquist (1981) clasifica taxonómicamente a la especie de la siguiente manera:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Myrtales
Familia	: Myrtaceae
Género	: Eucalyptus
Especie	: E. torrelliana

Nombre binomial: *Eucalyptus torrelliana*

Mendoza (2008) menciona que esta especie que posee copa muy densa que le facilita para la eliminación de la vegetación adyacente cuando se establece este

eucalipto. No es madera de gran calidad, pero es una de las pocas especies que en su localidad produce aserrados. Empleado para postes largos y usos generales en la construcción de casas (FAO, 1981), pero se utiliza en obras de interiores, soporte para minas, carpintería, carrocería, durmientes, mangos de herramientas y postes (Mendoza, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación geográfica y política

El vivero forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva se encuentra ubicado a 1.5 km de la ciudad de tingo María en las coordenadas:

Tabla 3. Coordenadas UTM (Datum WGS 84, UTM/UPS) del área de investigación.

Área	Coordenadas geográficas (UTM)		Altitud (msnm)
	Este	Norte	
Vivero forestal FRNR	390312	8970774	665

Políticamente el presente trabajo de investigación el vivero forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables en la Universidad Nacional Agraria de la Selva pertenece al distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

3.1.2. Descripción del área

El vivero forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables está a cargo de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, funciona como área para venta de plántones hacia la colectividad y como una unidad académica de la facultad, donde se realizan trabajos de investigación y prácticas sobre producción de especies forestales y agrícolas, a esta unidad concurren todas las especialidades vinculadas a los recursos naturales de la universidad.

3.1.3. Clima

Las condiciones climáticas de la zona son: temperatura máxima 29.4 °C, mínima 19.2 °C, y media 24.3 °C, precipitación promedio anual de 3350 mm, la humedad relativa 87% y la altitud sobre el nivel del mar es 660 m, (SENAMHI, 2018).

3.1.4. Zona de vida

De acuerdo con la clasificación de las zonas de vida y el diagrama bioclimático de Holdridge (1971) el distrito de Rupa Rupa se encuentra ubicada en la formación vegetal de bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh - PT). De acuerdo con las regiones naturales del Perú, (Pulgar, 1987), se encuentra en la selva alta o Rupa Rupa.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales

El material biológico que se utilizó fueron plantones de tres especies forestales: *S. Parahyba*, *P. nitida* y *E. torrelliana*,

Los materiales que se utilizaron fueron: sustratos, carretillas, palana, zaranda ½”, bolsas de polietileno 5” x 8” x 2μ, lapiceros, lápices y marcador, cintas rafia, material cartográfico, pala recta, machete, tamiz y formatos de campo.

Los sustratos orgánicos utilizados fueron en dosis recomendadas de: Sustrato mezcla de humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1), Sustrato mezcla de Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1), Sustrato mezcla de Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1) y sustrato vivero (3:2:1).

3.2.2. Equipos

Los equipos utilizados en la investigación fueron, Laptop Intel Corel i5, cámara fotográfica, GPS marca Garmin 62SC, balanza de precisión, Espectrofotómetro de absorción atómica y pH metro.

3.3. Método y diseño de la investigación

3.3.1. Enfoque metodológico

La investigación se ejecutó en un periodo de 8 meses, en el vivero forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables está a cargo de la escuela profesional de ingeniería forestal donde se germinaron las especies en una cama germinadora, que posteriormente fueron acomodados las bolsas en tres camas de repiques y dentro de estas bolsas se realizaron el repique de las especies *S. parahyba*, *P. nitida* y *E. torrelliana*, que a lo largo de estos meses, el trabajo de investigación desarrolló actividades en cumplimiento de los objetivos planteados.

3.3.2. Tipo de investigación y nivel de investigación

El tipo de investigación es aplicada; porque se recurrió a la ciencia del suelo y la silvicultura para determinar que sustrato tiene efectos importantes en las especies forestales. El nivel de investigación fue experimental; porque se determinó los efectos del sustrato en las especies *S. parahyba*, *P. nitida* y *E. torrelliana*.

3.3.2.1. Variable independiente

Las variables independientes fueron las dosis de las fuentes orgánicas en la preparación del sustrato para el crecimiento de los plantones (Humus sumacc (40%), Compost Quispiterra Vector (20%), Compost Odinsu (14%) y el mismo sustrato del vivero).

3.3.2.2. Variables dependientes

Las variables dependientes evaluadas fueron: propiedades físicas y químicas de los sustratos.

Propagación de especies *S. parahyba*, *P. nitida* y *E. torrelliana*.

3.3.3. Componentes en estudio

Los componentes en estudio de la investigación fueron:

- a) Los sustratos como fuentes orgánicas (Humus sumacc (40%), Compost Quispiterra Vector (20%) y Compost Odinsu (14%)).

– **Humus sumacc (40%)**

Es un abono natural que resulta de la transformación de la mezcla de residuos orgánicos de origen animal digeridos por lombrices rojas bajo condiciones controladas, sus propiedades mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo generando un mayor desarrollo foliar y radicular. Es un producto 100% orgánico que no contamina el medio ambiente, altamente biodegradable ideal para suelos pobres o con bajo porcentaje de materia orgánica. Ideal para uso en viveros, presenta las características de su composición nutricional:

Físicas:

Humedad: 42%

Relación C/N: 19.45

pH: a 20.6°C 7.6

CE: ds/m es solución pura 4.72

Aspecto físico: tierra húmeda color café

Químicas: dentro de estas tenemos.

Materia Orgánica:

Materia orgánica total:	40.45%
Ácidos húmicos:	4.03%
Ácidos fúlvicos:	1.4%
Huminas:	38.56

Macro – elementos:

Nitrógeno (N):	1.67%
Fósforo (P):	2.75%
Potasio (K):	3.06%
Calcio (Ca):	5.95%
Magnesio (Mg):	2.17%

Micro – elementos:

Fierro (Fe):	2 579 mg/kg
Cobre (Cu):	38.42 mg/kg
Zinc (Zn):	149.84 mg/kg
Manganeso (Mn):	329.45 mg/kg
Boro (B):	5.70 mg/kg

– **Compost Quispierra Vector (20%):**

Es un producto 100% natural que se incorpora como enmienda orgánica al suelo, rico en carbono orgánico en forma estable y disponible como ácidos húmicos y fúlvicos, es un producto del proceso de la mineralización de desechos verdes, materia orgánica, basofia de res, que favorece a los suelos mejorando sus propiedades físico químico y biológico, con el aporte de macro y micronutrientes, favorecen el desarrollo y rendimiento de los cultivos, garantizando el desarrollo sano por el efecto de activar la biótica benéfica del suelo protegiendo a los cultivos de las plagas. Sus especificaciones físicas y químicas son:

Especificaciones físicas:

Granulometría: 100% (- 20 mm)

Humedad: 25% a 30%

Retención de humedad > 100%

Color: Oscuro

pH: 7.5 a 8.5

CE < 8.

Especificaciones químicas:

Materia orgánica: > 40/50%

C/N < 15

Macronutriente:

Nitrógeno (N): 1.85%

Fósforo (P₂O₅): 2.34%

Potasio (K₂O): 2.68%

Micro – elementos:

Calcio (CaO): 6.60%

Magnesio (MgO): 1.48%

Fierro (Fe): 16 658 ppm

Cobre (Cu): 38.42 ppm

Zinc (Zn): 450 ppm

Manganeso (Mn): 340 ppm

Boro (B): 45 ppm

– **Compost Odinsu (14%):**

Es un compuesto orgánico que nace brindar soluciones para la agricultura y al agricultor, mejorando el rendimiento de sus cultivos, elaborado a partir de residuos animales en 80% y residuos vegetales en 10%, mejorando sus propiedades:

Físicas: reducción en las oscilaciones térmicas, mejora la estructura del suelo, aligera a los suelos arcillosos, aumenta la capacidad hídrica y gaseosa, mejora el drenaje, reduce la erosión, aumenta la retención de humedad y reduce la evaporación.

Químicas: Regula el pH, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, mantiene los cationes de forma intercambiable, forma quelatos, se forma en ácidos fúlvicos y húmicos y mantiene la reserva de elementos mayores y menores en el suelo.

Biológicas: favorece la respiración radicular, favorece la respiración de las semillas, regula la actividad microbiana, es fuente de energía para los microorganismos benéficos, el CO₂ desprendido favorece la solubilización de nutrientes y mejora la nutrición del cultivo.

Propiedades físicas:

Aspecto: Gránulos finos, Olor: No fétido y Color: Marrón oscuro

Propiedades Químicas:

pH: 6.0 a 7.5

M.O. : 30% a 40%

N : 1,5% a 2,5%

P₂O₅ : 1,5% a 3,5%

K₂ : 1,5% a 3,5%

CaO : 2,5% a 4,0%

MgO : 1,0% a 2,0%

Humedad : 15% a 20%

Retención de Humedad : 100%

Relación C/N: 10% – 15%

- Las muestras de los sustratos (que fueron obtenidos en el vivero y analizadas en el laboratorio).
- Plantones de las especies *S. parahyba*, *P. nitida* y *E. torrelliana*, derivado de semillas de calidad garantizada.

3.3.4. Diseño de la investigación

Fue experimental, mediante el diseño completo al azar (DCA) con arreglo factorial de 4A X 3B con tres repeticiones. Los factores en estudio fueron: los tipos de sustratos y tipos de especies. La unidad experimental estuvo conformada por 10 plantas (Subunidades experimentales) en un área experimental de 3 m x 6 m teniendo un total de 360 subunidades experimentales o plantones a evaluar. Se realizó el análisis de varianza y la prueba de F a un nivel de α : 0.05 y comparación de medias de Tukey también a un nivel de α : 0.05.

Tabla 4. Factores en estudio.

Factores	Niveles	codificación
Sustratos	Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1)	a ₁
	Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1)	a ₂
	Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1)	a ₃
	Sustrato vivero (3:2:1)	a ₄
Especies	<i>S. Parahyba</i>	b ₁
	<i>P. nitida</i>	b ₂
	<i>E. torrelliana</i>	b ₃

Tabla 5. Factores en combinación para designación de tratamientos.

Combinaciones	Descripción	Tratamiento
a ₁ b ₁	Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>S. Parahyba</i>	T ₁
a ₁ b ₂	Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>P. nitida</i>	T ₂
a ₁ b ₃	Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>E. torrelliana</i>	T ₃
a ₂ b ₁	Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>S. Parahyba</i>	T ₄
a ₂ b ₂	Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>P. nitida</i>	T ₅
a ₂ b ₃	Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>E. torrelliana</i>	T ₆
a ₃ b ₁	Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>S. Parahyba</i>	T ₇
a ₃ b ₂	Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>P. nitida</i>	T ₈
a ₃ b ₃	Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>E. torrelliana</i>	T ₉
a ₄ b ₁	Sustrato vivero (3:2:1) y <i>S. Parahyba</i>	T ₁₀

a ₄ b ₂	Sustrato vivero (3:2:1) y <i>P. nitida</i>	T ₁₁
a ₄ b ₃	Sustrato vivero (3:2:1) y <i>E. torrelliana</i>	T ₁₂

Se realizó el Análisis de variancia (F. tab. = 0,05) y las diferencias de medias con la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) (Calzada, 1982). Se utilizará el software estadístico SPSS versión en español.

Tabla 6. Modelo del análisis de variancia.

FV	GL	SC	CM	Fc
Sustratos	a - 1	$(\sum Y^2_{.j}/rb) - FC$	$SC_A/a-1$	CM_A/CM_{error}
Especies	b - 1	$(\sum Y^2_{.k}/ra) - FC$	$SC_B/b-1$	CM_B/CM_{error}
Interacción	(a-1)(b-1)	$(\sum \sum Y^2_{ijk}/r) - SC_A - SC_B - FC$	$SC_{AXB}/(a-1)(b-1)$	CM_{AXB}/CM_{error}
Error	ab(r-1)	Diferencia	$SC_{error}/ab(r-1)$	
Total	abr - 1	$\sum \sum \sum Y_{ijk}^2 - FC$		

A y B: factores y r: Repetición

El modelo aditivo lineal del experimento fue:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \beta_j + (T \cdot B)_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación

μ : Media general,

T_i : Efecto del *i*ésimo nivel del factor sustratos

β_j : Efecto del *j*ésimo nivel del factor n

$(T \cdot B)_k$: Efecto de interacción de los sustratos vs factor especies.

ϵ_{ijk} : Efecto del error experimental.

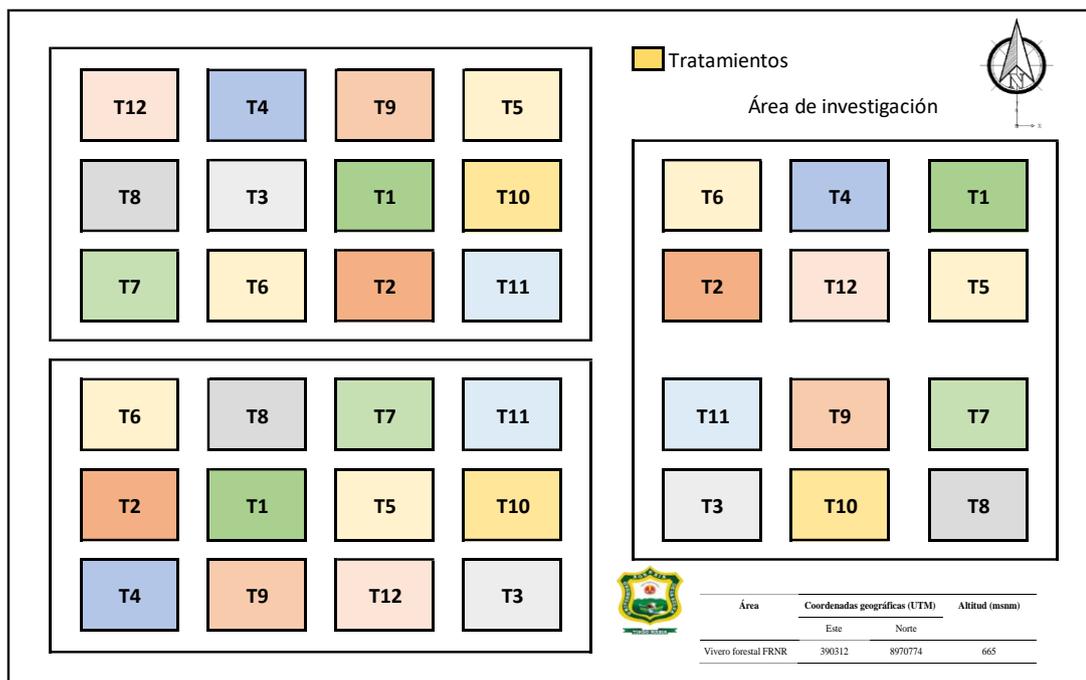


Figura 1. Croquis del experimento.

3.4. Metodología

3.4.1. Del efecto de los sustratos orgánicos mediante la medición de la altura y diámetro de planta en tres especies forestales

3.4.1.1. Limpieza y preparación del área en el vivero

Una vez elegido el lugar del experimento, se realizó la limpieza y preparación del área, eliminando las malezas, y nivelando la cama para evitar problemas con anegamientos que deterioren las camas de cría.

3.4.1.2. Ensayos de germinación de semillas

Las semillas fueron adquiridas de proveedores y fueron de calidad, se sembraron en camas de almacigo de acuerdo con el protocolo del ISTA para conocer la viabilidad de las semillas.

3.4.1.3. Llenado de bolsas

Se utilizó bolsas con dimensiones de 5'' x 8'' x 2μ, se llenará las bolsas de acuerdo con protocolos de llenado, en forma manual presionando levemente para que no queden espacios vacíos y el llenado sea uniforme, y se prepararán los sustratos para el plantado de acuerdo con las proporciones establecidas y las especies distribuidas de acuerdo con el croquis diseñado.

3.4.1.4. Desinfección de los sustratos

Se desinfectó los sustratos con un fungicida aplicando al suelo para cada uno de los tratamientos establecidos.

3.4.1.5. Colección y preparación del material vegetativo

Se realizó la selección de plántulas previamente sembradas de acuerdo con las condiciones fitosanitarias óptimas y homogenizando en cuanto a diámetro y altura para evitar la variabilidad en la investigación.

3.4.1.6. Siembra de plántulas

La siembra se realizó de acuerdo con el croquis de distribución de tratamientos (Figura 1).

3.4.1.7. Evaluaciones

Se evaluó mensualmente para conocer la calidad de planta por respuesta del sustrato de cada una de las tres especies instaladas.

3.4.1.8. Labores posteriores

Se realizó controles de manera constantemente la humedad adecuada y la sombra necesaria para el crecimiento de las especies.

3.4.1.9. Evaluación de variables

Las variables independientes fueron el sustrato y las especies y las variables dependientes, la altura, el diámetro basal, la calidad de plantas y las características fisicoquímicas del sustrato mezcla.

La medición de la altura de plantones se realizó desde la base de la planta hasta el ápice bandera de la hoja con una regla graduada, registrando los datos en cm. La medición del diámetro basal del tallo se midió a 5 cm de la base con un vernier digital registrando los datos en mm.

3.4.2. Del efecto de los sustratos orgánicos mediante la medición del Índice de esbeltez, Relación altura vs longitud de raíz, Relación peso seco aéreo vs peso seco radicular y el Índice de Dickson en tres especies forestales

3.4.2.1. Índices de calidad

Se evaluará la calidad de las plantas en cuanto sea determinando cada indicador utilizado las siguientes formulas propuestas por Rodríguez (2008):

3.4.2.2. Índice de robustez o índice de esbeltez

Es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento. Es la relación entre la altura de la planta (cm) y el diámetro (mm). su valor debe ser menor a seis. “valores inferiores indica una mejor calidad de la planta, plantones más robustos, bajos y gruesos estos son más aptos para sitios secos; valores superiores a seis sugieren una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados” (Prieto et al., 1999; Prieto et al., 2009).

$$\text{Indice de robustez (IR)} = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} \dots\dots\dots(1)$$

3.4.2.3. Relación altura/Longitud de la raíz

Predice el éxito de la plantación y debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radical de las plantas. “La relación 1:1 favorece altas tasas de supervivencia en los sitios de plantación sin limitantes ambientales; en sitios con problemas de humedad se sugiere utilizar brinzales con relaciones de 0.5:1 a 1:1; mientras que en sitios sin esta situación las relaciones pueden ser de 1.5:1 a 2.5:1” (Prieto et al., 1999).

$$\text{Rh/Longitud de raíz} = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Longitud de raíz (cm)}} \dots\dots\dots(2)$$

3.4.2.4. Relación peso seco parte aérea/peso seco radicular

Esta relación refleja el desarrollo de la planta en vivero. Una relación igual a uno significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea; pero si el valor es menor a uno, entonces la biomasa subterránea es mayor que la aérea; al contrario, si el valor es mayor a uno, la biomasa aérea es mayor que la subterránea.

$$\text{R PSAérea/PSRad} = \frac{\text{Peso seco parte aérea (g)}}{\text{Peso seco radicular (g)}} \dots\dots\dots(3)$$

3.4.2.5. Índice de calidad de Dickson

Predice el comportamiento de los plantones en campo, es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, lo que evita seleccionar plantas desproporcionadas y descartar ejemplares de menor altura, pero con mayor vigor (García, 2007).

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total (G)}}{\frac{\text{Atura (cm)}}{\text{Diametro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco parte aérea (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}} \dots\dots\dots(4)$$

Para todos los casos en que se utilice valores del peso seco, estas se determinarán por la metodología propuesta por Chávez (2010): tres plantas serán extraídas al azar por tratamiento se pesaran separadamente al estado fresco y luego se obtendrá un promedio. Estas mismas plantas serán puestas a la estufa por 72 horas a 83 °C y se obtendrán los correspondientes pesos secos. Esta labor se repetirá cuatro veces durante la investigación, el primer mes se sacrificará como referencia plantas que no fueron repicadas en el experimento, pero coetáneos.

Tabla 7. Valores para la calificación de la calidad de plantón en vivero.

Índices de calidad	Calidad y Rango		
	Alta	Media	Baja
Dickson	≥ 0,50	0,20 – 0,49	< 0,20
Esbeltez	< 6	6,1 – 8,0	> 8,0
Relación peso seco aéreo/Peso seco radicular	1,5 – 2,0	2,1 – 2,50	> 2,5
Relación Altura/Longitud de raíz	≤ 2	2,1 – 2,5	> 2,5

CONAFOR (2005) y Saénz et al. (2014).

3.4.3. De las características físicas y químicas de los sustratos orgánicos

Para determinar las características físicas de todos los sustratos se utilizó la metodología propuesta por Rodríguez (2010) que sugiere los siguientes pasos:

Pesé un vaso de papel y lo anote en una hoja de resultados, luego se vertió 100 mL de agua en el vaso (recuerde 1 mL= 1 g), después lo marque el nivel de agua en el vaso y después deséchela, llene el vaso hasta el nivel marcado con el medio seleccionado apretándolo suavemente, posteriormente pese el vaso incluyendo el medio y lo anote, luego reste el peso del vaso al peso obtenido en el paso 5 y anote el peso del medio, después dividí entre 100 y anote el resultado. Esto equivale a la densidad (peso/volumen).

Usando una probeta graduada, cuidadosamente se vierte agua sobre el medio hasta que todos los espacios porosos sean llenados y se forme un espejo de agua en el medio. Anote el volumen de agua requerido. Esto equivale al espacio poroso total del medio.

Luego con cuidado invierta el vaso con el medio sobre un papel absorbente y deje que el agua se filtre libremente, después que haya terminado el filtrado, pese nuevamente el envase más el medio, luego reste el peso del medio (paso 6) menos el peso del vaso, del peso obtenido en el paso 10 y lo anote. Esta diferencia es igual a la capacidad de retención de humedad, posteriormente reste el agua retenida a capacidad de campo del espacio poroso total. Esto equivale a espacio con aire a capacidad de campo.

Las características químicas se determinaron en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, variables como: el pH y los macronutrientes como el Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de los sustratos orgánicos en tres especies forestales

4.1.1. Altura de planta

El análisis de variancia (tabla 8) realizado a un nivel de confianza $p < 0.05$, muestra los valores de la altura de planta para los efectos de los sustratos orgánicos en tres especies forestales de importancia económica en la zona del alto Huallaga, teniendo resultados diferentes por factor e interacción en cada una de las evaluaciones que a continuación se detallan:

El análisis de variancia (quinta evaluación), realizada a un nivel de confianza $p < 0,05$ (tabla 8), observamos que existe diferencias estadísticas significativas para los sustratos y las especies forestales propuestas como factor, es decir al menos uno de los sustratos o especies forestales serán diferentes en valor promedio, también podemos añadir que la interacción entre los factores sustratos orgánicos versus especies forestales presenta diferencias estadísticas significativas. El coeficiente de variación es de 13,72%.

Tabla 8. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm) por efecto de los sustratos orgánicos.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fc	p-valor	Sig 0.05
Sustratos orgánicos (A)	3	348,53	116,18	11,68	0,0001	*
Especies forestales (B)	2	402,93	201,46	20,26	0,0001	*
Interacción AxB	6	172,12	28,69	2,88	0,0292	*
Error experimental	24	238,67	9,94			
Total	35	1162,25				

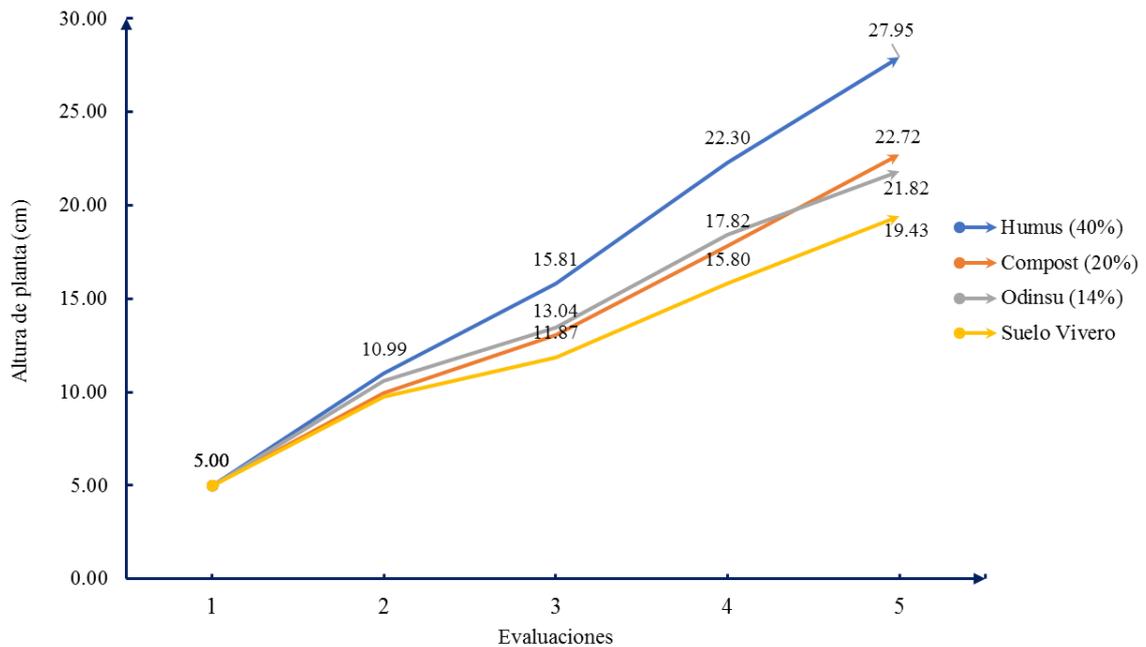
CV (%): 13.72%.

La prueba de comparación de medias de Tukey (tabla 9 y figura 2) realizada a un nivel de confianza del 95% muestra que el sustrato Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) presentó el mayor valor promedio con 27,95 cm de altura, según lo afirma Murrieta (2005) los sustratos de tipo orgánicos desempeñan un rol de suma importancia como constituyente del suelo, tal es así, que su presencia o ausencia determina que el suelo presenta excelente o deficiencia de propiedades físicas, químicas y biológicas, además se lo considera como un componente transitorio del suelo, por lo que debe ser repuesto continuamente.

Tabla 9. Valores promedios de la altura de planta por efecto de los sustratos orgánicos (cm).

Sustratos	Código	Promedio (cm)	Sign. Alpha 0.05
Humus sumacc (40%) + sustrato vivo (3:2:1)	a ₁	27,95	a
Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivo (3:2:1)	a ₂	22,72	b
Compost Odinsu (14%) + sustrato vivo (3:2:1)	a ₃	21,82	b
Sustrato de vivero	a ₄	19,43	b

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$), según prueba de Tukey

**Figura 2.** Crecimiento en altura de planta (cm) para el factor sustrato orgánico.

De acuerdo con Compagnoni (1996) menciona que el humus de lombriz el cual es un abono enteramente orgánico, Von, (2000) argumenta que el humus de lombriz es un estiércol biodinámico, tiene un mayor contenido mineral, tiene un mayor número de componentes (enzimas, hormonas, vitaminas, población microbiana); nutritivamente es más rico que el humus del suelo y Según Brooks (2004) el humus de lombriz es un fertilizante bio-orgánico producido por la lombriz de tierra mediante la digestión de sustancias orgánicas en descomposición. Posee óptima actividad fitohormonal que en condiciones favorables coadyuva

a obtener indicadores productivos elevados y eficientes. Su estructura granular, composición química y microbiológica, lo convierte en un fertilizante orgánico de alto poder nutritivo, también Vargas y Peña (2003) afirman que el humus es un proceso biológico en el cual la materia orgánica es degradada en un material relativamente estable para fertilizar al suelo, en tal sentido entre todos los sustratos como observamos en la investigación también se resalta que el humus desde la segunda evaluación obtuvo los mayores valores convirtiéndose el mejor sustrato orgánico en el presente estudio, en general de acuerdo a lo que afirma Von (2000) el humus de lombriz es cinco veces más nitratos, dos veces más calcio, 2,5 veces más magnesio, siete veces más fósforo y once veces más en potasio que el humus de un suelo de alta calidad.

Tabla 10. Valores promedios para la altura de planta de las especies forestales (cm) por efecto de los sustratos orgánicos.

Especies forestales	Código	Promedio (cm)	Sign. Alpha 0.05
<i>S. parahyba</i>	b ₁	27,24	a
<i>E. torreliana</i>	b ₃	22,63	b
<i>P. nitida</i>	b ₂	19,07	c

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$), según prueba de Tukey

La prueba de comparación de medias de Tukey (quinta evaluación) realizada a un nivel de confianza del 95% (tabla 10 y figura 3) muestra que la especie *S. parahyba* obtuvo el mayor valor promedio con 27,24 cm de altura, seguido en esta evaluación de *E. torreliana* con 22,63 cm, al respecto Patiño y Vela (1980), manifiestan que los principales factores del medio ambiente que deben ser tomados en cuenta al establecer una plantación son: luz, radiación, precipitación, suelos, vientos, plagas y enfermedades forestales; así mismo afirman que el suelo merece mucha importancia, ya que a consecuencia del íntimo contacto entre éste y la raíz de las plantas, se obtienen el agua y los nutrientes necesarios para la realización de las funciones vitales, y pueden desarrollarse adecuadamente solamente si cuentan con aire, humedad, nutrientes y calor en niveles adecuados, añade Burbano (2019) que es muy importancia identificar los efectos de la aplicación de distintos nutrientes en la etapa de vivero, para así establecer los tipos y dosis óptimas a emplearse, en la presente investigación la especie *S. parahyba* obtuvo el mayor crecimiento en altura a lo largo de la investigación asociado al humus de lombriz hecho que denota su precocidad en etapas iniciales como lo es la fase de vivero y que apoya su crecimiento en sustratos que le brinden los nutrientes necesarios para desarrollarse.

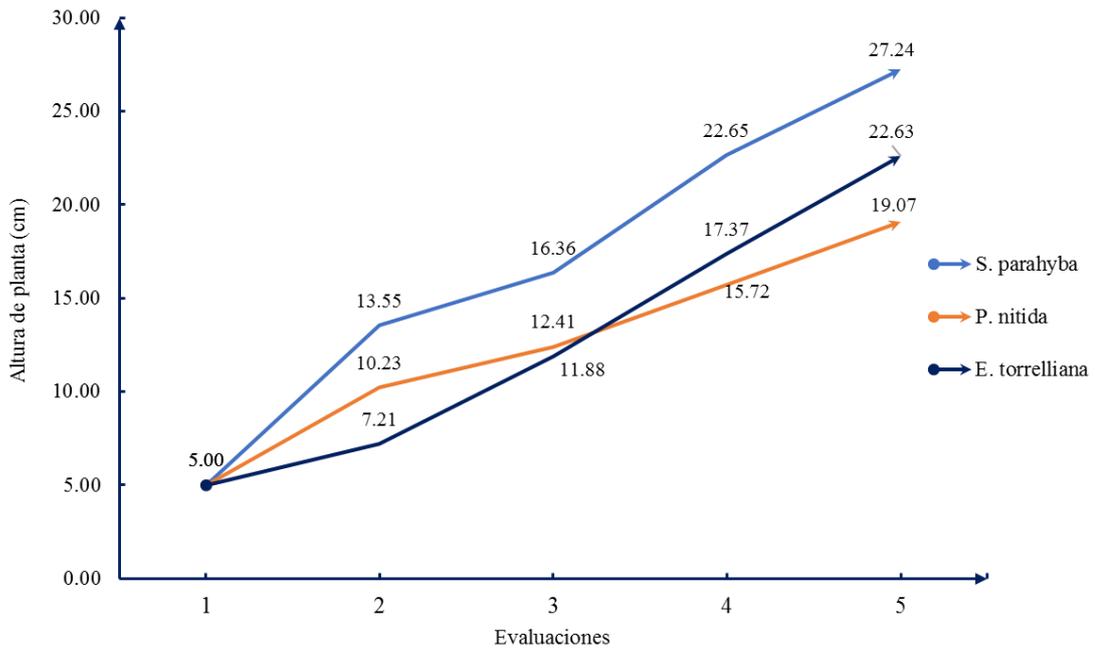


Figura 3. Crecimiento en altura de planta (cm) para el factor especies forestales.

Mediante la prueba de comparación de medias de Tukey (quinta evaluación), realizada a un nivel de confianza del 95% (tabla 11 y figura 4) muestra que la combinación Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) y *E. torrelliana* obtuvo el mayor valor promedio con 30,76 cm de altura, seguido de la combinación Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) y *S. Parahyba* con un promedio de 29,23 cm de altura fue el de mayor valor, al respecto Pérez (2017) manifiesta que las plantas no podrían sobrevivir solamente con el aire y el agua, estas necesitan un cierto número de elementos químicos, que son absorbidas de las sustancias minerales del suelo y a través de su sistema radicular, estos elementos pueden ser dotados a través de abonos orgánicos como sucede en la presente investigación, según Porras (2013) los abonos orgánicos mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios. En general mejoran las condiciones para un desarrollo óptimo en las plantas, en nuestro caso el mayor valor fue de *E. torrelliana* en el sustrato humus de lombriz.

Tabla 11. Valores promedios de la altura de planta por efecto de los sustratos orgánicos vs las especies forestales (cm).

Interacción sustratos vs especies	Código	Promedio	Sign. Alpha 0.05	
Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>E. torrelliana</i>	a ₁ b ₃	30,76	a	
Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>S. Parahyba</i>	a ₁ b ₁	29,23	a	b
Sustrato vivero (3:2:1) y <i>S. Parahyba</i>	a ₄ b ₁	27,86	b	
Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>S. Parahyba</i>	a ₂ b ₁	26,17	b	c
Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>S. Parahyba</i>	a ₃ b ₁	25,72	c	
Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>P. nitida</i>	a ₁ b ₂	23,86	c	d
Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>E. torrelliana</i>	a ₃ b ₃	22,69	d	
Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>E. torrelliana</i>	a ₂ b ₃	22,05	d	
Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>P. nitida</i>	a ₂ b ₂	19,95	d	
Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>P. nitida</i>	a ₃ b ₂	17,05	d	
Sustrato vivero (3:2:1) y <i>P. nitida</i>	a ₄ b ₂	15,43	d	
Sustrato vivero (3:2:1) y <i>E. torrelliana</i>	a ₄ b ₃	15,00	d	

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$), según prueba de Tukey

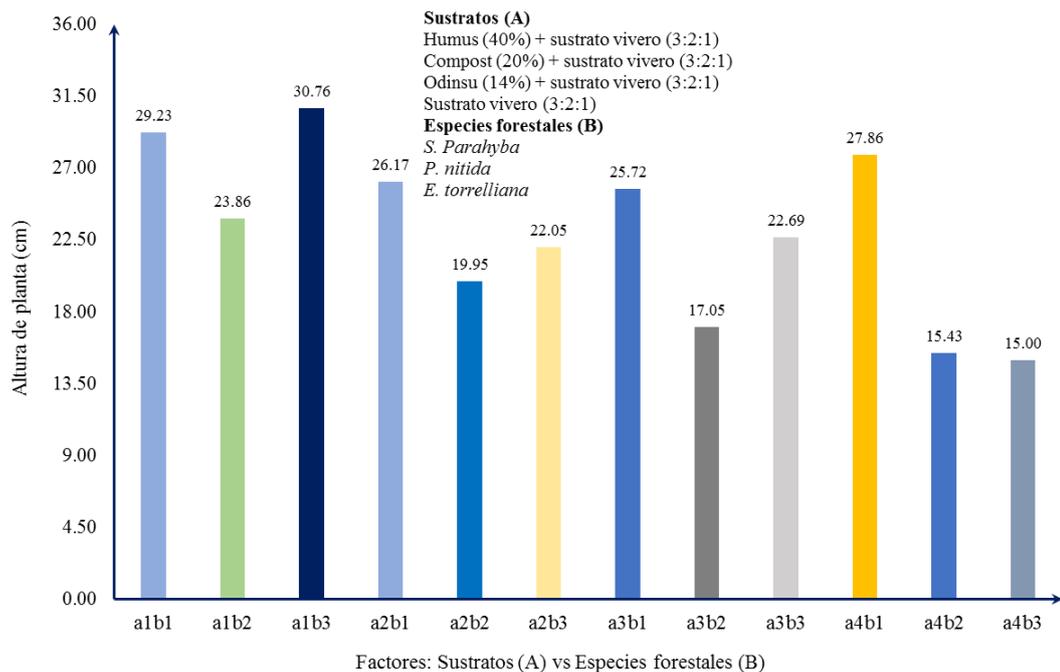


Figura 4. Crecimiento en altura de planta (cm) para la combinación de factores: sustratos vs especies forestales.

Según Prado (2016) es un árbol que puede alcanzar alturas de 45 m a 55 m, usado para leña y postes, los plántulas de esta especie son producidas generalmente mediante turbas comerciales tipo Peat moss, debido a que este sustrato presenta buenos resultados en otras especies, este autor encontró buenos resultados en el sustrato de suelo 50% + cascarilla de café 50% con 25,2 cm de altura, Arana (2020) evaluando el crecimiento de altura en plántulas de *S. Parahyba* bajo diferentes dosis de fertilizante orgánico, al cabo de los 15, 30 y 45 días el tratamiento Te de conejo (2:1) presentó el mayor valor de altura tanto en los 15, 30 y 45 con días con 10,78 cm, 16,56 cm y 17,63 cm respectivamente. Apaza (2010) al evaluar el crecimiento del *S. parahyba* durante la fase de vivero, utilizando arena, aserrín y tierra negra (2 - 2 - 1) como parte de los componentes del sustrato llenados en envases de bolsas de polietileno y tubetes; determinó una altura total promedio en bolsa de 19,08 cm y en tubetes de 26,13 cm, evaluadas a los 50 días de instalada. En general podemos argumentar que los resultados encontrados para la variable altura de planta fue similar a lo obtenido por otros investigadores respecto a las especies evaluadas en la presente investigación, en algunos casos fue mayor.

4.1.2. Diámetro basal del tallo en tres especies forestales

El análisis de variancia ejecutado a un nivel de confianza $p < 0.05$, (tabla 12) muestra los valores del diámetro de planta para los efectos de los sustratos orgánicos en tres

especies forestales de importancia económica en el valle del alto Huallaga, teniendo evidencias estadísticas significativas de comportamiento variable por factores y la interacción entre ellas por cada una de las evaluaciones realizadas:

Tabla 12. Análisis de varianza para la variable diámetro basal de planta (mm) por efecto de los sustratos orgánicos.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fc	p-valor	Sig 0.05
Sustratos orgánicos (A)	3	2,06	0,69	6,18	0,0029	*
Especies forestales (B)	2	15,15	7,57	68,18	0,0001	*
Interacción AxB	6	0,95	0,16	1,42	0,2488	*
Error experimental	24	2,67	0,11			
Total	35	20.82				

CV (%): 10.87%.

El análisis de variancia en la quinta evaluación (tabla 13), realizada a un nivel de confianza $p < 0,05$ observamos que en la variable diámetro basal existe diferencias estadísticas significativas para los sustratos, así como también existe diferencias estadísticas significativas en las especies forestales propuestas como factor, es decir al menos uno será diferente en valor promedio obtenido, también podemos observar que la interacción entre los factores sustratos orgánicos versus especies forestales presentan diferencias estadísticas significativas. El coeficiente de variación es de 11,84%, el cual manifiesta que los datos obtenidos son altamente confiables debido a un buen manejo de las unidades experimentales sobre la variable, de acuerdo con los rangos mencionados por Calzada (1982).

Tabla 13. Valores promedios del diámetro de planta (mm) por efecto de los sustratos orgánicos.

Especies forestales	Código	Promedio (mm)	Sign. Alpha 0.05
Humus sumacc (40%) + sustrato vivo (3:2:1)	a ₁	3,45	a
Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivo (3:2:1)	a ₂	3,02	a b
Compost Odinsu (14%) + sustrato vivo (3:2:1)	a ₃	3,01	b
Sustrato de vivero	a ₄	2,79	b

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$), según prueba de Tukey

Según la prueba de comparación de medias de Tukey (tabla 13 y figura 5), realizada a un nivel de confianza del 95% muestra que el sustrato Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) presentó el mayor valor promedio con 3,45 mm de diámetro, seguido del Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1) con un valor de 3,02 mm, Según Guerrero (1996), el humus posee numerosas características físico-químicas que provocan efectos positivos tanto en el suelo como en la planta, algunos de ellos son: mejorar la estructura del suelo, mejorar la retención de humedad, facilitar la absorción de nutrientes por parte de la planta y estimular el desarrollo de estas. El humus de lombriz presenta un perfecto equilibrio e inmediata disponibilidad de los macroelementos (N, P, K), y una gran cantidad de micro elementos, es un magnífico enriquecedor del suelo, así también según Soto (2003) dice que el humus de lombriz posee una elevada carga microbiana del orden de los 20 mil millones de grano seco, contribuyendo a la protección de la raíz de bacterias y hormonas como el ácido indol acético y ácido libéralice, estimulando el crecimiento y las funciones vitales de la planta, estos aspectos de este abono orgánico permiten suponer que el crecimiento en diámetro obtenido a través de las cinco evaluaciones se deban al humus con respecto a los demás, el cual según se observa han tenido menor efecto en las especies forestales, Cadavid (2002) añade que el humus de lombriz tiene dos propiedades, actúa como fertilizante al aportar a la planta los nutrientes, además es un magnífico regenerador y corrector del suelo debido al elevado contenido de bacterias.

Soto (2003). Es uno de los pocos fertilizantes orgánicos, y es el único abono orgánico con fibra bacteriana (40 a 60 millones de microorganismo por c.c.), capaz de enriquecer y regenerar las tierras. Su aplicación baja hasta un 40% los costos de fertilización. La actividad residual del humus de lombriz se mantiene en el suelo hasta cinco años. Al tener un pH neutro no presenta problemas de dosificación ni de fitotoxicidad, aún en aquellos casos en que se utiliza puro, en general con respecto a los sustratos utilizados en la investigación es el humus en la variable diámetro basal quien mejores valores tuvo.

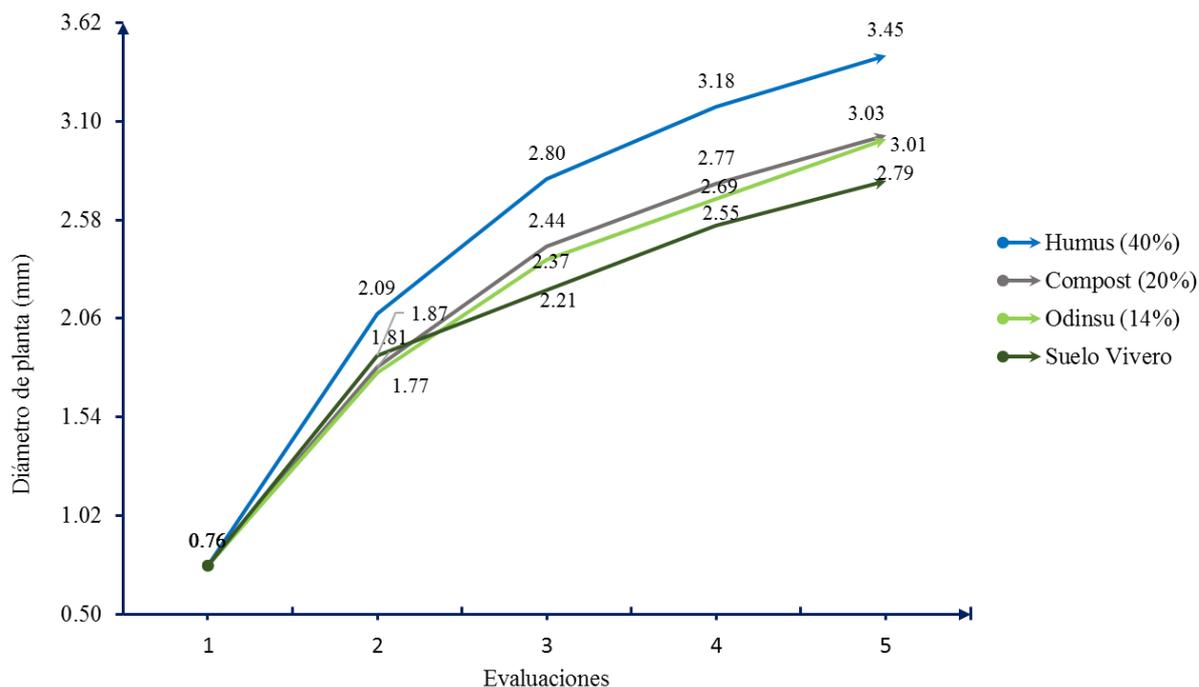


Figura 5. Crecimiento en diámetro de planta (cm) por efecto de los sustratos.

Tabla 14. Valores promedios para el diámetro de planta (mm) de las especies forestales.

Especies forestales	Código	Promedio (mm)	Sign. Alpha 0.05
<i>S. parahyba</i>	b ₁	3,72	a
<i>P. nitida</i>	b ₂	3,29	b
<i>E. torreliana</i>	b ₃	2,18	c

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$), según prueba de Tukey

Mediante la prueba de comparación de medias de Tukey (tabla 14 y figura 6) realizada a un nivel de confianza del 95% muestra que la especie *S. parahyba* obtuvo el mayor valor promedio con 3,72 mm de diámetro, según Quito (2019) menciona que *S. parahyba* es una especie heliófita, de rápido crecimiento, es un árbol frondoso que puede alcanzar de 25 a 40 m de altura y hasta 1 m de diámetro, de fuste recto y cilíndrico con corteza blanquecina y lisa. Sus flores en época de floración son muy visibles a larga distancia, no es muy tolerante a limitaciones de clima y alta adaptabilidad a diversas condiciones del suelo, en tal sentido afirma Arana (2020) evaluando el crecimiento en diámetro en plántulas de *S. parahyba* bajo diferentes dosis de fertilizante orgánico a nivel de vivero, demostró que a los 15, 30 y 45 días se destaca el Te de conejo (2:1) con el mayor valor de diámetro tanto en los 15, 30 y 45 con días con 3,60 cm, 3,77 cm y 3,97 cm respectivamente. Así mismo Miranda y Villafuerte (2016) obtuvieron

un efecto altamente significativo con la aplicación de los 3 tipos de sustratos en de *S. parahyba*, en las variables diámetro del tallo evaluado a los 30 días después de la siembra. Con la prueba de Tukey al 5%, a los 30 dds, el sustrato que alcanzó el mayor diámetro del tallo fue el hecho a base Tierra negra 50% + aserrín de balsa 50% (b2) con 2,71 mm, los tallos más delgados y limbos más cortos se evaluaron en el sustrato b1 (Tierra negra 50% + cascarilla de café 50%) con 1,05 mm de diámetro del tallo y 3,88 cm de largo del limbo, comparando los datos obtenidos resultan casi similares los valores encontrados en la presente investigación, habría que resaltar también que las condiciones de sitio y condiciones climáticas modifican los valores.

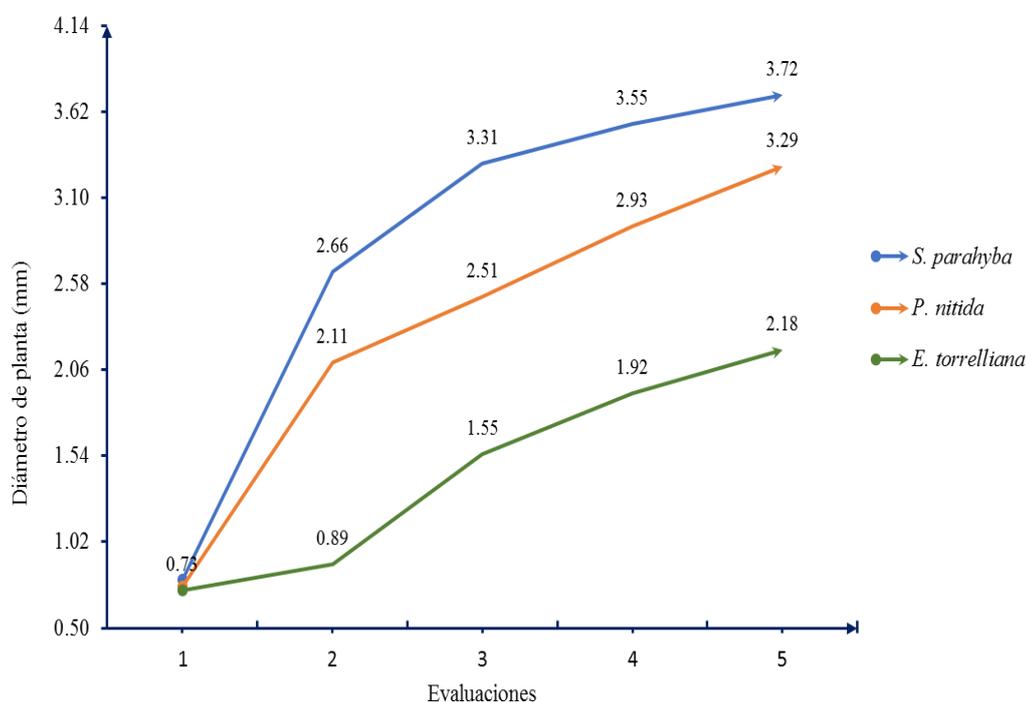


Figura 6. Crecimiento en diámetro de planta (mm) para las especies forestales.

Mediante la prueba de comparación de medias de Tukey (quinta evaluación) realizada a un nivel de confianza del 95% (tabla 15 y figura 7) muestra que la combinación Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) y *S. Parahyba* obtuvieron el mayor valor promedio con 4.01 mm de diámetro, seguido de la combinación Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1) y *S. Parahyba* con un valor promedio de 3.76 mm, con estos resultados que resultan casi totales podemos decir que resulta más que necesario el uso de humus en los viveros forestales, ya que Schuldt (2006) el humus de lombriz opera en el terreno de una sección biodinámica; donde mejora la textura y estructura del suelo, actúa como agente cementante entre las partículas del suelo, dando origen a estructuras granulares, que permiten un mejor desarrollo radicular, intercambio gaseoso y activar los microorganismo del suelo,

Tabla 15. Valores promedios del diámetro basal por efecto de los sustratos orgánicos vs las especies forestales (mm).

Interacción sustratos vs especies	Código	Promedio	Sign. Alpha 0.05
Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>S. Parahyba</i>	a _{1b1}	4,01	a
Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>S. Parahyba</i>	a _{2b1}	3,76	a
Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>P. nitida</i>	a _{1b2}	3,71	a
Sustrato vivero (3:2:1) y <i>S. Parahyba</i>	a _{4b1}	3,64	a
Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>S. Parahyba</i>	a _{3b1}	3,49	a b
Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>P. nitida</i>	a _{2b2}	3,17	b c
Sustrato vivero (3:2:1) y <i>P. nitida</i>	a _{4b2}	3,14	c
Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>P. nitida</i>	a _{3b2}	3,13	c
Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>E. torrelliana</i>	a _{1b3}	2,62	c d
Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>E. torrelliana</i>	a _{3b3}	2,41	d e
Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1) y <i>E. torrelliana</i>	a _{2b3}	2,14	e
Sustrato vivero (3:2:1) y <i>E. torrelliana</i>	a _{4b3}	1,57	e

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$), según prueba de Tukey

Según Bollo (2001) dice que, las cualidades y bondades de humus de lombriz, es integrada en todos sus elementos tanto como físicos como químicos. Se ha tratado de copiar y producir algunos elementos que lo constituyen, por ejemplo los ácidos húmicos, pero no se ha logrado en un producto artificial igualar al humus en su efecto global, así mismo tal como

lo refieren Quito (2019), Reynel, et al. (2003) y López et al. (2016) donde afirman que es una especie con tendencia heliófita y de crecimiento rápido, según Quito (2019) *S. parahyba* gusta de suelos ricos en nutrientes, por consiguiente con estos resultados es necesario tener un plan de fertilización con humus en los viveros para cada especie que se maneje en esta, resultados encontrados por Arana (2020) evaluando el crecimiento en diámetro en plántulas de *S. parahyba* bajo diferentes dosis de fertilizante orgánico a nivel de vivero, encontró a los 45 días con Te de conejo (2:1) un diámetro de 3,97 mm, Así mismo Miranda y Villafuerte (2016) obtuvieron un efecto altamente significativo con la aplicación de los 3 tipos de sustratos en *S. parahyba*, en las variables diámetro del tallo evaluado a los 30 días fue el hecho a base Tierra negra 50% + aserrín de balsa 50% (B2) con 2,71 mm, resulta más que lógico recomendar al humus como el mejor abono.

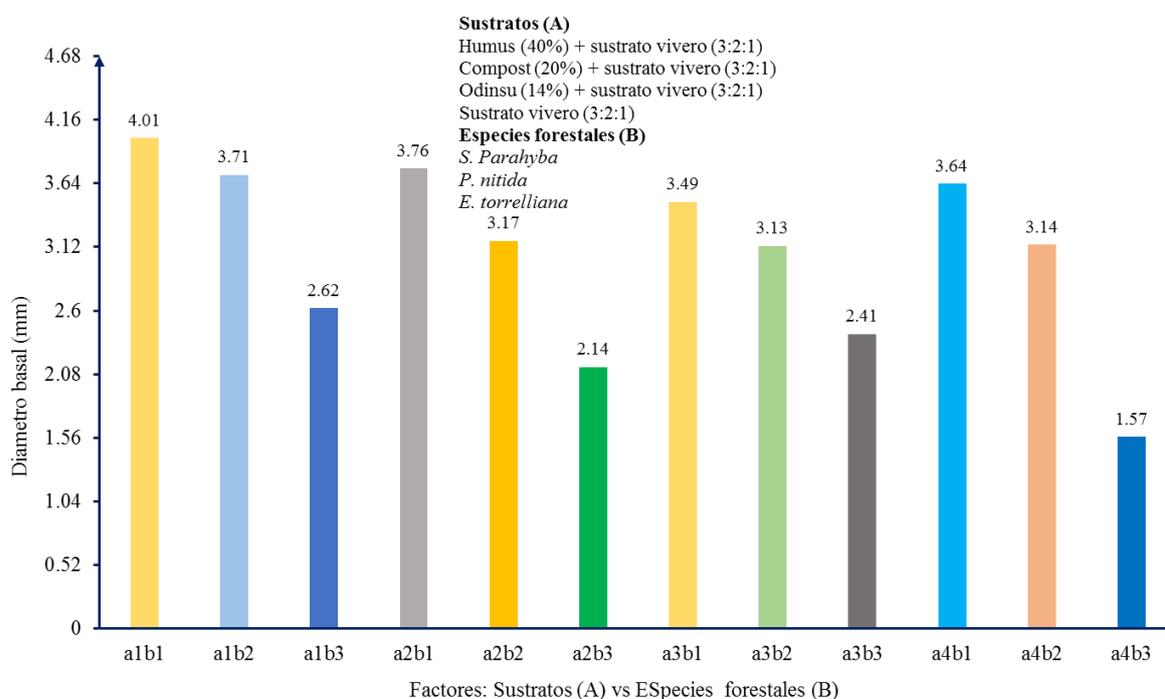


Figura 7. Crecimiento en diámetro de planta (mm) para la combinación de los factores sustratos vs especies forestales.

4.2. Del efecto de los sustratos orgánicos mediante la medición del Índice de esbeltez, Relación altura vs longitud de raíz, Relación peso seco aéreo vs peso seco radicular y el Índice de Dickson en tres especies forestales

Cuando hablamos de la calidad de planta nos referimos según Rodríguez (2008), a la capacidad de los individuos para adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio donde se establecen y de acuerdo con Prieto et al. (2009) se debe a las

características genéticas del germoplasma y a las técnicas utilizadas para su reproducción. Por lo tanto, conocer los factores morfológicos y fisiológicos que influyen en la calidad de planta producidas en los viveros, debiera ser una prioridad para todos aquellos involucrados con el establecimiento de plantaciones forestales de diversa índole, en consecuencia, la presente investigación determinó los índices siguientes:

4.2.1. Índice de esbeltez

Mediante los resultados obtenidos (Tabla 16), para el factor sustrato orgánico observamos que, el sustrato Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1), Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1) y sustrato vivero (3:2:1) presentan un comportamiento similar en las cinco evaluaciones por tener un índice de esbeltez de calidad media (M) al inicio y final de las evaluaciones, no sucediendo lo mismo con el sustrato Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) que difiere con los otros sustratos en la última evaluación presentando un índice de esbeltez de calidad baja (B), según Prieto et al., 2009) el índice esbeltez es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento. Es la relación entre la altura de la planta (cm) y el diámetro (mm). su valor debe ser menor a seis. “valores inferiores indica una mejor calidad de la planta, plantones más robustos, bajos y gruesos estos son más aptos para sitios secos; valores superiores a seis sugieren una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados”, esta afirmación nos permite manifestar que los plantones producidos se encuentran en condiciones casi óptimas por lo menos hasta la cuarta evaluación, siendo esta fecha límite para instalar los plantones en campo definitivo, sobre todo en el humus que es el nivel que mayores valores tuvo en otras variables evaluadas.

Tabla 16. Valores del Índice de esbeltez para los sustratos orgánicos utilizados.

Evaluación	Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1)		Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1)		Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1)		Sustrato vivero (3:2:1)	
	Valor	Calidad	Valor	Calidad	Valor	Calidad	Valor	Calidad
1	6,61	M	6,61	M	6,61	M	6,61	M
2	5,27	A	5,51	A	5,98	A	5,24	A
3	5,65	A	5,34	A	5,68	A	5,38	A

4	7,02	M	6,43	M	6,84	M	6,19	M
5	8,11	B	7,51	M	7,26	M	6,98	M

Calidad: A, Alta; B, Baja; M, Media

Los resultados obtenidos para el factor especies forestales (Tabla 17) muestran que, la especie *P. nitida* presentan un comportamiento casi óptimo con respecto a las otras especies forestales teniendo en la primera evaluación un índice de esbeltez de calidad media (M) y desde la segunda hasta la evaluación final un índice de esbeltez de calidad alta (A), de acuerdo con lo que manifiesta Aguirre et al. (2014) los valores encontrados de esta relación ha sido utilizado frecuentemente como un indicador de la estabilidad de los árboles contra los daños ocasionados por fuerzas mecánicas (viento y nieve) y según Andenmatten y Letourneau (2005) es utilizado para prevenir problemas de rotura de fustes por nevadas o viento, con lo que se considera que existe un riesgo potencial bajo condiciones donde haya una desproporción entre altura y diámetro, en general según Pérez - Gonzáles et al. (2012) la esbeltez, en general, refleja el vigor del árbol, de acuerdo con lo manifestado por estos autores, es necesario considerar estos valores que se consideran óptimos desde la etapa de vivero, el cual según observamos cumple la especie *P. nitida*.

Tabla 17. Valores del Índice de esbeltez para las especies forestales utilizadas.

Evaluación n	<i>S. parahyba</i>		<i>P. nitida</i>		<i>E. torrelliana</i>	
	Valor	Calidad	Valor	Calidad	Valor	Calidad
1	6,33	M	6,67	M	6,85	M
2	5,10	A	4,86	A	8,12	B
3	4,94	A	4,95	A	7,66	M
4	6,38	M	5,37	A	9,06	B
5	7,32	M	5,80	A	10,36	B

Calificación según CONAFOR (2005), Calidad: A, Alta; B, Baja; M, Media

4.2.2. Relación altura vs longitud de la raíz

De acuerdo con los resultados conseguidos (Tabla 18), para el factor sustrato orgánico podemos observar que, el sustrato Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1) y Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1) presentan un comportamiento similar para las cinco evaluaciones realizadas ya que tiene una relación de altura vs longitud de raíz de

calidad media (M) al inicio y luego todas las evaluaciones fueron de calidad alta (A), un aspecto a resaltar es los valores de calidad obtenidas por sustrato de vivero (3:2:1) que tiene una relación de altura vs longitud de raíz de calidad baja (B) desde el inicio de las evaluaciones, según Prieto et al. (1999) predice el éxito de la plantación y debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radical de las plantas, en tal sentido podemos afirmar que en el sustrato compost mantuvo los valores óptimos y deseables para las especies forestales en vivero, a pesar del resultado inicial según Rodríguez (2008) y Prieto et al. (2009) un plantón calificado con calidad media (M) es uno de calificación alta (A) en menor proporción y se aceptan hasta cinco valores de calidad media (M) y hasta una variable con calidad baja (B). en tal sentido los resultados encontrados fueron favorables para el sustrato de vivero combinado con abonos orgánicos, mas no para el sustrato de vivero que fungió de testigo.

Tabla 18. Valores de la relación de altura vs la longitud de raíz para los sustratos orgánicos utilizados.

Evaluación	Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1)		Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1)		Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1)		Sustrato vivero (3:2:1)	
	Valor	Calidad	Valor	Calidad	Valor	Calidad	Valor	Calidad
1	2,50	M	2,50	M	2,50	M	6,61	B
2	2,07	M	1,75	A	1,74	A	5,24	B
3	1,97	A	1,57	A	1,51	A	5,38	B
4	1,89	A	1,77	A	1,74	A	6,19	B
5	1,96	A	2,00	A	1,78	A	6,98	B

Calidad: A, Alta; B, Baja; M, Media

Los resultados para el factor especies forestales (Tabla 19) muestran que, la especie *P. nitida* y *E. torrelliana* presentan un comportamiento relativamente óptimo con respecto a *S. parahyba* teniendo en la primera evaluación una relación de altura vs longitud de raíz de calidad media (M) y desde la segunda hasta la evaluación final una relación de altura vs longitud de raíz de calidad alta (A), de acuerdo con Prieto et al. (2003) tener una relación de 1:1 favorece altas tasas de supervivencia en los sitios de plantación sin limitantes ambientales; en sitios con problemas de humedad se sugiere utilizar brinzales con relaciones de 0.5:1 a 1:1; mientras que en sitios sin esta situación las relaciones pueden ser de 1.5:1 a 2.5:1. Se

recomienda que los viveristas establezcan la relación deseada en función de las especies y características del sitio de plantación, es posible que los resultados difieran por las características del lugar y las especies, pero consideramos de acuerdo a estos valores que las dos especies antes mencionadas tienen los resultados esperados al menos en fase de vivero, según Mas (2003) aduce que el éxito de los programas de reforestación depende principalmente de la calidad de planta que se produzca en un vivero, ya que asegura una mayor probabilidad de sobrevivir y desarrollarse al establecerse en el lugar definitivo.

Tabla 19. Valores de la relación de la altura vs la longitud de raíz para las especies forestales utilizadas.

Evaluación n	<i>S. parahyba</i>		<i>P. nitida</i>		<i>E. torrelliana</i>	
	Valor	Calidad	Valor	Calidad	Valor	Calidad
1	2,50	M	2,50	M	2,50	M
2	2,90	B	1,90	A	1,21	A
3	2,06	M	1,65	A	1,31	A
4	2,26	M	1,63	A	1,47	A
5	2,53	M	1,65	A	1,60	A

Calificación según CONAFOR (2005), Calidad: A, Alta; B, Baja; M, Media

4.2.3. Relación peso seco aéreo vs peso seco radicular

De acuerdo con los resultados conseguidos (Tabla 20), para el factor sustrato orgánico podemos observar que, todos los sustratos tienen una relación peso seco aéreo vs peso seco radicular de calidad baja (B), variando solamente en calidad alta (A) al inicio de las evaluaciones, sucediendo lo mismo con los valores de la relación de peso seco aérea versus peso seco radicular (tabla 21) realizado para las especies forestales.

Tabla 20. Valores de la relación de peso seco aérea vs peso seco radicular para los sustratos orgánicos utilizados.

Evaluación	Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1)		Compost Quispierra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1)		Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1)		Sustrato vivero (3:2:1)	
	Valor	Calidad	Valor	Calidad	Valor	Calidad	Valor	Calidad
1	1,10	A	1,09	A	1,09	A	1,09	A
2	3,94	B	3,65	B	4,48	B	3,71	B
3	3,94	B	4,54	B	5,67	B	5,52	B
4	6,07	B	5,16	B	6,49	B	6,77	B
5	6,58	B	4,84	B	6,72	B	6,80	B

Calidad: A, Alta; B, Baja; M, Media

Prieto et al. (1999) esta relación refleja el desarrollo de la planta en vivero. Una relación igual a uno significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea; pero si el valor es menor a uno, entonces la biomasa subterránea es mayor que la aérea; al contrario, si el valor es mayor a uno, la biomasa aérea es mayor que la subterránea, los resultados obtenidos para estos dos factores fueron similares obteniendo una relación baja, esto quiere decir que esas especies tienen mayor biomasa aérea que subterránea en la primera etapa de su crecimiento, notándose en los cuatro tipos de sustratos y en las tres especies forestales. Cabe añadir también según Rodríguez (2008) y Prieto et al. (2009) un plantón calificado con calidad baja (B) es un plantón no apto para su establecimiento en una plantación porque no garantiza su supervivencia,

Tabla 21. Valores de la relación de peso seco aérea vs peso seco radicular para las especies forestales utilizadas.

Evaluación	<i>S. parahyba</i>		<i>P. nitida</i>		<i>E. torrelliana</i>	
	Valor	Calidad	Valor	Calidad	Valor	Calidad
1	1,12	A	1,12	A	1,03	A
2	4,57	B	3,51	B	3,16	B
3	6,36	B	4,05	B	3,22	B
4	7,83	B	3,74	B	6,68	B

5	6,57	B	4,08	B	8,32	B
---	------	---	------	---	------	---

Calificación según CONAFOR (2005), Calidad: A, Alta; B, Baja; M, Media

4.2.4. Índice de Dickson

Los resultados obtenidos (Tabla 22), donde se muestra los valores para el factor sustrato orgánico podemos observar que, todos los sustratos un índice de Dickson de calidad baja (B) desde el inicio de las evaluaciones, sucediendo lo mismo con los valores para el factor especies forestales (tabla 23), según Prieto et al. (2003) y Prieto et al. (2009) la clasificación de calidad de planta se realiza con base en variables morfológicas y fisiológicas; entre las primeras se incluye la altura, el diámetro basal del tallo o del collar, tamaño, forma y volumen del sistema radical, así como la relación altura/diámetro del collar, la relación tallo/raíz, la presencia de yema terminal y micorrizas, el color del follaje y la sanidad, el peso seco de los tallos, el follaje y la raíz. Por lo que podemos afirmar que este índice predice la calidad óptima de los plantones.

Ramos - Huapaya y Lombardi - Indacochea (2020) dicen que los índices de calidad tienen una utilidad para describir rápidamente la calidad de plantas en un vivero.

Tabla 22. Valores del Índice de Dickson para los sustratos orgánicos utilizados.

Evaluación	Humus aumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1)		Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1)		Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1)		Sustrato vivero (3:2:1)	
	Valor	Calidad	Valor	Calidad	Valor	Calidad	Valor	Calidad
1	0,003	B	0,003	B	0,003	B	0,003	B
2	0,017	B	0,015	B	0,016	B	0,016	B
3	0,048	B	0,032	B	0,026	B	0,029	B
4	0,100	B	0,071	B	0,053	B	0,051	B
5	0,124	B	0,111	B	0,090	B	0,068	B

Calidad: A, Alta; B, Baja; M, Media

Según González et al. (1996) dice que este índice permite evaluar mejor las diferencias morfológicas entre plantas de una muestra, añade García (2007) diciendo que este índice es el mejor parámetro para calificar la calidad de planta, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, lo que evita seleccionar plantas desproporcionadas

y descartar ejemplares de menor altura pero con mayor vigor y según Conafor (2005) es considerado superior y completo, pues incluye atributos como la altura, el diámetro y la biomasa (seca y fresca) que siendo evaluados de forma aislada no contribuyen a predecir la calidad de las plantas.

Tabla 23. Valores del Índice de Dickson para las especies forestales utilizadas.

Evaluación n	<i>S. parahyba</i>		<i>P. nitida</i>		<i>E. torrelliana</i>	
	Valor	Calidad	Valor	Calidad	Valor	Calidad
1	0,003	B	0,003	B	0,003	B
2	0,024	B	0,020	B	0,005	B
3	0,048	B	0,029	B	0,022	B
4	0,078	B	0,069	B	0,056	B
5	0,111	B	0,109	B	0,076	B

Calificación según CONAFOR (2005), Calidad: A, Alta; B, Baja; M, Media

Al respecto de los resultados obtenidos, al referirnos al término de calidad puede tener un carácter subjetivo siempre y cuando no se establezcan valores óptimos por lugar de producción, ya que las características del lugar difieren en tipos de suelo y clima que son factores determinantes en el comportamiento silvicultural de una especie en particular, sin embargo el término calidad está asociado al éxito de una especie establecida en campo definitivo, por las características óptimas que devienen de un buen manejo en etapa de vivero, según Haase (2007), uno de los factores para el éxito de las plantaciones forestales, es la calidad de la planta utilizada, que está determinada por características morfológicas (forma y estructura) y fisiológicas (funciones y procesos vitales), sin embargo, el concepto de calidad de plantas puede ser considerado relativo, debido a que los requerimientos de esta puede variar de acuerdo a diversos factores como: especie, condiciones de sitio, objetivo y época de plantación; estos factores definen el nivel de exigencia de uno o más características morfológicas de la planta para su instalación en campo definitivo.

4.3. De las características físicas y químicas de los sustratos orgánicos

4.3.1. Características físicas

Los resultados mostrados en la tabla 24, detallan los valores de las propiedades físicas de los sustratos utilizados en la investigación, que también son comúnmente

usados en un vivero forestal para labores de germinación y producción de plantones obteniéndose lo siguiente que detallamos a continuación:

Tabla 24. Características físicas de los sustratos utilizados en la investigación.

Sustratos	DR (g/cm ³)	EPT (%)	CR H° (%)	EA (%)
Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1)	1,126	54	42,2	11,8
Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1)	1,025	45	42,1	2,9
Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1)	1,165	40	33,3	6,7
Sustrato vivero (3:2:1)	1,151	45	30,8	14,2

DR: Densidad real; EPT: Espacio poroso total; CR H° Capacidad de retención de humedad; EA: Espacio aéreo.

En densidad real el valor más bajo se encuentra en el sustrato Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1) con 1,025 g/cm³ y el valor más alto en el sustrato Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1) con 1,165 g/cm³, según Cairo (1995) la densidad real del suelo es la relación que existe entre el peso de éste, en seco (Pss) y el volumen real o sea el volumen de sus partículas (Vp). Usualmente se expresa en g /cm³, el conocimiento del peso específico es necesario para calcular la porosidad de los suelo, principalmente en temas agrícolas, con respecto a lo obtenido de acuerdo a Ansorena (1994) y Valenzuela y Gallardo (2003) los valores de la densidad real están por debajo del nivel óptimo el cual se encuentra entre 1,45 y 2,65 g/cm³, según refiere Cairo (1995) la densidad real también sirve para conocer la relación entre la parte mineral y orgánica, con este resultado podemos decir que los sustratos no poseen cantidades anormales de minerales pesados por más que no esté dentro de los rangos óptimos.

En espacio poroso total el valor más alto lo tiene el sustrato Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) con 54% v/v y el más bajo en el sustrato Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1) con 40% v/v, según manifiestan Ingram et al. (1993) el espacio poroso o porosidad total, es la porción no sólida del volumen del sustrato. Representa el volumen de aire del material, seco en estufa, expresado como un porcentaje del volumen total así mismo (Pastor, 1999) menciona que, es el volumen total del sustrato de cultivo que no está ocupado por partículas orgánicas o minerales. Es un dato que se determina a partir de la densidad real y aparente. Su valor óptimo se produce cuando alcanza niveles superiores a 85%. Según los

valores que aporta Valenzuela y Gallardo (2003) todos los sustratos están muy por debajo del valor óptimo ya que los indican como óptimo el 85%.

En la capacidad de retención de humedad el valor más alto lo tiene el sustrato Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) con 42,2% v/v y el más bajo en el sustrato de vivero (3:2:1), de acuerdo la capacidad de retención de agua de un medio es el volumen de agua que se retiene después del riego y el drenaje, Vence (2008) añade es la cantidad máxima de agua en volumen que puede retener un sustrato, volviendo con Ingram et al. (1993) reitera que la cantidad de agua retenida por un medio particular es dependiente en la distribución del tamaño de las partículas y la altura del recipiente. Cuando un medio determinado se ha saturado con agua y se ha permitido drenar libremente, se dice que el medio está a la capacidad del recipiente, en nuestro caso Según los valores que señala Valenzuela y Gallardo (2003) podríamos adaptar los valores a 10 cm de profundidad que indica un 55 -70% ya que se trabaja en bolsas de polietileno podríamos decir que el valor más alto está cercano a los valores óptimos sugeridos.

Así mismo en cuanto al espacio aéreo el valor más alto se presentó en el sustrato de vivero (3:2:1) con un valor de 14,2% seguido de Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) con un valor de 11.8%, señalan Ingram et al. (1993) que el espacio aéreo o porosidad de aireación o espacio drenable es el volumen del medio ocupado por el aire a este nivel de humedad del mismo modo Pastor (1999) menciona que, es la proporción del volumen del sustrato que contiene aire después que dicho sustrato ha sido llevado a saturación y dejado drenar (normalmente a 10 cm de columna de agua). El valor óptimo se produce cuando se dan valores entre 10 y 30%, en este caso en particular podemos decir que los dos sustratos orgánicos con valores más altos se encuentran dentro del rango óptimo para esta variable.

4.3.2. Características químicas

Se realizó el análisis para las características químicas a los sustratos orgánicos (tabla 25) buscando evidenciar los cambios en la estructura química de los sustratos por efecto de las labores de manejo en vivero y la absorción de nutrientes por parte de las especies forestales los cuales se detallan a continuación.

Tabla 25. Valores promedio del pH, nitrógeno disponible (%), fósforo disponible (ppm) y potasio disponible (ppm) de los sustratos orgánicos.

Tratamientos	Variables			
	pH	N (%)	P (ppm)	K (ppm)
Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1)	6,89	0,13	88,41	332
Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1)	6,30	0,10	88,29	377
Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1)	6,70	0,09	67,99	370
Sustrato vivero (3:2:1)	6,90	0,08	21,09	123

N: nitrógeno; P: Fósforo; K: Potasio

El cuanto al pH el sustrato de vivero (3:2:1) obtuvo el mayor valor con 6,90, seguido del sustrato Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) con valor de 6,89, los cuales se interpreta según UNAS (2021) como pH neutro, cabe añadir que los demás sustratos orgánicos se encuentran por encima de 6. Al respecto Fassbender y Bornemisza (1987) aducen que el pH óptimo para el desarrollo de las plantas esta dado entre los valores de 6,5 y 7,5, pH mayores o menores a este rango traerán consigo problemas por toxicidad. Los suelos que se encuentran en la gama de pH 5,8 a 7,5 tienen más probabilidades de dar problemas que aquellos que tienen valores altos o bajos. En este caso por tratarse de sustratos orgánicos para viveros observamos que hasta el sustrato de vivero presenta condiciones óptimas de pH.

En los valores obtenidos para el nitrógeno disponible observamos que el sustrato orgánico Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) presentó el mayor valor con 0,13%, el cual según la Soil Survey Staff (1993), tiene un valor de contenido medio de nitrógeno, añade Navarro (2003) que este macroelemento varía más en cantidad en el suelo que otros elementos esenciales para el desarrollo vegetal también absorbidos en el suelo, y esto revelaría su volatilidad, por lo que argumentamos que el valor medio encontrado es porque los sustratos orgánicos cuentan con materia de materia orgánica, además según Sánchez (2007) alude que la cantidad de nitrógeno presente es variable debido a su propia dinámica y a su ciclo biogeoquímico.

Los resultados para la variable fósforo disponible muestran que el sustrato orgánico Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) presentó el mayor valor con 88,41 ppm, de acuerdo con la Soil Survey Staff (1993), el sustrato presenta un contenido medio de fósforo disponible. Este valor encontrado corrobora que los sustratos en un vivero deben tener un plan

de fertilización ya que Navarro (2003) menciona que la única entrada al sistema proviene del agregado de fertilizantes fosfatados, mientras que las salidas pueden dar por extracción en los granos cosechados, erosión, escurrimiento y lixiviación (de escasa importancia) y este valor encontrado por las características de los suelos en la selva nos dice lo antes afirmado, además según Wild (1992) menciona que el contenido de este elemento está ligado al contenido de materia orgánica y a la textura del suelo, en promedio se pueden encontrar 180 mg/kg que en nuestro caso tuvieron valores medios que son aceptables y corroborarían el valor encontrado.

Los resultados para la variable potasio disponible muestran que el sustrato orgánico Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1) presentó el mayor valor con 377 ppm con respecto a las otras parcelas, según Navarro (2003) es un elemento nutritivo esencial para los organismos vivos, las plantas necesitan cantidades elevadas de este nutriente siendo semejantes al requerimiento de nitrógeno, según Lok (2005) el potasio en el suelo se halla en cantidades relativamente grandes. Su contenido como K_2O , depende de la textura del suelo y de acuerdo con la Soil Survey Staff (1993) tiene un contenido medio de este macroelemento, en general los resultados presentan valores medios por tratarse de sustratos orgánicos que cuentan con aporte de nutrientes para garantizar el normal desarrollo de las plantas.

V. CONCLUSIONES

- El factor sustrato orgánico en altura y diámetro de planta es para el Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) que presentó 22,30 cm y 3,45 mm respectivamente y en el factor especies forestales el mayor valor en altura y diámetro de planta estuvo en *S. parahyba* con 27,24 cm y 3,72 mm.
- El efecto de los sustratos orgánicos presentó un Índice de esbeltez de calidad media y un índice de Dickson de calidad baja.
- Las características físicas de los sustratos orgánicos presentaron el valor más alto para densidad aparente en el sustrato Compost Odinsu (14%) + sustrato vivero (3:2:1) con 1,165 g/cm³, espacio poroso total en el sustrato Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) con 54% v/v, capacidad de retención de humedad en el sustrato Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) con 42,2% v/v, y espacio aéreo el sustrato de vivero (3:2:1) con 14,2%, en las características químicas el mayor valor se presentó en pH del sustrato Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) con 6,89, nitrógeno en el sustrato orgánico Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) con 0,13%, fósforo en el sustrato orgánico Humus sumacc (40%) + sustrato vivero (3:2:1) con 88,41 ppm y potasio en el sustrato orgánico Compost Quispiterra Vector (20%) + sustrato vivero (3:2:1) con 377 ppm.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- La información obtenida revela que los sustratos utilizados en cuanto a las propiedades físicas de los sustratos orgánicos no cumplen con los requisitos para ser un sustrato adecuado en la producción de plantones por lo que se hace necesario ajustar las dosis incluyendo más elementos en la mezcla.
- Los resultados obtenidos hacen necesario y conveniente realizar un gran número de repeticiones a los análisis de las características físicas de todos los sustratos muestreados del vivero forestal de la facultad de Recursos Naturales Renovables.
- Se hace necesario investigar los parámetros óptimos para evaluar la calidad de planta en condiciones de sitio de la provincia de Leoncio Prado.

VII. REFERENCIAS

- Abad, B. M., Noguera, P., & Carrión, B. (2005). Sustratos en los cultivos sin suelo y fertirrigación. En C. Cadahia, *Fertirrigación: Cultivos Hortícolas y Ornamentales* (p. 299-352). Madrid, España: Mundiprensa.
- Abad, M., & Noguera, P. (2000). Los sustratos en los cultivos sin suelo. En M. Urrestarazu, *Manual del Cultivo sin Suelo* (págs. 137-184). Almería, España: Mundi-Prensa.
- Aguirre M., Z., Gaona O., T., & Palacios H., B. (2014). Dinámica de crecimiento de especies forestales establecidas en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. *CEDAMAZ*, 4(1), 62-75.
- Andenmatten, E. & Letourneau, F. (2005). Modelo de rendimiento forestal: Piltriquitron 1.0. *Revista de Información sobre Investigación y Desarrollo Agropecuario*, 5(8), 35-38.
- Anicua, S., Gutiérrez, M. C., Sánchez, P., Ortiz, C., Volke, V. H., & Rubiños, J. E. (2009). Tamaño de partícula y relación micromorfológica en propiedades físicas de perlita y zeolita. *Agricultura Tecnológica Mexicana*, 35(1), 147-156. Recuperado el 20 de agosto de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S1405-3195201800040063900003&lng=en
- Ansorena, M. (1994). *Sustratos: Propiedades y caracterización*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Antón De Los Ángeles, A. (2013). Evaluación de crecimiento inicial en tres especies del género *Inga* en sistema agroforestal. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/31455>.
- Apaza, K. J. (2010). Comportamiento inicial del *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (pino chuncho) en envases de bolsas y tubetes. Informe de prácticas. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 28 p.
- Arana, A. (2020) Efecto del abono orgánico sobre el crecimiento inicial de *Schizolobium parahybum* Vell. Conc a nivel de vivero en el Cantón Mocache. [Tesis Ingeniería, Universidad Técnica Estatal De Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6303/1/T-UTEQ-149.pdf>.
- Arenas, M., Vavrina, C., Cornell, J., Nalón, E., & Hochmuth, G. (2002). Coir as an alternative to peat in media for tomato transplant production. *HortScience*, 37(2), 309-312.

Recuperado el 21 de agosto de 2021, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85714162006>

- Aróstegui, A., & Díaz, M. (1992). *Propagación de especies forestales nativas promisorias en Jenaro Herrera*. Iquitos, Perú: IIAP.
- Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2008). *Fundamentos de fisiología vegetal*. Barcelona, España: McGraw Hill.
- Bell, R. (1992). *Las plantas verdes: Origen ecología y diversidad*. Oregon USA: Press Portland.
- Bollo, E.T. (2001). *Lombricultura, una alternativa de reciclaje*. Soboc Grafic, Quito, Ecuador. 158 p.
- Bracho, J., Pierre, F., & Quiroz, A. (2009). Caracterización de componentes de sustratos locales para la producción de plántulas de hortalizas en el estado Lara, Venezuela. *Bioagro*, 21(2), 117-124. Recuperado el 28 de agosto de 2021, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85714162006>
- Brechelt, A. (2004). *Manejo Ecológico del Suelo*. Fundación Agricultura y Medio Ambiente. República Dominicana. 28 p.
- Brooks, L.Y. 2004 *Desechos sólidos orgánicos, se aprovechan en la tecnología de la lombricultura*. Guantánamo. Cuba.
- Bunt, B. R. (2012). *Media and mixes for container-grown plants: a manual on the preparation and use of growing media for pot plants* (2da ed.). Londres, Inglaterra: Springer&Business Media.
- Bures, S. (2002). Sustratos: propiedades físicas químicas y biológicas. *Horticultura Revista de Industria Distribucion y Socioeconomia*(Extra 1), :70-79.
- Butterfield, R. (1995). Promoting biodiversity: advances in evaluating native species for reforestation, *Forest Ecology and Management*, 75(3): 111-121. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(95\)03535-I](https://doi.org/10.1016/0378-1127(95)03535-I).
- Cabrera, R. (1999). Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en macetas. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5(1), 5-11.
- Cabrera, R. I. (1999). Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en macetas. *Chapingo Serie Horticultura*, 5(1), 5-11.

- Cairo P. 1995. La Fertilidad Física de suelo y la Agricultura Orgánica en el Trópico. UNA - Managua, Nicaragua. 228p.
- Calzada, J. (1982). Métodos estadísticos para la investigación. Lima. UNALM
- Carballo, F., Espinoza, D., Redondo, S., Soto, S. (2015). Determinación del abono que mejor promueve la germinación del rábano (*Raphanus sativus*). Universidad Nacional de Costa Rica. Costa Rica. Consultado el 18 de enero del 2021. Obtenido de: https://rstudio-pubsstatic.s3.amazonaws.com/124144_fb1f4d5b554d4ad68c86bffd4426c8a.html
- Carmona, C. E., & Abad, B. M. (2008). Aplicación del compost en viveros y semilleros. En J. Moreno Casco, & R. Moral Herrero, *Compostaje* (págs. 399-424). Madrid, España: Mundiprensa.
- Castro-Garibay, S. I., Aldrete, A., López-Upton, J., & Ordáz-Chaparro, V. M. (2018). Efecto del envase, sustrato y fertilización en el crecimiento de *Pinus greggii* var. *australis* en vivero. *Agrociencia*, 52(1), 115-127.
- Chavéz, J. (2010). *Manual de laboratorio de Fisiología vegetal*. Manual Técnico, Tingo María, Perú.
- Compagnoni, L. 1996. Cría Moderna de Lombrices: El Abono más económico, rentable y eficaz. Editorial De Vecchi S.A. Barcelona España.
- Conafor (Comisión Nacional Forestal, México). 2005. Manual práctico para producción de planta. Jalisco, México. 198 p.
- Cordeiro, I. M. C. C, A. C. de Santana, O. A. Lameira, e I. M. Silva. (2009). Análise econômica dos sistemas de cultivo com *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (paricá) E *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith) Coppus & Leal (curauá) no município de Aurora do Pará (PA). *Rev. Fac. Agron. (Luz)* 26: 243-265. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S1405-3195201600010007900001&lng=en.
- Cronquist, A. (1981). *Un sistema integrado de clasificación de las Angiospermas*. New York, USA: Columbia University Press.
- Falcón Oconor, E., Cobas López, M., Bonilla Vichot, M., Rodríguez Leyva, O., & Romero Castillo, C. V. (2019). Influencia del sustrato en la calidad de la planta *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq., cultivada en contenedores. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*,

7(3), 283-296. Recuperado el 30 de agosto de 2021, de <http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/422>

FAO. (1981). *El eucalipto en la repoblación forestal*. Roma, Italia: FAO: Montes. Recuperado el 22 de agosto de 2021, de <http://www.fao.org/3/ac459s/ac459s.pdf>

Fassbender, H., Bornemisza, E. (1987). *Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina*. 2 ed. IICA. San José, Costa Rica. 40 p.

Figuroa V. (2002). Uso sustentable del estiércol en sistemas forrajeros bajo riego. *Revista Unión Ganadera*. Unión Ganadera Regional de la Laguna. Vol. 38:11.

García, M. A. (2007). Importancia de la calidad del plantín forestal. *XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Área Forestal de la EEA Concordia del INTA*, (pág. 10). Entre Ríos, Argentina. Recuperado el 28 de agosto de 2021, de <http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2007/312>

González Orozco, M. M., Prieto Ruíz, J. Á., Aldrete, A., Hernández Díaz, J. C., Chávez Simental, J. A., & Rodríguez Laguna, R. (2018). Sustratos a base de aserrín crudo con fertilización y la calidad de planta de *Pinus cooperi* Blanco en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(48), 1-23. doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i48.125>

González, M. E., C. Donoso, C. y B. Escobar. 1996. Efecto de distintos regímenes de manejo radicular en el crecimiento de plantas de raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl) Oerst.) 1-0 a raíz desnuda. *Bosque* 17(1): 29-41.

Haase, DL. 2007. Morphological and physio-logical evaluations of seedling quality. In Ri-ley, LE; Dumroese, RK; Landis TD (coords.). National proceedings: forest and conservation nursery associations 2006. Oregon, Estados Unidos de América, Fort Collins Service Cen-ter. p. 3-8.

Hine, D. (s.f.). Efecto de tres niveles de fertilización nitrogenada y dos sustratos de crecimiento sobre la nutrición y producción de Maranta Roja (*Maranta leuconeura*). [Tesis Ingeniería, Universidad de Costa Rica]. Reposiitotio de Universidad de Costa Rica.

Hoyos, J. (1983). *Guía de árboles de Venezuela*. Caracas: Sociedad de Ciencias Naturales La Salle, Monografía N° 32.

Ingram, D., Henley, R., & Yeager, T. (1993). *Los medios de cercimiento para el cultivo de plantas ornamentales*. Boletín Informativo, Universidad de Florida.

- Insuasti, J. (2017). Efecto de los fertilizantes triple 20 y nitrato de potasio en pH, conductividad eléctrica en el sustrato y crecimiento de plántulas de lechuga, tomate y chile. [Tesis Ingeniería, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. Repositorio de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6100/1/CPA-2017-057.pdf>
- Jiménez, R., & Caballero, M. (1990). *El cultivo industrial de plantas en maceta*. Madrid, España: Reus.
- Joaquín, M. (2001). *Ecología y silvicultura de especies menos conocidas. Proyecto de manejo forestal sostenible BOLFOR*. Santa Cruz, Bolivia: Bolfor.
- Lok, S. (2005). Determinación y selección de indicadores del sistema suelo-pasto en pastizales dedicados a la producción del ganado vacuno. Tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de ciencia animal. Cuba. 119 p.
- López, R. (2016). Efectos de los niveles de fertilización orgánica y química en el desarrollo de plántulas de teca (*Tectona grandis* L.f.), en el cantón Mocache, año 2016. Fertilizantes orgánicos. Proyecto de Investigación previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en Manejo y Aprovechamiento Forestal. Universidad Técnica Estatal de Quvedo. 7 p. Consultado el 17 de enero del 2020. Obtenido de: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1787/1/T-UTEQ-0033.pdf>
- López, N., & López, A. (2012). Uso de un sustrato alternativo a la turba para la producción viverística de plantas hortícolas y aromáticas. *Recursos Rurais*, 8(1), 31-37.
- Malleux, O. J. (1982). *Inventarios forestales en bosques tropicales*. Lima, Perú: UNALM.
- Mas, J. (2003). *Guía práctica para la producción de planta en un vivero*. Boletín Técnico, Comisión Forestal del Estado, Morelia, Mexico.
- Mendoza, Y. G. (2008). Anatomía y propiedades físico-mecánicas del *Eucalyptus torrelliana* F. Muell. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2566/Mendoza%20Tovar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Miranda, C., Villafuerte, Á. (2016). Evaluación agronómica de plántulas de pachaco (*Schizolobium parahybum*), cedro de montaña (*Cedrela montana*), y guachapelí (*Pseudosamanea guachapele*), utilizando tres sustratos y dos tiempos de inmersión en

ácido giberélico, en el cantón Echeandía. Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda-Ecuador. <http://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/1680/1/EVALUACION%20AGRONOMICADE%20PLANTAS%20INTULAS%20DE%20PACHACO%20CEDRO%20DE%20MONTAÑA%20Y%20GUACHAPEL%20UTILIZANDO%20TRES%20SU>.pd

Morales, M. R., & Casanova, F. (2015). Mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos, tamaño de partícula y proporción. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 365-372. Recuperado el 18 de agosto de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S1405-3195201800040063900020&lng=en

Morales-Maldonado, E., & Casanova-Lugo, F. (2015). Mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos, tamaño de partícula y proporción. *Mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos, tamaño de partícula y proporción*, 26(2), 365-372. Recuperado el 20 de agosto de 2021, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43738993018>

Navarro, G., Navarro, B. 2003. Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. 2 ed. Mundi-prensa, Madrid, España. 486 p.

Ocampo, C. (1999). Proyecto de Factibilidad técnica económica para la producción de Humus en el Altiplano de Bolivia. 50 p.

Ortiz, L. (2010). Evaluación del efecto de tres fertilizantes orgánicos a tres dosis diferentes sobre la tasa de crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris*) L. var. cerinza, en condiciones de agricultura urbana (tesis de grado). Pontificia Universidad Javeriana. Colombia.

Palomino, J, Barra, M. (2003). Especies forestales nativas con potencial para reforestación en la provincia de Oxapampa y fichas técnicas de las 53 especies de mayor prioridad. Programa Selva Central. Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza (PRONATURALEZA). Oxapampa, Perú. 104 p.

Pardos Mínguez, M., & Montero Gonzáles, G. (1997). *Ensayo de diferentes técnicas de cultivo de planta de alcornoque en vivero y su seguimiento en campo*. Cuadernos De La Sociedad Española De Ciencias Forestales. doi:<https://doi.org/10.31167/csef.v0i4.9099>

- Park, J., Lamb, D., Paneerselvam, P., CHoppala, G., Bolan, N., & Chung, J. (2011). Role of organic amendments on enhanced bioremediation of heavy metal (loid) contaminated soils. *Hazardous Materials*, 185(1), 549-574.
- Pastor Sáez, J. (1999). Utilización de sustratos en viveros Terra Latinoamericana. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*, 231-235.
- Pereira, A. P., C. F. M. de Melo, e S. M. Alves. (1982). O paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber), características gerais da espécie e suas potencialidades de aproveitamento na indústria de papel e celulose. *Rev. Instituto Florestal* 16: 1340-1344. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S1405-3195201600010007900014&lng=en.
- Peréz, F. (2017). Nutrición Mineral, Parte III. Fisiología Vegetal. Universidad Nacional de Ucayali. 5 p. Perú. Consultado el 17 de enero del 2021. Obtenido de: <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026082L.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Pérez-González, G., Domínguez-Domínguez, M., Martínez-Zurimendi, P., & Etchevers-Barra, J. D. (2012). Caracterización dasométrica e índice de sitio en plantaciones de caoba en Tabasco, Mexico. *Madera y Bosques*, 18(1), 7-24. doi: 10.21829/myb.2012.181511
- Picken, P., Reinikainen, O., & Herranen, M. (2008). Horticultural peat raw material and its chemical and physico-chemical characteristics in Western Finland and Western Estonia. *Acta Horticulture*, 779(1), 415-422. Recuperado el 19 de agosto de 2021, de http://www.actahort.org/books/779/779_52.htm.
- Pineda, R., 1994. Lombricultura. Humus de lombriz: preparación y uso. CIPCAPIURA: Perú.
- Pire, R., & Pereira, A. (2003). Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela: Propuesta metodológica. *Bioagro*, 15(1), 55-63.
- Pollock, M. (2003). Enciclopedia del Cultivo de Frutas y Hortalizas. Editorial Blume. 272 p.
- Porras, D. (2013). Obtención de bioabono mediante biodegradación de desechos orgánicos generados en la ciudad de Latacunga. Abonos Orgánicos. Tesis para optar por el Título profesional de químico de alimentos. Universidad Central del Ecuador. Quito. 20 p. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1866/1/T-UCE-0008-10.pdf>

- Prado, W. F. (2016). Evaluación de cuatro tipos de sustratos para la producción de eucalipto (*Eucalyptus torrelliana* F. Muell) en vivero, en el municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz. Cobán, México. [Tesis de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio de Universidad de San Carlos de Guatemala. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/17/17_1136.pdf
- Prasad, M., & Chualain, D. (2004). relationship between particle size and air space of growing media. *Acta Horticulture*, 648(2), 161-166.
- Prieto, A., Garcia, L., Mejia, M., Huchín, S., & Aguilar, L. (2009). *producción de planta del genero Pinus en vivero en clima templado frio*. Publicación Especial, INIFAP-SAGARPA, Durango, Mexico.
- Prieto R., J. A., G. Vera C. y E. Merlín B. (2003). Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Primera reimpresión. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAP-SAGARPA. Durango, Dgo., México Folleto Técnico Núm. 12. 24 p. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=7166785&pid=S2007-1132201400060000800008&lng=es
- Prieto, A; Vera, G; Merlín, E. (1999). *Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero*. Folleto técnico, INIFAP-SAGARPA, Durango, Mexico.
- Pulgar, J. (1987). *Geografía del Perú*. Lima.
- Quesada, G., & Méndez, C. (2005). Análisis fisicoquímico de materiales y sustratos de uso potencial en almácigos de hortalizas. *Revista Agrícola Tropical*, 35(1), 1-13.
- Quevedo, A. (1993). Influencia del humus de lombricultura en el crecimiento inicial de cedro colorado en plantacion a campo abierto y comportamiento al ataque de *Hypshiphylla* sp. *Folia Amazónica* vol 5 (1-2). http://www.iiap.org.pe/upload/Publicacion/Folia5_articulo4.pdf.
- Quintero, C. M., Gonzáles, M., & Guzmán, P. (2011). Sustratos para cultivos hortícolas y flores de corte. En R. V. Flórez, *Sustratos, Manejo del Clima, Automatización y Control en Sistemas de Cultivo sin Suelo* (págs. 79-108). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

- Quito, J. (2019). Composición química de la madera de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (Pachaco) de una plantación de la Quinta Experimental “El Padmi”, Provincia de Zamora Chinchipe. Requerimientos edafoclimáticos. [Tesis Ingeniera Forestal. Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22291/1/JHULISSA%20GABRIELA%20QUITO%20TORRES.pdf>
- Ramírez Contreras, A., & Rodríguez Trejo, D. A. (2004). Efecto de la calidad de planta, exposición y micrositio en una plantación de *Quercus rugosa*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 10(1), 5-11.
- Ramos-Huapaya, A., Lombardi-Indacochea, I. (2020). Calidad de plantas en un vivero de tecnología intermedia en Huánuco: Estudio de caso con “*Eucalipto urograndis*”, *Revista Forestal del Perú*, 35 (2): 132 – 145. <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v35i2.1581>.
- Rao, R. P., Yuan, C., Allegood, J. C., Rawat, S. S., Edwards, M. B., Wang, X., . . . Acharya, J. K. (2007). Ceramide transfer protein function is essential for normal oxidative stress response and lifespan. *Proceeding National Science USA*, 104(27), 11134-11369. doi:<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0705049104>
- Reyes Reyes, J., Pimienta De la Torre, D., Rodríguez Morales, J. A., Fuentes Pérez, M. A., & Palomeque Figueroa, E. (2018). Calidad de planta de *Gmelina arborea* Roxb. producida con diferentes mezclas de sustratos en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(47), 11-32. doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.163>
- Reynel, C., Pennington, R., Pennington, T., Flores, C., & Daza, A. (2003). *Árboles útiles de la Amazonía Peruana y sus usos*. Lima, Perú: Darwin Initiative, Project 09/017. ICRAF.
- Rodríguez, A. (2016). Influencia y comportamiento de diferentes tipos de sustratos en el crecimiento inicial y sobrevivencia de plántulas de *Schizolobium parahyba* (veloso) blake var. *amazonicum*, pashaco blanco vivero forestal, CIEFOR Puerto Almendras, Loreto, Perú”. [Tesis Ingeniería, Universidad de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4200/Rolando_Tesis_Titulo_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Rodríguez Trejo, D. A. (2008). *Indicadores de calidad de planta forestal*. Madrid, España: Mundi-Prensa.

- Rodríguez, R. (2010). *Manual de prácticas de viveros forestales*. Pachuca México.: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. .
- Ruano, M. J. (2003). *Viveros Forestales, Manual de cultivo y proyectos*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Sáenz, R. C., & Lindig, R. (2004). Evaluación y Propuestas para el Programa de Reforestación en Michoacán. *Ciencia Nicolaita*, 37(1), 107-120.
- Salazar, R. (1995). *Avances en la producción de semillas forestales en America Latina*. San Jose, Costa Rica: CATIE. Recuperado el 26 de agosto de 2021, de <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0008S/A0008S64.PDF>.
- Saldías, M., J. Johnson, A. Lawrence, R. Quevedo y B. García. 1994. Guía para el uso de árboles en sistemas agroforestales para Santa Cruz, Bolivia. Centro de Investigación Agrícola Tropical. Santa Cruz, Bolivia. 188 pp.
- Sánchez, J. (2007). Fertilidad de suelos y nutrición mineral de plantas. FERTITEC S.A. 19 p.
- Sánchez, P. (1981). Suelos del trópico, características y manejo. IICA. San José, Costa Rica. IICA. 634 p.
- SENAMHI [Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú]. (2018). *Condiciones climáticas, hidrológicas y ambientales en la región Huánuco, Ucayali y la Provincia de Tocache*. Boletines hidroclimáticos regionales desde el número BH-01-2017 hasta BH-12-2017.
- Schuldt, M. 2006. Lombricultura/Worm Cultivación: Teoría y Práctica. Ediciones Mundi-Prensa Libros
- Socay, R. (2009). Agricultura ecológica. [Tesis Ingeniería, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6650/1/13T0842.pdf>
- Spichiger, R., Meroz, J., Loizeau, P., & Stutz De Ortega, L. (1989). *Contribución a la flora de la Amazonia peruana; los árboles del arboretum Jenaro Herrera* (Vol. 1). Ginebra, Suiza: COTESU/IIAP.
- Sterck, F. J., Van Gelder, A., & Poorter, L. (2006). Mechanical branch constraints contribute to life-history variation across tree species in a Bolivian forest. *Journal of Ecology*, 94(6), 1192-1200. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01162.x>

- Soil Survey Staff. (1993). Soil survey manual. United States Department of Agriculture. Hnbk no. 18 U.S. Gov. Printing Office, Washington, DC.
- Urrestarazu, M. (2015). *Manual Práctico del Cultivo sin Suelo e Hidroponía*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Valenzuela, O., Alorda, M., García, M., Gallardo, C., & Díaz, D. (2003). *Sustratos para la producción de plantas forestales en viveros de la región Noreste de Entrerios*. Manual, INTA, Concordia, Argentina.
- Valenzuela, O & C Gallardo. (2003). Los sustratos: un insumo clave en los sistemas de producción de plantines. IDIA XXI Año III (4): 25-29
- Vargas, A.G. y Peña, V.C. 2003. La agricultura orgánica como alternativa para mantener y recuperar la fertilidad de los suelos, conservar la biodiversidad y desarrollar la soberanía alimentaria en la Amazonía. Bogotá-Colombia. 71 p
- Vargas, T. P., Castellanos, J. Z., Muñoz, J. J., Sánchez, P., Tijerina, L., López, R. M., . . . Ojodeagua, J. L. (2008). Efecto del tamaño de partícula sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, Mexico. *Agricultura Tecnológica Mexicana*, 34(1), 323-331.
- Vence, L. (2008). Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas. *Suelo (Argentina)* 26(2): 105-114. <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v26n2/v26n2a01.pdf>
- Vicente-Arbona, J. C., Carrasco-Hernández, V., Rodríguez-Trejo, D. A., & Villanueva-Morales, A. (2019). Calidad de planta de *Pinus greggii* producida en sustratos a base de aserrín. *Madera y Bosques*, 25(2), 1-14.
- Von, B. W. (2000). Comportamiento agronómico de 2 variedades de Acelga bajo dosis de abonamiento con humus de lombriz en Walpini; *Revista Latinoamericana de Agricultura y Nutrición*; Vol. 1, No. 5. P.6-13.
- Wild, A. (1992). Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Versión Española de P. Urbano Terrón y C. Rojo Fernández. Mundi - Prensa. Madrid – España. 1045.
- Zavaleta, A. 1992. Edafología. El suelo en relación con la producción. Primera Edición. Publicada por la Biblioteca Nacional del Perú, Edit. CONCYTEC. Fondo rotatorio, Lima-Perú, 222 p.

ANEXO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

N°	DATOS		SOLICITANTE: CHAMAYA SOTO CECILIA ELIZABETH										PROCEDENCIA: TINGO MARIA										
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	ANÁLISIS MECÁNICO		pH	CE dS/m	M.O. %	N %	P disponible		K ppm	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg					Cice	% Bas. Camb.	% Ac. Camb.	% Sat. AI		
			Arena %	Arcilla %					Limo %	ppm			ppm	Ca	Mg	K	Na					AI	H
1	S1664	ODINSU 14% + SUSTRATO VIVERO	69	12	19	6.70	2.36	1.80	0.09	67.99	370	17.73	13.04	2.18	1.57	0.94	-	-	-	-	100	0	0
2	S1665	COMPOST 20% + SUSTRATO VIVERO	69	11	20	6.30	6.95	1.94	0.10	88.29	377	18.27	13.52	2.28	1.65	0.82	-	-	-	-	100	0	0
3	S1666	SUSTRATO VIVERO	69	12	19	6.90	0.51	1.58	0.08	21.09	123	12.25	9.87	1.90	0.31	0.16	-	-	-	-	100	0	0
4	S1667	HUMUS 40% + SUSTRATO VIVERO	69	11	20	6.89	1.67	2.59	0.13	88.41	332	16.20	12.15	2.31	1.08	0.66	-	-	-	-	100	0	0

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO 001 N° 0661234

TINGO MARIA, 03 DE NOVIEMBRE 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Hugo Alfredo Huamani Yupanqui

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



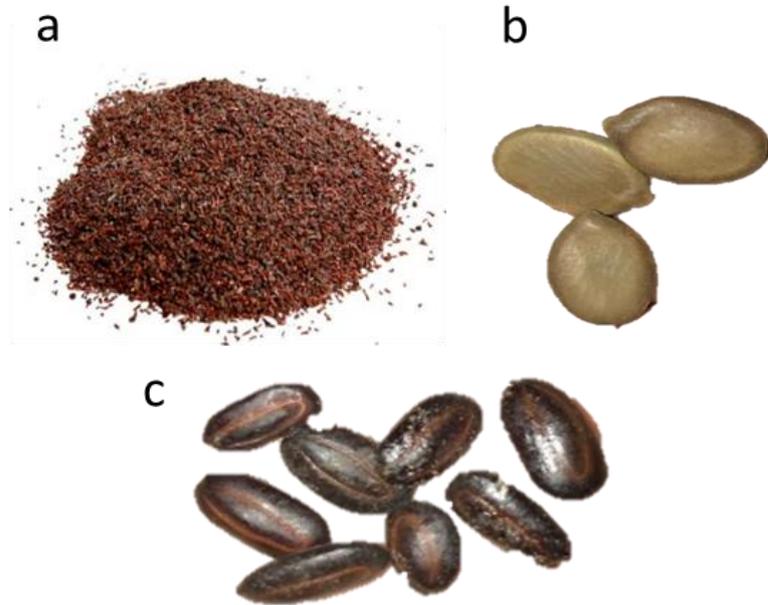
Anexo A. Panel fotográfico

Figura 8. Semillas forestales utilizados en la investigación: a) *E. torreliana*, b) *S. parahyba* c) *P. nítida*.



Figura 9. Mezclando el sustrato a utilizar en la investigación.



Figura 10. Llenado de bolsas de acuerdo con los tratamientos para los sustratos orgánicos.



Figura 11. Letrero informativo con los tratamientos designados en el área experimental.

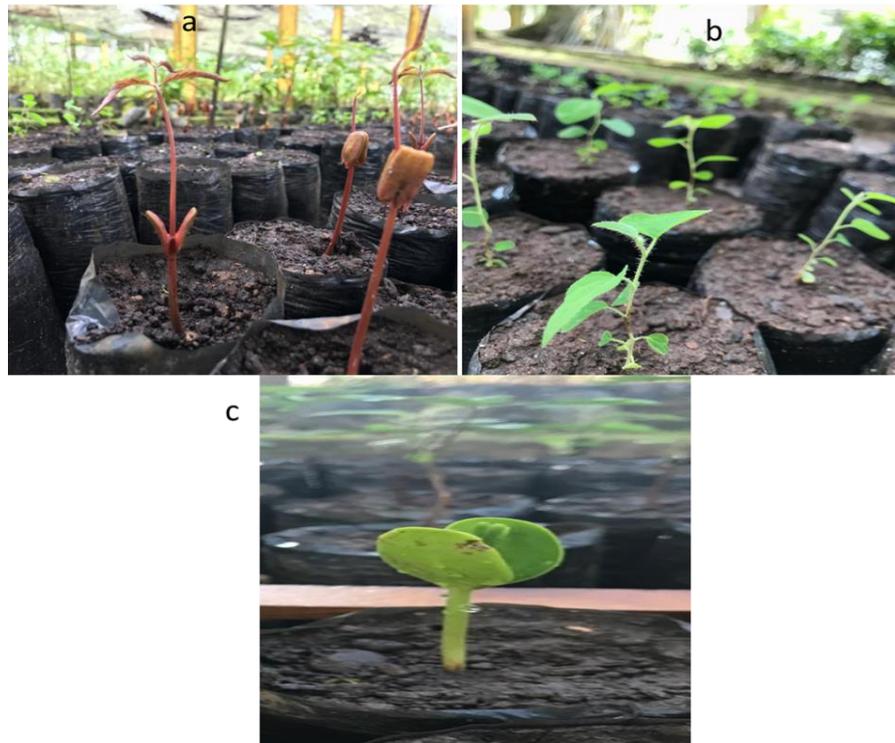


Figura 12. Repique de los plantones de especies forestales utilizadas en la investigación: a) *S. parahyba* b) *E. torreliana* c) *P. nítida*.



Figura 13. Evaluando los plantones de las especies forestales.



Figura 14. Muestreo de biomasa de la especie *E. torreliana*.



Figura 15. Midiendo los parámetros físicos de los sustratos.

Anexo B. Datos recolectados en la investigación.

Tabla 26. Valores de la altura de planta (cm).

Sustrato	Especie	Evaluación 1	Evaluación 2	Evaluación 3	Evaluación 4	Evaluación 5
Humus sumacc	<i>S. parahyba</i>	5,00	13,78	15,96	21,86	25,33
Humus sumacc	<i>S. parahyba</i>	5,00	13,20	15,61	25,31	30,57
Humus sumacc	<i>S. parahyba</i>	5,00	14,95	22,25	28,21	31,79
Humus sumacc	<i>P. nitida</i>	5,00	13,51	15,76	18,83	21,71
Humus sumacc	<i>P. nitida</i>	5,00	9,65	12,11	16,81	21,43
Humus sumacc	<i>P. nitida</i>	5,00	11,23	14,20	20,49	28,43
Humus sumacc	<i>E. torreliana</i>	5,00	7,34	11,10	18,00	24,50
Humus sumacc	<i>E. torreliana</i>	5,00	7,93	17,78	26,88	34,79
Humus sumacc	<i>E. torreliana</i>	5,00	7,31	17,53	24,31	33,00
Compost Quispiterra Vector	<i>S. parahyba</i>	5,00	13,56	16,72	22,76	27,00
Compost Quispiterra Vector	<i>S. parahyba</i>	5,00	12,56	14,31	22,64	29,67
Compost Quispiterra Vector	<i>S. parahyba</i>	5,00	12,20	14,10	17,00	21,83
Compost Quispiterra Vector	<i>P. nitida</i>	5,00	11,40	12,71	15,56	17,86
Compost Quispiterra Vector	<i>P. nitida</i>	5,00	10,75	12,56	15,88	20,00
Compost Quispiterra Vector	<i>P. nitida</i>	5,00	9,00	12,20	16,00	22,00
Compost Quispiterra Vector	<i>E. torreliana</i>	5,00	6,94	11,30	15,89	21,21
Compost Quispiterra Vector	<i>E. torreliana</i>	5,00	7,11	11,77	18,50	20,93
Compost Quispiterra Vector	<i>E. torreliana</i>	5,00	6,05	11,72	16,19	24,00
Compost Quispiterra Vector	<i>S. parahyba</i>	5,00	15,06	18,61	22,00	25,67
Odinsu Compost Odinsu	<i>S. parahyba</i>	5,00	13,73	16,59	23,63	27,29
Compost Odinsu	<i>S. parahyba</i>	5,00	13,13	14,44	20,67	24,20

Compost Odinsu	<i>P. nitida</i>	5,00	11,29	13,69	15,41	16,71
Compost Odinsu	<i>P. nitida</i>	5,00	9,30	10,30	13,69	17,00
Compost Odinsu	<i>P. nitida</i>	5,00	9,70	12,06	15,31	17,43
Compost Odinsu	<i>E. torreliana</i>	5,00	7,27	11,03	16,38	21,29
Compost Odinsu	<i>E. torreliana</i>	5,00	7,95	12,03	18,56	22,71
Compost Odinsu	<i>E. torreliana</i>	5,00	8,04	12,43	20,00	24,07
Sust. Vivero	<i>S. parahyba</i>	5,00	15,05	16,83	21,94	25,86
Sust. Vivero	<i>S. parahyba</i>	5,00	13,05	15,89	21,13	28,00
Sust. Vivero	<i>S. parahyba</i>	5,00	12,35	15,00	24,63	29,71
Sust. Vivero	<i>P. nitida</i>	5,00	8,97	10,06	13,75	17,36
Sust. Vivero	<i>P. nitida</i>	5,00	8,14	10,78	13,13	14,64
Sust. Vivero	<i>P. nitida</i>	5,00	9,80	12,50	13,81	14,29
Sust. Vivero	<i>E. torreliana</i>	5,00	8,34	11,27	15,23	19,86
Sust. Vivero	<i>E. torreliana</i>	5,00	6,29	8,14	10,88	15,71
Sust. Vivero	<i>E. torreliana</i>	5,00	5,90	6,39	7,69	9,43

Tabla 27. Valores del diámetro de planta (mm).

Sustrato	Especie	Evaluación	Evaluación	Evaluación	Evaluación	Evaluación
		1	2	3	4	5
Humus sumacc	<i>S. parahyba</i>	0,79	2,94	3,39	3,55	3,81
Humus sumacc	<i>S. parahyba</i>	0,79	2,93	3,59	3,93	4,14
Humus sumacc	<i>S. parahyba</i>	0,79	2,94	3,60	3,93	4,08
Humus sumacc	<i>P. nitida</i>	0,75	2,47	2,76	3,03	3,58
Humus sumacc	<i>P. nitida</i>	0,75	2,21	2,62	3,08	3,36
Humus sumacc	<i>P. nitida</i>	0,75	2,65	3,69	3,96	4,20
Humus sumacc	<i>E. torreliana</i>	0,73	0,87	1,48	1,72	2,01
Humus sumacc	<i>E. torreliana</i>	0,73	0,89	2,06	2,43	2,69
Humus sumacc	<i>E. torreliana</i>	0,73	0,88	1,98	2,95	3,15
Compost Quispiterra Vector	<i>S. parahyba</i>	0,79	2,07	3,18	3,44	3,63
Compost Quispiterra Vector	<i>S. parahyba</i>	0,79	2,69	3,69	3,79	3,91
Compost Quispiterra Vector	<i>S. parahyba</i>	0,79	2,78	3,56	3,66	3,73
Compost Quispiterra Vector	<i>P. nitida</i>	0,75	2,35	2,62	2,96	3,45

Compost						
Quispiterra	<i>P. nitida</i>	0,75	2,03	2,27	2,71	3,09
Vector						
Compost						
Quispiterra	<i>P. nitida</i>	0,75	1,72	2,01	2,71	2,98
Vector						
Compost						
Quispiterra	<i>E. torreliana</i>	0,73	0,86	1,53	1,64	1,77
Vector						
Compost						
Quispiterra	<i>E. torreliana</i>	0,73	0,89	1,69	1,86	2,15
Vector						
Compost						
Quispiterra	<i>E. torreliana</i>	0,73	0,88	1,43	2,18	2,50
Vector						
Compost						
Odinsu	<i>S. parahyba</i>	0,79	2,09	2,75	2,96	3,31
Compost						
Odinsu	<i>S. parahyba</i>	0,79	2,68	3,05	3,23	3,38
Compost						
Odinsu	<i>S. parahyba</i>	0,79	2,74	3,34	3,63	3,77
Compost						
Odinsu	<i>P. nitida</i>	0,75	1,98	2,39	2,67	2,93
Compost						
Odinsu	<i>P. nitida</i>	0,75	1,98	2,52	2,82	2,99
Compost						
Odinsu	<i>P. nitida</i>	0,75	1,91	2,46	2,94	3,47
Compost						
Odinsu	<i>E. torreliana</i>	0,73	0,83	1,29	1,59	1,85
Compost						
Odinsu	<i>E. torreliana</i>	0,73	0,88	1,50	1,89	2,37
Compost						
Odinsu	<i>E. torreliana</i>	0,73	0,89	2,05	2,50	3,00
Sust. Vivero	<i>S. parahyba</i>	0,79	2,76	3,32	3,44	3,55
Sust. Vivero	<i>S. parahyba</i>	0,79	2,59	3,32	3,50	3,67
Sust. Vivero	<i>S. parahyba</i>	0,79	2,66	2,91	3,52	3,71
Sust. Vivero	<i>P. nitida</i>	0,75	2,13	2,45	2,72	3,08
Sust. Vivero	<i>P. nitida</i>	0,75	1,75	1,85	2,50	3,13
Sust. Vivero	<i>P. nitida</i>	0,75	2,10	2,42	3,05	3,22
Sust. Vivero	<i>E. torreliana</i>	0,73	0,95	1,55	1,70	1,89
Sust. Vivero	<i>E. torreliana</i>	0,73	0,97	1,16	1,28	1,43
Sust. Vivero	<i>E. torreliana</i>	0,73	0,87	0,89	1,25	1,39

Tabla 28. Valores para la longitud de raíz (cm).

Sustrato	Especie	Evaluació	Evaluació	Evaluació	Evaluació	Evaluació
		n 1	n 2	n 3	n 4	n 5
Humus sumacc	<i>S. parahyba</i>	2,00	4,83	8,27	11,00	12,17
Humus sumacc	<i>P. nitida</i>	2,00	6,50	7,93	10,83	13,00

Humus sumacc	<i>E. torreliana</i>	2,00	4,60	7,93	13,50	17,67
Compost						
Quispiterra	<i>S. parahyba</i>					
Vector		2,00	4,33	7,80	9,83	10,50
Compost						
Quispiterra	<i>P. nitida</i>					
Vector		2,00	4,97	7,03	9,67	11,83
Compost						
Quispiterra	<i>E. torreliana</i>					
Vector		2,00	7,73	10,10	10,67	11,83
Compost						
Odinsu	<i>S. parahyba</i>	2,00	5,50	7,70	9,30	10,33
Compost						
Odinsu	<i>P. nitida</i>	2,00	5,67	7,90	9,83	11,83
Compost						
Odinsu	<i>E. torreliana</i>	2,00	7,10	11,07	12,67	14,67
Sustrato vivero	<i>S. parahyba</i>	2,00	4,00	8,00	10,00	10,00
Sustrato vivero	<i>P. nitida</i>	2,00	4,40	7,17	8,33	9,67
Sustrato vivero	<i>E. torreliana</i>	2,00	4,47	7,27	10,33	12,50

Tabla 29. Valores para el peso seco aéreo para el factor sustratos orgánicos (g).

Evaluación	Humus sumacc (40%) + SV	Compost Quispiterra Vector (20%) + SV	Compost Odinsu (14%) + SV	Sustrato de vivero
1	0,01	0,01	0,01	0,01
2	0,12	0,11	0,14	0,11
3	0,37	0,26	0,25	0,27
4	1,12	0,69	0,61	0,57
5	1,59	1,13	1,09	0,81

SV: Sustrato de vivero

Tabla 30. Valores para el peso seco aéreo para el factor especies forestales (g).

Evaluación	<i>S. parahyba</i>	<i>P. nitida</i>	<i>E. torreliana</i>
1	0,01	0,01	0,01
2	0,19	0,13	0,04
3	0,47	0,21	0,19
4	0,98	0,50	0,76
5	1,34	0,86	1,27

SV: Sustrato de vivero

Tabla 31. Valores para el peso seco radicular para el factor sustratos orgánicos (g).

Evaluación	Humus sumacc (40%) + SV	Compost Quispiterra Vector (20%) + SV	Compost Odinsu (14%) + SV	Sustrato de vivero
1	0,01	0,01	0,01	0,01
2	0,03	0,03	0,03	0,03
3	0,09	0,06	0,04	0,05
4	0,18	0,13	0,09	0,08
5	0,24	0,23	0,16	0,12

SV: Sustrato de vivero

Tabla 32. Valores para el peso seco radicular para el factor especies forestales (g).

Evaluación	<i>S. parahyba</i>	<i>P. nitida</i>	<i>E. torreliana</i>
1	0,012	0,012	0,012
2	0,04	0,04	0,01
3	0,07	0,05	0,06
4	0,13	0,13	0,11
5	0,20	0,21	0,15

SV: Sustrato de vivero