

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS
RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**“EFECTO DE DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS EN EL
CRECIMIENTO INICIAL DE TORNILLO (*Cedrelinga cateniformis*
(Ducke) Ducke), EN TINGO MARÍA”**

Tesis

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN FORESTALES**

PRESENTADO POR:

NELSON ROJAS PONCE

Tingo María - Perú

2015

DEDICATORIA

A Dios; quién me guía por el buen camino, por darme las fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentan, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres Eugenio y Paula; por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mis queridos hermanos Divina, Elsa, Irene, Olivano y Dionicio; por estar siempre presentes, acompañándome para realizarme y por su apoyo incondicional y que espiritualmente me llenan de fortaleza y esperanza.

A mis amigos que me rodean; que con su buena influencia me han dado también la esperanza y el motivo a seguir adelante, en la culminación de la presente investigación.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores: Ing. Edilberto Díaz Quintana e Ing. Andy Vela Zevallos, patrocinadores del presente trabajo de investigación.

Al Ing. M.Sc Casiano Aguirre Escalante, por brindarme su apoyo sobre todo cuando más necesitaba.

A los estudiantes: Karol E. Rosas Chávez, Alexa S. Guerrero Córdova, Samir Ríos Sacramento, Carlos E. Medina Villanueva, por brindarme su apoyo en el desarrollo de la presente tesis.

A las Bach: Kelly D. Ayala Aguirre y Lhia J. Aguirre García, por brindarme su apoyo en el desarrollo de la presente tesis.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), por ser el alma Mater que me brindó la oportunidad de formarme como profesional.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales, por haber sido los principales forjadores para mi formación como profesional.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Descripción de la especie (<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke)	4
2.1.1. Taxonomía	4
2.1.2. Descripción dendrológica	4
2.1.3. Distribución geográfica	5
2.1.4. Ecología	6
2.1.5. Asociación natural	7
2.1.6. Fenología	7
2.1.7. Ficha silvicultural	9
2.1.8. Crecimiento	10
2.2. Biomasa de plantones forestales	14
2.3. Tipos de calidad de plantones.....	15
2.3.1. Calidad genética.....	16
2.3.2. Calidad biológica	17
2.3.3. Calidad fisiológica.....	17
2.3.4. Calidad morfológica.....	17
2.4. Indicadores de la calidad de plantones	17

2.5.	Características morfológicas	18
2.5.1.	Altura	19
2.5.2.	Diámetro del cuello del tallo	21
2.5.3.	Tamaño del sistema radicular	22
2.5.4.	Peso de la planta.....	23
2.6.	Interacción de variables	24
2.6.1.	Relación tallo/raíz o biomasa aérea/biomasa raíz (R BSA/BSR).....	24
2.6.2.	Relación altura/longitud de raíz	25
2.6.3.	Índice de calidad de Dickson (ICD)	25
2.7.	La materia orgánica en el suelo	28
2.7.1.	Propiedades físicas del sustrato.....	30
2.7.2.	Propiedades químicas del sustrato.....	32
2.7.3.	Propiedades biológicas del sustrato	32
2.8.	Características del suelo de bosque	33
2.9.	Características de la gallinaza	34
2.10.	Características del guano de isla	35
2.11.	Antecedentes de la investigación.....	38
2.11.1.	Fertilización orgánica en especies forestales	38
2.11.2.	Calidad de plantas.....	41
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	44

3.1.	Descripción del área de investigación.....	44
3.1.1.	Ubicación política	44
3.1.2.	Ubicación geográfica	44
3.1.3.	Zona de vida.....	44
3.1.4.	Clima	45
3.2.	Materiales y equipos	45
3.2.1.	Material biológico.....	45
3.2.2.	Material orgánico e insumos.....	45
3.3.	Metodología	46
3.3.1.	Instalación del experimento.....	46
3.3.2.	Obtención de semillas	46
3.3.3.	Germinación	47
3.3.4.	Extracción de suelo de bosque	47
3.3.5.	Obtención de obtención de los abonos orgánicos	48
3.3.6.	Preparación de los tratamientos (sustratos)	48
3.3.7.	Repique	49
3.3.8.	Labores culturales	49
3.3.9.	Evaluación.....	49
3.3.10.	Calculo de los índices de calidad	51
3.4.	Diseño experimental	53
3.4.1.	Análisis de varianza (ANVA)	55

3.4.2.	Procesamiento de resultados y análisis estadístico	56
IV.	RESULTADOS	57
4.1.	Crecimiento en altura de plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	57
4.2.	Crecimiento en diámetro de plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	60
4.3.	Biomasa en plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	63
4.3.1.	Biomasa aérea de plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.....	63
4.3.2.	Biomasa radicular en plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.....	65
4.4.	Calidad de plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	67
4.4.1.	Relación altura/diámetro o índice de robustez (IR).....	67
4.4.2.	Relación altura/longitud de la raíz	70
4.4.3.	Índice de calidad de Dickson	71
4.4.4.	Índice de lignificación	72
4.4.5.	Relación biomasa aérea/biomasa raíz	74
V.	DISCUSIÓN.....	76
5.1.	Crecimiento en altura de plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	76
5.2.	Crecimiento en diámetro en plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	78

5.3.	Biomasa en plantones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	81
5.4.	Calidad de plantones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	83
VI.	CONCLUSIONES	90
VII.	RECOMENDACIONES.....	91
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
	ANEXO	104

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Coeficientes o índices para evaluar y determinar la calidad de planta.....	26
2. Clasificación de los índices de calidad para los atributos morfológicos de latifoliadas.	53
3. Tratamientos en base a abonos orgánicos utilizados en el experimento.....	54
4. Modelo del análisis de varianza (ANVA).....	55
5. Fuentes de varianza en el modelo de análisis de varianza.	55
6. Análisis de varianza del crecimiento en altura de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.....	57
7. Prueba de Duncan para el crecimiento en altura de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.....	58
8. Crecimiento promedio mensual acumulado de altura en plantones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.	59
9. Análisis de varianza del crecimiento en diámetro de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.....	60
10. Prueba de Duncan para el crecimiento en diámetro de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.....	61

11. Crecimiento promedio mensual del diámetro en plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.	62
12. Análisis de varianza para la biomasa aérea acumulada en plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke, obtenidos en la última medición.	63
13. Prueba de Duncan (α : 0.05) para la biomasa aérea acumulada en plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke, obtenidos en la última medición.	64
14. Biomasa aérea por tratamientos, evaluados en los últimos 4 meses.	64
15. ANVA para la biomasa radicular acumulada en plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke de la última medición.	65
16. Prueba de Duncan (α : 0.05) para la biomasa radicular acumulada en plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke, obtenidos en la última medición.	66
17. Biomasa radicular por tratamientos, evaluados en 4 meses.	67
18. Relación altura/diámetro (índice de robustez) de los plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.	68
19. Índice de robustez en los plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke por tratamiento, en el sexto mes de evaluación.	69
20. Relación tallo/raíz en los plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke por tratamiento.	70

21. Índice de calidad de Dickson en plantones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke por tratamiento.....	72
22. Índice de lignificación en plantones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke por tratamiento.....	73
23. Relación biomasa aérea/biomasa radicular en plantones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke por tratamiento.	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Croquis del experimento (DBCA).....	54
2. Crecimiento acumulado en altura de plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.....	59
3. Crecimiento acumulado en diámetro de los plántones de tornillo.....	62
4. Incremento de la biomasa aérea por tratamientos, en 4 meses.	65
5. Biomasa radicular por tratamientos, evaluados en 4 meses.	67
6. Índice de robustez en los plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke por tratamiento en los seis meses de evaluación.....	68
7. Índice de robustez en los plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke por tratamiento, en el sexto mes de evaluación.....	69
8. Relación tallo/raíz en los plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke por tratamiento.....	71
9. Índice de calidad de Dickson en plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke por tratamiento.....	72
10. Índice de lignificación en plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke por tratamiento.....	73
11. Relación biomasa aérea/biomasa de la raíz en plántones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke por tratamiento.	75

RESUMEN

La producción de plantones de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke) en fase de vivero presenta problemas de crecimiento y calidad debido a los sustratos utilizados. En esta investigación se determinó el sustrato orgánico óptimo para plantones de calidad. Los objetivos fueron determinar el crecimiento de altura y diámetro, biomasa aérea, biomasa radicular y calidad de plantones; se ejecutó entre febrero a agosto del 2015, en el Vivero Forestal y Ornamental y en el Laboratorio de Certificación de Semillas Forestales de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicados en el distrito Rupa Rupa, región Huánuco. Los tratamientos fueron: sustrato de bosque (T₀), sustrato de vivero (T₁), sustrato de vivero + guano de isla al 0.5% (T₂), sustrato de vivero + gallinaza al 3% (T₃) y sustrato de vivero + abono orgánico Tropimax (T₄), distribuidos en bloques completos al azar. Se evaluó la altura y diámetro, índices de calidad: robustez, relación BSA/BSR, índice de Dickson, índice de lignificación y relación tallo-raíz, variables analizadas mediante el ANVA y la prueba Duncan (α : 0.05). Se registró mayor valor en altura (20.88 cm), diámetro (3.51 mm) y biomasa radicular (0.51 g) para el T₀, la biomasa aérea (1.79 g) en el T₃, en calidad el T₀ mostró mejor desempeño, con calidades altas en altura (≥ 15), relación altura/longitud de raíz ($< 2:1$) e índice de lignificación (>17.01), con calidades medias en el diámetro (2.5 - 4.9), Dickson (0.2 - 0.4), robustez (7.9 - 6) y solo en la relación BSA/BSR presentó calidad baja (≥ 2.5).

Palabras clave: *Cedrelinga cateniformis*, calidad, sustrato, guano de isla, Tropimax.

**EFFECT OF DIFFERENT TYPES OF SUBSTRATES IN THE INITIAL
GROWTH OF TORNILLO (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke), IN
TINGO MARÍA**

ABSTRACT

The growth of Tornillo seedlings (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke) in a tree nursery presents problems in growth and quality due to the substrata that are used. In this investigation the optimum organic substratum was determined in order to produce quality seedlings. The objectives were to determine the growth in height, diameter, aboveground biomass, root biomass and the quality of the seedlings. The study was done from February to August of 2015 in the Forestry and Ornamental Nursery and in the Forestry Seed Certification Laboratory of the Agriculture of the Jungle National University, located in the district Rupa Rupa of the Huánuco region of Peru. The soil types used were: substratum from the woods (T₀), substratum from the nursery (T₁), substratum from the nursery + 0.5% fertilizer "Guano de la Isla" (T₂), substratum from the nursery + 3% chicken manure (T₃) y substratum from the nursery + organic "Tropimax" fertilizer (T₄), distributed in completely random blocks. The height and diameter, quality indexes: sturdiness, BSA/BSR relation, Dickson index, lignification index y stem to root relation, variables were analyzed through ANVA and the Duncan Test (α : 0.05). The T₀ gave the best values in height (20.88 cm), diameter (3.51 mm) and root biomass (0.51 g), the T₃ had the best results in aboveground biomass, in quality the T₀ showed the better performance, with high qualities in height (≥ 15), height to length root

relation ($< 2:1$) and lignification index (>17.01), with medium qualities in the diameter (2.5 - 4.9), Dickson (0.2 - 0.4), sturdiness (7.9 - 6) and the only low quality being the BSA/BSR relation (≥ 2.5).

Key words: *Cedrelinga cateniformis*, quality, substratum, guano de isla, Tropimax.

I. INTRODUCCIÓN

La diversidad de ecosistemas que alberga los bosques de la amazonia peruana ha pasado por cambios de uso de la tierra y pérdida de la biodiversidad, las causas por un lado, es la tala selectiva de árboles, que ocasiona pérdida de poblaciones naturales de especies, entre ellas el tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke), generando déficit en demanda de madera en el mercado, desabasteciendo a la industria forestal, lo que ocasiona a los taladores informales, la búsqueda de los árboles en sitios de alta vulnerabilidad ecológica. Asimismo, los árboles semilleros de tornillo tienen comportamiento muy irregular en la producción de semillas, generando escaso abastecimiento de semillas para los programas de plantaciones forestales.

Las semillas de la especie en mención se encuentra en el grupo de semillas recalcitrantes, situación que no permite almacenar en cámaras de conservación, controlando temperatura y humedad; además, la propagación de las semillas en el vivero ha demostrado problemas de baja tasa de germinación, sumado al comportamiento esciófita a la exigencia de luz en condición de plántula y brinzal, genera cuidados y manejo oportuno a nivel de camas germinadoras y cría de plantones en la fase de crecimiento en el vivero.

Las investigaciones señalan que el tornillo crece naturalmente en suelos ultisol, cuya característica es fuertemente ácido y poca retención de

nutriente. Bajo esta situación el tornillo se ha adaptado al resultado de la interacción de factores de formación tales como clima, relieve, tiempo, material madre y órganos vivos, en particular la formación de simbiosis con ciertos microorganismos benéficos (VIDAURRE, 1993).

CRONQUIST (1981) clasifica al tornillo en la familia Mimosaceae, por lo tanto en su medio natural es una especie de metabolismo fotosintético C_3 , que requiere adoptar mecanismos de simbiosis con bacterias nitrificantes, porque las enmiendas orgánicas que se adicionan a los suelos mejoran las características químicas, físicas (ARROYO, 2009) y biológicas del suelo. La mineralización de N de las enmiendas orgánicas se requiere predecir la liberación de N disponible tanto a corto como a largo plazo, y con ello evitar altos niveles de acumulación de N en el suelo los cuales quedan sujetos a pérdidas al ambiente.

La investigación plantea por tanto, la hipótesis: “los tipos de sustratos orgánicos presentan diferente efecto en el crecimiento inicial de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke) en fase vivero”.

Por lo tanto, para conocer la respuesta del uso de sustratos y abonos orgánicos en el crecimiento de la planta de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke), se planteó los siguientes objetivos:

- Determinar el crecimiento de altura y diámetro en los plantones de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke), en fase vivero, aplicando diferentes tipos de sustrato.

- Calcular la biomasa aérea y radicular en los plantones de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke), bajo la influencia de diferentes tipos de sustrato.
- Determinar la calidad en los plantones de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Descripción de la especie (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke)

2.1.1. Taxonomía

Revisión taxonómica según CRONQUIST (1981).

Reino : Plantae

División : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Orden : Fabales

Familia : Mimosaceae

Género : *Cedrelinga*

Especie : *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.

2.1.2. Descripción dendrológica

Árbol del dosel superior, de fuste recto, corteza agrietada de 1 a 2 cm de grosor, con grandes aletas y raíces superficiales, diámetros hasta de 2 m y madera de color rosado. Hojas alternas, glabras y bipinnadas; pecíolo cilíndrico de 3 - 4 cm de largo, longitudinalmente estriado, con una glándula en

su ápice; raquis principal de 3.5 - 7 cm de largo, tenuemente angulado y estriado ramitas puberulentas (BERNARDI, 1981).

López (1970), citado por VIDAURRE (1994) manifiesta que, las flores son hermafroditas, de color blanco. La inflorescencia es terminal en pequeñas cabezuelas (capítulos); fruto tipo legumbre, lomento membranosos compuesto de 9 a 12 artejos plegados en zig-zag, oblongo ovals, que llegan a medir hasta 50 cm de largo (según el número el artejos de que está constituido el lomento), y de 5 a 6 cm de ancho.

En un kilogramo se encuentra de 1700 a 1900 semillas, estas son grandes, elípticas, entre 1.8 a 3.5 cm de largo, 1.0 a 2.5 cm. de ancho y muy comprimidas lateralmente, (entre 0.2 a 0.3 cm). La conservación se hace con polvos dispersables en agua, es la forma usual en que la mayoría de los fungicidas son formulados. Para ello se hace uso de un agente humectante que permitirá que el fungicida sea fácilmente mojado y pueda dispersarse bien en el agua. Algunas veces se le adiciona un adherente-dispersante con el propósito de mejorar las propiedades del fungicida, especialmente cuando se aplica en plantas con hojas cerosas. La proporción del fungicida (ingrediente activo) varía entre 50 a 80%.

2.1.3. Distribución geográfica

De acuerdo a los reportes bibliográficos, *Cedrelinga cateniformis* se encuentra distribuida naturalmente en la amazonia Peruana, Brasileña, Colombiana, Ecuatoriana y en Surinam. Su distribución en el Perú va desde los

120 hasta 800 msnm., con temperaturas que varían de 15 °C hasta 38 °C y precipitaciones desde 2500 hasta 3800 mm (BOESE, 1992).

2.1.4. Ecología

BURGOS (1954) hace mención que, en estudios realizados en la zona de Tingo María, "*Cedrelinga*" se desarrolla en las formaciones ecológicas de Bosque Tropical (b-T) y Bosque húmedo Sub-Tropical (bh-ST).

MALLEUX (1975) señala que, la especie tornillo se encuentra en bosques aluviales y bosques de colina. En el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva se localiza dentro de la zona de vida Bosque muy húmedo Subtropical (Bmh-ST).

SCHWZER (1981) menciona que, *Cedrelinga cateniformis* (Ducke). Ducke, se encuentra con mayor frecuencia en las zonas de vida de Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T), lo que indica que tiene una amplia dispersión de rango térmico de 20 °C a 26 °C y una precipitación de 2.000 a 3.500 mm., notándose una mayor abundancia en el bosque muy húmedo Subtropical (bmh-ST), y en suelos de drenaje como el tipo de bosque de colina.

LÓPEZ (1985) manifiesta que, en los bosques tropicales de Brasil, Colombia, Ecuador y Perú, crece asociado con *Terminalia sp*, *Ceiba sp*, *Pithecellobium sp* y *Brosimum sp*, soporta una precipitación anual entre 2.500 a 3500 mm, respecto a los climas es una especie flexible ya que, se puede encontrar en las llanuras amazónicas con rangos de temperatura desde 23 °C

hasta 38 °C, se considera flexible en función a las alturas teniendo una distribución natural desde los 120 hasta los 800 msnm.

LÓPEZ (1985) manifiesta que, la especie posee una amplia distribución ecológica, encontrándose en las formaciones de bosque húmedo Tropical (bh-T), bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) y bosque seco Tropical (bs-T).

2.1.5. Asociación natural

Cedrelinga cateniformis, es una especie gregaria, se le encuentra en concentraciones (localmente conocida como máchales). En la Amazonía peruana, las principales especies que se encuentran asociadas con esta especie son: moena (géneros *Aniba*, *Ocotea*, *Persea* y *Nectandra*), nogal (*Juglans neotropica*), manchinga (*Brosimum alicastrum*), mashonaste (*Clarisia racemosa*), almendro (*Caryocar sp.*), quinilla (*Manilkara bidentata*), sapote (*Matisia sp.*), cedro de altura (*Cedrela sp.*). En cantidades menores; requia (*Guarea sp.*), bolaina blanca (*Guazuma crinita*), capirona (*Calycophyllum sp.*), cumala (*Virola sp.*), estoraque (*Miroxylom balsamun*) y cedro (*Cedrela odorata*) (Onern, 1976; citado por VIDAURRE, 1994).

2.1.6. Fenología

La floración ocurre entre agosto y diciembre, siendo más frecuente en octubre, a principios de la época lluviosa. Los frutos son lomentos largos y membranosos que maduran en 2 - 3 meses. La caída de los frutos tiene lugar

entre enero y abril, pero es más frecuente en febrero, durante la época lluviosa. En ocasiones muy excepcionales, algunos árboles pueden diseminar sus semillas en otras épocas del año (MARUYAMA, 1987).

Cedrelinga cateniformis es una especie con ciclos irregulares, siendo estos totalmente inciertos, investigaciones en el Bosque de producción permanente Alexander Von Humboldt, se observó la floración y producción de semillas desde 1983 hasta 1988 en una población de 81 árboles, resultando que la floración ocurría casi todos los meses, y que la estación de floración y de maduración duraba entre dos y tres meses. La mayor probabilidad de fructificación se presentaba en los meses de julio a diciembre y la menor probabilidad entre mayo y junio. Finalmente, existían árboles que fructificaban cada año, mientras que otros solamente lo hacían cada dos o tres años (MARUYAMA, 1987).

AROSTEGUI (1992) señala que, en base al seguimiento de 34 árboles semilleros en el Centro de Investigación Jenaro Herrera - Iquitos, determinó que los procesos fenológicos se desarrollan completamente en 150 días y que la fructificación se da en los meses de enero a marzo.

En Brasil, FREITAS (1996) encontró que, *Cedrelinga* florece en diciembre y fructifica en mayo, en tanto que Boese (1992), citado por VIDAURRE (1994) reporta que, para la provincia de Sucumbios en Ecuador, la fructificación es en el mes de abril, con abundante regeneración natural. Las semillas son grandes y elípticas, entre 1.8 a 3.5 cm de largo, 1.0 a 2.5 cm de

ancho y muy comprimidas lateralmente (entre 0.2 a 0.3 cm) cubierta seminal delgada, casi transparente (INIEA, 1982).

2.1.7. Ficha silvicultural

Los frutos de esta especie, son legumbres aplanadas y largas, muy estrechadas entre las semillas y reviradas en helicoides.

Las semillas están íntimamente adheridas a las paredes del fruto y con fines de propagación no se les debe desprender de éste para no dañarlas.

2.1.7.1. Pesos promedio de semillas

En caso de las semillas frescas, el peso que alcanza es de 81.5 g para 100 semillas, el peso promedio de la semilla es 6 - 15 g (Aróstegui y Díaz, 1992; citado por REYNEL *et al.*, 2003).

2.1.7.2. Tratamientos pre germinativos

Los mejores resultados se obtienen sembrando las semillas inmediatamente luego de cosechadas y sin tratamiento pregerminativo (López *et al.*, 1981; citado por REYNEL *et al.*, 2003).

El remojo en agua fría por un período entre los 12 - 24 horas no parece incrementar la germinación y el tratamiento con ácido acético aparentemente daña las semillas (Aróstegui y Díaz, 1992; citado por REYNEL *et al.*, 2003).

2.1.7.3. Poder germinativo

Tiene un poder germinativo de 30 - 64%. CENFOR XII (1985), citado por REYNEL *et al.* (2003); Aróstegui y Díaz (1992), citados por REYNEL *et al.* (2003), indican que la especie puede alcanzar 95 - 100% de poder germinativo.

2.1.7.4. Manejo de la especie en vivero

Aróstegui y Díaz (1992), citado por REYNEL *et al.* (2003) indican que, las semillas pueden sembrarse directamente en camas de vivero; se reportan buenos resultados empleando sustrato compuesto por tierra negra local (50%), materia orgánica (40%) y arena de río (10%); se les puede trasplantar a bolsas plásticas a los 5 meses de la siembra.

2.1.7.5. Almacenamiento de las semillas

Las semillas tienen aparentemente un comportamiento ortodoxo al almacenamiento. La viabilidad de la semilla se mantiene por unos 3 meses en condiciones ambientales normales. Para el almacenamiento se recomienda temperatura entre 10 - 25 °C y desecar las semillas hasta 15% (IPGRI, 1998 y Maruyama, 1987; citado por REYNEL *et al.*, 2003).

2.1.8. Crecimiento

Es un árbol que alcanza hasta los 40 m y diámetros entre 0.65 hasta 1.5 m, el tronco desarrolla un fuste recto de ramificaciones tempranas,

tiene un gran poder de rebrote. En estado juvenil tienen una copa pequeña que permite distanciamientos cortos entre los individuos. Presenta una gran cantidad de raíces secundarias cerca de la superficie y poseen una gran cantidad de nódulos nitrificantes (ARMANCIO, 1995).

JORGENSEN *et al.* (1999) señala que, *Cedrelinga cateniformis* es un árbol común del dosel que emerge en las tierras bajas de la Amazonía con buen drenaje.

SCHWZER (1981) menciona que, un rápido crecimiento inicial es propio de especies como "*Cedrelinga*" con un gran requerimiento de luz, existe una lucha por la luz en los aclareos que se presentan casualmente por la caída de un árbol grande.

Ocurre una mejor germinación en lugares donde se ha realizado previa limpieza del sotobosque y la hojarasca, como por ejemplo en los caminos de acceso, generalmente cuando las condiciones son favorables, el proceso de germinación es rápida y homogénea variando entre los 5 y 20 días después de la caída de semilla, a un mes después las plantitas tienen una altura promedio de 12 cm en ese momento el tamaño de la parte aérea y la parte radicular tienen más o menos la misma longitud.

La planta de tornillo inicialmente aunque por poco tiempo, tolera la sombra posteriormente requiere grandes cantidades de luz para su desarrollo, notándose mayores crecimientos en lugares con mayor luminosidad (MARUYAMA, 1987).

Blasser *et al.* (1985), citado por ARMANCIO (1990) concluyen que, el crecimiento anual del diámetro alcanza 4.04 cm/año, a la edad de 2 años aproximadamente y baja hasta 1 cm por año a la edad de 10 años. El tornillo da la impresión de que ya no crece a partir del cuarto o quinto año, porque los incrementos moderados a partir de esa edad parecen insignificantes en comparación con el desarrollo intempestivo de los primeros años.

En Tingo María, BURGOS (1954) encontró que *Cedrelinga* requiere de preferencia terrenos de ladera que terrenos planos. De igual manera desarrolla en suelos de buen drenaje, residuales y arcillosos, caracterizados por su contenido de materia orgánica y su alta acidez, en él los elementos más importantes de la nutrición vegetal se encuentran en bajos niveles, fijados mayormente por el aluminio. En consecuencia, "*Cedrelinga*" no es exigente al suelo en cuanto a fertilidad se refiere.

La investigación realizados por Burgos (1955), citado por WADSWORTH (2000) en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva muestran que, la plantación bajo dosel de *Cedrelinga cateniformis* alcanzó una altura de 14 a 16 m. a los 6 años de instalada.

IIAP (1992) encontró que, en la terraza alta de Jenaro Herrera - Iquitos *Cedrelinga cateniformis* alcanza su mejor desarrollo en las laderas. En la propia llanura, su crecimiento es más lento en los bajiales es frenado por los, suelos transicionales más pesados. Se cree que la asociación con *Euterpe precatória* favorezca el desarrollo de tornillo.

CARRERA (1987) indica según la clasificación de la FAO-UNESCO, en los suelos acrisoles (suelos rojos), ubicados en una fisiografía ondulada, es común encontrar árboles de "*Cedrelinga*", incluso en grandes concentraciones conjuntamente con árboles como espintana negra (*Oxandra xilopiodea*), y cumala (*Iryanthera sp.*), mientras que en suelos Gleysol y Cambisol, no se han encontrado en estado natural.

REYNEL *et al.* (2003) sugieren que, la supervivencia es mayor cuando plántones de la especie obtenidos en vivero se establecen en fajas: 96% vs. 69% a campo abierto, luego de 4 meses; asimismo, que esta especie es exigente en luz.

En Jenaro Herrera (73°45'W, 4°55'S, 140 msnm; 2690 mm precipitación total anual), se reportan diámetros promedio de 14 - 22 cm y alturas totales promedios de 17 - 20 m en 9 - 15 años respectivamente, con fustes de calidad aceptable, en plantaciones a 3 x 3 de espaciamiento; la supervivencia de plantaciones de la especie ha sido alta con cierto mantenimiento (limpieza periódica y un raleo fitosanitario del 10% a los 12 años). El área de la plantación es de suelos franco-arenosos a franco-arcillosos de terrazas altas, mayormente planos, que habían sido desboscados para agricultura unos 10 años antes de la plantación.

En un área similar, se reportaron diámetros promedio de 14 - 30 cm y alturas totales promedio de 10 - 25 m en 8 - 19 años, respectivamente, en árboles con conformación variable, desde muy buena hasta inapropiada.

El crecimiento de las plantas de tornillo es rápido y tienen incrementos medios anuales de 1.5 cm en diámetro. Sin embargo, el potencial de crecimiento de los árboles de mara macho es de 3.7 cm/año (Brienen, 2005; citado por MOSTACEDO, 2007). El incremento diamétrico varía mucho en relación al tamaño de los árboles. Se puede ver que individuos pequeños son los que tienen menor incremento diamétrico comparado a los individuos grandes, aunque individuos muy gruesos realmente crecen muy poco (MOSTACEDO, 2007).

2.2. Biomasa de plantones forestales

Investigaciones realizadas determinaron que el peso seco (biomasa) o el peso en verde de plantones, tiene gran correlación en la sobrevivencia en campo. Para mayor consistencia en los resultados se sugiere utilizar el peso seco, dado que el peso en verde tiene gran variación de agua en los tejidos dentro de la misma especie (VERA-CASTILLO, 1995).

El peso seco se correlaciona con la sobrevivencia en campo con la misma consistencia que el diámetro del tallo (THOMPSON, 1985). También, el diámetro está fuertemente correlacionado con el peso seco de la parte aérea y del sistema radicular (MEXAL y LANDIS, 1990) el peso seco también es un indicador efectivo cuando se relaciona la parte aérea con el sistema radicular.

Estudios realizados con *Pinus pseudotrobus* y *Pinus douglasiana*, indican que las características óptimas de la planta ideal para reforestaciones, deben de tener una altura de 15 - 20 cm, un diámetro del cuello de la raíz de 3

a 4 mm, una proporción parte aérea: sistema radicar de 1:5 - 2:1 y una relación de materia seca aérea: materia seca radicular de 2:1 (GARCIA, 1996).

Para especies de crecimiento de habito cespitoso como *Pinus montezumae* y *Pinus michoacana* se recomienda una altura de 8 - 10 cm, diámetro de 5 - 8 mm, longitud de raíz 15 - 12 cm, una relación altura/diámetro de 8 a 10 y una relación de peso seco raíz/peso seco del tallo de 0.15 a 0.50; la poda de raíz y/o de la parte aérea, el aumento del área de crecimiento y la siembra temprana mejoran la relación peso raíz/peso tallo (GARCIA, 2002).

2.3. Tipos de calidad de plantones

El término calidad de plantones se refiere a la obtención de características deseables sobre la base de los objetivos finales para los cuales se realiza la producción de estas plantas. La importancia de dicha calidad radica en que de ésta dependerá el éxito de las futuras plantaciones. Su comportamiento está determinado por atributos morfológicos y fisiológicos, los que pueden ser manipulados por el viverista (GONZÁLEZ, 2007).

DURYEA (1985) la define como aquella que es capaz de alcanzar un desarrollo (supervivencia y crecimiento) óptimo en un medio determinado y, por tanto, cumplir los objetivos establecidos en un plan de restauración.

Las plantas de buena calidad, según DONOSO *et al.* (1999), son aquellas que cumplen con características deseables tales como apariencia vigorosa, buena relación entre DAC y altura y pesos secos altos. Sin embargo,

pese a que la calidad de las plantas se determina en función de sus propiedades morfológicas y fisiológicas, estas variables deben evaluarse experimentalmente en terreno para determinar su grado de correlación con los factores del sitio (ESCOBAR, 1990).

Según PRIETO *et al.* (2003) y PRIETO *et al.* (2009), 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 radicular, la relación altura/diámetro de collar, la relación tallo/raíz, la presencia de tema 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.

Por su parte, SERRADA *et al.* (2005) sostienen que en la actualidad se reconocen cuatro tipos de calidad de planta, las cuales son: genética, biológica, fisiológica y morfológica.

2.3.1. Calidad genética

Se refiere a la procedencia de la semilla, debido a que esta debe contribuir a generar árboles con características deseables (fenotipo), las

cuales a su vez sean heredables, llamado genotipo (QUIROZ *et al.*, 2001). El éxito en la producción de planta de buena calidad genética depende de la experiencia para colectar semilla de rodales seleccionados.

2.3.2. Calidad biológica

Se busca obtener plantas libres de parásitos, pero a su vez que la planta se encuentre asociada con simbioses (SERRADA *et al.*, 2005) que le permitan establecerse en campo.

2.3.3. Calidad fisiológica

Este tipo de calidad se refiere al estado nutricional e hídrico, capacidad de formación de raíces y resistencia a diversos fenómenos meteorológicos (GARCIA, 2006 y RODRÍGUEZ, 2008), que permitan el establecimiento de la planta en campo.

2.3.4. Calidad morfológica

Es la respuesta fisiológica de la planta a condiciones ambientales y a las prácticas de vivero (BIRCHLER *et al.*, 1998).

2.4. Indicadores de la calidad de plantones

La calidad morfológica y fisiológica de los plantones ha sido estudiada ampliamente (DOMINGUEZ *et al.*, 1997; ROYO *et al.*, 1997; VILLAR *et al.*, 2000 y VILLAR *et al.*, 2001).

Investigadores forestales han trabajado para identificar variables cuantificables que puedan ser usados como indicadores de una planta de calidad, y mejor aún, para predecir su desempeño una vez establecida en campo. En tal sentido, THOMPSON (1985), BIRCHLER *et al.* (1998), QUIROZ *et al.* (2001) y GARCIA (2006), indican que las variables de tipo cuantitativo son la altura, diámetro del cuello, pares de hojas, biomasa aérea, biomasa de raíces, forma y desarrollo radicular, y consistencia del cepellón.

La magnitud de las variables es difícil de interpretar y en ocasiones resulta engañoso, por ello se han desarrollado diferentes coeficientes o índices (DICKSON *et al.*, 1960 y THOMPSON, 1985) que permiten evaluar y determinar la calidad de planta. Dichos índices han dado la pauta para que se establezcan estándares de producción de planta en vivero, las cuales variaran de acuerdo a la especie (QUIROZ *et al.*, 2001).

2.5. Características morfológicas

La morfología de la planta es la manifestación de la respuesta fisiológica de la misma a las condiciones ambientales y a las prácticas culturales del vivero, y generalmente es fácil de cuantificar (BIRCHLER *et al.*, 1998).

Los parámetros morfológicos, atributos determinados física o visualmente, son los más utilizados en la determinación de la calidad de la planta y proporcionan una comprensión más intuitiva por parte del viverista. Aun cuando se han realizado algunas investigaciones para mostrar que los

criterios que adoptan estas características, son importantes para evaluar el desempeño de las plantas después de su plantación en campo (GOMES *et al.*, 2002). Su aplicación no permite responder a las exigencias en cuanto a supervivencia y crecimiento, determinadas por las adversidades encontradas en el campo después de la plantación (Fonseca, 2000; citado por GOMES *et al.*, 2002).

Los atributos morfológicos son el resultado de una serie de respuestas fisiológicas a la disponibilidad de recursos y a los tipos de estrés durante la fase de cultivo. Lo deseable es que la planta alcance los valores máximos, lo cual implica por una parte que el desarrollo de la planta sea grande y que al mismo tiempo las fracciones aérea y radicular estén equilibradas (Mexal, 1990 y Oliet, 2000; citados por COBAS *et al.*, 2001).

La morfología es la manifestación física de las plantas y generalmente los principales atributos son:

2.5.1. Altura

Es un buen predictor de la altura futura en campo, pero no para la supervivencia; este parámetro se ha utilizado por mucho tiempo como un indicador de la calidad, aunque se considera insuficiente y es conveniente relacionarlo con otros criterios para que refleje su utilidad real (MEXAY y LANDIS, 1990). Es fácil de medir pero no es muy informativa por sí sola, ofrece solo una somera aproximación del área fotosintetizante y transpirante e ignora la arquitectura del tallo (BIRCHLER *et al.*, 1998).

Cuando las condiciones del sitio de plantación son adversas respecto a la vegetación herbácea y arbustiva que rodea al brinzal, es conveniente considerar que tenga una altura suficiente que le permite competir adecuadamente. Aunque la altura de las plantas debe definirse en función de las características del sitio de plantación, en general se considera que en coníferas el rango debe fluctuar entre 15 y 20 cm; sin embargo, especies con crecimiento cespitoso en sus etapas iniciales de vida, como *Pinus engelmannii*, *P. devoniana* (*P. michoacana*) y *P. montezumae*, tienen menor crecimiento en altura, por lo que la planta sale del vivero con menos de 15 cm (PRIETO *et al.*, 2009).

La altura puede ser manipulada en vivero a través de la fertilización y el riego. Correlacionar solo la altura de la planta con el comportamiento en campo, excluyendo otros parámetros, puede inducir a un error, varios estudios concluyeron que la altura inicial de las plantas no se correlaciona con el crecimiento en altura después de la plantación. En clima seco se encontró que la altura de las plantas de *Quercus ilex* y *P. halepensis* fue directamente proporcional a su supervivencia, con alturas medias mínimas de 16 y 7.5 cm, respectivamente, para alcanzar supervivencias superiores al 80%; en plantaciones con el pino en clima semiárido, la supervivencia descendió con una altura media superior a 17.5 (CORTINA *et al.*, 1997).

Por otro lado, algunos estudios han demostrado que la ventaja inicial en el tamaño de la planta permanece en el tiempo (Funk *et al.*, 1974 y Thompson, 1985; citados por BIRCHLER *et al.*, 1998).

2.5.2. Diámetro del cuello del tallo

Es la característica de calidad más importante que permite predecir la supervivencia de la planta en campo; define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación. Planta con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y tolerar mejor los daños por plagas y fauna nociva, aunque esto varía de acuerdo a la especie (PRIETO *et al.*, 2003 y PRIETO *et al.*, 2009).

El diámetro es fácil de medir y da una aproximación de la sección transversal del transporte de agua, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa para tolerar altas temperaturas en la superficie del suelo. El diámetro está influenciado por la densidad del cultivo en vivero y puede verse afectado por prácticas culturales como el repicado apical y también se puede mejorar a través de un aumento en la velocidad y la uniformidad en la germinación (Boyer y South, 1987; citados por BIRCHLER *et al.*, 1998).

El diámetro es una medida de la robustez de la planta y se ha considerado como el mejor predictor individual del crecimiento y la supervivencia en campo (Cleary *et al.*, 1978 y Thompson, 1985; citados por GARCÍA, 2007).

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

parte aérea y la raíz. En diferentes estudios se ha encontrado que los brinzales con diámetro mayor tienen tasas de supervivencia más altas y se indica que esta aumenta de 5 a 7% por cada milímetro de incremento en el diámetro de los mismos. Una supervivencia alta (> 80%), se logra cuando las plantas tienen de 5 a 6 mm de diámetro (MEXAL y LANDIS, 1990).

2.5.3. Tamaño del sistema radicular

Entre más grande sea el sistema radicular de la planta, tendrá más puntos de crecimiento y mayor posibilidad de explorar el suelo para captar agua y nutrientes; además, incrementara la probabilidad de infección micorrícica (GONZÁLEZ, 1995). En las raíces finas es en donde se concreta actividad de absorción de agua y nutrientes al ser más activas y permeables, frente a las gruesas, cuya misión se concreta fundamentalmente en el anclaje de las plantas (Thompson, 1985; citado por CASTILLO, 2001).

El mejor sistema radicular lo constituye una raíz principal bien conformada, sin deformaciones, abundancia de raíces laterales uniformemente repartidas y de raíces finas o fibrosas donde se la simbiosis con las micorrizas, las cuales aumentan la superficie de la raíz para absorber agua y nutrientes. Precisamente, una forma sencilla de estimar el nivel de micorrización es a través de la superficie de las raíces finas que están cubiertas por las mismas (RODRÍGUEZ, 2008).

El desarrollo del sistema radicular depende del agua que contenga el sustrato, lo que determina su crecimiento y desarrollo. Si una planta recibe

agua en abundancia no estimulara demasiado el crecimiento de la raíz, pero si el agua escasea será necesario que la planta tenga un sistema radicular amplio para que sobreviva (LEYVA *et al.*, 2008).

El porcentaje de raíces finas favorece aquellos tratamientos que presentan un nivel de endurecimiento fuerte. Lo anterior está fundamentado en que la planta cuando se desarrolla en un sustrato con abundante agua disminuye el desarrollo de las raíces finas, pues no presenta limitante alguna para absorber agua del suelo, lo mismo puede suceder cuando las condiciones de humedad son adversas en el sustrato, donde se inhibe el desarrollo de raíces finas. En *P. halepensis*, se determinó que niveles bajos o moderados de endurecimiento, no ejercen ninguna influencia sobre la capacidad de formación de nuevas raíces, pero niveles fuertes si la inhiben (VILLAR *et al.*, 1997).

La inducción de un estrés hídrico moderado al final del período vegetativo, detiene el crecimiento en altura, mientras que el diámetro del cuello de la raíz continua creciendo, debido probablemente al crecimiento radicular (LEYVA *et al.*, 2008).

2.5.4. Peso de la planta

El peso (biomasa aérea y radicular) de la planta tiene una alta correlación con la supervivencia en campo, con la misma consistencia que el diámetro del tallo o cuello de la raíz. También, el diámetro está fuertemente correlacionado con el peso de la parte aérea y del sistema radicular. El peso seco es un indicador efectivo cuando se relaciona el peso seco de la parte

aérea con el peso seco del sistema radicular (THOMPSON, 1985; VERA, 1995 y MEXAL y LANDIS, 1990).

Estudios realizados con *Pinus pseudostrobus* y *Pinus douglasiana*, indican que las características óptimas de la planta ideal para reforestaciones, deben tener una altura de 15-20 cm, un diámetro del cuello de la raíz de 3 a 4 mm, una proporción parte aérea: sistema radicular de 1.5 - 2:1 y una relación de materia seca aérea: materia seca radicular de 2:1 (GARCÍA, 1996).

Para especies de crecimiento cespitoso como *P. montezumae* y *P. michoacana* se recomienda una altura de 8 a 10 cm, diámetro de collar de 5 a 8 mm, longitud de la raíz de 12 a 15 cm, una relación altura/diámetro de collar de 8 a 10 y una relación de peso seco raíz/peso seco del tallo de 0.15 a 0.50; la poda de raíz y/o de la parte aérea, el aumento del área de crecimiento y la siembra temprana mejoran la relación peso raíz/peso tallo (GARCÍA, 2002).

2.6. Interacción de variables

DICKSON *et al.* (1960) y THOMPSON (1985) afirman que, la magnitud de las variables es difícil de interpretar y en ocasiones resulta engañoso, por ello se han desarrollado diferentes coeficientes o índices que permiten evaluar y determinar la calidad de planta.

2.6.1. Relación tallo/raíz o biomasa aérea/biomasa raíz (R BSA/BSR)

La producción de biomasa es importante debido a que 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 (RODRÍGUEZ, 2008), por lo que una buena relación debe fluctuar entre 1.5 y 2.5 ya que valores mayores indican desproporción y la existencia de un sistema radicular insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta; el cociente de esta relación no debe de ser mayor a 2.5, particularmente cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación (THOMPSON, 1985).

Una planta de buena calidad debe tener un diámetro de cuello grande, bajo valor de esbeltez (cociente altura/diámetro de cuello), un sistema radicular tipo fibroso y un valor alto del cociente biomasa de raíz/biomasa aérea (Fonseca *et al.*, 2002; citado por GARCIA, 2007).

2.6.2. Relación altura/longitud de raíz

Esta relación ha sido vista como una medición del balance entre el área de transpiración (tallo y hojas) y el área de absorción (raíces finas y gruesas) de agua y nutrientes de la planta. Se calculó como el cociente entre el peso seco del tallo y el peso seco de la raíz. Su interpretación es equivalente al del coeficiente de vigorosidad (GONZÁLES, 2007).

2.6.3. Índice de calidad de Dickson (ICD)

Dado que ninguna de estas características podría por si solas describir la calidad de planta, Dickson *et al.* (1960), citados por PRIETO *et al.*

(1999) desarrollaron un índice de calidad que permite evaluar mejor las diferencias morfológicas entre plantas de una muestra y predecir el comportamiento en campo. Este índice es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, dado que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar planta de menor altura pero con mayor vigor (Fonseca *et al.*, 2002; citado por GARCÍA, 2007). Asimismo, Dickson *et al.* (1960), citados por PRIETO *et al.* (1999) sugieren que a mayor valor del índice, mejor calidad de planta.

Cuadro 1. Coeficientes o índices para evaluar y determinar la calidad de planta.

Índice	Objetivo	Ecuación	Autor
Índice de robustez *	Predecir la supervivencia y crecimiento de la planta en campo	$IR = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro cuello de la raíz (mm)}}$	Roller (1977), citado por THOMPSON (1985)
Relación tallo/raíz *	Predecir la supervivencia de la planta en campo	$R \text{ BSA/BSR} = \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca raíz (g)}}$	Herman (1964), citado por THOMPSON (1985)
Índice de calidad de Dickson **	Distinguir plantas idóneas para establecerse en campo	$ICD = \frac{\text{Peso seco total de la planta (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro cuello de la raíz (mm)}} + \frac{\text{Peso seco parte aérea (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}}$	DICKSON <i>et al.</i> (1960)

*Valores bajos indican mejor calidad de planta.

**Valores cercanos a la unidad indican mejor calidad de planta.

Estudios realizados con diferentes especies de coníferas, como *P. halepensis*, indican que se obtuvieron valores de ICD entre 0.3 y 0.5 de acuerdo a la aplicación de diferentes tratamientos de fertilización (OLIET, 1995).

El ICD se ha empleado en especies latifoliadas, como en *Hibiscus elatus* donde se obtuvieron valores hasta de 0.01 y también de 0.09 a 0.3 empleando el sustrato conformado con turba de musgo (25%), humus de lombriz (30%), estiércol de caballo (20%) y compost (25%) y aplicando dos riegos diarios en la especie estudiada sin fertilización (COBAS *et al.*, 2001).

En *Eucalyptus*, los ICD que reflejaron mayores valores correspondieron con los mejores resultados en plantación (mayor al 86%), observándose una relación directa entre la supervivencia y el ICD. El menor índice (0.01) se obtiene cuando la planta fue sometida a un nivel de endurecimiento fuerte, lo cual refleja un desbalance entre la parte aérea y la radicular y/o la altura y el diámetro, expresando la baja potencialidad de la planta tanto a sobrevivir como de crecer en la plantación (LEYVA *et al.*, 2008).

Bajo condiciones de invernadero se analizaron los efectos de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) sobre el desarrollo de *P. greggii*, los resultados indicaron que los nutrimentos por sí solos, son menos importantes que las interacciones entre ellos y que ésta relación nutrimental dinámica afecta de manera significativa la morfología de las plantas, especialmente, en lo que se refiere a la acumulación y distribución de biomasa.

Los valores obtenidos tanto para el ICD como para el índice de esbeltez fueron bajos, debido a un gran crecimiento aéreo con respecto al crecimiento radicular, originado por concentraciones excesivas de uno u otro nutrimento. Las concentraciones altas de nitrógeno estimularon el crecimiento de la parte aérea. Fue evidente, que el balance nutrimental es primordial para el desarrollo de las plántulas en la etapa de vivero (ROMÁN *et al.*, 2001).

En abeto y pino, se determinó un ICD inferior a 0.15 lo que podría significar problemas en el establecimiento en campo y se recomienda un valor de ICD de 0.2 como mínimo, para contenedores de hasta 60 ml, basado en resultados de plantaciones (Hunt, 1990; citado por GARCÍA, 2007).

En un ensayo se evaluaron distintos regímenes de manejo radicular sobre el crecimiento de plantas de raulí (*Nothofagus alpina*) producidas a raíz desnuda. Se probó la respuesta de las plantas en dos etapas del inicio de las labores de manejo radicular. El ICD no presentó diferencias entre los distintos tratamientos de inicio del acondicionamiento, reflejando su inaplicabilidad para especies y condiciones ambientales para las cuales no fue desarrollado, es decir, el ICD demostró su escasa aptitud como predictor de calidad de planta para esta especie (GONZÁLEZ *et al.*, 1996).

2.7. La materia orgánica en el suelo

La materia orgánica del suelo está compuesta por residuos de plantas, animales y microorganismos que han muerto en ese suelo. La descomposición de estos residuos, especialmente los que contienen lignina,

dan origen al humus. El humus es de gran importancia en el suelo porque posee nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y micronutrientes. Además, los ácidos poliurónicos, que son un producto intermedio en la formación del humus, son los responsables de mantener la estructura del suelo.

ALONSO *et al.* (1996) mencionan que, el factor principal que determina la fertilidad del mismo es precisamente su presencia, que diferencia al suelo de su roca formadora. Los efectos que provocan los abonos orgánicos en el suelo han sido estudiados por EMMUS (1991), KALMAS y VÁZQUEZ (1996) y SENDRA (1996), quienes señalan que la materia orgánica influye sobre las principales propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, como son la disponibilidad de nutrientes, la conductividad eléctrica, el pH, la capacidad de intercambio aniónico y catiónico, actúa como un amortiguador, regulando la disponibilidad de nutrientes según las necesidades de la planta; aumenta la capacidad de almacenamiento de agua, regula la aireación del suelo y aumenta la actividad biótica y la capacidad de resistencia a factores ambientales negativos como arrastres y erosión.

Según SZTERN (1999), en el suelo de una selva o de una pastura tropical, puede haber entre un 3 - 6% de humus. Cuando estos terrenos son puestos en producción de cultivos, el humus existente puede ser completamente gastado al cabo de uno a tres años debido a las condiciones que imperan en estos suelos. La materia orgánica aporta al suelo:

- Sustancias agregantes, que le dan una bioestructura estable ante la acción de la lluvias.

- Ácidos orgánicos y alcoholes, que durante su descomposición sirven de fuente de carbono para los microorganismos no patogénicos y fijadores de nitrógeno.
- Alimento a los microorganismos activos en la descomposición, los cuales producen antibióticos que protegen a la planta de plagas.

Substancias intermedias producidas en la descomposición, que pueden ser absorbidas por las plantas.

Podríamos añadir a lo expuesto anteriormente, que cuando la materia orgánica es humificada, se logran los siguientes beneficios:

- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico.
- Aumenta el poder amortiguador del suelo; que previene las variaciones bruscas de pH.
- Aumenta el contenido de substancias como los fenoles. Un heterocondensado de substancias fenólicas contribuye a la respiración, a una mejor absorción del fósforo y a la sanidad vegetal.
- Provee una gran biodiversidad microbiana y mesofauna que da estabilidad al sistema de suelos.

2.7.1. Propiedades físicas del sustrato

HINE (1991) menciona que, las propiedades 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. También manifiesta que una de las formas de mejorar la capacidad de retención de agua de los sustratos es adicionar al sustrato una proporción de materia orgánica.

Uno de los sustratos más utilizados en la mayoría de los viveros es el suelo y dependiendo de sus características puede ser utilizado para preparar mezclas que den origen a nuevos sustratos o a un sustrato mejorado. Cuando el suelo tiene una estructura muy fina, es recomendable que se mezcle con materiales que puedan aumentar la porosidad del mismo, para mejorar la entrada de aire y evacuación de excesos de agua, con lo cual se está proporcionando un medio adecuado para el desarrollo radicular.

La porosidad es un factor muy importante, ya que con la presencia de poros pequeños hay mayor retención de humedad, mientras que con poros grandes hay mayor evacuación de los excesos de agua. Lo que se pretende es encontrar un equilibrio, ya que una desproporción en la porosidad puede causar la muerte de la planta por exceso de agua dentro del sustrato. Por otro lado, si ocurriera lo contrario, muy poca retención de agua podría estar interrumpiendo la actividad fisiológica natural de la planta (ANSONERA, 1994).

2.7.2. Propiedades químicas del sustrato

A las propiedades químicas de los sustratos se les ha prestado hasta ahora la mayor atención. Estas propiedades influyen en el suministro de nutrientes a través de la capacidad de intercambio catiónico, la cual depende, en gran medida, de la acidez del sustrato. Las características químicas y nutritivas de un sustrato pueden ser modificadas con la adición de fertilizantes y enmiendas (HINE, 1991).

Entre las características químicas importantes de los sustratos se encuentran el contenido de macro y micronutrientes, el pH y la capacidad de intercambio catiónico. Un equilibrio de estos tres factores permite tener un sustrato adecuado para el crecimiento del cultivo (BURÉS, 1997).

2.7.3. Propiedades biológicas del sustrato

Las características biológicas de los sustratos han sido muy poco estudiadas hasta el momento. Sin embargo, Hartmann *et al.* (1976), citado por MONTERO (1986) menciona que, los sustratos deben poseer, además de buenas características físicas y químicas, características biológicas como la presencia de microorganismos (micorrizas, rhizobium y acetobacter) que ayuden a los procesos de descomposición de compuestos orgánicos.

MALPARTIDA (2008) en su investigación logró un incremento en altura de 24.3 cm al cabo de 60 días y con un sustrato de tierra agrícola 50% + aserrín descompuesto 10% + arena 10% + humus 30%.

2.8. Características del suelo de bosque

Según PETER *et al.* (2003), los suelos son muy diversos y tiene origen aluvial o coluvio-aluvial. Según BRACK *et al.* (1994), la Amazonía cuenta con muchos tipos de suelos, pero todo ellos se caracterizan por ser en sí pobres, dependiendo su fertilidad de la biomasa de la vegetación, son en gran parte ácidos y con alto contenido de aluminio.

BRACK *et al.* (1994) manifiesta que, el 95% de los nutrientes está en el bosque produciendo materia orgánica (hojas, ramas, flores, frutos, otros). JAIME y FRANCO (1997) indican que, el aporte de nutrientes a través de fertilizantes es muy bajo y en muchas plantaciones a nivel rural casi nulo, constituyendo el aporte de hojarasca la principal fuente de entrada de nutrientes en estos sistemas.

Según LUSKE *et al.* (2001), las hojarascas asociadas a una tasa lenta de descomposición incluyen una alta razón carbono nitrógeno C:N, una alta razón de lignina a nutrientes minerales y una abundancia de fenoles u otros compuestos secundarios. Una descomposición lenta reduce la disponibilidad de nutrientes para el nuevo crecimiento, debido a la inmovilización de estos en las acumulaciones de detritus. Por otra parte, una descomposición rápida de la hojarasca, producto de una menor razón C:N, un bajo contenido de lignina o escasez de compuestos secundarios, potencia un ciclaje más rápido de los nutrientes en el ecosistema forestal. Aunque los ambientes bióticos y abióticos sin duda influyen en las tasas de

descomposición, no se sabe con certeza hasta qué punto la tasa de descomposición es afectada por la especialización de la fauna detritívora a la vegetación autóctona de una región.

2.9. Características de la gallinaza

Se denomina gallinaza a la excreta de ave sola o en mezcla con otros materiales (MURILLO, 1996). La gallinaza es uno de los fertilizantes más completos y que mejores nutrientes puede aportar al suelo. Contiene nitrógeno, fósforo, potasio y carbono en importantes cantidades.

La gallinaza es un abono orgánico de excelente calidad, se compone de eyecciones de las aves de corral y del material usado como cama, que por lo general es cascarilla de arroz y cal en pequeña proporción, la cual se coloca en el piso. Es un apreciado fertilizante orgánico, relativamente concentrado y de rápida acción. Lo mismo que el estiércol, contiene todos los nutrientes básicos indispensables para las plantas, pero en mayor cantidad. Este abono se diferencia de todos los demás estiércoles en que su contenido de nutrientes es más alto, pero al igual que todos los estiércoles de granja, su composición es variable que depende de su ordenación, almacenamiento y número de camas (HERNÁNDEZ y CRUZ, 1993).

Uno de los nutrientes más variables es la proteína cruda, la cual es afectada por la humedad que contenga, ya que las bacterias presentes en el material desdoblan el ácido úrico y lo convierten en amoniaco, el cual se evapora. Otro aspecto importante en la gallinaza es su alto contenido de calcio,

que alcanza valores de 6% en promedio; en algunos casos se observan valores del 10 - 12% (HERNÁNDEZ y CRUZ, 1993).

Con la aplicación de gallinaza se contribuye a mejorar los suelos degradados proporcionando una amplia gama de nutrientes, en suelos fértiles la aplicación de estiércol contribuye a mantener la materia orgánica y estimula la actividad micro y meso biológica del suelo. En suelos ácidos contribuye a amortiguar las condiciones químicas del suelo, además tiene un contenido más alto de cal que otros abonos orgánicos (FAO, 2009).

El uso de estos productos generados como parte del proceso productivo de la actividad agrícola ha sido regulado en países como Costa Rica, con la finalidad de recomendar el tratamiento previo de los mismos a fin de reducir al mínimo la contaminación del ambiente, la generación de desechos y los riesgos para la salud humana y animal (MINAE, 1986).

BERRIOS (2007), en su investigación "Evaluación del efecto de tres tipos de abonos orgánicos en el incremento de diámetro y altura de cinco especies forestales en una plantación establecida" en la ciudad de Tarapoto - Perú; determinó que la shaina tiene un incremento diametral con gallinaza de 6.51 cm a 2 meses de edad, mientras que el humus fue de 6.18 cm.

2.10. Características del guano de isla

El guano de islas es una mezcla de excrementos de aves (guanay, piquero, alcatraz o pelicano que habitan en la costa en el Perú), plumas, restos

de aves muertas y huevos de las especies que habitan el litoral y que pasa un proceso de fermentación lenta, lo cual permite mantener sus componentes al estado de sales. Es uno de los abonos naturales de mejor calidad por su contenido de nutrientes, así como facilidad de asimilación (GUERRERO, 1993).

El guano de las islas es un recurso natural renovable, que se encuentra en las superficies de las islas y puntas del litoral peruano, lugares en donde se aposentan y se reproducen las aves guaneras.

Es un poderoso fertilizante orgánico utilizado con gran éxito por los agricultores y ligado desde muchos años a nuestra historia; tiene un alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, además de muchos otros elementos nutritivos, que los convierten en el fertilizante orgánico más completo del mundo. Estos yacimientos son tan antiguos que ya los Incas los conocían y los empleaban en sus cultivos que de generación en generación han pasado hasta nuestros días (PROABONOS, 2008).

Biológicamente el guano de islas juega un rol esencial en el metabolismo básico del desarrollo de raíces, tallos y hojas contiene todos los elementos nutritivos que aseguran la nutrición de las plantas, además de tener una acción benéfica sobre la vida de los suelos. El guano de las islas como es de conocimiento general, no es otra cosa que las deyecciones de las aves marinas como el guanay, piquero y el alcatraz. Las aves guaneras son prácticamente laboratorios vivientes donde se procesa el abono más completo que ha podido darse en la naturaleza. Este abono consiste en la carne y los

esqueletos de los peces que han sido ingeridos por las aves, y que sufren todo un proceso digestivo que los convierte en materia de fácil asimilación por las plantas (RAMÍREZ, 1999).

El guano de islas se debe aplicar en proporciones adecuadas a las plantas o cultivos. Según BROWN *et al.* (1987), las plantas utilizan en su nutrición pequeñas cantidades de ciertos elementos, denominados microelementos, oligoelementos o elementos trazas. Los vegetales los requieren solamente en cantidades muy pequeñas que oscilan entre 0.01 a 0.5 ppm. Los micronutrientes tienen varias propiedades en común, entre las que están la de actuar como activadores de muchas enzimas esenciales para la vida vegetal, aunque cuando presentes en cantidades elevadas en las soluciones nutritivas o solución del suelo, producen toxicidad.

RAMÍREZ (1999) indica que el guano de isla tiene como propiedades:

- Abono natural no contaminante
- Biodegradable
- Incrementa la actividad microbiana del suelo.
- Mejorador ideal de los suelos.
- Soluble en agua, de fácil asimilación por las plantas.
- No requiere agregados.
- No deteriora los suelos ni los convierte en tierras salitrosas.

2.11. Antecedentes de la investigación

2.11.1. Fertilización orgánica en especies forestales

En un trabajo de investigación sobre el uso de enmiendas químicas y orgánicas en la especie forestal sangre de grado, utilizando dosis de 1 kg, 2 kg y 3 kg de gallinaza, teniendo como resultado sobresaliente la dosis de 2 kg, de gallinaza aplicada, ya que en esta se obtuvo el mayor crecimiento en diámetro y altura (MEDINA, 2002).

Se desarrolló una investigación sobre fertilización orgánica con guano de isla, en una plantación asociada de aguaje y capirona, con dosis de 500 g y 1000 g y un testigo como base de comparación, en la cual encontró que las plantas de capirona alcanzaron mayor altura en la dosis de 1000 g, siendo no significativo ninguna dosis en las plantas de aguaje (VELA, 2005).

En un trabajo de investigación sobre efecto de diferentes dosis de bokashi EM, con T₁ (testigo) y T₂, T₃, T₄, T₅, T₆, T₇, T₈, en plantas de *Bertholletia excelsa* HBK (castaña) en vivero con tubetes, utilizando sustrato compuesto por (bagazo de caña, cascarilla de arroz, arena fina, en proporciones de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, con 7 tratamiento y un testigo (sustrato compuesto), en el T₁ y T₈ la castaña alcanzó mayor altura, T₁ no se aplicó ninguna dosis de bokashi la altura y fue mayor (PINCHI,2009).

En cuanto a la altura, de las especies con crecimiento normal y ciclo anual el 85% corresponden a calidad alta y 15% calidad media; en las de

mantenimiento el 100% se clasifican como de alta calidad. En las de crecimiento de hábito cespitoso, tanto en las de ciclo anual como en las de mantenimiento, el 100% son de calidad alta. De acuerdo con MEXAL y LANDIS (1990), la altura de la planta es un buen predictor de la altura futura en campo, aunque no lo es para la supervivencia; se considera un indicador insuficiente y es conveniente relacionarlo con otros criterios para que refleje su utilidad real, aunque es importante cuando las condiciones del sitio de plantación son adversas respecto a la vegetación herbácea y arbustiva, ya que es conveniente considerar que tenga una altura suficiente que le permita competir adecuadamente.

En relación al diámetro basal, en las especies con crecimiento normal y ciclo anual el 46% son de calidad alta y 54% de calidad media; en las de mantenimiento el 100% se clasifican como de calidad alta. En las de crecimiento de hábito cespitoso y ciclo anual, el 67% son de calidad alta y 33% de calidad baja; en las de mantenimiento el 100% son de calidad alta. De acuerdo con MEXAL y LANDIS, (1990), el diámetro es la característica de calidad más importante, que permite predecir la supervivencia de la planta en campo y define la robustez del tallo por lo que se asocia con el vigor y la supervivencia de la plantación. Se menciona que plantas con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas y fauna nociva, aunque esto varía de acuerdo a las especies.

QUEVEDO (1994) Indica que al utilizar humus de lombriz en plantaciones de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Mart.), favorece el

crecimiento en diámetro de la planta. JANAMPA (2008) afirma que, después de emplear humus de lombriz como sustrato en fase de vivero, registró que el T₄ (50% de humus de lombriz) alcanzó 6.78 cm en incremento de la altura total, el T₃ (40% de humus de lombriz) con 6.25 cm, el T₂ (30% de humus de lombriz) con 3.75 cm, el T₁ (20% de humus de lombriz) con 3.81 cm y el T₀ (0% de humus de lombriz) con 3.45 cm durante tres meses de evaluación.

IGLESIAS (1998) determinó el efecto de 3 niveles de roca fosfórica (3, 6 y 9 t.ha⁻¹) y gallinaza (10, 20 y 30 t.ha⁻¹), en los primeros ocho meses del trasplante al campo definitivo del cultivo de café variedad Catimor. La aplicación de la roca fosfórica en la altura de la planta, rendimiento de materia seca y extracción de N, P y K, ha tenido efectos significativos con 6 y 9 t/ha. La aplicación de gallinaza, si bien incrementó la altura de planta, rendimiento de materia seca y extracción de N, P, K, respecto al testigo, en cambio, entre los niveles estudiados no se encontraron diferencias de significación. En cuanto a Ca y Mg no se halló efecto de los niveles de roca ni gallinaza.

ALVARADO (2001), en una la plantación de pashaco (*Schizolobium parahybum*), después de aplicar humus de lombriz a las plantas cuyas dosis fueron de: A = 0 kg, B = 1 kg, C = 2 kg y D =3 kg. Los resultados determinaron que las plantas aplicadas humus, fueron superiores a las plantas que no recibieron la dosis, demostrando con esto la factibilidad de realizar plantaciones forestales de *Schizolobium parahybum* (Pashaco) entre otras especies, con aplicación localizada de humus de lombriz y TRINIDAD (2000) afirma que no en vano, los abonos orgánicos están considerados universales

por el hecho que aportan casi todos los nutrimentos que las plantas necesitan para su desarrollo.

2.11.2. Calidad de plantas

La altura en especies del género *Pinus* fluctuó entre 13.8 cm en *P. oocarpa* en el vivero La Chichihua hasta 38.2 cm en *P. greggii* en el vivero José Ma. Morelos; en las especies con crecimiento de hábito cespitoso, la altura registrada es de 4.2 cm en *P. michoacana* en el vivero El Copal hasta 9.8 cm en el vivero La Dieta; en la especie *C. lindleyi*, la altura es poco variable en los viveros evaluados y fue de 48.5 cm en el vivero Chincua hasta 52.4 cm en el vivero La Dieta.

En cuanto al diámetro del cuello de la raíz (diámetro basal), en las especies del género *Pinus*, se encontraron valores entre 2.8 mm en *P. greggii*, en los viveros El Copal y Pátzcuaro hasta 6.6 mm en *P. ayacahuite* en el vivero La Dieta; en las especies con crecimiento de hábito cespitoso, el valor fue 4.3 mm en *P. michoacana* del vivero El Copal hasta 15.9 mm en el vivero La Dieta; en *C. lindleyi* el diámetro fue de 4.8 mm en el vivero Magallanes hasta 7.0 mm en el vivero La Dieta.

En producción de biomasa aérea en especies del género *Pinus*, fluctuó entre 1.06 g/planta en *P. oocarpa* en el vivero La Chichihua hasta 7.42 g/planta en *P. pseudostrobus* en el vivero Magallanes-COFOM; en las especies con crecimiento de hábito cespitoso los registros obtenidos fueron de 1.66 g/planta en *P. michoacana* del vivero El Copal hasta 10.47 g/planta en el vivero

La Dieta; en *C. lindleyi* fue de 5.93 g/planta en el vivero Chincua hasta 12.98 g/planta en el vivero La Dieta.

Con la relación altura/diámetro basal (índice de robustez) en las especies con crecimiento normal y ciclo anual, el 38% se califica como de alta calidad, el 38% de media y 24% de calidad baja; en las de mantenimiento, 42% son calidad alta, 29% media y 29% baja. En las especies con crecimiento de hábito cespitoso, en las de ciclo anual se tuvo un 67% de calidad alta y 33% de baja; en las de mantenimiento se registró 25% de calidad alta y 75% calidad baja. Con ésta relación y de acuerdo con RODRÍGUEZ (2008), el 70% de la planta tendrá baja supervivencia y resistencia a la desecación por el viento, además de menor crecimiento potencial en sitios secos y por lo citado por PRIETO *et al.* (2003) y PRIETO *et al.* (2009), los resultados indican una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados, esto se detectó principalmente en la planta de mantenimiento.

Con la relación altura/longitud de raíz, las especies con crecimiento normal y ciclo anual, se clasifican de la siguiente manera: 92% de alta calidad y 8% de calidad baja; en las de mantenimiento, 8% son calidad alta, 57% media y 43% baja. En las especies con crecimiento de hábito cespitoso y ciclo anual, el 100% son de calidad alta y en las de mantenimiento, 50% de calidad alta y 50% de calidad baja. De acuerdo con PRIETO *et al.*, (2003), éste indicador predice el éxito de la plantación y debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radicular de las plantas, por lo tanto, se tendrían bajas

tasas de supervivencia en las plantaciones principalmente con la planta de mantenimiento.

Con la relación peso seco de la parte aérea y el peso seco del sistema radicular, en las especies con crecimiento normal y ciclo anual, el 15% se califica como de mediana calidad y el 85% de calidad baja; en las de mantenimiento, 43% son calidad media y 57% de calidad baja. En las de crecimiento de hábito cespitoso, tanto en las de ciclo anual como en las de mantenimiento, el 100% son de calidad alta. De acuerdo con RODRÍGUEZ (2008), la producción de biomasa es importante debido a que refleja el desarrollo de la planta en vivero y los resultados indican desproporción y la existencia de un sistema radicular insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta y THOMPSON, (1985) asevera que es más importante cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación.

Con el índice de calidad de Dickson, en las especies con crecimiento normal y ciclo anual, el 38% se clasifica como de alta calidad, 46% de media y el 15% de calidad baja; en las de mantenimiento el 100% son de calidad alta. En las especies con crecimiento de hábito cespitoso, tanto las de ciclo anual como de mantenimiento, el 100% son de calidad alta. GONZÁLEZ *et al.* (1996), mencionan que es un índice desarrollado para evaluar distintas combinaciones de parámetros morfológicos y Fonseca *et al.* (2002), citado por GARCÍA (2007) aseveran que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de investigación

3.1.1. Ubicación política

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el vivero forestal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS, Tingo María), y en el Laboratorio de Certificación de Semillas Forestales; ambos localizado políticamente en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado en la región de Huánuco.

3.1.2. Ubicación geográfica

De acuerdo a Javier Pulgar Vidal, Tingo María pertenece a la Selva Alta o Rupa Rupa, geográficamente el área experimental se localiza en las coordenadas UTM: Este 3900283 y Norte 8970774.

3.1.3. Zona de vida

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de Leslie R. Holdridge, Tingo María se encuentra en la formación vegetal de bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh-PT).

3.1.4. Clima

La zona presenta una temperatura media anual de 24.3 °C, teniendo mínimas de 19.2 °C que presenta en la época lluviosa (febrero - marzo) y máxima de 29.4 °C (junio – agosto). La precipitación promedio por año 3,300 mm/año, siendo los meses con mayor presencia de lluvia entre diciembre a abril. La altitud sobre el nivel del mar promedio del lugar del estudio es de 665 m y la humedad relativa es de 87%, disminuyendo en los meses de junio a agosto e incrementándose en los meses de enero a marzo por el incremento de las precipitaciones (EMC JAQ, 2009).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material biológico

- Semillas de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke)

3.2.2. Material orgánico e insumos

- Tierra agrícola
- Suelo de bosque
- Abono orgánico Tropimax
- Gallinaza
- Guano de isla
- Bolsas de polietileno

3.2.3. Herramientas y equipos

- Pala
- Carretilla
- Regla
- Vernier digital
- Balanza analítica
- Estufa

3.3. Metodología

3.3.1. Instalación del experimento

Se realizó en el vivero forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ocupando un espacio dentro de las camas de cría. La orientación de las camas de cría es de este a oeste, su construcción es a base de concreto al igual que los pilares que soportan los tejidos de metal que sirven de apoyo a la cobertura de malla Rasschel. La dimensión de las 2 camas de cría fue de 1 m de ancho por 6 m de largo cada una.

3.3.2. Obtención de semillas

Las semillas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke fueron recolectados de la chacra del sr. José Roldan Carranza Nolasco, localizado en

el caserío Santa Anita, en el distrito de Puerto Bermúdez, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco. De los cuales se seleccionaron los árboles con buenas características fenotípicas tales como, altura, fuste recto y diámetros superiores.

Las semillas fueron seleccionadas de forma manual, descartando posibles semillas vanas que serían incapaces de germinar.

3.3.3. Germinación

Se realizó en la cama de almácigo, empleando 4 tipos de sustratos: aserrín, tierra de bosque, tierra agrícola y algodón humedecido en la cámara de germinación.

Los sustratos fueron desinfectados con el producto Cupravit. Las semillas fueron colocadas en hileras en sus respectivos sustratos, separadas cada dos a tres centímetros entre ellas.

Las semillas sembradas empezaron a germinar al tercer día de haberlos sembrado, culminando a los 20 días.

3.3.4. Extracción de suelo de bosque

La extracción del suelo de bosque se ha realizado en el BRUNAS, con ayuda de una pala recta se procedió a extraer la capa superficial de aproximadamente 10 cm de profundidad; posteriormente fue transportado al vivero forestal y ornamental “El Silvicultor” de la UNAS.

3.3.5. Obtención de obtención de los abonos orgánicos

3.3.5.1. Obtención de gallinaza

La gallinaza fue obtenida del vivero forestal y ornamental “El Silvicultor” de la UNAS.

3.3.5.2. Obtención del guano de isla

El guano de isla se obtuvo del vivero forestal y ornamental “El Silvicultor” de la UNAS.

3.3.5.3. Obtención de abono orgánico Tropimax

Este material fue adquirido mediante compra directa a la empresa Cooperativa Agraria Cafetalera Divisoria Ltda. Ubicado en la zona de Mapresa, el cual fue trasladado hacia el vivero forestal y ornamental “El Silvicultor” de la UNAS.

3.3.6. Preparación de los tratamientos (sustratos)

Se aplicó 5 tratamientos, con un testigo incluido, los cuales fueron: sustrato de bosque (T₀), sustrato de vivero (T₁), guano de isla (T₂), gallinaza (T₃) y abono orgánico Tropimax (T₄). La preparación de los sustratos a utilizar como tratamientos, se realizó en el interior del vivero forestal y ornamental “El Silvicultor” de la UNAS. En el cual se obtuvo los siguientes tratamientos:

- T₀ - Sustrato de bosque

- T₁ - Sustrato de vivero, con la proporción de 3:2:1 (3 de tierra negra, 2 de arena y 1 de aserrín descompuesto)
- T₂ - Sustrato de vivero 3:2:1 + guano de isla al 0.5%
- T₃ - Sustrato de vivero 3:2:1 + gallinaza al 3%
- T₄ - Sustrato de vivero 3:2:1 + abono orgánico Tropimax al 10%

3.3.7. Repique

Esta actividad se realizó cuando las plántulas obtuvieron 1 par hojas, y/o cuando los 2 cotiledones estaban abiertos listos para realizar el proceso de fotosíntesis, repicándolas en las bolsas de polietileno. Tres días posteriores al repique, se procedió a reemplazar o recalzar las plántulas muertas.

3.3.8. Labores culturales

Consistió en regar a las plántulas por el lapso de cada 2 días en ausencia de lluvias, además se realizó el control de maleza, dicha actividad se realizó con frecuencia de 15 días.

3.3.9. Evaluación

Las evaluaciones de altura y diámetro basal fueron registradas durante un período de seis meses a partir del repique, y fueron realizadas durante cinco períodos de un mes cada uno. Es decir, la primera evaluación fue efectuada al mes del repique.

La cuantificación de biomasa fue realizada durante el período de cuatro meses, las cuales fueron evaluadas a 2 meses después del repique, para lo cual los plántones fueron extraídos de los envases (bolsas), los mismos que fueron lavados retirando de las raíces los restos de sustrato. Luego, en el laboratorio cada plánton fue seccionado a la altura del cuello del tallo, obteniéndose por separado valores del peso de la parte aérea y parte radicular.

3.3.9.1. Altura (cm)

Se midió con una regla graduada de 60 cm, desde el cuello del tallo hasta la yema apical de la planta.

3.3.9.2. Diámetro del tallo (mm)

Se obtuvo con un vernier digital y fue medido en el cuello de la raíz (a 5 cm a partir del nivel de sustrato).

3.3.9.3. Biomasa de la sección aérea y sistema radicular (g)

Este procedimiento se llevó a cabo las cuatro veces que fue evaluada la biomasa. Se separaron ambas partes con tijeras de podar y el peso húmedo se determinó con una balanza digital (precisión de milésimas de gramo). Posteriormente, se colocó cada parte o componente por separado en sobre de papel manteca. Es decir, en cada sobre fue colocada la parte aérea de las plantas por repetición por tratamiento, procediendo de manera similar con la parte radicular de las plantas por repetición por tratamiento. Finalmente

por cada evaluación realizada, se obtuvo 10 sobres con la parte aérea y 10 con el componente radicular de las plantas, los que fueron colocados en la estufa para su secado a una temperatura de 70 °C. Transcurridas las 72 horas se registró el peso seco al horno de las plántulas.

3.3.10. Calculo de los índices de calidad

Con las variables antes referidas, se calcularon los siguientes índices de calidad de planta por tratamiento:

3.3.10.1. Relación altura/diámetro del cuello de la raíz o índice de robustez (IR)

Relaciona la altura (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm) de la planta, y fue determinada con la fórmula propuesta por Roller (1977), citado por THOMPSON (1985):

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

3.3.10.2. Relación de la biomasa aérea/radicular (R BSA/BSR)

Refleja el desarrollo de la planta en vivero, la misma que fue calculada mediante la fórmula planteada por Herman (1964), citado por THOMPSON (1985):

$$R \text{ BSA/BSR} = \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca raíz (g)}}$$

3.3.10.3. Índice de calidad de Dickson (ICD)

Reúne varios atributos morfológicos en un solo valor que es usado como índice de calidad; a mayor valor de índice mejor calidad de planta. Su cálculo se realizó con la fórmula sugerida por DICKSON *et al.* (1960):

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diametro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco parte aerea (g)}}{\text{Peso seco raiz (g)}}$$

3.3.10.4. Índice de lignificación

Relaciona el peso seco total entre el peso húmedo total de la planta, el cual determina el porcentaje (%) de lignificación. Se calculó con la fórmula:

$$IL = \left(\frac{\text{Peso total seco (g)}}{\text{Peso total humedo (g)}} \right) * 100$$

3.3.10.5. Relación altura/longitud de raíz

Predice el éxito de la plantación y debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radicular de los plantones

$$R \text{ altura/longitud de raiz} = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Longitud de raiz (cm)}}$$

La clasificación de los índices de calidad para los atributos morfológicos de latifoliadas se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación de los índices de calidad para los atributos morfológicos de latifoliadas.

Variable	Calidad		
	Baja	Media	Alta
Altura (cm)	< 12	12 – 14.9	≥ 15
Diámetro (mm)	< 2.5	2.5 – 4.9	≥ 5.0
Índice de robustez	≥ 8.0	7.9 – 6.0	< 6.0
Relación BSA/BSR	≥ 2.5	2.4 – 2.0	< 2.0
Índice de Dickson	< 0.2	0.2 – 0.4	≥ 0.5
Índice de lignificación (%)	≥ 10	10 – 11.33	11.33 – 17.01
Relación Altura/Longitud de raíz	< 2.5 : 1	2 : 1 – 2.5 : 1	≥ 2:1

Fuente: SÁENZ *et al.* (2010).

3.4. Diseño experimental

El diseño empleado en esta investigación fue un Diseño de Bloque Completamente al Azar (DBCA), empleando cuatro bloques (repeticiones) y los cinco tratamientos.

La unidad experimental está conformada por 50 plántones (Sub-unidades experimentales), teniéndose un total de 20 unidades experimentales, 200 plántones por tratamiento y un total de 1000 plántones evaluados. Se utilizó el análisis de varianza para la prueba de hipótesis y la comparación de medias de Test de DUNCAN.

Cuadro 3. Tratamientos en base a abonos orgánicos utilizados en el experimento.

Descripción	Tratamiento
Sustrato de bosque (tratamiento testigo)	T ₀
Sustrato de vivero proporción 3:2:1	T ₁
Sustrato de vivero proporción 3:2:1 con guano de isla al 0.5 %	T ₂
Sustrato de vivero proporción 3:2:1 con gallinaza al 3%	T ₃
Sustrato de vivero proporción 3:2:1 con Tropimax al 10 %	T ₄

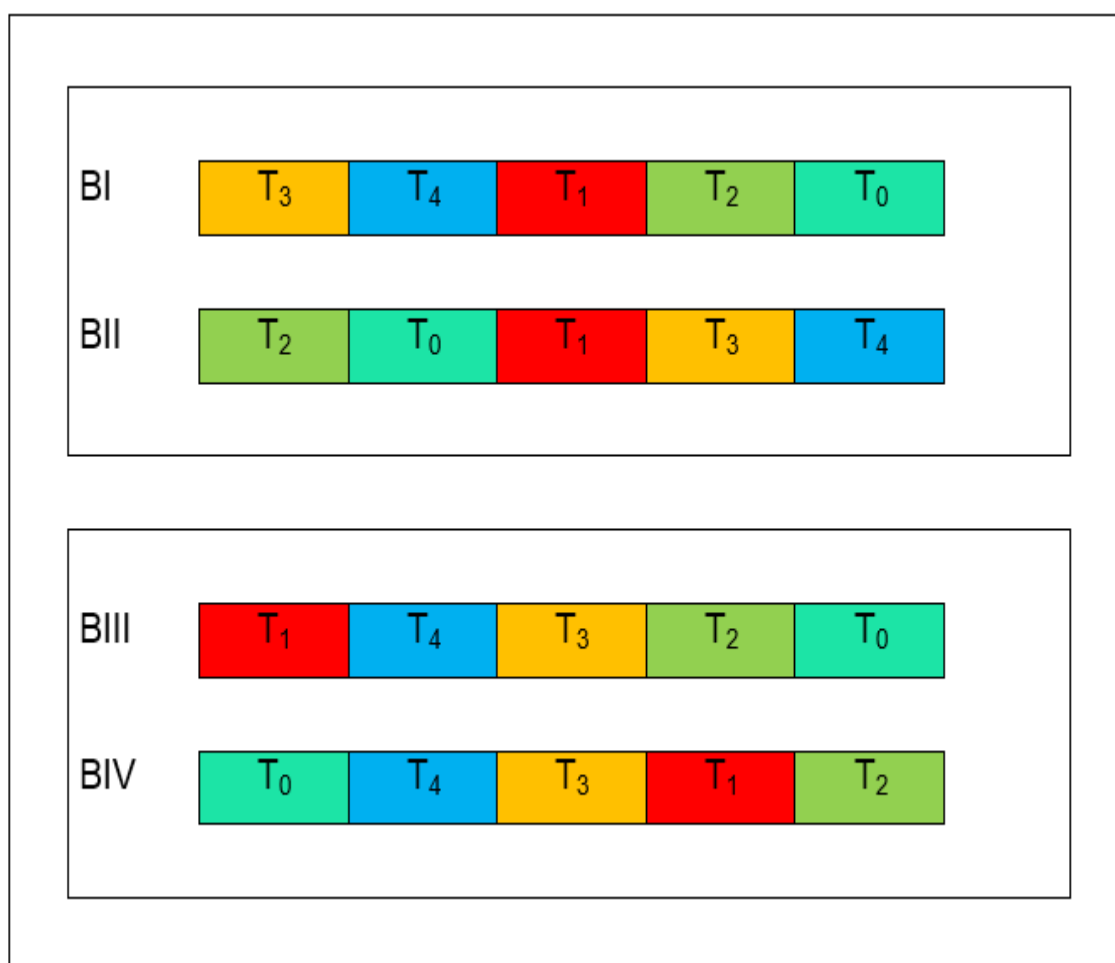


Figura 1. Croquis del experimento (DBCA).

3.4.1. Análisis de varianza (ANVA)

Cuadro 4. Modelo del análisis de varianza (ANVA).

FV	GL	SC	CM	FC
Tratamientos	t - 1	SCt	CMA = SCA / t-1	CMA / CME
Bloques	b - 1	SCb	CMB = SCB / b-1	CMB / CME
Error Experimental	(t - 1)(b-1)	SCE	CME = SCE / (t-1)(b-1)	
Total	t*b - 1	SCT		

Cuadro 5. Fuentes de varianza en el modelo de análisis de varianza.

Fuentes de variabilidad	Grados de libertad
Bloques	3
Sustratos con abonos orgánicos	4
Error experimental	12
Total	19

El modelo aditivo lineal:

$$\mu = T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde: μ = media general, T_i = efecto abonos orgánicos,

B_j = efecto de bloques, E_{ij} = Efecto del error experimental.

3.4.2. Procesamiento de resultados y análisis estadístico

Los datos registrados fueron pre procesados en hoja electrónica Excel para la obtención de los promedios por tratamiento y bloque, posteriormente se determinó el ANVA. Las pruebas de significación se hicieron al 95% de probabilidad, y para la separación de medias de los tratamientos se empleó la prueba de Duncan para un nivel de $\alpha = 0.05$.

IV. RESULTADOS

4.1. Crecimiento en altura de plántulas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

En el ANOVA para el crecimiento en altura de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, luego de la aplicación de abonos orgánicos en los tratamientos (T₀, T₁, T₂, T₃ y T₄), se encontró que no hubo diferencias significativas entre los bloques; pero si presentó diferencias significativas entre los tratamientos. El coeficiente de variabilidad resultó en un rango de 6 a 11%, teniendo en cuenta las condiciones medioambientales y el suelo, rango aceptable para viveros a campo abierto (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de varianza del crecimiento en altura de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.

FV	GL	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
		CM	CM	CM	CM	CM	CM
Bloq.	3	1.025 NS	1.225 NS	1.562 NS	3.435 NS	2.46 NS	2.751 NS
Trat.	4	3.798 *	6.382 *	14.47 *	18.1556 *	18.6819 *	20.2498 *
EE	12	1.026	0.765	1.185	2.489	2.645	3.086
Total	19						

CV (%): 6.72, 7.87, 8.59, 11.05, 10.29 y 10.29. * = significancia estadística. NS = No significativa.

La prueba de Duncan, asigna al tratamiento testigo (T_0) con solo sustrato de bosque, como el mejor sustrato para crecimiento en altura de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke., seguido del tratamiento con sustrato de vivero en proporción 3:2:1 + guano de isla (T_2), encontrándose que han sido las mejores dosis que influyeron en el crecimiento inicial, teniendo 20.88 cm para el mes de Agosto el cual fue el último mes de evaluación (Cuadro 7).

Cuadro 7. Prueba de Duncan para el crecimiento en altura de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.

Trat./ Meses	Promedios de altura de planta por mes (cm)					
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
T_0	10.70 a	12.95 a	15.57 a	17.32 a	19.23 a	20.88 a
T_1	10.20 a	11.41 b	12.78 b	14.32 bc	15.84 b	16.6 b
T_2	9.82 a	11.33 b	13.05 b	15.19 ab	15.94 b	16.78 b
T_3	8.46 b	9.69 c	11.05 c	12.60 c	14.37 b	16.13 b
T_4	8.66 b	10.19 bc	10.86 c	11.98 c	13.6 b	14.93 b

Letras distintas presentan significancia estadística para ($p \leq 0.05$).

El crecimiento acumulado en cada una de las evaluaciones realizadas, evidenció la influencia de los sustratos utilizados en el crecimiento en altura de plántulas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke. Sin embargo fue el sustrato con sustrato de bosque (T_0) el que presentó mayor incremento en altura con 20.88 cm, seguido de los tratamientos T_2 , T_1 y T_3 con 16.78 cm, 16.61 cm y 16.13 cm respectivamente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Crecimiento promedio mensual acumulado de altura en plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.

Trat./	Promedio altura de plantas por mes (cm)					
Meses	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
T ₀	10.71	12.95	15.58	17.32	19.24	20.88
T ₁	10.21	11.42	12.78	14.32	15.85	16.61
T ₂	9.82	11.33	13.05	15.19	15.95	16.78
T ₃	8.46	9.70	11.06	12.61	14.38	16.13
T ₄	8.67	10.19	10.87	11.98	13.61	14.94

Se encontró crecimientos menores en la altura del plantón para el tratamiento con abono Tropimax (T₄) con 14.94 cm, frente a los demás tratamientos; se presentó un desempeño similar al T₃ y T₁ (Figura 2).

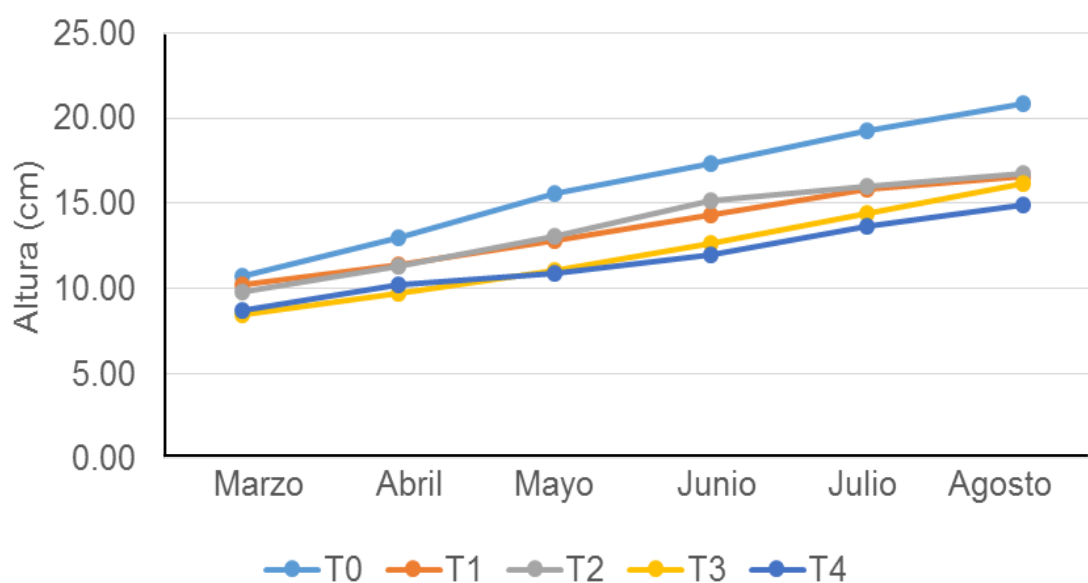


Figura 2. Crecimiento acumulado en altura de plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.

4.2. Crecimiento en diámetro de plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

El análisis de varianza muestra los resultados obtenidos para el crecimiento en diámetro de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, luego de la aplicación de abonos orgánicos en los tratamientos (T₀, T₁, T₂, T₃ y T₄), encontrándose que no existe diferencias significativas entre los bloques, excepto en la medición para el mes de agosto; pero si se presentó a un nivel de $p < 0.05$ diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. El coeficiente de variabilidad resultó en un rango de 4 a 5% (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de varianza del crecimiento en diámetro de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.

FV	GL	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
		CM	CM	CM	CM	CM	CM
Bloq.	3	0.019 NS	0.026 NS	0.029 NS	0.031 NS	0.045 NS	0.064 *
Trat.	4	0.049 *	0.066 *	0.061 *	0.125 *	0.219 *	0.328 *
EE	12	0.019	0.010	0.013	0.016	0.015	0.016
Total	19						

CV (%): 5.10, 4.23, 4.52, 4.67, 4.20 y 4.15 respectivamente

* = significancia estadística a un nivel de $\alpha = 0.05$. NS = No significativa.

Al realizar la prueba de Duncan a los promedios del diámetro, encontramos que los tratamientos: sustrato de bosque (T₀) y el sustrato de

vivero + guano de isla (T₂), fueron quienes más influyeron en el crecimiento en diámetro de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (Cuadro 10); sin embargo el tratamiento con abono orgánico Tropimax (T₄) fue el que menos desempeño mostro en el crecimiento de diámetro en plántulas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, con apenas 2.71 mm en diámetro acumulado (Cuadro 11).

Cuadro 10. Prueba de Duncan para el crecimiento en diámetro de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.

Trat./ Meses	Promedios de diámetros de planta por mes (mm)											
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto						
T ₀	2.22	a	2.51	a	2.65	a	2.96	a	3.27	a	3.51	a
T ₁	2.18	a	2.41	ab	2.54	a	2.71	b	2.91	b	3.01	b
T ₂	2.14	a	2.39	ab	2.53	a	2.69	b	2.99	b	3.11	b
T ₃	2.06	ab	2.31	bc	2.47	ab	2.63	bc	2.91	b	3.04	b
T ₄	1.94	b	2.17	c	2.31	b	2.47	c	2.62	c	2.71	c

Letras distintas presentan significancia estadística para ($p < 0.05$).

En el crecimiento acumulado del diámetro, la tendencia muestra incrementos mayores en diámetro en el sustrato de bosque (T₀) con un diámetro acumulado de 3.51 mm y el sustrato de vivero + guano de isla (T₂) con un diámetro de 3.12 mm. Además, se indica que las plantas encuentran idóneos los sustratos o mantillos de bosque, para su desarrollo sea en diámetro y altura, esto debido por el reciclaje de nutrientes que existe en este tipo de sustrato (Cuadro 11).

Cuadro 11. Crecimiento promedio mensual del diámetro en plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.

Trat./	Promedio diámetro de plantas por mes (mm)					
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
T ₀	2.22	2.51	2.66	2.97	3.28	3.51
T ₁	2.18	2.42	2.55	2.72	2.91	3.01
T ₂	2.15	2.40	2.53	2.70	3.00	3.12
T ₃	2.07	2.32	2.47	2.63	2.91	3.04
T ₄	1.94	2.17	2.32	2.48	2.62	2.71

Observamos en la Figura 3 un crecimiento pronunciado y sostenido en el tratamiento sustrato de bosque (T₀) alcanzando 3.51 mm en diámetro, la respuesta de los tratamientos T₁, T₂ y T₃ fueron similares en la presente investigación con valores de 3.01, 3.12 y 3.04 respectivamente, el tratamiento con abono orgánico Tropimax (T₄) demostró menor desempeño frente a otros.

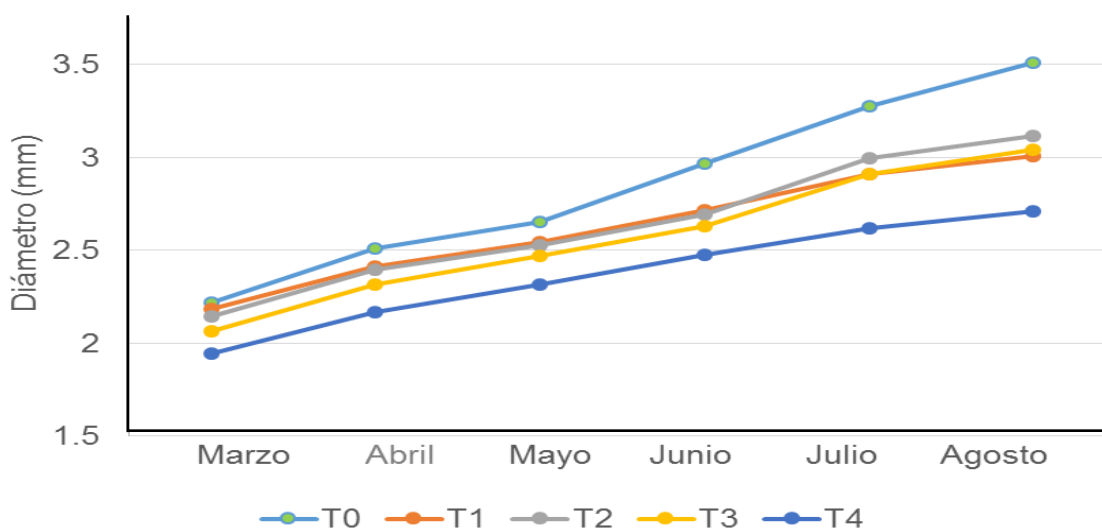


Figura 3. Crecimiento acumulado en diámetro de los plantones de tornillo.

4.3. Biomasa en plántonos de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

4.3.1. Biomasa aérea de plántonos de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

En el análisis de varianza de la biomasa aérea acumulada, se muestran que los bloques establecidos no presentan diferencias estadísticas, la cual atribuye a que no hubo efectos sobre el comportamiento sobre esta variable; en caso de los tratamientos utilizados, se encontró diferencias estadísticas significativas. Además, el coeficiente de variación señala que es aceptable la variabilidad de los datos respecto a la media (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de varianza para la biomasa aérea acumulada en plántonos de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, obtenidos en la última medición.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F _c	F _t
Tratamientos	4	2.0196	0.5049	8.0007 *	3.26
Bloques	3	0.0072	0.0024	0.0381 NS	3.49
Error	12	0.7573	0.0631		
Total	19	2.7841			

CV = 18.816%.

El uso de los tratamientos T₃ y T₀ alcanzaron mayor biomasa de la parte aérea o vástago, mientras que los demás tratamientos registraron efectos menores de biomasa (Cuadro 13).

Cuadro 13. Prueba de Duncan (α : 0.05) para la biomasa aérea acumulada en
plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, obtenidos en
la última medición.

OM	Promedio (g)	Tratamientos	Subconjuntos
1	1.790	3	a
2	1.635	0	a
3	1.190	2	b
4	1.050	1	b
5	1.010	4	b

En la ganancia de biomasa aérea se encontró mayor biomasa aérea almacenada de 1.797 gramos en el T₃, y el menor incremento de biomasa se vio reflejada en el tratamiento con abono orgánico Tropimax (T₄) con 1.015 gramos. En el tratamiento con sustrato de bosque (T₀) se observa un crecimiento uniforme y constante (Cuadro 14 y Figura 4).

Cuadro 14. Biomasa aérea por tratamientos, evaluados en los últimos 4 meses.

Eval./ Trat.	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Mayo	0.520	0.520	0.385	0.433	0.458
Junio	0.759	0.366	0.343	0.287	0.629
Julio	1.487	0.687	1.187	1.180	0.898
Agosto	1.638	1.118	1.195	1.797	1.015

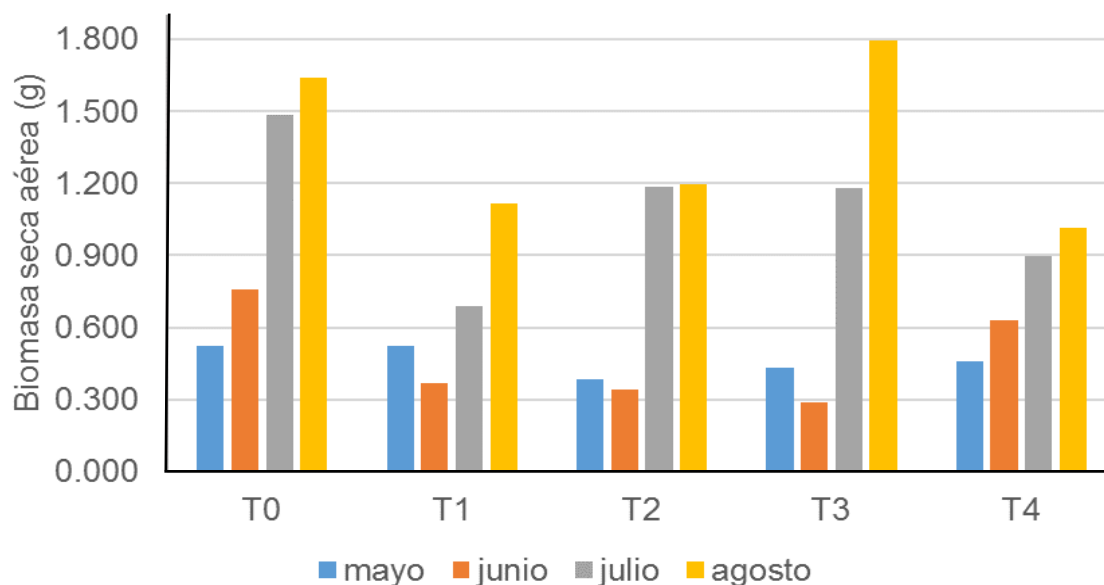


Figura 4. Incremento de la biomasa aérea por tratamientos, en 4 meses.

4.3.2. Biomasa radicular en plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

Los tratamientos utilizados en la investigación presentaron diferencias estadísticas significativas sobre la biomasa radicular (Cuadro 15).

Cuadro 15. ANVA para la biomasa radicular acumulada en plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke de la última medición.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft
Tratamientos	4	0.2339	0.0585	10.4553 *	3.26
Bloques	3	0.0065	0.0022	0.3862 NS	3.49
Error	12	0.0671	0.0056		
Total	19	0.3075			

CV = 19.286%.

Los plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke fueron influenciados en mayor medida por los tratamientos T₀ y T₁, generando el subconjunto denominado “a”, la cual le atribuye mayor efecto estadístico; en caso del abono orgánico Tropimax utilizado como sustrato (T₄), se registró menor biomasa radicular en la investigación (Cuadro 16).

Cuadro 16. Prueba de Duncan (α : 0.05) para la biomasa radicular acumulada en plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, obtenidos en la última medición.

OM	Promedio (g)	Tratamientos	Subconjuntos	
1	0.510	0	a	
2	0.485	1	a	
3	0.415	2	a	b
4	0.305	3	b	c
5	0.225	4	c	

Letras diferentes indican significancia estadística.

La ganancia de biomasa aérea se registró mediante el proceso de secado en estufa de los plantones, encontrando la mayor biomasa aérea almacenada en 0.514 gramos en el T₀, siendo este el que mayor cantidad de biomasa almacenado en plantones de tornillo; y el menor incremento de biomasa se vio reflejada en el tratamiento con abono orgánico Tropimax (T₄) con 0.225 gramos. Siendo el tratamiento con sustrato de bosque (T₀) el que tuvo un crecimiento uniforme y constante (Cuadro 17 y Figura 5).

Cuadro 17. Biomasa radicular por tratamientos, evaluados en 4 meses.

Eval./ Trat.	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Mayo	0.100	0.107	0.065	0.104	0.125
Junio	0.168	0.069	0.087	0.096	0.190
Julio	0.352	0.200	0.274	0.301	0.216
Agosto	0.514	0.483	0.415	0.308	0.225

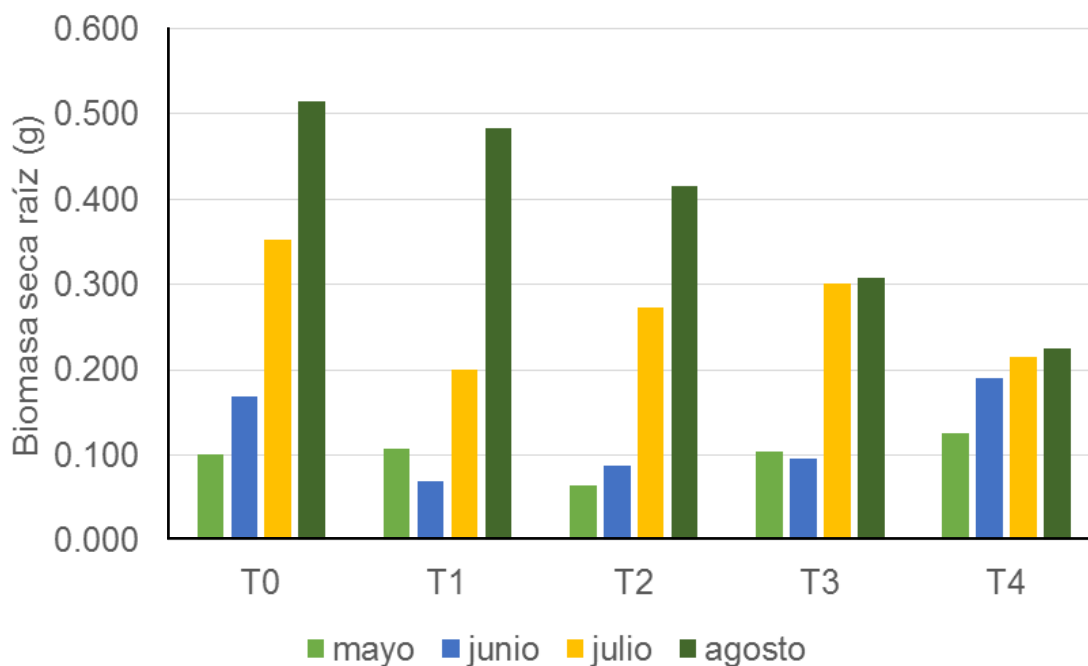


Figura 5. Biomasa radicular por tratamientos, evaluados en 4 meses.

4.4. Calidad de plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

4.4.1. Relación altura/diámetro o índice de robustez (IR)

Los valores obtenidos de la relación altura/diámetro o índice de robustez por tratamiento durante las seis evaluaciones (Cuadro 18 y Figura 6).

Cuadro 18. Relación altura/diámetro (índice de robustez) de los plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.

Evaluación	Tratamientos				
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Agosto	5.9	5.5	5.4	5.3	5.5
Julio	5.9	5.4	5.3	4.9	5.2
Junio	5.8	5.3	5.6	4.8	4.8
Mayo	5.9	5.0	5.2	4.5	4.7
Abril	5.2	4.7	4.7	4.2	4.7
Marzo	4.8	4.7	4.6	4.1	4.5

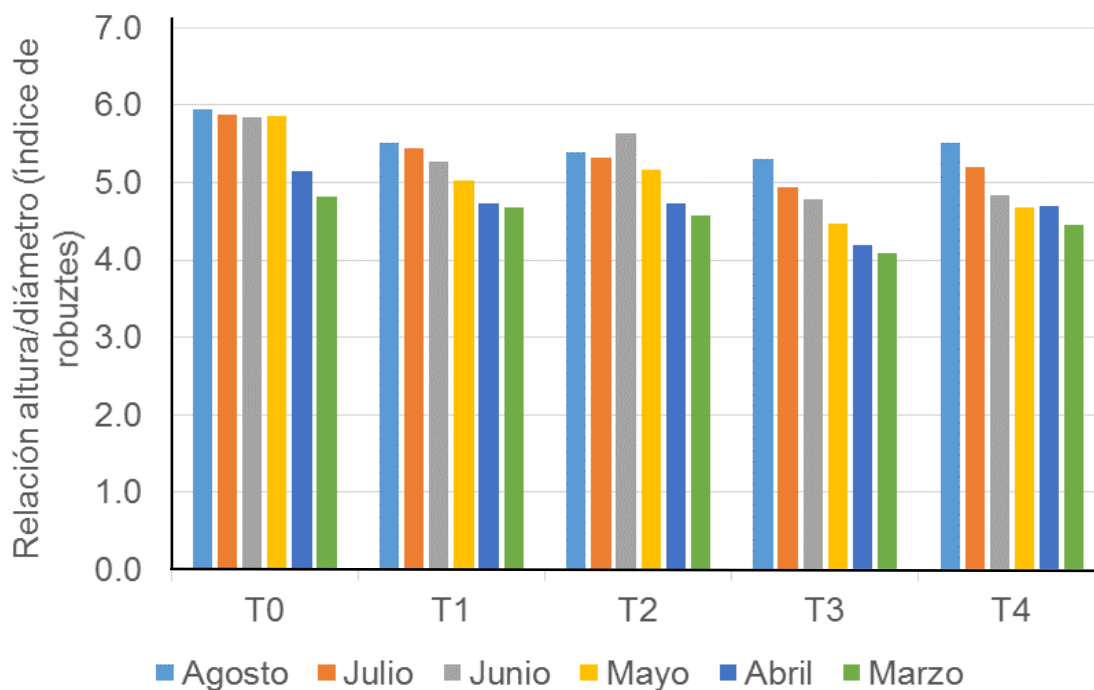


Figura 6. Índice de robustez en los plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke por tratamiento en los seis meses de evaluación.

Los valores de la relación altura/diámetro o índice de robustez presentan tendencia similar entre los tratamientos durante las seis evaluaciones y considerando que la real importancia radica en conocer este índice al final de la evaluación (que se evaluó en el mes de agosto), por tanto se realizó el cálculo del mismo para el referido período (Cuadro 19 y Figura 7). Se observa que de acuerdo al Cuadro 2 (SÁENZ *et al.*, 2010), los tratamientos T₀ (5.9), T₁ (5.5), T₂ (5.4), T₃ (5.3) y T₄ (5.5), presentan calidad alta.

Cuadro 19. Índice de robustez en los plántones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke por tratamiento, en el sexto mes de evaluación.

Relación altura/diámetro (índice de robustez) por tratamiento					
T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
5.9	5.5	5.4	5.3	5.5	

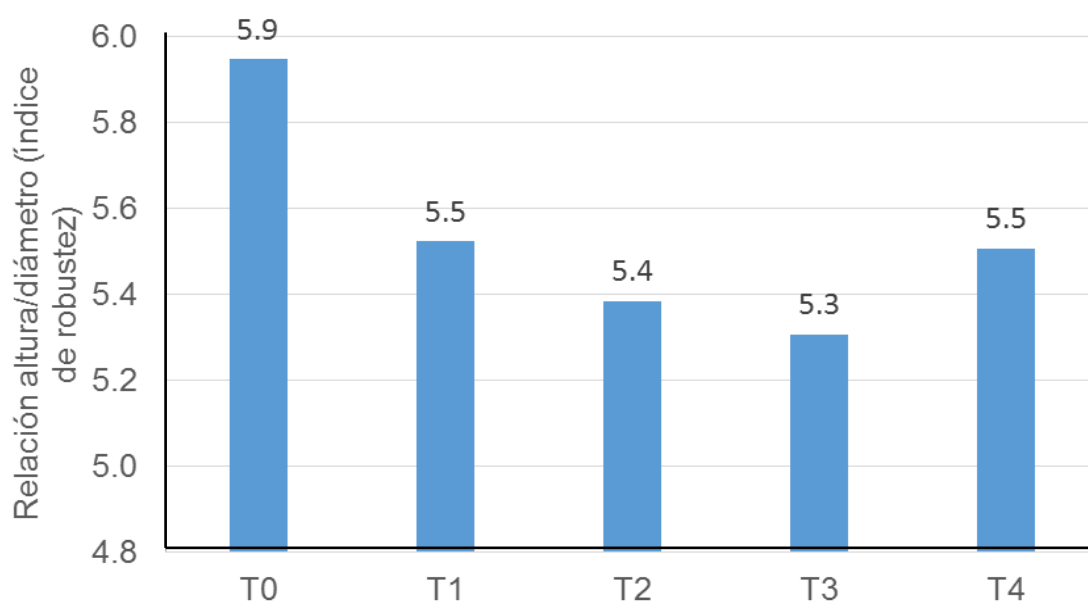


Figura 7. Índice de robustez en los plántones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke por tratamiento, en el sexto mes de evaluación.

4.4.2. Relación altura/longitud de la raíz

Considerando que la determinación de la biomasa en los plantones fue realizada a partir del segundo mes de evaluación, el cálculo de la relación tallo/raíz de los plantones se realizó en los últimos 4 meses del experimento (Cuadro 20 y Figura 8).

Se observa que de acuerdo al Cuadro 2 (SÁENZ *et al.*, 2010), solo el tratamiento T₃ en el mes de evaluación de mayo presenta calidad media, en cambio para la diferencia de tratamientos, en todas las evaluaciones presentaron calidad alta.

Cuadro 20. Relación tallo/raíz en los plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke por tratamiento.

Evaluación	Tratamientos				
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Agosto	1.5 : 1	1.2 : 1	1.0 : 1	1.3 : 1	1.0 : 1
Julio	1.1 : 1	0.9 : 1	0.9 : 1	1.1 : 1	1.0 : 1
Junio	1.8 : 1	1.3 : 1	1.0 : 1	0.7 : 1	1.6 : 1
Mayo	1.1 : 1	1.2 : 1	1.0 : 1	2.2 : 1	1.2 : 1

La relación entre la altura total o longitud del tallo con la longitud de la raíz, se registra que para el mes de mayo, el tratamiento T₃ presentó plantones con mayor longitud del tallo y poco tamaño de raíz (Figura 8).

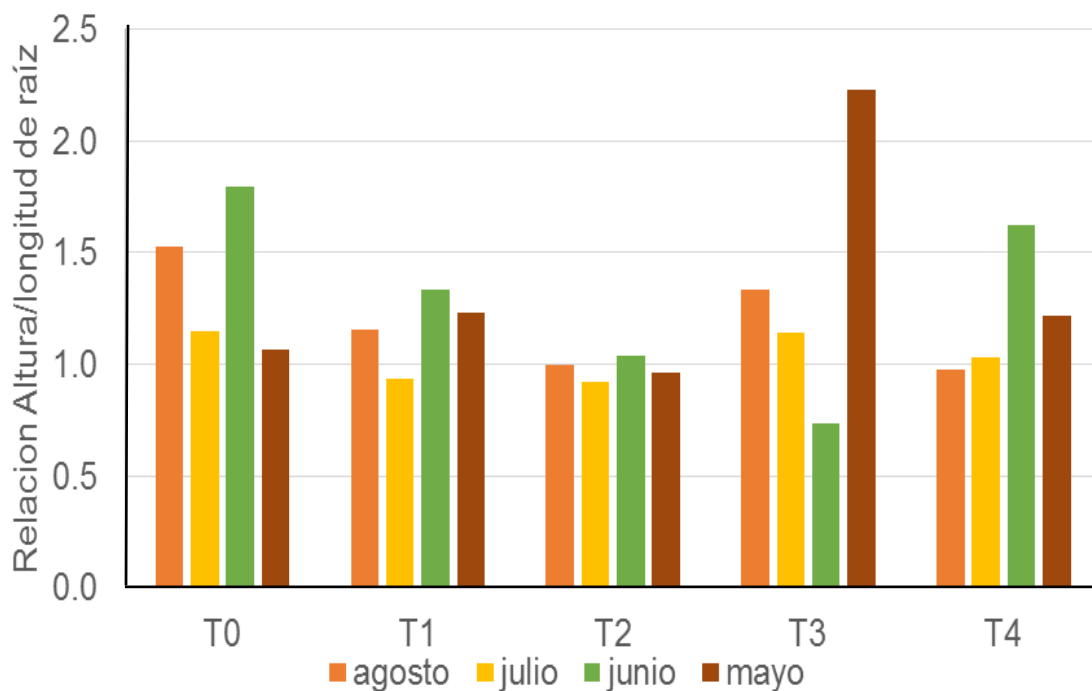


Figura 8. Relación tallo/raíz en los plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke por tratamiento.

4.4.3. Índice de calidad de Dickson

De manera similar al índice anterior, el índice de calidad de Dickson fue calculado a partir del segundo mes, el cálculo del índice de calidad de Dickson de los plantones se realizó en los últimos 4 meses del experimento, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 21 y Figura 10.

Se observa que de acuerdo al Cuadro 2 (SÁENZ *et al.*, 2010), todos los tratamientos (T₀, T₁, T₂, T₃ y T₄) en las mediciones en el mes de agosto presenta calidad media, y en los tratamientos en el resto de evaluaciones los tratamientos sin excepción, presentan calidad baja (<0.2) (Cuadro 21 y Figura 9).

Cuadro 21. Índice de calidad de Dickson en plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke por tratamiento.

Evaluación	Tratamientos				
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Agosto	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
Julio	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1
Junio	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
Mayo	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1

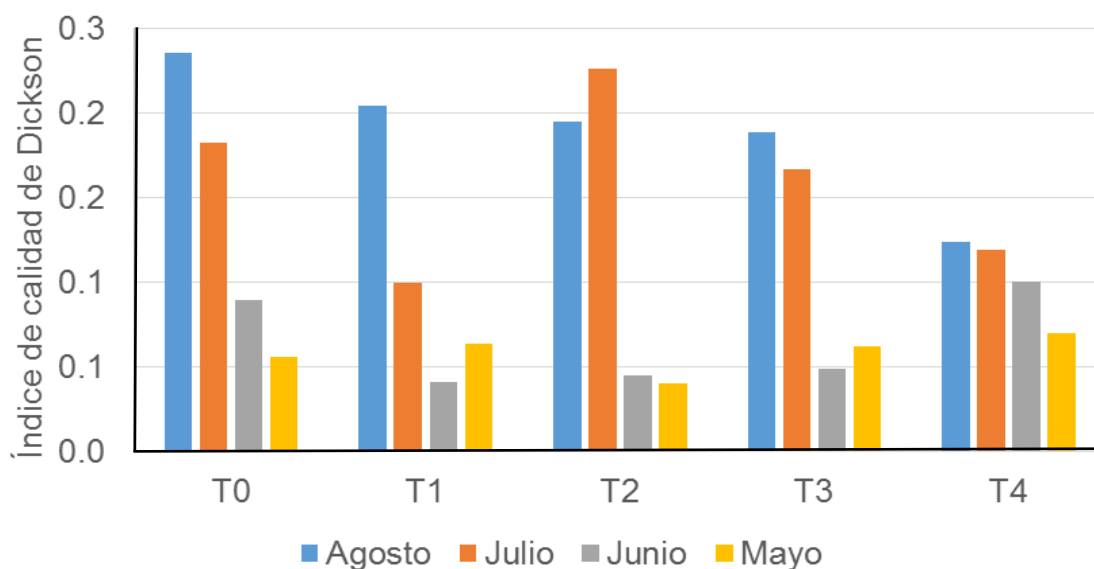


Figura 9. Índice de calidad de Dickson en plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke por tratamiento.

4.4.4. Índice de lignificación

De manera similar al índice anterior, el Índice de lignificación fue calculado a partir del segundo mes, el cálculo del índice de lignificación de las

plántulas se realizó en los últimos 4 meses del experimento. De acuerdo a SÁENZ *et al.* (2010), todos los tratamientos en las evaluaciones presentaron valores superiores que los incluyen en la calidad alta (Cuadro 22 y Figura 10).

Cuadro 22. Índice de lignificación en plátones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke por tratamiento.

Evaluación	Tratamientos				
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Agosto	30.9	29.6	26.9	25.6	24.4
Julio	25.3	24.0	24.1	22.6	21.1
Junio	25.5	20.7	20.8	18.2	20.8
Mayo	19.9	20.7	19.5	18.5	19.6

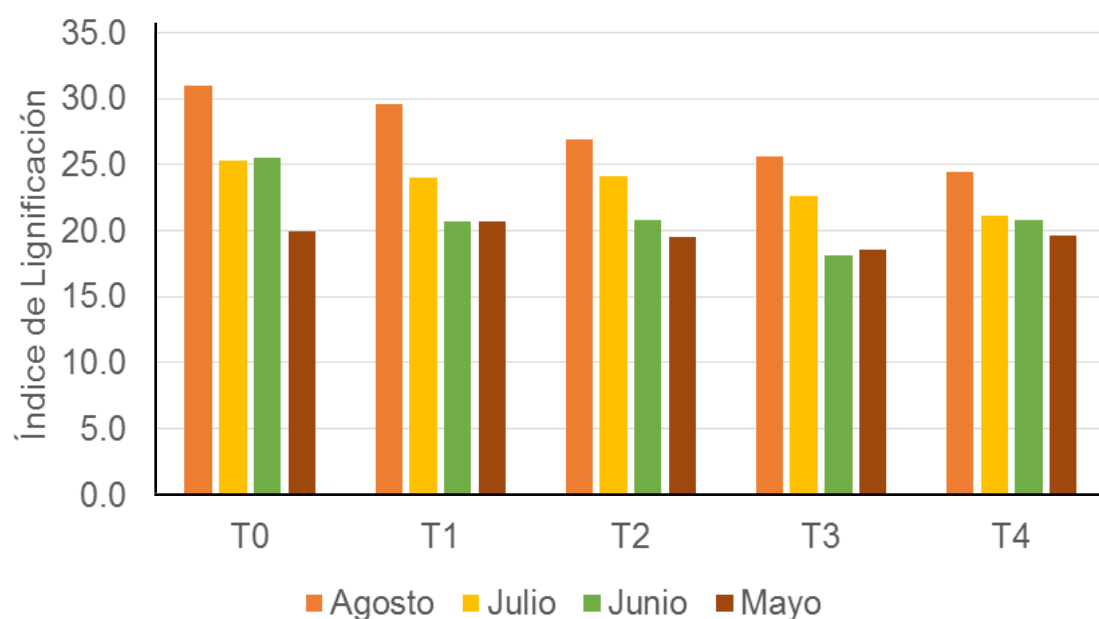


Figura 10. Índice de lignificación en plátones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke por tratamiento.

4.4.5. Relación biomasa aérea/biomasa raíz

De manera similar al índice anterior, la relación biomasa aérea/biomasa de la raíz fue calculado a partir del segundo mes, el cálculo de la relación biomasa aérea/biomasa raíz de los plantones se realizó en los últimos 4 meses del experimento (Cuadro 23).

De acuerdo al Cuadro 2 (SÁENZ *et al.*, 2010), el tratamiento T₁ en el mes de agosto y el T₂ del mes de julio, fueron los únicos con calidad media. Mientras tanto en todos los demás presentan valores superiores al rango de 2.5, que los incluye en la calidad baja.

Cuadro 23. Relación biomasa aérea/biomasa radicular en plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke por tratamiento.

Evaluación	Tratamientos				
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Agosto	3.2	2.3	2.9	4.5	4.5
Julio	4.2	3.4	2.3	3.9	4.2
Junio	4.5	5.3	4.0	3.0	3.3
Mayo	5.2	4.9	6.0	4.2	3.7

La relación determinada señala que esta especie presenta poco sistema radicular, aunque esta relación se incrementa respecto al tiempo, siendo más representativo en el tratamiento testigo (Figura 11).

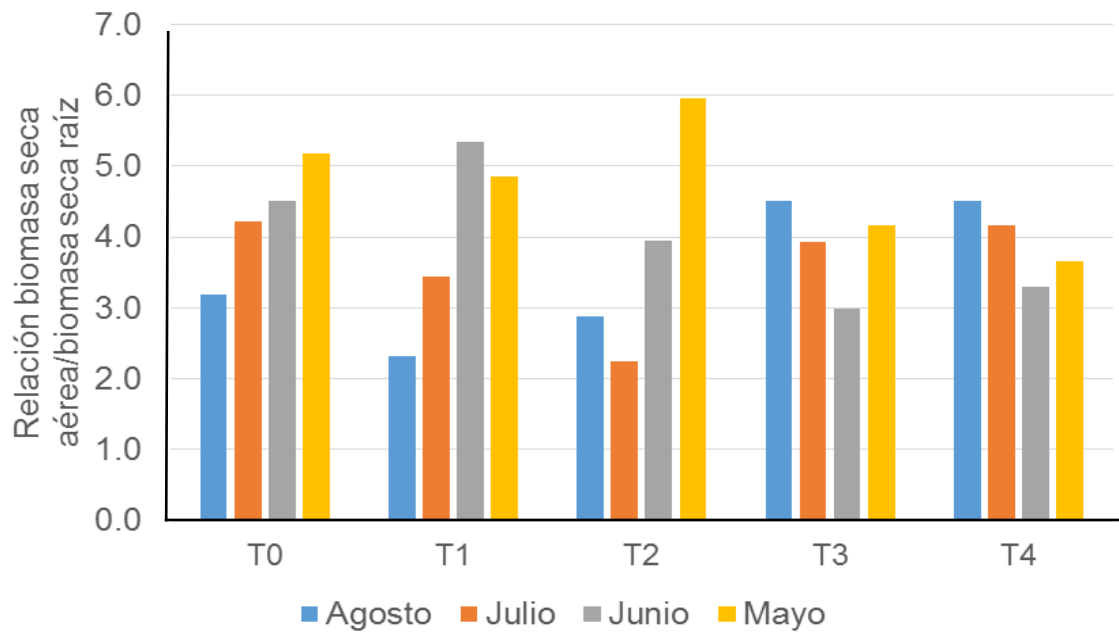


Figura 11. Relación biomasa aérea/biomasa de la raíz en plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke por tratamiento.

V. DISCUSIÓN

5.1. Crecimiento en altura de plántones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

Al sexto mes de repique, se confirma que al utilizar sustratos enriquecidos, se encuentran efectos diferentes en los tratamientos con abonos orgánicos (T₀, T₁, T₂, T₃, y T₄), resultando el T₀ (sustrato de bosque) con efecto de la altura alcanzada en plántones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke (20.88 cm) y siendo el tratamiento T₄ (sustrato de vivero + abono orgánico Tropimax) con menor altura promedio (14.94 cm).

De los resultados se desprende: el tratamiento testigo (T₀ - sustrato de bosque) permite un mayor crecimiento en altura de los plántones, debido a que contiene el sustrato ideal y nutrientes necesarios, además la especie de tornillo se ha adaptado en el tiempo a dicho sustrato, y por características como la porosidad del sustrato, le ofrece una aptitud para el desarrollo radicular, permitiendo asimilar los nutrientes necesarios en cantidades óptimas, en comparación a los demás tratamientos, el abono orgánico Tropimax no surte efecto significativo en el incremento de altura para la especie en estudio.

Al respecto, MEXAL y LANDIS (1990) sostienen que la altura del plánton es un buen predictor de la altura futura en campo, pero no para la

supervivencia; este parámetro se ha utilizado por mucho tiempo como un indicador de la calidad, aunque se considera insuficiente y es conveniente relacionarlo con otros criterios para que refleje su utilidad real. BIRCHLER *et al.* (1998) por su parte, manifiestan que es fácil de medir pero no es muy informativa por sí sola, ofrece sólo una somera aproximación del área fotosintetizante y transpirante e ignora la arquitectura del tallo. En este sentido el tratamiento T₀ (sustrato de bosque) alcanzó la mejor calidad en altura con 20.88 cm, siendo este dato un buen predictor de su futura altura en campo; seguido de los tratamientos T₂, T₁ y T₃ con alturas de 16.78, 16.61 y 16.13 que también podrían obtener una buena altura final en campo definitivo.

Por otro lado, algunos estudios han mostrado que la ventaja inicial en el tamaño del plantón permanece en el tiempo (Funk *et al.*, 1974 y Thompson, 1985; citados por BIRCHLER *et al.*, 1998).

Asimismo, según los datos obtenidos en la presente investigación, respecto a la calidad según la altura de los plantones, tomando los valores sugeridos por SÁENZ *et al.* (2010), los tratamientos T₀ (20.88 cm), T₂ (16.78 cm), T₁ (16.61 cm) y T₃ (16.13 cm) presentan calidad alta; en tanto los plantones del tratamiento 4 (14.94 cm), presentan calidad media.

SÁENZ *et al.* (2010) en investigaciones similares realizadas sobre calidad de plantones en viveros forestales de clima templado en Michoacán-México, encontraron que la altura en especies del género *Pinus* fluctuó entre 13.8 cm en *Pinus oocarpa* en el vivero La Chichihua y hasta 38.2 cm en *Pinus*

greggii en el vivero José Ma. Morelos; estos resultados aun no perteneciendo a la especie materia del presente estudio, muestran concordancia con los obtenidos en la investigación, confirmando que se trata de plantas con calidad media a alta.

5.2. Crecimiento en diámetro en plántones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

En los plántones producidos empleando distintos sustratos con abono orgánico, al sexto mes después del repique se encontró diferencia estadística entre los tipos de sustratos (T_0 , T_1 , T_2 , T_3 y T_4). Es así que se encontró que el mayor diámetro de tallo lo obtuvieron plántones producidos con el tratamiento T_0 de sustrato de bosque que alcanzaron 3.51 mm, mientras que plántones producidos con el tratamiento T_4 (sustrato de vivero + abono orgánico Tropimax) alcanzaron menor diámetro (2.71 mm).

De los resultados se desprende: el tratamiento testigo (T_0 - sustrato de bosque) permiten un mayor crecimiento en diámetro de los plántones, esto debido a que contiene el sustrato ideal y nutrientes necesarios, además la especie de tornillo se ha adaptado en el tiempo a dicho sustrato, y por la porosidad de dicho sustrato ofrece una aptitud para el desarrollo radicular, permitiendo a la planta asimilar los nutrientes necesarios en cantidades óptimas, en comparación a los demás tratamientos, el abono orgánico Tropimax no surte efecto significativo en el incremento de diámetro en la especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.

Los diámetros alcanzados por el T₀ fueron los mejores, siendo un buen indicador de su futura supervivencia en campo. Por su parte, Cleary *et al.* (1978) y Thompson (1985), citado por GARCÍA (2007) sostienen que el diámetro es una medida de la robustez del plantón y se ha considerado como el mejor predictor individual del crecimiento y la supervivencia en campo. Sobre el tema, PRIETO *et al.* (2003) y PRIETO *et al.* (2009), afirman que el diámetro del cuello de la raíz o diámetro basal es la característica de calidad más importante que permite predecir la supervivencia del plantón en campo; define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación. Plantones con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas y fauna nociva, aunque esto varía de acuerdo a la especie.

En lo que concierne a la calidad según el diámetro de los plantones, considerando lo propuesto por SÁENZ *et al.* (2010), el tratamiento T₀ (3.51 mm) T₁ (3.01 mm), T₂ (3.12 mm) y T₃ (3.04 mm) presentan calidad media. En tanto para los plantones producidos con el tratamiento T₄ (2.71) tienen un valor cercano a calidad baja.

Sobre el tema, MEXAL y LANDIS (1990) indican que una supervivencia alta (> 80%), se logra cuando los plantones tienen de 5 a 6 mm de diámetro, de donde se desprende que en todos los tratamientos (T₀, T₁, T₂, T₃ y T₄) utilizado para producir los plantones en la especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke aún no nos pueden garantizar una supervivencia > al 80%.

SÁENZ *et al.* (2010) en investigaciones realizadas sobre calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán-México, encontraron que el diámetro del cuello de la raíz (diámetro basal) en las especies del género *Pinus*, alcanzaron valores entre 2.8 mm en *Pinus greggii* en los viveros El Copal y Pátzcuaro, y hasta 6.6 mm en *Pinus ayacahuite* en el vivero la Dieta. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en la investigación con plántones producidos con distintos tratamientos con abonos orgánicos, pese a no tratarse de la misma especie, muestran resultados de calidades medias parecidas al de la investigación.

Sin embargo los resultados obtenidos no concuerdan con MENDOZA (1996), QUEVEDO (1994) y MANAYALLE (1995), quienes aplicaron distintas dosis de abonos orgánicos en plántones de bolaina y capirona y obtuvieron mayor desarrollo de diámetro y altura con la mayor concentración de abono orgánico en comparación con el testigo. Ya que en la presente investigación fue el tratamiento testigo (T_0 – sustrato de bosque) el que mostró mayor desarrollo en altura y diámetro, esto puede atribuirse que el sustrato de bosque es el sustrato ideal, con todos los nutrientes necesarios y en forma disponible para la asimilación por la planta.

Por su parte EMMUS (1991), KALMAS y VÁZQUEZ (1996), SENDRA (1996) y PEÑA (1998), señalan que la materia orgánica influye sobre las principales propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y estos a su vez dan como resultado plantas con mayor desarrollo. Por otro lado, CALVO-ALVARADO *et al.* (2008) en un ensayo para evaluar el efecto de cinco

sustratos en el crecimiento de tres especies forestales, concluyeron que suelos mejorados con macro y microelementos tienen mejores tasas de crecimiento. Sin embargo esos resultados no se reflejaron en la investigación, ya que el tratamiento sobresaliente fue solo sustrato de bosque (T_0).

5.3. Biomasa en plántulas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

Con respecto a la biomasa de la parte aérea, el Cuadro 12 muestra que el efecto de la interacción entre los sustratos resultan significativos ($p < 0.05$). El Cuadro 13 muestra el análisis del efecto simple de los tratamientos. Mostrándose que para los tipos de sustratos utilizados existe diferencias estadísticas ($p < 0.05$) utilizando el T_3 , T_0 y T_2 , resultando a través de la prueba de medias (Duncan) que sustrato de vivero + gallinaza al 3% (T_3) presenta mayor contenido de biomasa aérea (1.79 g) que aquellos que con otros sustratos utilizados. Sin embargo este mismo resultado no se refleja en la biomasa de la sección radicular, el Cuadro 15 muestra que el efecto de la interacción entre los sustratos resultan significativos ($p < 0.05$). El Cuadro 16 muestra el análisis del efecto simple de los tratamientos. Mostrándose que para los tipos de sustratos utilizados existe diferencias estadísticas ($p < 0.05$) utilizando el T_0 , T_1 y T_2 , resultando a través de la prueba de medias (Duncan) que sustrato de bosque (T_0) presenta mayor contenido de biomasa radicular (0.510 g) que aquellos que con otros abonos.

En el análisis de medias de la prueba Duncan entre los tipos de abonos utilizados (Cuadro 13 y Cuadro 16) se muestran las biomásas aérea y

radicular significativas, en ello se observa que los tratamientos T₃, T₀ y T₂ permiten mayor biomasa aérea, mientras que los tratamientos T₀, T₁ y T₂ generan mayor acumulación de biomasa radicular.

Estos resultados confirman lo expuesto por AMEZQUITA *et al.* (2008), Quien afirma la acumulación de biomasa de la planta se produce a través del metabolismo vegetal que inicia con la fotosíntesis, el cual a una biomasa de más de 50 gramos el número de hojas y el índice de área foliar está asociado directamente con la biomasa aérea (DE LA MAZA *et al.*, 2003), aunque PARDE (1980) afirma que la biomasa aérea presenta una mayor variación, sobre todo en los primeros meses de edad, hasta estabilizarse.

ARTEAGA *et al.* (2003) determinaron la influencia del sustrato y la fertilización sobre el crecimiento de *Pinus durangensis* Martinez, demuestran que la fertilización tiene un efecto significativo para el crecimiento en diámetro del tallo de la planta, en el peso seco y en la relación parte aérea/parte radicular. El presente estudio ha tenido un efecto estadísticamente significativo para todas las variables analizadas; la cual se vio reflejada en las plántulas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, donde los tratamientos a base de sustrato de vivero + gallinaza (T₃) y sustrato de bosque (T₀), alcanzaron niveles de 1.70 g y 0.51 g de biomasa aérea y radicular respectivamente, promedio por planta (Cuadro 13 y 16) a los seis meses de repicados.

El incremento de biomasa en los plantones se ve favorable al incrementarse las variables de diámetro y altura, ALVARADO (2001), en una la

plantación de *Schizolobium parahybum* (Pashaco), aplicó el abono orgánico humus de lombriz a las plantas (A = 0 kg, B = 1 kg, C = 2 kg y D =3 kg), los resultados determinaron que las plantas aplicadas humus, fueron superiores a las plantas que no recibieron la dosis, demostrando con esto la factibilidad de realizar plantaciones forestales de *Schizolobium parahybum* (Pashaco) entre otras especies, con aplicación localizada de humus de lombriz y TRINIDAD (2000) afirma que no en vano, los abonos orgánicos están considerados universales por el hecho que aportan casi todos los nutrientes que las plantas necesitan para su desarrollo.

De igual manera IGLESIAS (1998), determinó el efecto de 3 niveles de roca fosfórica (3, 6 y 9 t.ha⁻¹) y gallinaza (10, 20 y 30 t.ha⁻¹), en los primeros ocho meses del trasplante al campo definitivo del cultivo de café variedad Catimor. La aplicación de la roca fosfórica en el rendimiento de materia seca ha tenido efectos significativos. La aplicación de gallinaza, si bien incrementó el rendimiento de materia seca respecto al testigo, en cambio, solo en la biomasa aérea presentó significancia, pero en la biomasa radicular no se encontraron diferencias de significación.

5.4. Calidad de plantones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

Al sexto mes del repique y de acuerdo a lo planteado por SÁENZ *et al.* (2010), los tratamientos T₀ (5.9), T₁ (5.5), T₂ (5.4), T₃ (5.3) y T₄ (5.5), presentan calidad alta. RODRÍGUEZ (2008) sostiene que el índice de robustez debe ser menor a seis; asimismo afirma que es un indicador de la resistencia

de la planta a la desecación por el viento, de la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos. El menor valor indica que se trata de plantones más bajos y gruesos, aptos para sitios con limitación de humedad; mientras valores superiores a seis los dispone a los daños por viento, sequía y helada.

Sobre el tema, PRIETO *et al.* (2003) y PRIETO *et al.* (2009) indican que, valores más bajos están asociados a una mejor calidad del plantón lo cual indica que es más robusta y con tallo vigoroso; en cambio valores altos indican una desproporción entre el crecimiento en altura y diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados. Esto evidencia el hecho de que en el experimento los plantones producidos con tubetes, contrariamente a los parámetros altura y diámetro, son los que mejor calidad en índice de robustez obtuvieron (la totalidad de tratamientos), lo cual explica que pese a tener menor crecimiento respecto a los producidos en bolsas, los tallos crecieron proporcionalmente a sus diámetros (no sufrieron elongación).

Junto con la altura y el diámetro del cuello de la raíz, la robustez se considera una característica que influye en el desempeño temprano de la plantación. Bajo condiciones favorables, la planta de mayor tamaño generalmente crece mejor que planta más pequeña; sin embargo, planta más grande no sobrevive tan bien como la de menor tamaño (Burdett, 1983; Thompson, 1985; Iverson, 1984 y Ritchie, 1984; citado por GARCÍA, 2007).

Se observa en las evaluaciones a partir del segundo mes a partir del repique y según los valores sugeridos por SÁENZ *et al.* (2010), solo el T₃

en el mes de evaluación de mayo presenta calidad media, en cambio para la diferencia de tratamientos, en todas las evaluaciones presentaron calidad alta.

THOMPSON (1985), VERA (1995), MEXAL y LANDIS (1990), refieren que el peso (biomasa aérea y radicular) de la planta tiene alta correlación con la supervivencia en campo, con la misma consistencia que el diámetro del tallo o cuello de la raíz. También, el diámetro está fuertemente correlacionado con el peso de la parte aérea y del sistema radicular. El peso seco es un indicador efectivo cuando se relaciona el peso seco de la parte aérea con el peso seco del sistema radicular.

El desarrollo del sistema radicular depende del agua que contenga el sustrato, lo que determina su crecimiento y desarrollo. Si una planta recibe agua en abundancia no estimulará demasiado el crecimiento de la raíz, pero si el agua escasea, será necesario que la planta tenga un sistema radicular amplio para que sobreviva (LEYVA, *et al.*, 2008).

La inducción de un estrés hídrico moderado al final del período vegetativo, detiene el crecimiento en altura, mientras que el diámetro del cuello de la raíz continua creciendo, debido probablemente al crecimiento radicular (LEYVA *et al.*, 2008).

SÁENZ *et al.* (2010) determinó la relación altura / longitud de raíz, en especies del genero Pino en viveros de clima templado en Michoacan, encontrando en especies de crecimiento normal y ciclo anual un 92% de alta calidad y 8% de calidad baja, y en especies de crecimiento cespitoso un 100%

de calidad alta. Encontrándose en la presente investigación resultados con valores similares, aun no siendo de la misma especie.

De acuerdo con PRIETO *et al.* (2003), éste indicador predice el éxito de la plantación y debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radicular de las plantas, por lo tanto, se tendrían bajas tasas de supervivencia en las plantaciones principalmente con la planta de mantenimiento.

Fonseca *et al.* (2002), citado por GARCÍA (2007) afirma que, este índice es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, dado que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar planta de menor altura pero con mayor vigor. Asimismo, Dickson *et al.* (1960), citados por PRIETO *et al.* (1999) sugieren que a mayor valor del índice, mejor calidad de planta.

En la investigación, a partir del segundo mes del repique, y según SÁENZ *et al.* (2010), los tratamientos T₀, T₁, T₂ y T₃ en las mediciones en el mes de agosto y en los tratamientos T₀, T₂ y T₃ del mes de julio, presentan calidad media, y en el resto de evaluaciones los tratamientos sin excepción, presentan calidad baja (<0.2).

Estudios realizados con diferentes especies de coníferas, como *Pinus halepensis*, indican que se obtuvieron valores de ICD entre 0.3 y 0.5 de acuerdo a la aplicación de diferentes tratamientos de fertilización (OLIET, 1995). Estos resultados respecto a los de la investigación, presentan mejores

valores para el índice de Dickson, los cuales tienden calidad media a baja. Claro está que se trata de una especie de climas templados, difiriendo por tanto de las especies latifoliadas. Sin embargo, brinda una idea de los valores que puede alcanzar este índice en especies de realidades diferentes a la nuestra.

En abeto y pino, Hunt (1990), citado por GARCÍA (2007) determinó un ICD inferior a 0.15, lo que podría significar problemas en el establecimiento en campo, por lo que se recomienda un valor de ICD de 0.2 como mínimo, para contenedores de hasta 60 ml, basado en resultados de plantaciones.

Sobre el tema, COBAS *et al.* (2001) manifiestan que el ICD se ha empleado en especies de latifoliadas, como en *Hibiscus elatus* donde se obtuvieron valores hasta de 0.01 y también de 0.09 a 0.3 empleando el sustrato conformado con turba de musgo (25%), humus de lombriz (30%), estiércol de caballo (20%) y compost (25%) y aplicando dos riegos diarios en la especie estudiada sin fertilización.

Tomando en consideración estos resultados, podemos fácilmente inferir que en la investigación todos los tratamientos aún no están listos para campo definitivo, por lo que tendrían problemas en su establecimiento (supervivencia no garantizada) en campo, no siendo recomendable hacerlo., especialmente en el tratamiento T₄ debido a que este presenta un valor menor que lo incluye en calidad baja.

LEYVA *et al.* (2008) corrobora lo antes descrito, al indicar que en *Eucalyptus* los ICD que reflejaron mayores valores correspondieron con los

mejores resultados en plantación (mayor al 86%), observándose una relación directa entre la supervivencia y el ICD.

Para la relación biomasa aérea/biomasa raíz, se observa en las evaluaciones a partir del segundo mes a partir del repique y según los valores sugeridos por SÁENZ *et al.* (2010), el tratamiento T₁ en el mes de agosto y el T₂ del mes de julio, fueron los únicos con calidad media. Mientras tanto en todos los tratamientos no mencionados presentan valores superiores al rango de 2.5, que los incluye en la calidad baja. Esta relación de biomasa aérea/biomasa raíz nos permite predecir la supervivencia de la planta en campo. Al presentarse valores menores que lo incluyen en la calidad baja, estas plántulas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke no se encuentran aptos para su traslado a campo. Además, SÁENZ *et al.* (2010) menciona que al presentarse calidades de media a baja, nos indica que existe una desproporción entre el desarrollo de la parte aérea y la raíz.

Una planta de buena calidad debe tener un diámetro de cuello grande, bajo valor de esbeltez (cociente altura/diámetro de cuello), un sistema radicular fibroso y un valor alto del cociente biomasa de raíz/biomasa aérea (Fonseca *et al.*, 2002; citado por GARCÍA, 2007).

Al respecto, THOMPSON (1985) afirma que la relación tallo/raíz o biomasa aérea/biomasa raíz es importante debido a que refleja el desarrollo de la planta en vivero. Según RODRÍGUEZ (2008), 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, por lo que una buena relación debe fluctuar entre 1.5 y 2.5 dado que valores mayores indican desproporción y la existencia de un sistema radicular insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta; el cociente de ésta relación no debe ser mayor a 2.5, particularmente cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación. De lo dicho, se tiene entonces que el tratamiento T₁ (2.3) en la sexta medición y el tratamiento T₂ (2.3) en la quinta evaluación, presentan calidad media, en tanto que el resto de tratamiento supera el valor de 2.5 propuesto por RODRÍGUEZ (2008), y presenta calidad media. Estos resultados muestran que la relación tallo/raíz alcanzó desproporciones entre la parte aérea y radicular (media y bajas)

De acuerdo con THOMPSON (1985), VERA (1995), MEXAL y LANDIS (1990), la biomasa del plantón tiene gran correlación con la supervivencia en campo, con la misma consistencia que el diámetro del tallo, por lo que se tendría, en algunas de las especies una baja supervivencia de las plantaciones, dado su bajo peso.

VI. CONCLUSIONES

1. El mayor crecimiento de altura y diámetro se obtuvieron con el tratamiento sustrato de bosque (T_0) alcanzando una altura total promedio de 20.88 cm, en diámetro total promedio 3.51 cm en plantones de 180 días, siendo este tratamiento estadísticamente significativo frente a los demás tratamientos.
2. El sustrato que influyó en mayores valores de biomasa aérea, fue el tratamiento con abono orgánico gallinaza (T_3) con 1.79 g, sin embargo fue el tratamiento sustrato de bosque (T_0) que obtuvo la mayor biomasa radicular con 0.51 g, representando alta significancia estadísticamente frente a los demás tratamientos.
3. El T_0 (sustrato de bosque) evidenció mejor comportamiento en la mayoría de criterios morfológicos e índices: mayor altura de plantones (20.88 cm), mayor diámetro de tallo (3.51 mm), calidad alta en altura (20.88 cm \geq 15.0), calidad media en diámetro (3.51 mm para un rango de 2.5 - 4.9), calidad media a alta del índice de robustez (5.9 cercanos al rango de 6.0 - 7.9), calidad alta en la relación altura/longitud de raíz (1.5:1 < 2:1), calidad media para el índice de calidad de Dickson (0.2 para un rango de 0.2 - 0.4), calidad alta en el índice de lignificación (30.9 > 17.01) y solo en la relación biomasa aérea/biomasa radicular presentó calidad baja (3.2 \geq 2.5).

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar el análisis foliar para determinar la absorción de nutrientes por los plantones, la cual nos da una comparación más relevante de los efectos nutricionales del abono orgánico aplicado.
2. No utilizar el abono orgánico Tropimax, dado que a no influye en los rendimientos de criterios morfológicos (altura, diámetro y biomasa) e índices de calidad.
3. Emplear el sustrato de bosque, como sustrato para la producción de plantones de tornillo.
4. Realizar aplicaciones con las mismas proporciones de sustrato en otras especies forestales de la zona, ya que si se comportan de manera similar, será factible la producción de estos plantones en menor tiempo y de buena calidad.
5. Realizar estudios a nivel microbiológico y análisis del suelo de bosque tornillal y su influencia en el crecimiento del tornillo.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO, L.C. 2001. Incremento de altura y diámetro de *Schizolobium parahybum* (pashaco) en el período de repoblación utilizando diferentes dosis de humus de lombriz en la comunidad de Nina Rumi Iquitos - Perú. Tesis Ing. Forestal. Iquitos, Perú. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- ANSONERA, J. 1994. Sustratos: propiedades y caracterización. Madrid, España, Mundi Prensa. 172 p.
- ARÓSTEGUI, V. 1992. *Cedrelinga catenaeformis* Ducke: Propagación de especies forestales nativas promisorias en Jenaro Herrera. Iquitos, Perú, COTESU - IIAP.
- ARÓSTEGUI, A., DÍAZ, M. 1992. Propagación de especies forestales nativas promisorias en Jenaro Herrera. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 39 p.
- ARROYO, V. 1994. Agroforestería en la Amazonia peruana: Proyecto suelos Tropicales INIA. Lima, Perú. 150 p.
- ARMANCIO, O. 1990. Formas de trasplante y tamaño óptimo de brinzales de regeneración natural de *Cedrelinga catenaeformis*. Ducke. (Tornillo en plantaciones en la zona de Tingo María. UNAS - Tesis Ing. Recursos

Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 87 p.

BERRIOS, A. 2007. Evaluación del efecto de tres tipos de abonos orgánicos (humus, gallinaza y estiércol de ovino) en el incremento de diámetro y altura de cinco especies forestales en una plantación establecida. Tarapoto, Perú, INIA. 72 p.

BIRCHLER, T., ROSE, R.W., ROYO, A., PARDOS, M. 1998. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, Oregon State University, Oregon. EE.UU y Universidad Politécnica de Madrid. 7:109-121.

BRACK, W., SAMANEZ, R., VILLACORTA, C., BRACKELAIRE, V., RONDON, C. 1994. Experiencias agroforestales exitosas en la cuenca Amazónica; los suelos. Cepis/cps. Perú. 193 p.

BROWN, P., WELCH, R., CARY, E. 1987. Nickel: A micronutrient essential for higher plants. *Plant Physiology*. 85:801-803.

BURGOS, J. 1954. Un estudio de la silvicultura de algunas especies forestales en Tingo María. Tingo María, Perú. 15:1-56.

BURÉS, S. 1997. Sustratos. Madrid, España, Agrotécnicas S. L. 342 p.

CARRERA, G. 1987. Experiencia y resultado de las plantaciones en la zona Forestal Alexander Von Humboldt. Proyecto de capacitación y

divulgación forestal (INFOR-COTESU) del CENFOR. XII. Pucallpa, Perú.

Documento de trabajo N° 5. 79 p.

CALVO-ALVARADO, J., ARIAS, D., JIMENEZ, C., SOLANO, J. C. 2008.

Efecto de cinco sustratos en el contenido foliar de nutrientes y crecimiento inicial de tres especies forestales empleadas en Mesoamérica. Rev. Kurú. Revista forestal, Costa Rica. 5(14):1-15.

CASTILLO, Q.A. 2010. Manual dendrológico de las principales especies de

interés comercial actual y potencial de la zona del Alto Huallaga. Cámara Nacional Forestal. Lima, Perú. 82 p.

COBAS, L.M., CASTILLO M.I., GONZÁLEZ, I.E. 2001. Comportamiento de

diferentes parámetros morfológicos en la calidad de la planta de *Hibiscus elatus* Sw. cultivada en viveros sobre tubetes en la provincia de Pinar del Río. Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río. 100 p.

CRONQUIST, A. 1981. Un sistema integrado de clasificación de las

Angiospermas. Ed Columbia University Press. 1062 p.

DICKSON, A., LEAF, A.L., HOSNER, J.F. 1960. Quality appraisal of white

spruce and white pine seedling stock in nurseries. The Forestry Chronicle. 36:10-13.

DONOSO, P., BASSO, I., GONZÁLEZ, M., ESCOBAR, B., OTERO, L. 1999.

Viverización y plantación de Raulí, Roble y Coigüe en Chile. In: Lara, A.; C. Donoso. Silvicultura de los bosques nativos de Chile. 1 ed. Santiago, Chile, Editorial Universitaria. p. 177-244.

- DURYEA, M.L. 1985. Evaluating seedling quality: importance to reforestation. En: M.L. Duryea, editor, Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests. p. 1-4. Oregon State University, Forest Research Laboratory, Oregon State University.
- EMMUS, P. 1991. Resumen de la conferencia internacional sobre evaluación y monitoreo de la calidad del suelo. Rodal e Institute. 13 p.
- ESCOBAR, R. 1990. Análisis de algunos elementos básicos involucrados en la producción artificial de plantas de especies nativas. Bosque, Valdivia. 11(1):3-9.
- FAO. 2009. Uso de la gallinaza (estiércol de aves) como abono orgánico. [En línea]: Fao, (<http://www.fao.org/teca/content/uso-de-la-gallinaza-esti%C3%A9rcol-de-aves-como-abono-org%C3%A1nico>), artículos, 20 Sep. 2015).
- FREITAS, L. 1996. Caracterización florística y estructural de cuatro Comunidades boscosas de la llanura aluvial inundable en la zona de Jenaro Herrera, Amazonía peruana. Documento técnico, 21. Iquitos, Perú, IIAP. 73 p.
- GARCÍA, M.J.J. 1996. Coníferas promisorias para reforestación en la sierra Purhépecha. Agenda técnica 2. CIRPAC. INIFAP. SAGAR. Mich. 79 p.
- GARCÍA, M.J.J. 2007. Guía para el establecimiento de plantaciones de pinos a raíz desnuda en Michoacán. Boletín Técnico Núm. 3. Vol. 1. C. E. Uruapan. CIRPAC. INIFAP. SAGARPA-COFOM. Uruapan, Mich. 39 p.

- GUERRERO, J. 1993. Abonos orgánicos. Red de Acción en Agricultura Alternativa - RAAA. Lima, Perú.
- GOMES, J.M., COUTO, L., LEITE, H.G., XAVIER,, A., GARCÍA, S.L.R. 2002. Parâmetros morfológicas na avaliação da qualidade de Mudas de *Eucalyptus grandis*. Rev. Árvore. 26(6):655-664.
- GONZÁLES, M. 2007. Crecimiento de plantas de *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst 1 / 0 producidas en contenedor en función de dosis de fertirriego. Tesis Ing Forestal. Universidad Austral de Chile.
- GONZÁLES, M. 1993. Estudio del efecto de diferentes regimenes de acondicionamiento de plantas de *Nothofagus alpina* 1/0 a raíz desnuda. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 117 p.
- HERNÁNDEZ, J., CRUZ, A. 1993. Boletín informativo sobre el uso de subproductos: Gallinaza. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 5 p.
- HINE, D. 1991. Efecto de tres niveles de fertilización nitrogenada y dos sustratos de crecimiento sobre la nutrición y producción de Maranta Roja (*Maranta leuconeura*). Tesis Ing. Agrónomo. San José, Costa Rica. 38 p.
- IGLESIAS, D. 1998. Efecto de la roca fosfórica y gallinaza en el crecimiento del cultivo de café (*Coffea arabica* L.) variedad catimor, en Tingo María. Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 59 p.

- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRARIA (INIEA). 1982. Experiencia silvicultural de la plantación de *Cedrelinga catenaeformis* en faja de enriquecimiento de 5 m de ancho en el bosque experimental Alexander Von Humboldt.
- JAIME, R., FRANCO, W. 1997. Aportes de macronutrientes y descomposición de la materia orgánica en agroecosistemas de cacao (*Theobroma cacao*) con frutales en la región de Tucán. [En línea]: Redcacao, (<http://www.redcacao.info.ve/memorias/pdf/25>, documentos, 20 Sep. 2015).
- JORGENSEN, M. 1995. Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador Monografía. Botánica sistemática Missouri Botanical. Garden. 75 p.
- LEYVA, R.F., ROSELL P.R., RAMÍREZ R.A., ROMERO, R.I. 2008. Manejo de endurecimiento por riego para elevar la calidad de las plantas de *Eucalyptus sp.* cultivadas en vivero de la Unidad Silvícola Campechuela. Universidad de Granma. Central del Batey. Granma, Cuba. 14 p.
- LÓPEZ, R. 1985. Estudio silvicultural del tornillo "*Cedrelinga catenaeformis*, Ducke." Revista forestal del Perú. p. 185-191.
- LUSKE, C., DONOSO, C., JIMÉNEZ, L., MOYA, C. 2001. Descomposición de hojarasca de *Pinus radiata* y tres especies arbóreas nativas. Revista Chilena de Historia Natural, Santiago. 74(3):01-09.
- MALLEUX, J. 1983. Situación actual, problemática y alternativas de uso del recurso forestal de los bosques húmedos tropicales de la selva central del Perú.

- MALPARTIDA, C. 2008. Instalación de vivero temporal y evaluación del efecto de diferentes sustratos en el prendimiento y crecimiento de la altura del tornillo. José Crespo y Castillo: PEAH.
- MARUYAMA, J. 1987. Manejo de regeneración natural de tornillo "*Cedrelinga catenaeformis*" Ducke en la zona forestal Alexander von Humboldt, Proyecto de capacitación y divulgación (INFOR - COTESU), del CENFOR XII Pucallpa Documento de trabajo N° 03. 39 Situación actual, problemática y alternativas de uso del recurso forestal de los bosques húmedos tropicales de la selva central del Perú.
- MEDINA, A. 2002. Uso de enmiendas químicas y orgánicas en el establecimiento de sangre de grado (*Croton draconoides*. Muell. Arg. en suelo degradado. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- MEXAL, J.G., LANDIS, T.D. 1990. Target seedling concepts: height and diameter. In: Target seedlings symposium. USDA Forests. 13:105-119.
- MINAE. 1986. Reglamento sobre el manejo y control de gallinaza y pollinaza, núm. 29145-MAG-S-MINAE. 10 p.
- MONTERO, A. 1986. Efecto del sustrato en el crecimiento de plantas de macadamia (*Macadamia integrifolia*) en vivero. Tesis, Ing. Agrónomo. Alajuela, U.C.R. Sede Regional de Occidente. Costa Rica. 46 p.
- MOSTACEDO, B. 2007. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas - mara macho, *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke

LEGUMINOSAE - MIMOSACEAE. Santa cruz, Bolivia, Imprenta Sirena.
18 p.

MURILLO, T. 1996. Manejo de residuos en la industria avícola. In Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales (10:8-12 Julio: 1996: San José), Memoria: Agronomía y Recursos Naturales. Costa Rica: EUNED, EUNA, Floria Bertsch. 69 p.

OLIET, J. 1995. Influencia de la fertilización en vivero sobre la calidad de la planta y la supervivencia en campo de varias especies forestales. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. ETSIAM. España. 104 p.

PETER, H., LINARES, R., BRIONES, A., MENDOZA, J., BERRU, D., PAREDES, R. 2003. Experiencias agroforestales en el Cumbaza; Los suelos. CEDISA. 1 ed. Tarapoto, Perú, Perú Textos SAC. 150 p.

PINCHI, H. 2009. Efecto de diferentes dosis de bokashi EM, sobre el crecimiento en vivero de plantas de castaña "*Bertholletia excelsa* HBK" producidas en tubetes. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables, mención Forestales.

PRIETO, R.J.A., VERA, C.G., MERLÍN, B.E. 1999. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación. Folleto técnico número 12. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAP-SAGAR. Durango, México. 23 p.

PRIETO, R.J.A., GARCÍA R.J.L., MEJÍA B.J.M., HUCHÍN A.S., AGUILAR V.J.L. 2009. Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima

templado frío. Publicación Especial Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-SAGARPA. Durango, México. 48 p.

PRIETO, R.J.A., VERA C.G., MERLÍN B.E. 2003. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico Núm. 12. Primera reimpresión. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAPSAGARPA. Durango, México. 24 p.

PROABONOS. Características del Guano. 2008. [En línea]. Agrojunin, (<http://www.agrojunin.gob.pe/opds/proabonos/caracteristicas.php>., documentos, 20 Sep. 2015).

QUEVEDO, G. 1994. Crecimiento inicial de *Guazuma crinita* transplantada a campo abierto con aplicación de tres dosis de humus de lombriz y a tres distanciamientos. Folia Amazónica, Iquitos. 6(1-2):1-89.

QUIROZ, M.I., FLORES, M.L., PINCHEIRA, B.M., VILLARROEL, M.A. 2001. Manual de viverización y plantación de especies nativas. Instituto Forestal. Valdivia, Chile. 160 p.

RAMÍREZ, D. 1999. Consumo de fertilizantes en el Perú. [En línea]: Fao, (ftp://ftp.fao.org/agl/agll/gateway/recurso_nutrientes.pdf., documentos, 20).

REYNEL, C., PENNINGTON, R., PENNINGTON, T., FLORES, C., DAZA, A. 2003. Árboles útiles de la Amazonía Peruana: un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies. Darwin INITIATIVE y ICRAF, Lima, Perú. 50 p.

- RODRÍGUEZ, T.D.A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Universidad Autónoma Chapingo. México, Mundi Prensa. 156 p.
- ROMÁN, J.A.R., VARGAS, H.J.J., BACA, C.G.A., TRINIDAD, S.A., ALARCÓN, B.M.P. 2001. Crecimiento de plántulas de *Pinus greggii* Engelm. En respuesta a la fertilización. *Ciencia Forestal en México*. 26 (89):19-43.
- ROYO, A., FERNÁNDEZ, M., GIL, L., GONZÁLEZ, E., PUELLES, A., RUANO, R., PARDOS, J.A. 1997. Calidad de la planta de vivero de *Pinus halepensis* Mill. destinada a repoblación forestal. Tres años de resultados en la comunidad valenciana. *Montes*. 50:29-39.
- SERRADA, H.R., NAVARRO, C.R.M., PEMÁN, G.J. 2005. La calidad de las repoblaciones forestales: una aproximación desde la selvicultura y la ecofisiología. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*. 14:462-481.
- SZTERN, D. 1999. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Organización Panamericana de la Salud - Organización Mundial de la Salud. 69 p.
- THOMPSON, B. 1985. Seedling morphological evaluation. What can you tell by looking. In: *Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major test*. M. L. Durges. Forest Research Laboratory. Oregon State University. p. 59-65.
- VELA, F. 2005. Efecto de dos tipos de abonos orgánicos en una plantación asociada de *Calycophyllum spruceanum* Benth. (capirona) y *Mauritia*

flexuosa L. (Aguaje) en Tingo María. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables, mención Forestales Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva.

VIDAURRE, H. 1997. Balance de experiencias silviculturales con *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (Mimosoideae) en la Región de Pucallpa, Amazonía Peruana. Documento Técnico, 25 - IIAP, Iquitos, Perú. 95 p.

VIDAURRE, H. 1993. Análisis de características de sitio que prefiere la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke. 54 p.

VILLAR, S.P., OCAÑA, B.L., PEÑUELAS, R.J.L., CARRASCO, M.I., DOMÍNGUEZ, L.S. 1997. Efecto de diferentes niveles de endurecimiento por estrés hídrico en el contenido de nutrientes y la resistencia a la desecación de plántulas de *Pinus halepensis* L. In: Actas del II Congreso Forestal Español. p. 673-678.

VILLAR, S.P., DOMÍNGUEZ, S.L., PEÑUELAS, R.J.L., CARRASCO, M.I., HERRERO, S.N., PERAGÓN, J.L., OCAÑA, B.L. 2000. Plantas grandes y mejor nutridas de *Pinus pinea* tienen mejor desarrollo en campo. In: Actas del 1er Simposio sobre pino piñonero. Junta de Castilla y León (ed.). Valladolid, España. 1:219-227.

VILLAR, S.P., PLANELLES, R. ENRÍQUEZ, E., PEÑUELAS, R.J.L., ZAZO, M.J. 2001. Influencia de la fertilización y el sombreado en el vivero sobre la calidad de planta de *Quercus ilex* L. y su desarrollo en campo. Actas del III Congreso Forestal Español. Junta de Andalucía (ed.). Consejería de Medio Ambiente. Granada, España. 3:770-776.

WADSWORTH, F. 2000. Producción forestal para América tropical. Versión español USDA, CATIE y IUFRO. Washington, DC. 563 p.

ANEXO

Anexo 1. Datos registrados en campo y gabinete

Cuadro 24. Alturas promedios correspondientes a la primera evaluación.

Tratamientos	B1	B2	B3	B4	~x~
0	9.55	10.23	11.70	11.34	10.71
1	9.69	9.52	10.50	11.12	10.21
2	10.00	9.36	9.23	10.69	9.82
3	8.79	8.66	8.06	8.34	8.46
4	8.03	8.92	8.08	9.64	8.67

Cuadro 25. Alturas promedios correspondientes a la segunda evaluación.

Tratamientos	B1	B2	B3	B4	~x~
0	11.53	12.52	14.35	13.41	12.95
1	11.13	10.36	11.43	12.75	11.42
2	11.46	10.75	11.00	12.12	11.33
3	9.88	10.11	9.09	9.70	9.70
4	8.99	11.33	9.48	10.97	10.19

Cuadro 26. Alturas promedios correspondientes a la tercera evaluación.

Tratamientos	B1	B2	B3	B4	~x~
0	14.23	14.72	17.48	15.88	15.58
1	12.64	11.49	12.66	14.34	12.78
2	13.82	11.22	12.99	14.18	13.05
3	11.61	11.60	10.28	10.74	11.06
4	10.47	11.17	9.98	11.84	10.87

Cuadro 27. Alturas promedios correspondientes a la cuarta evaluación.

Tratamientos	B1	B2	B3	B4	~x~
0	16.43	16.22	20.41	16.22	17.32
1	14.12	12.51	14.35	16.31	14.32
2	15.32	12.23	15.11	18.10	15.19
3	12.80	13.12	11.86	12.64	12.61
4	11.61	12.31	11.06	12.95	11.98

Cuadro 28. Alturas promedios correspondientes a la quinta evaluación.

Tratamientos	B1	B2	B3	B4	~x~
0	17.71	17.10	23.25	18.89	19.24
1	15.41	13.96	16.22	17.80	15.85
2	16.97	14.33	16.35	16.14	15.95
3	14.29	14.98	13.46	14.78	14.38
4	13.13	14.40	12.41	14.48	13.61

Cuadro 29. Alturas promedios correspondientes a la sexta evaluación.

Tratamientos	B1	B2	B3	B4	~x~
0	19.36	18.90	25.14	20.12	20.88
1	15.94	14.73	17.36	18.40	16.61
2	17.67	15.69	17.00	16.77	16.78
3	16.31	16.27	14.50	17.45	16.13
4	14.45	15.41	13.26	16.62	14.94

Cuadro 30. ANVA de alturas promedios en la primera evaluación.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft
Tratamientos	4	15.193	3.798	9.175	3.260
Bloques	3	3.077	1.026	2.478	3.490
Error	12	4.968	0.414		
Total	19	23.238			

CV = 6.722%.

Cuadro 31. ANVA de alturas promedios en la segunda evaluación.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft
Tratamientos	4	25.530	6.383	8.339	3.260
Bloques	3	3.676	1.225	1.601	3.490
Error	12	9.185	0.765		
Total	19	38.391			

CV = 7.869%.

Cuadro 32. ANVA de alturas promedios en la tercera evaluación.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft
Tratamientos	4	57.883	14.471	12.215	3.260
Bloques	3	4.687	1.562	1.319	3.490
Error	12	14.217	1.185		
Total	19	76.786			

CV = 8.593%.

Cuadro 33. ANVA de alturas promedios en la cuarta evaluación.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft
Tratamientos	4	72.622	18.156	7.292	3.260
Bloques	3	10.304	3.435	1.379	3.490
Error	12	29.879	2.490		
Total	19	112.805			

CV = 11.047%.

Cuadro 34. ANVA de alturas promedios en la quinta evaluación.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft
Tratamientos	4	74.728	18.682	7.064	3.260
Bloques	3	7.379	2.460	0.930	3.490
Error	12	31.736	2.645		
Total	19	113.842			

CV = 10.291%.

Cuadro 35. ANVA de alturas promedios en la sexta evaluación.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft
Tratamientos	4	80.999	20.250	6.561	3.260
Bloques	3	8.255	2.752	0.892	3.490
Error	12	37.037	3.086		
Total	19	126.291			

CV = 10.293%

Cuadro 36. Diámetros promedios correspondientes a la primera evaluación.

Tratamientos	B1	B2	B3	B4	~x~
0	2.03	2.12	2.45	2.28	2.22
1	2.14	2.15	2.21	2.23	2.18
2	2.10	2.05	2.13	2.31	2.15
3	2.17	2.06	1.93	2.10	2.07
4	1.91	1.92	1.88	2.06	1.94

Cuadro 37. Diámetros promedios correspondientes a la segunda evaluación.

Tratamientos	B1	B2	B3	B4	~x~
0	2.33	2.38	2.71	2.63	2.51
1	2.34	2.38	2.40	2.54	2.42
2	2.49	2.28	2.39	2.43	2.40
3	2.32	2.36	2.25	2.33	2.32
4	2.08	2.08	2.19	2.33	2.17

Cuadro 38. Diámetros promedios correspondientes a la tercera evaluación.

Tratamientos	B1	B2	B3	B4	~x~
0	2.49	2.51	2.92	2.70	2.66
1	2.47	2.51	2.51	2.69	2.55
2	2.62	2.40	2.58	2.52	2.53
3	2.43	2.52	2.43	2.50	2.47
4	2.24	2.20	2.32	2.51	2.32

Cuadro 39. Diámetros promedios correspondientes a la cuarta evaluación.

Tratamientos	B1	B2	B3	B4	~x~
0	2.87	2.87	3.20	2.92	2.97
1	2.68	2.66	2.68	2.85	2.72
2	2.77	2.40	2.83	2.78	2.70
3	2.64	2.69	2.68	2.52	2.63
4	2.45	2.35	2.46	2.65	2.48

Cuadro 40. Diámetros promedios correspondientes a la quinta evaluación.

Tratamientos	B1	B2	B3	B4	~x~
0	3.13	3.18	3.58	3.21	3.28
1	2.8	2.91	2.89	3.05	2.91
2	3.05	2.8	3.15	2.99	3.00
3	2.88	2.91	2.94	2.92	2.91
4	2.55	2.43	2.66	2.84	2.62

Cuadro 41. Diámetros promedios correspondientes a la sexta evaluación.

Tratamientos	B1	B2	B3	B4	~x~
0	3.26	3.35	3.77	3.66	3.51
1	2.87	3.02	2.99	3.15	3.01
2	3.16	2.93	3.31	3.07	3.12
3	3.04	3.01	3.07	3.04	3.04
4	2.61	2.55	2.75	2.94	2.71

Cuadro 42. ANVA de diámetros promedios en la primera evaluación.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F _c	F _t
Tratamientos	4	0.195	0.049	4.222	3.260
Bloques	3	0.058	0.019	1.670	3.490
Error	12	0.139	0.012		
Total	19	0.392			

CV = 5.101%.

Cuadro 43. ANVA de diámetros promedios en la segunda evaluación.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F _c	F _t
Tratamientos	4	0.263	0.066	6.558	3.260
Bloques	3	0.078	0.026	2.597	3.490
Error	12	0.120	0.010		
Total	19	0.462			

CV = 4.234%.

Cuadro 44. ANVA de diámetros promedios en la tercera evaluación.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F _c	F _t
Tratamientos	4	0.244	0.061	4.770	3.260
Bloques	3	0.087	0.029	2.264	3.490
Error	12	0.154	0.013		
Total	19	0.485			

CV = 4.519%.

Cuadro 45. ANVA de diámetros promedios en la cuarta evaluación.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft
Tratamientos	4	0.498	0.125	7.845	3.260
Bloques	3	0.092	0.031	1.928	3.490
Error	12	0.191	0.016		
Total	19	0.781			

CV = 4.675%.

Cuadro 46. ANVA de diámetros promedios en la quinta evaluación.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft
Tratamientos	4	0.878	0.219	14.365	3.260
Bloques	3	0.134	0.045	2.926	3.490
Error	12	0.183	0.015		
Total	19	1.195			

CV = 4.202%.

Cuadro 47. ANVA de diámetros promedios en la sexta evaluación.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft
Tratamientos	4	1.313	0.328	20.179	3.260
Bloques	3	0.191	0.064	3.912	3.490
Error	12	0.195	0.016		
Total	19	1.699			

CV = 4.149%.

Cuadro 48. Primera evaluación de biomasa correspondiente al mes de mayo.

T	Planta	Diámetro	Peso fresco		Altura		Peso seco	
			Raíz	Aérea	Raíz	Aérea	Raíz	Aérea
T0	BI-P21	0.23	0.413	2.223	7.9	8.9	0.075	0.487
	BIII-P4	0.26	0.546	3.043	14.5	15	0.126	0.554
T1	BII-P16	0.22	0.690	2.798	14.4	15	0.158	0.580
	BIII-P9	0.25	0.258	2.320	2.2	5.4	0.056	0.460
T2	BII-P22	0.18	0.324	1.778	8.1	7.5	0.065	0.336
	BIV-P14	0.28	0.335	2.170	9.5	9.4	0.065	0.434
T3	BIII-P13	0.24	0.698	2.297	5.5	10.9	0.106	0.414
	BIV-4	0.22	0.545	2.253	4	10.3	0.102	0.451
T4	BII-P11	0.21	0.702	2.878	10	10.9	0.143	0.651
	BIII-P12	0.23	0.716	1.650	6.8	9.5	0.108	0.266

Cuadro 49. Segunda evaluación de biomasa correspondiente al mes de junio.

T	Planta	Diámetro	Peso fresco		Altura		Peso seco	
			Raíz	Aérea	Raíz	Aérea	Raíz	Aérea
T ₀	BII-P45	0.29	0.349	2.437	8	12.2	0.119	0.527
	BIV-P42	0.3	0.530	3.957	8	16.5	0.218	0.991
T ₁	BIII-P1	0.25	0.165	1.807	12.5	12.9	0.049	0.361
	BII-P5	0.31	0.401	1.825	5	10.5	0.088	0.371
T ₂	BII-P15	0.3	0.271	1.495	2.4	7.5	0.067	0.311
	BI-P2	0.33	0.442	1.914	15.3	10.9	0.106	0.374
T ₃	BI-P4	0.32	0.656	1.746	14	10.8	0.116	0.315
	BIV-P4	0.36	0.386	1.425	14.2	10	0.077	0.258
T ₄	BII-P6	0.3	0.925	2.045	6	11.5	0.144	0.438
	BIV-P16	0.35	1.203	3.704	7.7	10.7	0.237	0.820

Cuadro 50. Tercera evaluación de biomasa correspondiente al mes de julio.

T	Planta	Diámetro	Peso fresco		Altura		Peso seco	
			Raíz	Aérea	Raíz	Aérea	Raíz	Aérea
T ₀	BI-P8	0.38	1.069	7.239	15	20.6	0.346	1.677
	BIV-P1	0.37	1.485	4.749	29	29.9	0.359	1.298
T ₁	BII-P24	0.37	0.744	2.946	6.9	10.6	0.197	0.592
	BIII-P8	0.33	0.704	3.002	21	15.5	0.202	0.781
T ₂	BI-P17	0.37	1.176	3.998	18.7	17.2	0.318	0.918
	BIV-P1	0.41	3.573	5.464	26.8	24.6	0.737	1.457
T ₃	BI-P17	0.4	1.326	4.677	17	18.6	0.316	1.159
	BII-P3	0.37	1.155	5.959	19.8	23.4	0.286	1.201
T ₄	BI-P19	0.4	1.446	5.513	20.5	19.1	0.316	1.291
	BII-P21	0.37	0.743	2.860	13.1	15.6	0.115	0.506

Cuadro 51. Cuarta evaluación de biomasa correspondiente al mes de agosto.

T	Planta	Diámetro	Peso fresco		Altura		Peso seco	
			Raíz	Aérea	Raíz	Aérea	Raíz	Aérea
T ₀	BI-P32	0.315	1.684	5.782	16.7	23.3	0.584	1.760
	BIII-P10	0.28	1.153	5.296	16.5	27.3	0.444	1.516
T ₁	BII-P31	0.34	1.016	3.632	14.4	15.3	0.446	1.056
	BIII-P48	0.34	1.435	4.743	16.4	20.2	0.521	1.181
T ₂	BII-P12	0.34	1.255	3.946	20.6	17.2	0.386	1.048
	BIV-P9	0.33	1.366	5.408	15.7	18.9	0.443	1.342
T ₃	BIII-P3	0.31	0.849	5.820	14.1	24.7	0.282	1.585
	BVI-P44	0.33	0.958	8.798	19.1	19.6	0.334	2.010
T ₄	BII-P7	0.24	1.225	5.380	21.5	15.2	0.326	1.348
	BIII-P6	0.33	0.486	3.074	9.3	14.9	0.124	0.681

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 12. Descarte y selección de semillas para la germinación.



Figura 13. Acomodo de semillas en algodón para germinación de las semillas en la cabina germinadora.



Figura 14. Acomodo de semillas en la cama de almacigo para germinación de las semillas.



Figura 15. Acomodo en tres sustratos (tierra agrícola, aserrín y sustrato de bosque) de semillas para su germinación.



Figura 16. Preparación de sustratos según tratamientos.



Figura 17. Extracción de mantillo de bosque para preparación de su respectivo sustrato.



Figura 18. Visita de asesores al área experimental.



Figura 19. Instalación de letreros por bloques y tratamientos.



Figura 20. Medición de altura en plantones de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke).



Figura 21. Medición de diámetro en plantones de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke).



Figura 22. Riego a los plantones de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke).



Figura 23. Acomodo de muestras en estufa.