

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**BIOMASA DE PLANTAS DE TAHUARÍ (*Tabebuia serratifolia*
(Vahl) Nicholson) COMO RESULTADO DE LA INTERACCIÓN
SUSTRATO - HUMEDAD DEL SUELO, EN FASE DE VIVERO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCION FORESTALES**

**PRESENTADO POR:
LADY VICTORIA FLORES LOZANO**

2014



**T
FOR**

Flores Lozano, Lady Victoria

Biomasa de Plantas de Tahuari (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson) Como Resultado de la Interacción Sustrato – Humedad del Suelo, en Fase de Vivero - Tingo María 2014.

75 páginas; 20 cuadros; 40 figuras.; 42 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. en Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables

1. **TABEBUIA SERRATIFOLIA**
2. **CAPACIDAD DE CAMPO**
3. **BIOMASA**
4. **SUSTRATOS**
5. **HUMEDAD**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 21 de noviembre del 2014, a horas 9:00 a.m. en la Sala de Grados de la UNAS, para calificar la Tesis titulada:

“BIOMASA DE PLANTAS DE TAHUARI (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson) COMO RESULTADO DE LA INTERACCIÓN SUSTRATO - HUMEDAD DEL SUELO, EN FASE VIVERO”

Presentado por la Bachiller: **LADY VICTORIA FLORES LOZANO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de “**MUY BUENO**”

En consecuencia, la sustentante queda apta para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 03 de diciembre de 2014.

~~Ing. M.Sc. LADISLAO RUIZ RENGIFO
PRESIDENTE~~

Ing. JORGE L. VERGARA PALOMINO
VOCAL

Lic. EVA DORIS FALCÓN TARAZONA
VOCAL



Ing. M.Sc. LUIS A. VALDIVIA ESPINOZA
ASESOR

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación es el sacrificio de todo mi esfuerzo por alcanzar una más de mis metas en la vida. Por ello dedico a mi Padre Celestial, porque sin él no sería posible que haya terminado este trabajo.

A mis padres: Julia y Fredy; por el amor, apoyo, paciencia y ejemplo de superación que me brindaron durante toda mi vida.

A mis hermanas: Yara y Danna; por estar siempre a mi lado y brindarme su apoyo incondicional.

A mis abuelitos Eusebio, Lady, Victoria y Juan; por guiarme y aconsejarme siempre.

Y a todas esas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por la formación profesional brindada.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por las enseñanzas que contribuyeron en mi formación profesional.

Al técnico del Vivero Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables "Las Heliconias", Sr. Carlos Segundo Cardenas Shupingahua por todo su apoyo y sus conocimientos que contribuyeron en este trabajo de investigación.

Al Ing. Ms. Sc. Luis A. Valdivia Espinoza; por el asesoramiento brindado en la ejecución de la investigación.

Al Ing. Ms. Sc. Rafael Robles Rodríguez; por el apoyo en el análisis e interpretación de los resultados de la presente investigación.

Al Técnico del laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal, Sr. Mario Soza Shapiama por el apoyo brindado para el desarrollo de mi trabajo de investigación.

A todos mis amigos a quienes estuvieron en el transcurso de toda mi carrera, muchas gracias por estar conmigo en todo este tiempo en que he pasado momentos felices y tristes; gracias por su amistad siempre les tendré presente en mi corazón: Silvia, Lorena, Ingrid, Deyvi, Nataly, Samantha, Cinthya y Sila que confiaron en mí.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Biomasa de plántulas forestales	4
2.2. Abonos orgánicos.....	5
2.3. El agua y el crecimiento de la planta	7
2.4. Interacción luz-agua en el crecimiento de plantas.....	8
2.5. Capacidad de campo.....	12
2.6. Antecedentes de la investigación	13
2.7. Taxonomía de la especie <i>Tabebuia serratiolia</i> (M. Vahl) Nicholson.....	17
2.8. Reconocimiento de la especie distribución y hábitat	18
2.9. Fenología polinización y dispersión	18
2.10. Propagación por semillas	18
2.11. Porcentaje de germinación.....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. Lugar de ejecución	20

3.1.1.	Ubicación	20
3.1.2.	Condiciones climáticas	20
3.1.3.	Zonas de vida	20
3.2.	Materiales	21
3.2.1.	Material genético.....	21
3.2.2.	Sustratos (abono orgánico).....	21
3.2.3.	Materiales, herramientas y equipos	21
3.3.	Metodología.....	22
3.3.1.	Fase de vivero	22
3.3.2.	Procedimiento para determinar la capacidad de campo (Cc) en peso de cada uno de los sustratos.....	23
3.3.3.	Determinar el área foliar de la planta	26
3.3.4.	Cálculo y clasificación de los índices de calidad.....	27
3.3.5.	Cuantificación de la biomasa de hojas, tallos y raíces	27
3.3.6.	Estimación de la producción total de biomasa	28
3.3.7.	Diseño experimental	29
3.3.8.	Modelo estadístico	30
3.3.9.	Variables dependientes	31

3.3.10. Variables independientes.....	32
IV. RESULTADOS.....	33
4.1. Biomasa de hojas, tallos y raíces producida en plantas de <i>Tabebuia serratifolia</i> (M. Vahl) Nicholson.....	33
4.1.1. Biomasa de hojas.....	33
4.1.2. Biomasa de tallo.....	40
4.1.3. Biomasa radicular.....	47
4.2. Producción total de biomasa producida en plantas de <i>Tabebuia serratifolia</i> (M. Vahl) Nicholson.....	53
4.3. Relación biomasa aérea/subterránea (BA/BS) (g.g^{-1}) y aérea foliar/biomasa total (AF/BT) ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$) en plantas de <i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) Nicholson.....	59
4.3.1. Relación biomasa aérea/subterránea (BA/BS) (g.g^{-1}).....	59
4.3.2. Relación aérea foliar/biomasa total (AF/BT) ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$).....	62
V. DISCUSIÓN.....	64
5.1. Biomasa de hojas, tallos y raíces producidas en plantas de <i>Tabebuia serratifolia</i> (M. Vahl) Nicholson.....	64
5.1.1. Biomasa de hoja.....	64
5.1.2. Biomasa de tallo.....	66

5.1.3. Biomasa radicular	67
5.2. Producción total de biomasa producida en plantas de <i>Tabebuia serratifolia</i> (M. Vahl) Nicholson	68
5.3. Relación biomasa aérea/subterránea (BA/BS) ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) y aérea foliar/biomasa total (AF/BT) ($\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$) en plantas de <i>Tabebuia serratifolia</i> (vahl) Nicholson.....	69
5.3.1. Relación biomasa aérea/subterránea (BA/BS) ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$).....	69
5.3.2. Relación área foliar/biomasa total (AF/BT) ($\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$).....	69
VI. CONCLUSIONES.....	72
VII. RECOMENDACIONES	73
VIII. ABSTRACT	74
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXO.....	83

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Tratamientos del experimento factorial.	29
2. Fuentes de variación y grados de libertad del experimento.	31
3. Análisis de Varianza para la biomasa de hojas correspondiente a cada mes de evaluación, con un nivel de significancia del 5%.	34
4. Análisis del efecto simple entre tipo de sustrato en cada nivel de humedad del suelo como influencia en la biomasa de hoja lograda al quinto mes de evaluación (promedio \pm error estándar) (SSB: suelo superficial de bosque; AD: aserrín descompuesto).	36
5. Análisis del efecto simple entre el nivel de humedad del suelo en cada tipo de sustrato como influencia en la biomasa de hoja lograda al quinto mes de evaluación (promedio \pm error estándar).	38
6. Análisis de Varianza para la biomasa de tallo correspondiente a cada mes de evaluación, con un nivel de significancia del 5%.	41
7. Análisis del efecto simple entre tipo de sustrato en cada nivel de humedad del suelo como influencia en la biomasa de tallo lograda al quinto mes de evaluación (promedio \pm error estándar) (SSB: suelo superficial de bosque; AD: aserrín descompuesto).	43

8. Análisis del efecto simple entre el nivel de humedad del suelo en cada tipo de sustrato como influencia en la biomasa de tallo lograda al quinto mes de evaluación (promedio \pm error estándar). 45
9. Análisis de varianza para la biomasa radicular correspondiente a cada mes de evaluación, con un nivel de significancia del 5%. 48
10. Análisis del efecto simple entre tipo de sustrato en cada nivel de humedad del suelo como influencia en la biomasa radicular lograda al quinto mes de evaluación (promedio \pm error estándar) (SSB: suelo superficial de bosque; AD: aserrín descompuesto). 49
11. Análisis del efecto simple entre el nivel de humedad del suelo en cada tipo de sustrato como influencia en la biomasa radicular lograda al quinto mes de evaluación (promedio \pm error estándar). 51
12. Análisis de Varianza para la producción total de biomasa correspondiente a cada mes de evaluación, con un nivel de significancia del 5%. 54
13. Efecto simple entre tipo de sustrato en cada nivel de humedad del suelo como influencia en la producción total de biomasa lograda al quinto mes de evaluación (promedio \pm error estándar) (SSB: suelo superficial de bosque; AD: aserrín descompuesto). 55
14. Análisis del efecto simple entre el nivel de humedad del suelo en cada tipo de sustrato como influencia en la producción total de

biomasa lograda al quinto mes de evaluación (promedio \pm error estándar).....	57
15. Datos de la primera evaluación (primer mes).....	85
16. Datos de la segunda evaluación (segundo mes).	86
17. Datos de la tercera evaluación (tercer mes).....	88
18. Datos de la cuarta evaluación (cuarto mes).	90
19. Datos de la quinta evaluación (quinto mes).	92
20. Área foliar en las cinco evaluaciones.	93

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Vasos de precipitación con los respectivos sustratos.	24
2. Método directo de áreas mediante cuadros.	26
3. Croquis del experimento.	30
4. Biomasa de hoja (g) lograda por cada tipo de sustrato en los cuatro niveles de humedad del suelo (AD: aserrín descompuesto; SSB: suelo superficial de bosque).	37
5. Biomasa de hoja (g) lograda por cada nivel de humedad del suelo en cada tipo de sustrato (AD: aserrín descompuesto; SSB: suelo superficial de bosque).	39
6. Biomasa de hojas en los ocho tratamientos de estudio, como producto de la interacción del tipo de sustrato y niveles de humedad del suelo.	40
7. Biomasa de tallo (g) lograda por cada tipo de sustrato en los cuatro niveles de humedad del suelo (AD: aserrín descompuesto; SSB: suelo superficial de bosque).	44
8. Biomasa de hoja (g) lograda por cada nivel de humedad del suelo en cada tipo de sustrato (AD: aserrín descompuesto; SSB: suelo superficial de bosque).	46

9. Medias de biomasa de tallo en los ocho tratamientos de estudio, como producto de la interacción del tipo de sustrato y niveles de humedad del suelo.	47
10. Biomasa radicular (g) lograda por cada tipo de sustrato en los cuatro niveles de humedad del suelo (AD: aserrín descompuesto; SSB: suelo superficial de bosque).	50
11. Biomasa radicular (g) lograda por cada nivel de humedad del suelo en cada tipo de sustrato (AD: aserrín descompuesto; SSB: suelo superficial de bosque).	52
12. Medias de biomasa radicular en los ocho tratamientos de estudio, como producto de la interacción del tipo de sustrato y niveles de humedad del suelo.	53
13. Producción total de biomasa (g) lograda por cada tipo de sustrato en los cuatro niveles de humedad del suelo (AD: aserrín descompuesto; SSB: suelo superficial de bosque).	56
14. Producción total de biomasa (g) lograda por cada nivel de humedad del suelo en cada tipo de sustrato (AD: aserrín descompuesto; SSB: suelo superficial de bosque).	58
15. Medias de la producción total de biomasa en los ocho tratamientos de estudio, como producto de la interacción del tipo de sustrato y niveles de humedad del suelo.	59

16.	Relación biomasa aérea-biomasa radicular en ocho tratamientos por efecto de la interacción entre tipo de sustrato y nivel de humedad a la quinta evaluación.....	60
17.	Contenido de la biomasa radicular y biomasa aérea (T-H) en ocho tratamientos a la quinta evaluación.....	61
18.	Porcentaje del contenido de biomasa radicular de la biomasa total en ocho tratamientos.....	61
19.	Proporción de área foliar y biomasa total de los ocho tratamientos evaluados al quinto periodo.....	62
20.	Índice de la relación área foliar – biomasa total en ocho tratamientos de la quinta evaluación.....	63
21.	Mapa de ubicación del experimento.....	84
22.	Semillas de <i>Tabebuia serratifolia</i> (vahl) Nicholson en la cama de almacigo para su germinación.....	95
23.	Plántulas de <i>Tabebuia serratifolia</i> (vahl) Nicholson en las camas de almacigo.....	96
24.	Preparación de los sustratos: suelo superficial de bosque y aserrín descompuesto.....	96
25.	Embolsado de los sustratos SSB y AD.....	97
26.	Acondicionamiento de la cama de cría.....	97

27. Ubicación de las bolsas con los diferentes sustratos de acuerdo al croquis de tratamientos.	98
28. Plántulas de <i>Tabebuia serratifolia</i> (vahl) Nicholson recién repicadas.	98
29. Plántulas de <i>Tabebuia serratifolia</i> (vahl) Nicholson en sus respectivos tratamientos.	99
30. Determinación de la capacidad de campo en el Laboratorio de Suelos.	99
31. Riego respectivo de acuerdo al porcentaje de humedad.	100
32. Extracción de las plantas de manera manual para determinar la biomasa.	100
33. Plantones de <i>Tabebuia serratifolia</i> (vahl) Nicholson para llevarlas al laboratorio.	101
34. Plantones de <i>Tabebuia serratifolia</i> (vahl) Nicholson listas para el seccionamiento de hojas, tallos y raíz.	101
35. Peso de las partes seccionadas de <i>Tabebuia serratifolia</i> (vahl) Nicholson.	102
36. Extracción del área foliar con el método de sacabocado.	102
37. Pesado de muestras para determinar área foliar.	103

38. Sobre de papel manteca con la muestra para secado en la estufa.	103
39. Muestras colocadas en la estufa para su secado.	104
40. Pesado de la muestra seca después de 72 horas.	104

RESUMEN

La actividad humana ha modificado muchos bosques tropicales, creando paisajes dominados por la agricultura o por el desarrollo urbano; la importancia económica, ecológica y ornamental que tiene *Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson, urge tomar medidas para conservarlos. Se plantea entonces la investigación, con el propósito de determinar la interacción e influencia de diversos sustratos y niveles de humedad del suelo en la producción de biomasa en los plantones de tahuarí, durante la fase de vivero. Se ejecutó en el Vivero Forestal y en el Laboratorio de Certificación de Semillas Forestales, pertenecientes a la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Se utilizó plántulas de tahuarí establecidos bajo un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 4x2 con cinco repeticiones. Los factores en estudio fueron: Factor A: tipo de sustrato (Suelo superficial de bosque - SSB y aserrín descompuesto - AD); Factor B: humedad del suelo (40%, 60%, 80%, 100%). Los resultados a cinco meses del repique, registró mayor biomasa total lograda en el sustrato SSB con 80 a 100% de humedad (7.66 g y 7.29 g respectivamente) comportándose estadísticamente similares; mientras que en el sustrato AD, la producción total de biomasa se logra cuando presenta 100% de humedad del suelo, estadísticamente diferenciado del resto de niveles de humedad; los tratamientos T₁, T₃, T₅ y T₇ (tratamientos con SSB) muestran menores índices de esta relación el cual indica que el contenido de biomasa radicular es mayor que la biomasa aérea.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos siglos, la actividad humana ha modificado relativamente muchos bosques tropicales creando paisajes dominados por la agricultura o por el desarrollo urbano (BRADSHAW *et al.*, 2010). Esta transformación ha generado dificultades dado que no solo se ha perdido biodiversidad, sino también porque ha afectado al suministro de muchos productos forestales y servicios ecosistémicos valiosos. En los sistemas boscosos, el suelo es muy importante en el mantenimiento de la funcionalidad (MARSCHNER y RENGEL, 2007). Las interacciones entre las comunidades vegetales y los aspectos físicos, químicos y biológicos del suelo son múltiples y han sido descritas ampliamente (BINKLEY y GIARDINA, 1998). Por otro lado, los cambios en la cobertura y uso del suelo como consecuencia del crecimiento de la población humana tienen efectos importantes en el suelo y en las funciones ecosistémicas que éste soporta.

Bajo este contexto, el Tahuari (*Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson) como una de las especies maderables no muy conocidas; muchas de las especies de *Tabebuia* se cultivan a efectos decorativos, ya que se caracterizan por florecer antes de que el follaje caduco vuelva a brotar. Son valiosos también para la carpintería, que aprecia la dureza, peso y resistencia al agua y las plagas de su madera; aunque no se adaptan a trabajos delicados

por la dificultad de su trato, son óptimos para material de exteriores. Algunas especies son además sumamente resistentes al fuego (REYNEL *et al.*, 2003).

En tal sentido, debido a la importancia económica, ecológica y ornamental que tiene esta especie, ya se debe estar tomando medidas para su conservación, debiendo asumirse la responsabilidad de encontrar diversas soluciones para evitar su posible extinción. Se plantea entonces la presente investigación, con el propósito de estudiar la interacción e influencia de diversos sustratos y niveles de humedad del suelo en la producción de biomasa de plantas de *Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson, en fase de vivero.

La hipótesis planteada es: "la interacción de diferentes tipos de sustrato y niveles de humedad del suelo, incrementan la producción de biomasa de plantas de *Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson durante su crecimiento inicial".

Los objetivos planteados son:

Objetivo general

- Evaluar la producción de biomasa de plantas de Tahuari (*Tabebuia serratifolia* (M. vahl) nicholson) como resultado de la interacción de diferentes tipos de sustrato y niveles de humedad del suelo, durante la fase inicial de su crecimiento.

Objetivos específicos

- Cuantificar la biomasa de hojas, tallos y raíces producida en plantas de *Tabebuia serratifolia* (M. vahl) Nicholson, como resultado de la

interacción de dos tipos de sustrato y cuatro niveles humedad, en fase de vivero.

- Estimar la producción total de biomasa en plantas de *Tabebuia serratifolia* (M. vahl) Nicholson, como resultado de la influencia de dos tipos de sustrato y cuatro niveles humedad, en fase de vivero.
- Determinar la relación de biomasa aérea/subterránea (BA/BS) (g.g^{-1}) y área foliar/biomasa total (AF/BT) ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$) en plantas de *Tabebuia serratifolia* (M. vahl) Nicholson, como resultado de la influencia de dos tipos de sustrato y cuatro niveles humedad, en fase de vivero.

interacción de dos tipos de sustrato y cuatro niveles humedad, en fase de vivero.

- Estimar la producción total de biomasa en plantas de *Tabebuia serratifolia* (M. vahl) Nicholson, como resultado de la influencia de dos tipos de sustrato y cuatro niveles humedad, en fase de vivero.
- Determinar la relación de biomasa aérea/subterránea (BA/BS) (g.g^{-1}) y área foliar/biomasa total (AF/BT) ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$) en plantas de *Tabebuia serratifolia* (M. vahl) Nicholson, como resultado de la influencia de dos tipos de sustrato y cuatro niveles humedad, en fase de vivero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Biomasa de plántulas forestales

Investigaciones realizadas determinaron que el peso seco (biomasa) o el peso en verde de plántulas, 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 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 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 radical entre 1:5 hasta 2:1 y una relación de materia seca aérea: materia seca radical de 2:1 (GARCÍA, 1996).

Para especies de crecimiento de hábito cespitoso como *Pinus montezumae* y *Pinus michoacana* se recomienda una altura de 8 a 10 cm,

diámetro a nivel del cuello de 5 a 8 mm, longitud de la raíz de 12 a 15 cm, una relación altura/diámetro a nivel del cuello 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).

2.2. Abonos orgánicos

La utilización de abonos orgánicos, ayudará a minimizar el grado de toxicidad de los suelos, mediante el reciclaje de material vegetal y animal disponible en la superficie del suelo.

VIVANCO (2005) menciona que todos los componentes de la materia viva sufren una serie de transformaciones que originan lo que conocemos como materia orgánica propiamente dicha, que consiste en un material dinámico (termodinámicamente inestable), ligado a los ciclos del carbono, nitrógeno, del fósforo y del azufre, a la reducción del hierro y el manganeso en el suelo y a otros muchos procesos y que puede llegar a estabilizarse en función de los parámetros ambientales (temperatura, pH, humedad, contenido iónico, poblaciones de microorganismos, etc.).

CRUZ (2002) expone que la aplicación de abonos orgánicos ofrece beneficios favorables para las plantas, tales como:

- Sirven como medio de almacenamiento de los nutrimentos necesarios para el crecimiento de las plantas como es el caso de nitratos, fosfatos, sulfatos, etc.

- Aumentan la capacidad de cationes en proporciones de 5 a 10 veces más que las arcillas.
- Amortiguan los cambios rápidos de acidez, alcalinidad, salinidad del suelo y contra la acción de pesticidas y metales tóxicos pesados.
- Contrarrestan los procesos erosivos causados por el agua y por el viento.
- Proporcionan alimento a los organismos benéficos como la lombriz de tierra y las bacterias fijadoras de nitrógeno.
- Atenúan los cambios bruscos de temperatura en la superficie del suelo.
- Reducen la formación de costras al debilitar la acción dispersante de las gotas de lluvia.
- A medida que se descomponen los residuos orgánicos, suministran a los cultivos en crecimiento cantidades pequeñas de elementos metabólicos a tiempo y en armonía con las necesidades de la planta.
- Reducen la densidad aparente del suelo aumentando la infiltración y el poder de retención de agua en el suelo.
- Mejoran las condiciones físicas del suelo mediante la formación de agregados.

La fertilidad del suelo es vital para un suelo productivo, un suelo fértil no tiene necesariamente que ser un suelo productivo. Drenaje insuficiente, insectos, sequías y otros factores pueden limitar su producción.

Para comprender la productividad del suelo, se debe reconocer las relaciones suelo – plantas existentes. Algunos de los factores externos que controlan el crecimiento de las plantas son: aire, temperatura, luz, soporte mecánico, nutrimentos y agua. La planta depende del suelo en forma total o parcial para el suministro de estos factores, con excepción de la luz (VALAREZO, 2001).

2.3. El agua y el crecimiento de la planta

Es sabido que la falta de agua interrumpe el crecimiento de las plantas, además de reducir la actividad fotosintética. No obstante, muy poco se ha aclarado acerca de la función que tiene el agua para favorecer el crecimiento. Muchos árboles tropicales producen periódicamente una rápida expansión de hojas nuevas durante el proceso conocido como *brote repentino*. A menudo, estas hojas son de un color rojo o pálido y en consecuencia, contrastan con el color verde oscuro de las hojas más viejas. En algunos árboles, el brote repentino se presenta durante la última parte de la época seca, mientras que en otras, tales como teca (*Tectona grandis*) y *Terminalia superba*, el fenómeno parece ser resultado del incremento en el contenido de agua del suelo. La duración del día y la temperatura también son aspectos importantes para el control de brote repentino.

La germinación de las semillas es un proceso complicado que depende de varios factores, de los cuales, el agua es sólo uno más. Muchas semillas de cactus necesitan remojar en agua antes de que germinen para eliminar los inhibidores del crecimiento, proceso que tal vez es necesario en las semillas de muchas otras especies.

El agua es el medio de dispersión de algunos frutos tropicales y también del polen de las plantas acuáticas, en tanto que los espermatozoides de las plantas inferiores, por lo general deben nadar para alcanzar los óvulos. La dispersión y transporte de los frutos a través del agua, sólo es común entre las hidrófitas, ya que las semillas de mesófitas y xerófitas mueren con facilidad cuando se remojan debido a la falta de oxígeno. Sin embargo, los frutos de coco (*Cocos nucifera*) pueden soportar largos períodos de inmersión (VICKERY, 1991).

2.4. Interacción luz-agua en el crecimiento de plantas

La luz y el agua son dos factores que varían e interaccionan, particularmente en ambientes secos, por tanto las respuestas de las plantas a la luz van a estar muy afectadas por la disponibilidad hídrica (Valladares y Pearcy, 1997; citados por VALLADARES, 2004). Los gradientes de luz y de agua, y consiguientemente las respuestas vegetales asociadas, se dan tanto dentro del follaje de una planta individual, como en el dosel de un bosque o en los transectos claro-sotobosque de un ecosistema (Niinemets y Valladares, 2004; citados por VALLADARES, 2004). El estrés hídrico, como cualquier otro

estrés, limita la capacidad de la planta de emplear fotosintéticamente la luz que absorbe. Por tanto altera la tolerancia a la sombra (o a pleno sol) de forma que ésta tolerancia es en realidad un concepto relativo y no absoluto para cada especie. De hecho, en un estudio con plántulas de robles y pinos se ha comprobado que la tolerancia a la sombra se ve afectada por el estrés hídrico, aunque el efecto difirió entre especies y no es factible generalizar (Sánchez-Gómez *et al.*, 2004; citados por VALLADARES, 2004).

A nivel de planta entera y de una forma muy simplificada, cabe plantear que si una planta creciendo en condiciones limitantes de agua y luz invierte mucha biomasa en su parte aérea para captar luz, quedará en mala situación para captar agua y viceversa (Tilman, 1988; citado por VALLADARES, 2004). Esto sería un primer marco conceptual para la existencia de limitaciones en la tolerancia de una especie a la sombra y a la sequía, ya que la captación de ambos recursos, luz y agua, no puede ser maximizada simultáneamente (Valladares, 2001; citado por VALLADARES, 2004). Smith y Houston (1989), citado por VALLADARES (2004) han propuesto un modelo de dinámica de comunidades en el que aplican el principio de que la tolerancia a un estrés (baja temperatura, luz o agua) es alcanzada a cambio de una reducción de la capacidad máxima de crecimiento. Como resultado de este modelo, la tolerancia a la sombra estaría correlacionada con la necesidad de agua. Las características anatómicas y morfológicas de las plantas determinarían de este modo que la especies tolerantes de sombra no puedan tolerar también la sequía, lo que se conoce como compromiso (*trade-off*) entre la tolerancia a la sombra y a la sequía (Smith y Houston, 1989; citados por

VALLADARES, 2004). Analizando los valores de tolerancia a la sequía y a la sombra de la flora europea se ha comprobado que predominaron las especies intolerantes de sombra y las que tuvieron una tolerancia intermedia a la sequía sobre un total de 2,458 especies. Al realizar el cruce de los valores de tolerancia a ambos factores se encontró que las especies más tolerantes de sequía son menos tolerantes de sombra, apoyando empíricamente el modelo propuesto por Smith y Houston (1989), citados por VALLADARES (2004).

No obstante, algunos estudios experimentales recientes apuntan en otro sentido. En un estudio en condiciones controladas de las respuestas de plántulas de *Liriodendron tulipifera* a la luz y a la sequía se observó que la sombra generó un mejor desarrollo independientemente de la disponibilidad o no de agua, y se ha pretendido concluir a partir de este estudio que la sombra tiene un efecto beneficioso en condiciones áridas (Holmgren, 2000; citado por VALLADARES, 2004). Por el contrario, en estudios con juveniles de *Fagus sylvatica* en condiciones submediterráneas se han encontrado efectos negativos de la sombra (Aranda *et al.*, 2002, 2004; citados por VALLADARES, 2004). Un problema habitual de los ensayos de este tipo es la interacción experimental no deseable entre luz y agua, de forma que en los tratamientos de más iluminación la sequía es mayor que en los de sombra y viceversa, algo técnicamente difícil de evitar. Además, especies que transpiran más que otras desecan más rápidamente el sustrato y por tanto están sometidas a mayor estrés hídrico que las demás especies del mismo tratamiento. Sack y Grubb (2002), citados por VALLADARES (2004) estudiaron la interacción agua-luz en plántulas de *Viburnum* sp y *Hedera helix* y observaron efectos “ortogonales”

entre estos dos factores, es decir, independientes, ya que la sombra redujo el crecimiento en la misma proporción con y sin limitaciones hídricas. Es decir, la sombra y la sequía tuvieron un efecto multiplicativo sobre el crecimiento, pero no hubo interacción, en otras palabras, el efecto de la sequía no fue proporcionalmente mayor a la sombra. Además, el patrón de inversión de biomasa (*allocation*) en cada nivel de radiación no se vio alterado por la disponibilidad hídrica.

El que las respuestas a la luz y al agua puedan ser independientes sugiere una mayor posibilidad de segregación del nicho ecológico potencial de las distintas especies que coexisten en un hábitat, ya que las especies pueden diferenciarse no sólo por su tolerancia a la sombra, que llevaría implícita una cierta sensibilidad a la sequía según el modelo de Smith y Houston (1989), citados por VALLADARES (2004) sino además por su tolerancia a la sequía. La limitación de este tipo de estudios experimentales radica en el bajo número de especies que es posible abarcar (en el peor de los casos una, como en el trabajo de Holmgren (2000), citado por VALLADARES (2004), generalmente 4-6, sólo en contadas ocasiones en torno a 10, lo cual es aún insuficiente para muchos análisis). Además, extraer conclusiones sobre el impacto de la interacción luz-agua en la facilitación o competencia entre especies a partir de estudios de esta interacción en condiciones experimentales controladas realizadas con unas pocas especies e individuos tratados de forma separada y en contenedores es muy aventurado. Un riesgo adicional lo supone el hecho de que mientras una mayor inversión en raíz puede tener consecuencias favorables para el crecimiento y supervivencia en condiciones de sequía en el

campo, no suponen ninguna ventaja en contenedores y macetas donde la cantidad de agua en el suelo no suele aumentar con la profundidad. Para lo que este tipo de experimentos es sólido es para la detección de interacciones, la separación del efecto de cada factor y la identificación de los mecanismos ecofisiológicos y las implicancias de estas interacciones entre factores para el crecimiento y supervivencia de la especie o especies estudiadas (Valladares, 1997; citado por VALLADARES, 2004). Para interpretar los efectos de esta interacción en la distribución de las plantas es preciso estudiar lo que ocurre en condiciones naturales, aunque el separar los efectos de cada factor resulte poco menos que imposible.

2.5. Capacidad de campo

Se refiere a la cantidad relativamente constante de agua que contiene un suelo saturado después de 48 horas de drenaje. El drenaje ocurre por la transmisión del agua a través de los poros mayores de 0.05 mm de diámetro; sin embargo, la capacidad de campo puede corresponder a poros que varían entre 0.03 y 1 mm de diámetro. El concepto de Capacidad de Campo se aplica únicamente a suelos bien estructurados donde el drenaje del exceso de agua es relativamente rápido; si el drenaje ocurre en suelos pobremente estructurados, por lo general continuará durante varias semanas y este tipo de suelos de estructura tan pobre raramente tiene una Capacidad de Campo claramente definida. La Capacidad de Campo se determina mejor en el campo saturando el suelo y midiendo su contenido de agua después de 48 horas de drenaje (FAO, 2005).

La capacidad de campo de un suelo es el contenido hídrico después de que se hayan vuelto muy lento el escurrimiento del agua gravitacional, y relativamente estable el contenido hídrico.

La capacidad de campo también se ha llamado capacidad de conducción de campo, capacidad de humedad normal y capacidad capilar. No es un verdadero valor de equilibrio, sino solo una condición de un movimiento de agua tan lento que el contenido húmedo no cambie apreciablemente de una medida a otra (KRAMER, 1969).

2.6. Antecedentes de la investigación

Para evaluar el efecto de la disponibilidad de luz y agua en el crecimiento y la morfología de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Bertholletia excelsa*, HAYASHIDA-OLIVER *et al.* (2001) diseñaron un experimento en el cual los plántones crecieron durante 120 días en dos condiciones de luz (3% y 25% de luz natural) y sin acceso a lluvias pero recibieron tres diferentes frecuencias de riego.

La luz tuvo un efecto marcado en el crecimiento y la morfología de las plantas, mientras el tratamiento de agua tuvo solamente un efecto limitado. Las plantas a 25% de luz tuvieron un crecimiento relativo en diámetro que fue 2-4 veces mayor en comparación con las plantas a 3% de luz.

En el caso de uso de los plántones para el enriquecimiento de bosques es recomendable plantarlos en claros grandes.

Las plantas en luz alta tuvieron una más alta proporción de su biomasa en raíces para captar agua (*Swietenia*). Las plantas en la sombra tuvieron una más alta proporción de biomasa en sus hojas (*Swietenia*, *Bertholletia*), y un área foliar relativamente grande (*Swietenia*, *Cedrela*, y *Bertholletia*) para captar luz.

El agua tuvo un efecto solamente en el crecimiento de *Swietenia*: el crecimiento en diámetro de las plantas a 25% luz aumentó con la cantidad de agua. Por lo tanto, las tres especies heliófitas están bien adaptadas a la sequía (siendo *Swietenia* la especie más susceptible), y son aptas para plantarse en zonas con una estación seca marcada.

Por su parte, CALVO-ALVARADO *et al.* (2008) establecieron un ensayo para evaluar el efecto de cinco sustratos en el crecimiento, contenido foliar de nutrientes y clorofila (valores SPAD-502) de tres especies forestales. Los sustratos fueron: tres tipos de suelos (Ultisol, Andisol, Inceptisol) y de dos suelos modificados; Ultisol mejorado con CaCO_3 +NPK y Andisol con NPK. Las especies seleccionadas fueron *Gmelina arborea* (L.) Roxb (melina), *Tectona grandis* L.f. (teca) y *Swietenia macrophylla* King (caoba). Se incluyó en los ensayos clones de teca y de melina. Se concluye que el sustrato de Ultisol mejorado tiene tasas de crecimientos comparables o mejores que los otros sustratos, lo que corrobora que este tipo de suelo se puede mejorar para proyectos de reforestación. Las interacciones entre especies y los niveles de fertilidad son distintas, pero en general el nivel de fertilidad, el pH, la saturación intercambiable de acidez en porcentaje (SA%) y el nivel de K son factores

importantes que controlan el buen crecimiento y se relacionan con la concentración de nutrientes foliares. Teca es la especie que tuvo mayores concentraciones foliares de P, Fe, Cu y B, mientras que melina concentró más N, Ca, Mg, Zn y Mn. Los clones de teca y melina muestran una tendencia a tener menor concentración de Fe foliar con respecto a los arbolitos. Las lecturas de clorofila según el SPAD no brindan consistencia suficiente para ser empleadas como indicadores de vigor de planta.

NEGREROS–CASTILLO *et al.* (2010) por su parte, describen las características de plántulas de *Swietenia macrophylla* King, *Cedrela odorata* L. y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC bajo dos densidades (100 y 50 plantas/m²) y dos sustratos [suelo y suelo + composta (S+C)] en vivero. El tratamiento S+C tuvo un efecto significativo en el crecimiento del diámetro, altura, peso de la raíz y la relación tallo/raíz de cada una de las especies. En suelo 76% de las plántulas tienen la relación tallo/raíz ≤ 3 y en S+C 21% presentaron una relación tallo/raíz < 3 . Para coníferas se recomienda tallo/raíz 2:1 para sitios secos y 4:1 para húmedos. Para las latifoliadas no se sabe cuál es la relación tallo: raíz óptima. Dos meses después de llevarlas a campo, murieron más plántulas de *Swietenia* en S+C pero menos plántulas de *Cedrela* y *Tabebuia*. De las tres especies murieron las más pequeñas.

GUEVARA y GUENNI (2004) manifiestan que la necesidad de que el crecimiento de las especies en condiciones de vivero se evalúe en función de la producción de materia seca, por el hecho de que la altura de la planta se encuentra más influida por los cambios ambientales.

ANGUIANO *et al.* (2013) realizó una investigación con el objetivo de estimar el secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril (sasp) compuesto por cocotero (*Cocos nucifera*), *Leucaena leucocephala* Var. *Cunningham* sembrada en alta densidad y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115, se llevó a cabo un estudio en un suelo con textura franco arcillo-arenosa. Se utilizó un diseño en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con cuatro tratamientos 0, 40, 60 y 80 mil árboles de leucaena ha⁻¹ y tres repeticiones; la evaluación duró desde su establecimiento hasta 340 días de edad. Los resultados muestran diferencia estadística ($P < 0.001$) en el secuestro de carbono con 101.19d, 109.73c, 122.00b y 128.62a t C+ha⁻¹año⁻¹ para los sasp de 0, 40, 60 y 80 mil plantas de leucaena ha⁻¹, respectivamente. El mayor aporte de secuestro de carbono lo realizó el cocotero que aportó del 60 al 80% del total del sasp y existió una relación inversa de secuestro de carbono de la gramínea al incrementar la densidad de la leguminosa. El tratamiento que incorpora la siembra en alta densidad de la leguminosa arbórea logró un mayor secuestro de carbono.

En los sistemas boscosos, el suelo es muy importante en el mantenimiento de la funcionalidad (MARSCHNER y RENGEL, 2007). Las interacciones entre las comunidades vegetales y los aspectos físicos, químicos y biológicos del suelo son múltiples y han sido descritas ampliamente (BINKLEY y GIARDINA, 1998). Las plantas con mayores ventajas son aquellas establecidas en menor tiempo después de su germinación, porque las plantas están en proceso de crecimiento (BROWN, 1992).

PRIMAVESI (1992), confirma que aquellas plantas que logran una adecuada interacción con el suelo, presentan mayor crecimiento.

El exceso de agua en el suelo produce una inadecuada aireación, lo que conduce a la rápida disminución del oxígeno disponible para las raíces que es capaz de inducir cambios fisiológicos y morfológicos de las mismas, afectando la mineralización y solubilidad de las sustancias minerales del suelo, pudiendo conducir a la formación de compuestos fitotóxicos en los tejidos (SUN *et al.*, 1995).

2.7. Taxonomía de la especie *Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson

REYNEL *et al.* (2003) señala que tahuari (*Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson) tiene la siguiente clasificación botánica:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Lamiales
Familia:	BIGNONACEAE
Nombre científico:	<i>Tabebuia serratifolia</i> (M. Vahl) Nicholson
Nombres comunes:	“tahuari amarillo”, “tahuari”

2.8. Reconocimiento de la especie distribución y hábitat

REYNEL *et al.* (2003) indica que a la especie se le reconoce por el fuste cilíndrico, corteza externa agrietada, corteza interna exfoliable en láminas delgadas y de tenue sabor dulce; también por sus hojas compuestas digitadas y opuestas, glabras o casi glabras y sus vistosas flores amarillas. La distribución y el hábitat comienzan en Sudamérica desde Colombia, Venezuela y Guayanas a Brasil, Ecuador, Perú y Bolivia, en bosques húmedos a subhúmedos, mayormente debajo de 1000 msnm.

2.9. Fenología polinización y dispersión

REYNEL *et al.* (2003) indica que la floración se registra durante la estación seca, mayormente en el mes de agosto y frutos maduros inmediatamente luego. El árbol deja caer sus hojas antes de la floración y ésta es relativamente breve y sincrónica. Se ha observado en la polinización que el *Tabebuia serratifolia* está provista de nectarios o glándulas extra florales ubicados en los peciolos y brácteas, cuya función parece ser atrayente de hormigas que pueden jugar un rol en la protección de las flores y los frutos de la planta, por último las semillas son dispersadas por el viento (anemófilas).

2.10. Propagación por semillas

REYNEL *et al.* (2003) indica que el número de semillas es de 3,000 por kilogramo, la propagación por semillas de esta especie es exitosa. Para la especie congénérica Centroamericana *T. pentaphylla* se señala que produce 2

cosechas anuales de semillas, y ellas maduran dos meses luego de la floración. Los frutos se cosechan del árbol poco antes de abrir y la semilla se limpia a mano y se seca al sol.

2.11. Porcentaje de germinación

SALAZAR (1997) menciona que hay datos para las siguientes especies Centroamericanas: para *Tabebuia serratifolia*, 70 - 80%; para *Tabebuia rosea* 25 - 55%; para *T. donnell-smithii* 60% con semillas frescas y 15% con semillas a 15 días de cosechadas; para *Tabebuia guayacan* 70% con semillas frescas y 15% con semillas a los 15 días de cosechadas.

La germinación se inicia a los 15 días de la siembra. En la especie congénérica Centroamericana *T. pentaphylla* a los 12 a 14 días.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación

La investigación se desarrolló en el Vivero Forestal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) y en el Laboratorio de Certificación de Semillas Forestales; el mismo que políticamente se ubica en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado y región Huánuco.

3.1.2. Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas que presenta son: temperatura máxima de 29.4 °C, mínima de 19.2 °C y la media de 24.3 °C; precipitación promedio anual de 3,300 mm, humedad relativa de 87% y altitud de 660 m.s.n.m.

3.1.3. Zonas de vida

En la clasificación de zonas de vida y el diagrama bioclimático de Holdridge, el distrito de Rupa Rupa se encuentra ubicado en la formación vegetal bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh - PT) y de acuerdo a las regiones naturales del Perú, se encuentra en la Selva Alta o Rupa Rupa.

3.2. Materiales

3.2.1. Material genético

Semillas de la especie *Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson, cuyo lugar de procedencia es el Jardín Botánico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.2.2. Sustratos (abono orgánico)

SSB: 50% de tierra agrícola + 10% de arena + 40% de suelo superficial de bosque secundario (Pueblo Bella Alta).

AD: 50% de tierra agrícola + 10% de arena + 40% de aserrín descompuesto al 60%.

3.2.3. Materiales, herramientas y equipos

3.2.3.1. Materiales

Tubos plásticos transparentes de 30 cm de largo por 3.7 cm de diámetro interno, malla de alambre de 2 mm, malla Rachel 50% de intensidad de luz, bolsas negras de polietileno de 10 cm de diámetro, sobre de papel manteca tamaño A4 y plástico transparente entre 400 a 600 galga.

3.2.3.2. Herramientas

Pala recta, tablas, clavos alambre, alicate, martillo, tijeras, navajas, tamiz, huincha de 05 metros y regla graduada de 30 cm.

3.2.3.3. Equipos

Balanza digital con precisión 0.0001 g y estufa.

3.3. Metodología

3.3.1. Fase de vivero

3.3.1.1. Germinación

Se realizó en la cama de almacigo, empleando tierra agrícola como sustrato, ahí se colocaron las hileras separadas para su mejor germinación. Las semillas germinaron a la semana de haberlas almacigados.

3.3.1.2. Preparación del sustrato

Actividad que se desarrolló hasta completar los dos tipos de sustratos a emplear en el estudio; cuyas composiciones fueron:

SSB: 50% de tierra agrícola + 10% de arena + 40% de suelo superficial de bosque.

AD: 50% de tierra agrícola + 10% de arena + 40% de aserrín descompuesto.

3.3.1.3. Llenado de bolsas

Con los dos tipos de sustratos preparados, se llenaron las bolsas de 5" x 10", con el siguiente detalle: 250 bolsas con suelo superficial de bosque

y 250 bolsas con aserrín descompuesto. En total se llenaron 500 bolsas de 5" x 10".

3.3.1.4. Acondicionamiento de las camas de cría

Se acondicionó una cama de cría de 1 m x 7.5 m a 1 m del suelo, con tinglado de malla rachel 50% y mica transparente para evitar el paso del agua de lluvia. Se trabajó con la interacción de dos tipos de sustrato y cuatro niveles de humedad, éstos últimos fueron determinados luego de haberse calculado su respectiva capacidad de campo.

3.3.1.5. Repique

Pasada las tres semanas a partir de la germinación, cuando las plántulas ya contaban con dos pares de hojas verdaderas, se procedió a realizar el repique a las bolsas. Cinco días posteriores al repique, se procedió a reemplazar o reponer las plántulas muertas.

3.3.2. Procedimiento para determinar la capacidad de campo (Cc) en peso de cada uno de los sustratos.

Este proceso se realizó en el Laboratorio de Suelos de la UNAS, según la metodología propuesta por BLAIR (1965):

- De las bolsas llenadas con sustratos preparados se tomó una bolsa por cada sustrato como muestra para la determinación de la capacidad de campo.

- Las muestras de suelo fueron secadas al aire y tamizadas mediante una malla de 2 mm por dos días.
- Los sustratos se colocaron en vasos de precipitación transparentes con capacidad de 200 ml.

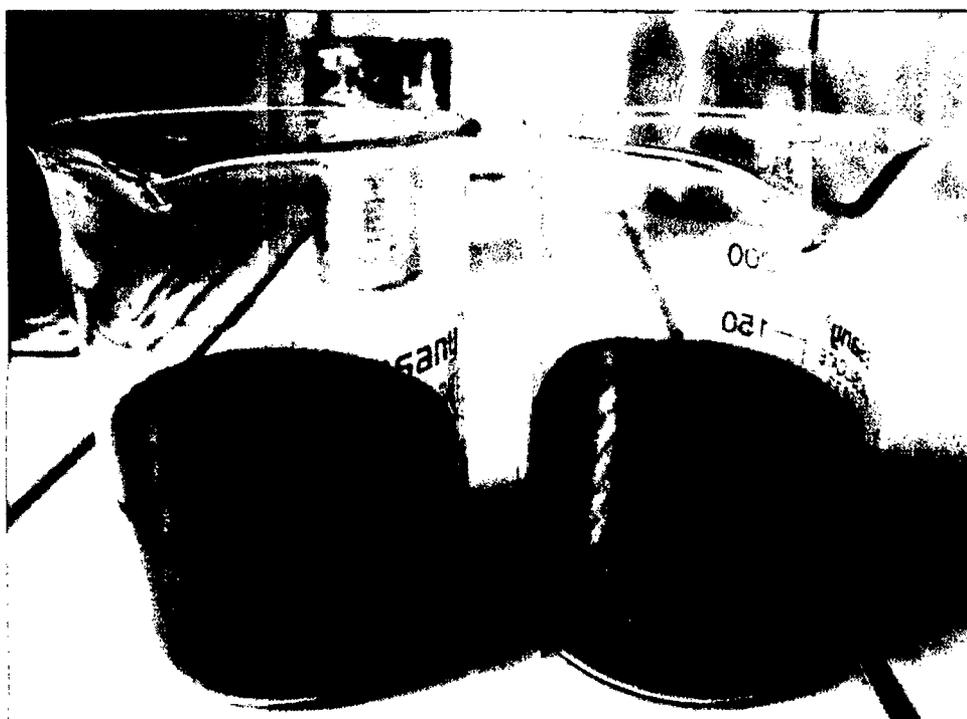


Figura 1. Vasos de precipitación con los respectivos sustratos.

- La cantidad de suelo colocado dentro de los vasos fueron de 100 ml; para lograr una compactación o acomodo similar a la del campo se picó el suelo con un punzón a medida que se fue vaciando y se procedió a pesar las muestras.
- Luego se agregó agua destilada a los vasos donde se colocaron las muestras de suelo, hasta saturarlos.
- Se dejó reposar 24 horas los sustratos.

- Se procedió a pesar las muestras y se determinó su contenido de humedad que fue igual a la capacidad de campo.

$$C C = P_s(cc) = \frac{M_{sh} - M_{ss}}{M_{ss}} \times 100$$

Donde:

Cc	:	Capacidad de campo.
P _{s(cc)}	:	Peso del sustrato
M _{sh}	:	Muestra sustrato húmedo
M _{ss}	:	Muestra sustrato seco

3.3.2.1. Labores culturales

Se realizaron actividades de prevención, control de plagas, enfermedades y el control de malezas en periodos de acuerdo a los requerimientos de los plántones.

3.3.2.2. Riego

Se realizó manualmente, a 120 plántones con una capacidad de campo del 40%, 120 plántones a 60% de capacidad de campo, 120 plántones a 80% de capacidad de campo, y 120 plántones restantes a una capacidad de campo de 100%. Los montos de irrigación se determinaron gravimétricamente cada tres días.

3.3.2.3. Evaluación

Mensualmente, y durante cinco meses, se tomaron muestras de 10 plantas por tratamiento en forma aleatoria (dos plantas por repetición).

3.3.3. Determinación del área foliar de la planta

Proceso realizado en el Laboratorio de Certificación de Semillas Forestales de la Facultad de Recursos Naturales Renovables (FRNR), según la metodología propuesta por PIRE y VALENZUELA (1995).

- Se seleccionó por cada tratamiento diez plantas (dos por repetición).
- Se colectaron las hojas más vigorosas de la planta para determinar el área foliar de cada individuo y se procedió a pesar cada hoja.
- Se utilizó un método directo de cuadrados, donde se extrajo dos cuadros por repetición; usando tijeras para el corte de 1 cm² y determinándose el peso de las muestras extraídas.

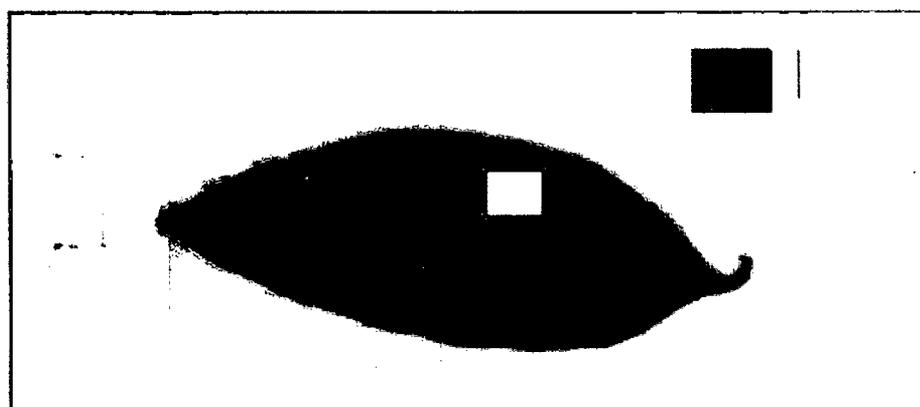


Figura 2. Método directo de áreas mediante cuadrados.

- Seguidamente se calculó el área foliar de cada hoja, a través de la relación peso fresco y el área unitaria de los cuadros (PIRE y VALENZUELA, 1995).

$$\text{Área Foliar} = \frac{\text{peso lámina} \times \text{área del disco}}{\text{peso promedio de los disco}}$$

3.3.4. Cálculo y clasificación de los índices de calidad

Se obtuvo el área foliar total por individuo y por consiguiente la biomasa en peso seco total y compartimentada en hojas, tallos y raíces, lo cual permitió definir relaciones de biomasa aérea/subterránea (BA/BS) (g.g^{-1}) y área foliar/biomasa total (AF/BT) ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$).

$$R \text{ BA/BS} = \frac{\text{BIOMASA AÉREA (g)}}{\text{BIOMASA DE RAÍZ (g)}}$$

$$R \text{ AF/BT} = \frac{\text{ÁREA FOLIAR (cm}^2\text{)}}{\text{BIOMASA TOTAL (g)}}$$

3.3.5. Cuantificación de la biomasa de hojas, tallos y raíces

La cuantificación de biomasa fue realizada extrayendo de manera manual las plantas de las bolsas, las mismas que fueron colocadas sobre una mesa y fueron lavadas quitando el sustrato de las raíces. Cada planta fue seccionada a la altura del cuello de la raíz y las hojas, para obtener por separado los valores del peso de tallos, hojas raíces con tijeras de podar y el peso se determinó con una balanza digital a una precisión de centésimas 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 radical de las plantas por repetición por tratamiento.

Finalmente, se obtuvieron 60 sobres con las hojas, 60 sobres con los tallos y 60 con la raíz de las plantas por evaluación, los que fueron colocados en la estufa para su secado a una temperatura de 70°C. Transcurridas 72 horas se registró el primer peso seco, obteniéndose un peso seco constante 24 horas más tarde (96 horas en estufa).

Luego se registró el peso en húmedo y posteriormente fueron colocados dentro de bolsas de papel manteca en una estufa de secado, durante 72 horas a 70°C para finalmente evaluar el peso en seco de cada parte de la planta.

3.3.6. Estimación de la producción total de biomasa

Se procedió a realizar la suma de la biomasa o peso seco de cada parte de la planta, a fin de encontrar la variabilidad entre tratamientos.

De igual manera se cuantificó la biomasa, fue realizada extrayendo de manera manual las plantas de las bolsas, las mismas que fueron colocadas sobre una mesa y fueron lavadas quitando el sustrato de las raíces. Cada planta fue seccionada a la altura del cuello de la raíz y las hojas, para obtener por separado los valores del peso de tallos, hojas y raíces.

3.3.7. Diseño experimental

El diseño experimental empleado corresponde a un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 2 x 4 con cinco repeticiones. Los factores en estudio son:

Factor A: tipo de sustrato (Suelo superficial de bosque (SSB) y aserrín descompuesto (AD)).

Factor B: humedad del suelo. Niveles: 40%, 60%, 80%, 100%.

La combinación de los factores descritos generó ocho tratamientos, como se indica en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos del experimento factorial.

Tratamientos	Tipo de sustrato	Nivel de humedad del suelo
T ₁	Suelo superficial de bosque	40%
T ₂	Aserrín descompuesto	40%
T ₃	Suelo superficial de bosque	60%
T ₄	Aserrín descompuesto	60%
T ₅	Suelo superficial de bosque	80%
T ₆	Aserrín descompuesto	80%
T ₇	Suelo superficial de bosque	100%
T ₈	Aserrín descompuesto	100%

Croquis del experimento

	T ₇	T ₃	T ₆	T ₁	T ₄	T ₈	T ₅	T ₂
R ₁								
R ₂								
R ₃								
R ₄								
R ₅								

Figura 3. Croquis del experimento.

El número de plantas por tratamiento fue de 60, es decir, 12 por unidad experimental. En total se repicaron 480 plántulas, y se trabajó y evaluó 400 plantas de *Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson.

3.3.8. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \text{Factor } A_i + \text{Factor } B_j + \text{Factor } A_i * \text{Factor } B_j + \varepsilon$$

Donde:

Y_{ij} : Respuesta esperada del i-ésimo Factor A con el j-ésimo Factor B.

μ : Media de las unidades experimentales.

Factor A_i	:	Efecto del i -ésimo Factor A (tipo de sustrato).
Factor B_j	:	Efecto del j -ésimo Factor B (nivel de humedad del suelo).
Factor A_i * Factor B_j	:	Efecto de la Interacción del i -ésimo Factor A con el j -ésimo Factor B.
ε	:	Error experimental.

El análisis de varianza se realizó con el programa InfoStat y para las diferencias de medias se utilizó la diferencia mínima significativa de Fisher cuando el valor de $\alpha = 0.05$ (STEEL y TORRIE, 1988). Las fuentes de variación y grados de libertad se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Fuentes de variación y grados de libertad del experimento.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Factorial	7
Factor A	1
Factor B	3
Factor A * Factor B	3
Error	32
Total	39

3.3.9. Variables dependientes

- Área foliar.

- Biomasa de hojas.
- Biomasa de tallos.
- Biomasa de raíces.

3.3.10. Variables independientes

- Tipo de sustrato.
- Humedad del suelo.

IV. RESULTADOS

4.1. Biomasa de hojas, tallos y raíces producida en plantas de *Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson

4.1.1. Biomasa de hojas

La biomasa de hojas fue determinada en cinco periodos de evaluación correspondiente a cada mes. Los resultados se muestran en el Cuadro 3 donde se observa que existe alta diferencia estadística ($p < 0.05$) entre el tipo de sustrato, humedad del suelo y la interacción sustrato-humedad del suelo en cada periodo de evaluación, excepto la segunda evaluación que resulta no significativa ($p > 0.05$) la interacción sustrato-humedad del suelo. Esto indica que la biomasa de hoja obtenida en cada tratamiento (interacción sustrato-humedad del suelo) está influenciada por los tipos de sustrato empleado y el nivel de humedad del suelo.

La quinta evaluación muestra una notoria homogeneidad de las observaciones (16.10% de CV), acompañado de un alto porcentaje de observaciones que se ajustan al modelo propuesto ($r^2 = 0.97$).

Cuadro 3. Análisis de Varianza para la biomasa de hojas correspondiente a cada mes de evaluación, con un nivel de significancia del 5%.

Fuentes de variación	GL	Primera evaluación		Segunda evaluación		Tercera evaluación		Cuarta evaluación		Quinta evaluación	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Sustrato	1	0.75	<0.0001 **	6.49	<0.0001 **	18.34	<0.0001 **	17.36	<0.0001 **	17.3	<0.0001 **
Humedad	3	0.14	<0.0001 **	0.12	0.0006 **	1.19	<0.0001 **	1.05	<0.0001 **	1.27	<0.0001 **
Sustrato/ humedad	3	0.1	<0.0001 **	0.04	0.088 ns	0.66	<0.0001 **	0.68	<0.0001 **	0.98	<0.0001 **
Error	32	0.01		0.02		0.04		0.06		0.03	
Total	39										
CV		31.00%		21.60%		20.40%		25.70%		16.10%	
R ²		0.88		0.93		0.95		0.92		0.97	

(ns) No Significativo

(**) Altamente significativo.

Al resultar significativo la interacción de los factores (efectos simples), es necesario abrir la interacción para llegar a la conclusión correcto, porque la biomasa de hoja está influenciada por la interacción del tipo de sustrato con los niveles de humedad del suelo. Para ello, el Cuadro 4 muestra el análisis de los efectos simples de sustratos en cada nivel de humedad de suelo.

Los cuatro niveles de humedad del suelo resultó altamente significativo en los tipos de sustrato ($p < 0.05$). La prueba de medias (Fisher) indica que en cada nivel de humedad del suelo, la mayor biomasa de hoja se logra en las plantas con sustrato SSB (suelo superficial de bosque) que en el tipo de sustrato AD (aserrín descompuesto).

Para una humedad del suelo a 40% de la capacidad de campo se obtiene 0.77 g de biomasa de hoja con el sustrato SSB, mientras que con el sustrato AD solo se obtiene 0.24 g de biomasa de hoja. Para el 100% de humedad del suelo, entre los sustrato SSB y AD se obtienen 2.06 y 0.41 g de biomasa de hoja respectivamente (Cuadro 4).

En cada nivel de humedad del suelo existe una clara diferencia estadística entre los tipos de sustratos con respecto a la biomasa de hojas por planta, siendo el sustrato SSB (suelo superficial del bosque) con mayor biomasa de hoja lograda que el sustrato de aserrín descompuesto - AD (Figura 4).

Cuadro 4. Análisis del efecto simple entre tipo de sustrato en cada nivel de humedad del suelo como influencia en la biomasa de hoja lograda al quinto mes de evaluación (promedio \pm error estándar) (SSB: suelo superficial de bosque; AD: aserrín descompuesto).

CLAVE	p-valor	Tipo de sustrato	Biomasa de hoja (g)		
A en b ₁					
Tipo de sustrato en 40% de humedad del suelo	<0.0001	SSB	0.77	\pm 0.05	a
		AD	0.24	\pm 0.02	b
A en b ₂					
Tipo de sustrato en 60% de humedad del suelo	<0.0001	SSB	1.48	\pm 0.12	a
		AD	0.36	\pm 0.05	b
A en b ₃					
Tipo de sustrato en 80% de humedad del suelo	<0.0001	SSB	2.25	\pm 0.13	a
		AD	0.29	\pm 0.02	b
A en b ₄					
Tipo de sustrato en 100% de humedad del suelo	<0.0001	SSB	2.06	\pm 0.05	a
		AD	0.41	\pm 0.02	b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Fisher ($p < 0.05$).

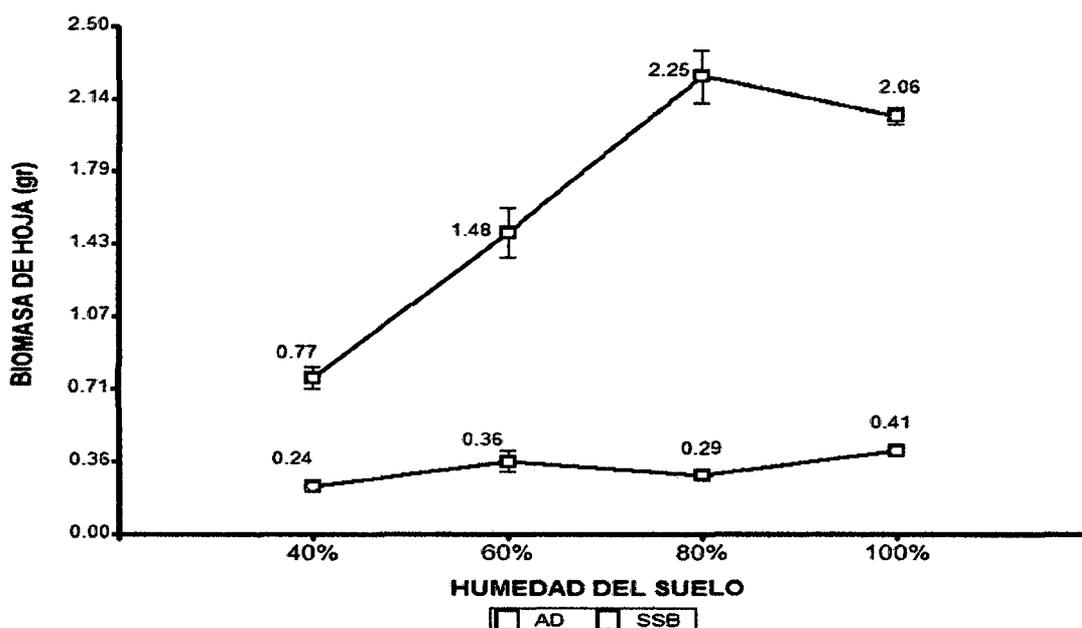


Figura 4. Biomasa de hoja (g) lograda por cada tipo de sustrato en los cuatro niveles de humedad del suelo (AD: aserrín descompuesto; SSB: suelo superficial de bosque).

En el análisis del efecto simple considerando el nivel de humedad del suelo en cada tipo de sustrato, se determinó que en ambos sustratos resultan altamente significativos ($p < 0.005$) los distintos niveles de humedad del suelo. Al realizar la prueba de medias con el comparador Fisher, se observa que para el tipo de sustrato SSB (suelo superficial del bosque) con respecto a los niveles de humedad del suelo se forman tres grupos estadísticamente diferentes. Las mayores biomásas de hoja se logran con 80 y 100% de humedad del suelo (2.25 y 2.06 g respectivamente), las cuales resultan estadísticamente similares; mientras que a un 40% de humedad del suelo se obtiene la menor cantidad de biomasa de hoja (0.77 g). En cambio, en el sustrato AD (aserrín descompuesto) se forman dos grupos, resultando las mayores biomásas con 100 y 60% de humedad (0.41 y 0.36 g

respectivamente) y las menores biomásas con 80 y 40% de humedad (0.29 y 0.24 g respectivamente) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis del efecto simple entre el nivel de humedad del suelo en cada tipo de sustrato como influencia en la biomasa de hoja lograda al quinto mes de evaluación (promedio \pm error estándar).

CLAVE	p-valor	Humedad del suelo	Biomasa de hoja (g)		
B en a₁					
Humedad del suelo en suelo superficial de bosque (SSB)	<0.0001	80%	2.25	± 0.13	a
		100%	2.06	± 0.05	a
		60%	1.48	± 0.12	b
		40%	0.77	± 0.05	c
B en a₂					
Humedad del suelo en aserrín descompuesto (AD)	0.0061	100%	0.41	± 0.02	a
		60%	0.36	± 0.05	a
		80%	0.29	± 0.02	b
		40%	0.24	± 0.02	b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Fisher ($p \leq 0.05$).

Si se trabaja con el sustrato SSB, las mayores biomásas de hoja se obtienen cuando se utilizan entre 80 a 100% de humedad del suelo (2.25 y 2.06 g por planta respectivamente); mientras que si se trabaja con sustratos AD, las mayores biomásas se logran cuando se utiliza de 100 y 60% de humedad del

suelo (0.41 y 0.36 g por planta respectivamente). De hecho las mayores biomazas de hoja se logran con el sustrato SSB a comparación con el sustrato AD, sea cual sean los niveles de humedad del suelo a emplearse (Figura 5).

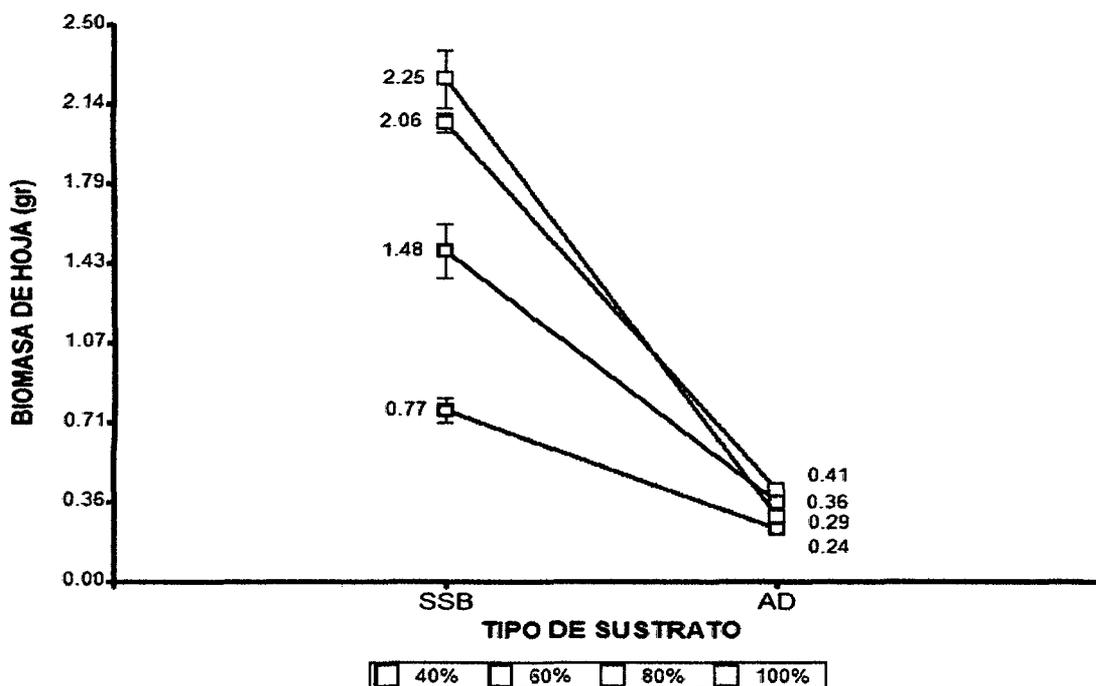


Figura 5. Biomasa de hoja (g) lograda por cada nivel de humedad del suelo en cada tipo de sustrato (AD: aserrín descompuesto; SSB: suelo superficial de bosque).

En los tratamientos evaluados, las mayores biomazas de hoja se obtienen de la combinación de sustrato SSB y con 80 y 100% de humedad del suelo (2.25 y 2.06 g por planta respectivamente).

Asimismo, las menores biomazas de hoja se lograron en el sustrato aserrín descompuesto con 80 y 40% de humedad en el sustrato (0.29 y 0.24 g por planta respectivamente) (Figura 6).

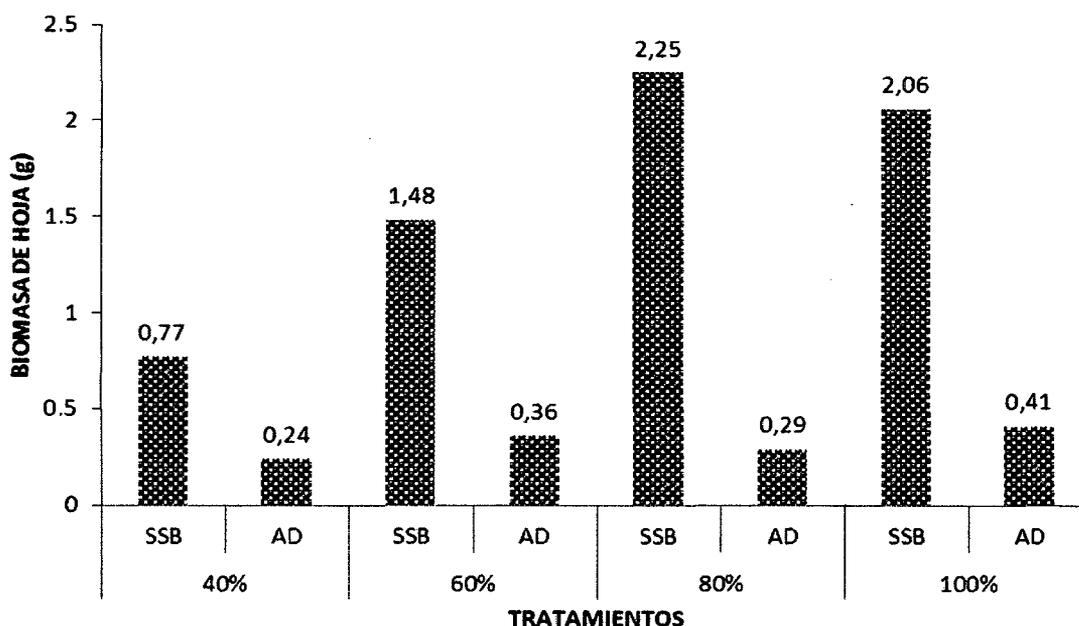


Figura 6. Biomasa de hojas en los ocho tratamientos de estudio, como producto de la interacción del tipo de sustrato y niveles de humedad del suelo.

4.1.2. Biomasa de tallo

En los efectos principales (sustrato y humedad del suelo) y los efectos simples (interacción sustrato x humedad), se observa que en las dos primeras evaluaciones no se definen los efectos simples (no significativos), mientras que las tres últimas evaluaciones estos efectos simples resultan significativos ($p < 0.05$). Este resultado, sobre todo en la quinta y última evaluación es determinante para explicar que la biomasa de tallo depende del efecto del sustrato y de la humedad del suelo. Existe una relativa homogeneidad de las observaciones por los coeficientes de variabilidad en las cinco evaluaciones (23.8%, 24%, 26.2%, 31.8% y 20.7% respectivamente. La quinta evaluación acompaña un r^2 del 0.95, el cual explica que el 95% de las observaciones explican los resultados logrados (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de Varianza para la biomasa de tallo correspondiente a cada mes de evaluación, con un nivel de significancia del 5%.

Fuentes de variación	GL	Primera evaluación		Segunda evaluación		Tercera evaluación		Cuarta evaluación		Quinta evaluación	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Sustrato	1	0.00026	0.4246 ns	0.36	<0.0001 **	1.75	<0.0001 **	2.73	<0.0001 **	5	<0.0001 **
Humedad	3	0.00043	0.3645 ns	0.0024	0.3537 ns	0.05	0.0018 **	0.15	<0.0001 **	0.16	<0.0001 **
Sustrato/ humedad	3	0.0013	0.0306 *	0.002	0.4247 ns	0.05	0.0019 **	0.17	<0.0001 **	0.17	<0.0001 **
Error	32	0.00039		0.0021		0.01		0.01		0.01	
Total	39										
CV		23.80%		24.00%		26.20%		31.80%		20.70%	
R ²		0.3		0.84		0.89		0.9		0.95	

(ns) No significativo

(*) Significativo

(**) Altamente significativo.

La evaluación del quinto mes, donde resulta significativa la interacción estadística (efectos simples), recomienda abrir la interacción de los efectos simples entre los niveles de cada factor en estudio, que permite un mayor análisis de los efectos simples (Cuadro 7 y 8).

Los cuatro niveles de humedad del suelo resultó altamente significativo en los tipos de sustrato ($p < 0.05$). La prueba de medias (Fisher) indica que en cada nivel de humedad del suelo la mayor biomasa de tallo se logra en las plantas con sustrato SSB (suelo superficial de bosque) que en el tipo de sustrato AD (aserrín descompuesto) (Cuadro 7).

Para una humedad del suelo a 40% de la capacidad de campo se obtiene 0.53 g de biomasa de tallo con el sustrato SSB, mientras que con el sustrato AD solo se obtiene 0.13 g de biomasa de tallo. Para el 100% de humedad del suelo, entre los sustrato SSB y AD se obtienen 1.01 y 0.13 g de biomasa de tallo respectivamente.

Por cada nivel de humedad del suelo, el sustrato SSB (suelo superficial de bosque) influye sobre la biomasa de tallo logrado, resultando con mayor biomasa de tallo a comparación del sustrato aserrín descompuesto (Figura 7).

Cuadro 7. Análisis del efecto simple entre tipo de sustrato en cada nivel de humedad del suelo como influencia en la biomasa de tallo lograda al quinto mes de evaluación (promedio \pm error estándar) (SSB: suelo superficial de bosque; AD: aserrín descompuesto).

Clave	p-valor	Tipo de sustrato	Biomasa de tallo (g)		
A en b₁					
Tipo de sustrato en 40% de humedad del suelo	0.0001	SSB	0.53	\pm 0.05	a
		AD	0.13	\pm 0.02	b
A en b₂					
Tipo de sustrato en 60% de humedad del suelo	<0.0001	SSB	0.69	\pm 0.05	a
		AD	0.11	\pm 0.01	b
A en b₃					
Tipo de sustrato en 80% de humedad del suelo	<0.0001	SSB	1.06	\pm 0.08	a
		AD	0.09	\pm 0.01	b
A en b₄					
Tipo de sustrato en 100% de humedad del suelo	<0.0001	SSB	1.01	\pm 0.05	a
		AD	0.13	\pm 0.01	b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Fisher ($p \leq 0.05$).

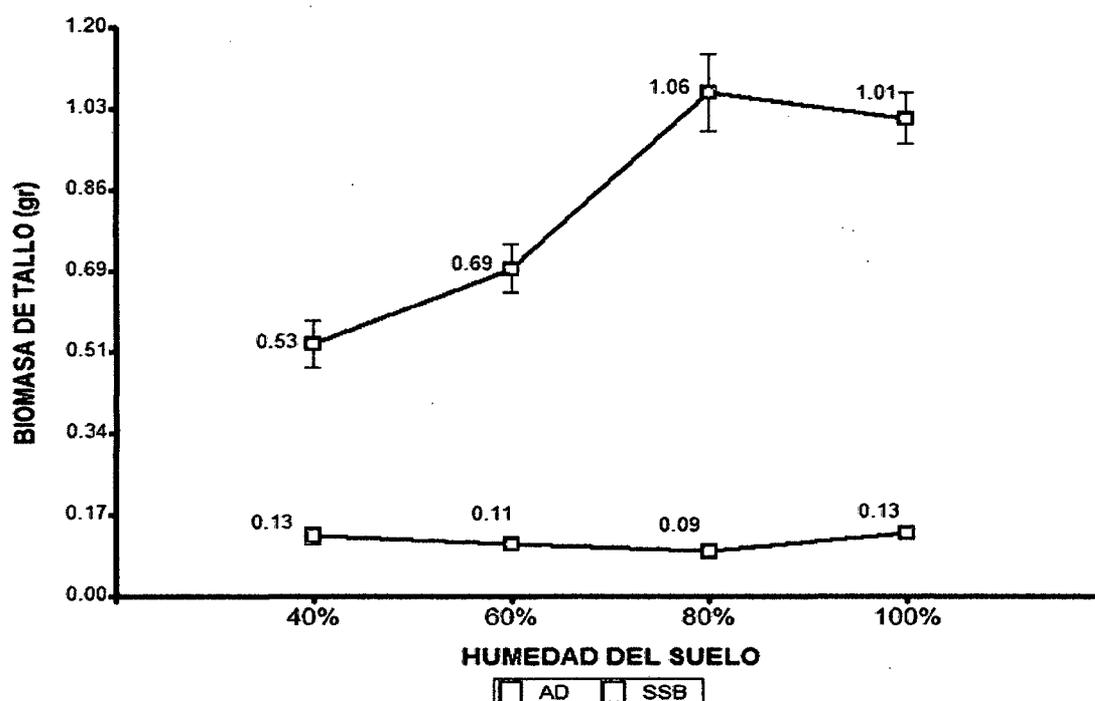


Figura 7. Biomasa de tallo (g) lograda por cada tipo de sustrato en los cuatro niveles de humedad del suelo (AD: aserrín descompuesto; SSB: suelo superficial de bosque).

En el sustrato SSB (suelo superficial de bosque) se encuentra alta diferencia estadística ($p < 0.005$) entre los niveles de humedad del suelo con respecto a la biomasa de tallo lograda al quinto mes. Con la prueba de medias de Fisher, se determina dos grupos estadísticamente diferentes: el primer grupo corresponde a las mayores biomásas de tallo logradas con la utilización de 80 y 100% de humedad (1.06 y 1.01 g respectivamente), y las menores biomásas logradas corresponden a niveles de humedad del 60 y 40% (0.69 y 0.53 g respectivamente). Asimismo, cuando se analiza en el sustrato AD (aserrín descompuesto), no se determinó pruebas estadísticas ($p > 0.05$) para aceptar diferencias entre los niveles de humedad del suelo; por ello, con la prueba de Fisher todos los niveles de humedad del suelo evaluados en este

sustrato son estadísticamente similares con respecto a la producción de biomasa de tallo (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis del efecto simple entre el nivel de humedad del suelo en cada tipo de sustrato como influencia en la biomasa de tallo lograda al quinto mes de evaluación (promedio \pm error estándar).

Clave	p-valor	Humedad del suelo	Biomasa de tallo (g)		
B en a1					
Humedad del suelo en suelo superficial de bosque (SSB)	<0.0001	80%	1.06	± 0.08	a
		100%	1.01	± 0.05	a
		60%	0.69	± 0.05	b
		40%	0.53	± 0.05	b
B en a2					
Humedad del suelo en aserrín descompuesto (AD)	0.2087	100%	0.13	± 0.01	a
		40%	0.13	± 0.02	a
		60%	0.11	± 0.01	a
		80%	0.09	± 0.01	a

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Fisher ($p \leq 0.05$).

Si se trabaja con sustrato SSB (suelo superficial de bosque), las mayores biomásas de tallo se logran al utilizar de 80 a 100% de humedad del suelo (1.06 y 1.01 g respectivamente) y la menor biomasa se logra al utilizar

solo el 40% de humedad del suelo (0.53 g). Por otra parte al utilizar el sustrato AD (aserrín descompuesto), es indiferente el nivel de humedad del suelo a utilizar ya que se obtienen similares medias de biomasa de tallo (Figura 8).

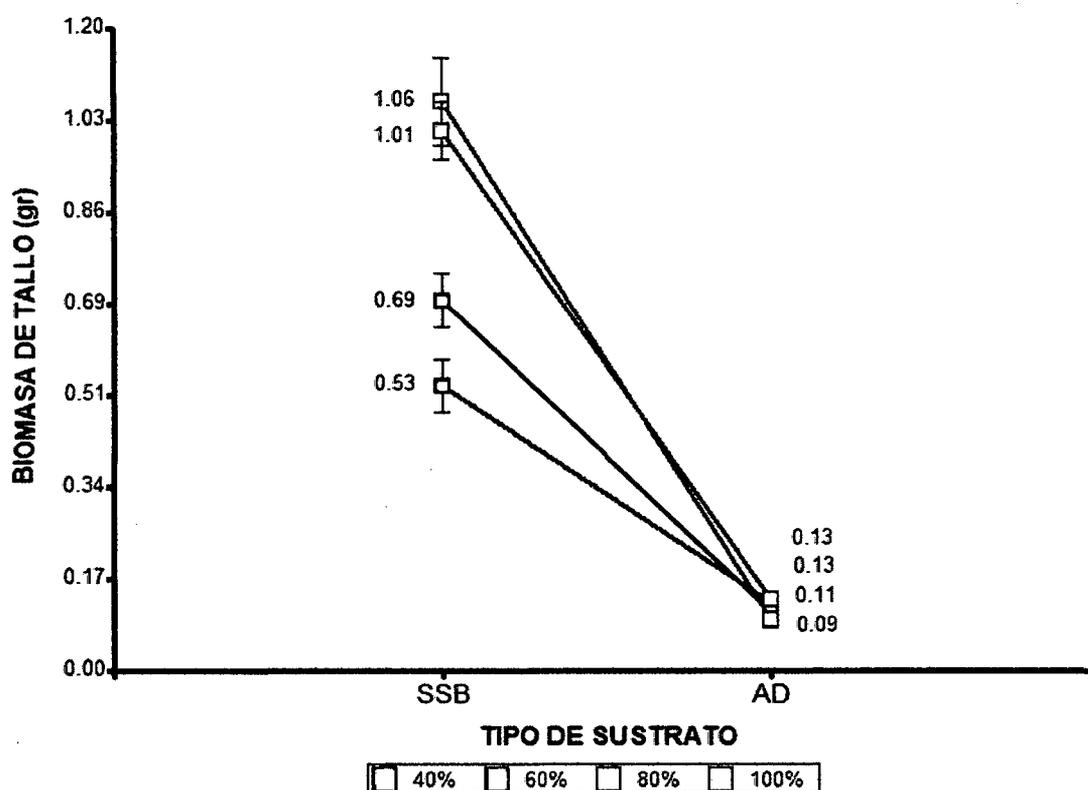


Figura 8. Biomasa de hoja (g) lograda por cada nivel de humedad del suelo en cada tipo de sustrato (AD: aserrín descompuesto; SSB: suelo superficial de bosque).

En los valores de biomasa de tallo logrados por tratamiento en la quinta evaluación se demuestra que los tratamientos con mayor biomasa de tallo logradas son aquellas donde se utiliza el sustrato SSB con una humedad que va desde 80 a 100% de humedad con valores de 1.06 y 1.01 g respectivamente (Figura 9).

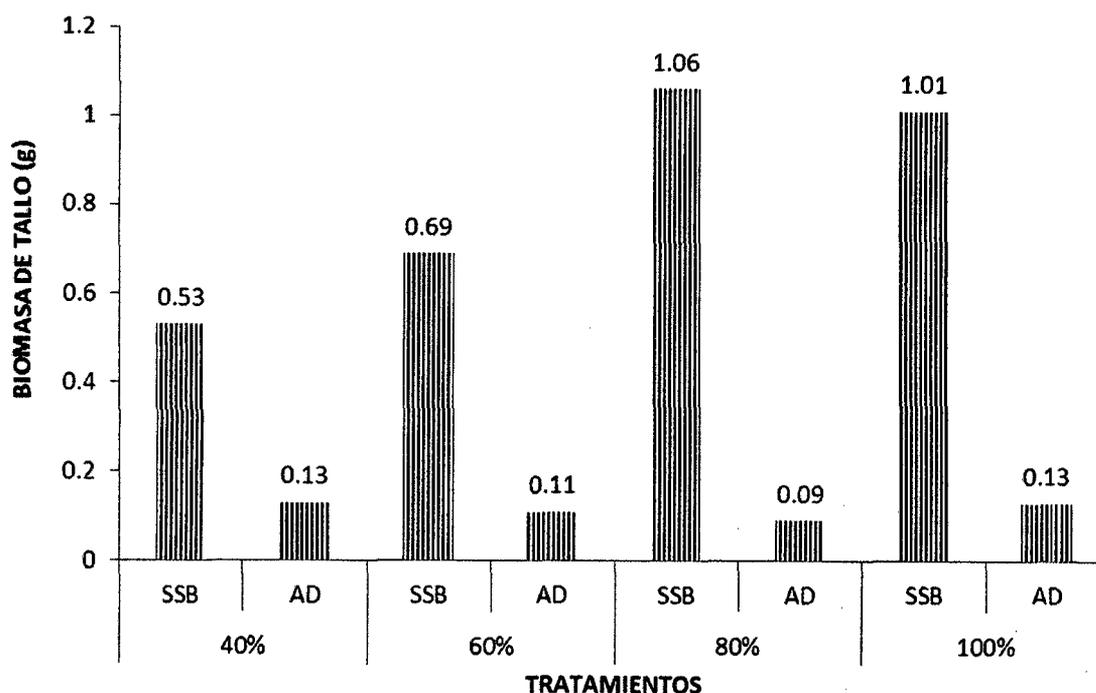


Figura 9. Medias de biomasa de tallo en los ocho tratamientos de estudio, como producto de la interacción del tipo de sustrato y niveles de humedad del suelo.

4.1.3. Biomasa radicular

En el análisis de varianza respecto a la biomasa radicular en cinco periodos de evaluación, no se determinó diferencias estadísticas en los efectos simples en las primeras cuatro evaluaciones, sin embargo, en la quinta evaluación si resulta significativo ($p < 0.05$) el efecto simple (interacción sustrato x humedad del suelo). A partir de la quinta evaluación es clara la influencia de la interacción sobre la biomasa radicular de la planta. La variabilidad de las observaciones va de 43.60% y 14.90% de CV en la cuarta y quinta evaluación. La quinta evaluación presenta un r-cuadrado alto (98%), el cual explica el modelo propuesto (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de varianza para la biomasa radicular correspondiente a cada mes de evaluación, con un nivel de significancia del 5%.

Fuentes de variación	GL	Primera evaluación		Segunda evaluación		Tercera evaluación		Cuarta evaluación		Quinta evaluación	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Sustrato	1	0.000001	0.9721 ns	0.92	<0.0001 **	10.9	<0.0001 **	29.7	<0.0001 **	95.46	<0.0001 **
Humedad	3	0.0011	0.296 ns	0.02	0.2482 ns	0.05	0.6712 ns	0.65	0.0875 ns	3.36	<0.0001 **
Sustrato/ Humedad	3	0.0014	0.1896 ns	0.01	0.4202 ns	0.11	0.3317 ns	0.65	0.089 ns	2.91	<0.0001 **
Error	32	0.00085		0.01		0.09		0.27		0.08	
Total	39										
CV		24.80%		37.00%		37.20%		43.60%		14.90%	
R ²		0.22		0.73		0.8		0.79		0.98	

(ns) No significativo

(**) Altamente significativo.

En el análisis del efecto simple, se indica que en cada nivel de humedad del suelo estudiado existe una alta diferencia significativa entre los tipos de sustratos estudiados, resultando con mayor biomasa radicular las plantas donde se utilizó el sustrato SSB. En cada nivel cuando se utilizó el sustrato AD, se obtuvo la menor biomasa radicular (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis del efecto simple entre tipo de sustrato en cada nivel de humedad del suelo como influencia en la biomasa radicular lograda al quinto mes de evaluación (promedio \pm error estándar) (SSB: suelo superficial de bosque; AD: aserrín descompuesto).

Clave	p-valor	Tipo de sustrato	Biomasa radicular (g)		
A en b₁					
Tipo de sustrato en 40% de humedad del suelo	<0.0001	SSB	1.93	\pm 0.15	a
		AD	0.29	\pm 0.05	b
A en b₂					
Tipo de sustrato en 60% de humedad del suelo	<0.0001	SSB	3.27	\pm 0.16	a
		AD	0.36	\pm 0.06	b
A en b₃					
Tipo de sustrato en 80% de humedad del suelo	<0.0001	SSB	4.34	\pm 0.16	a
		AD	0.27	\pm 0.03	b
A en b₄					
Tipo de sustrato en 100% de humedad del suelo	<0.0001	SSB	4.22	\pm 0.21	a
		AD	0.5	\pm 0.06	b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Fisher ($p \leq 0.05$).

Por cada nivel de humedad evaluada, la mayor biomasa radicular se logró en plantas con el sustrato SSB comparadas a aquellas con sustrato AD (Figura 10).

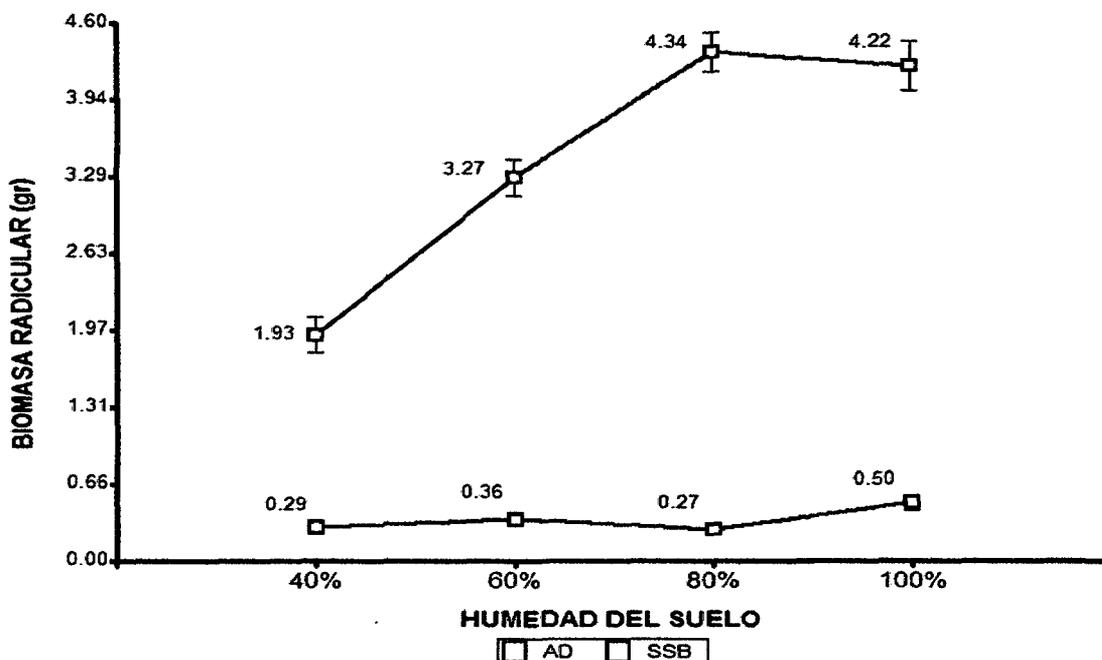


Figura 10. Biomasa radicular (g) lograda por cada tipo de sustrato en los cuatro niveles de humedad del suelo (AD: aserrín descompuesto; SSB: suelo superficial de bosque).

En el análisis de la interacción humedad del suelo y tipo de sustrato, representa diferencias estadísticas entre los distintos niveles de humedad analizados en cada tipo de sustrato ($p < 0.05$). En el sustrato SSB al aplicar la prueba de medias de Fisher se determina que la mayor biomasa radicular se obtiene al utilizar 80 y 100% de humedad del suelo (4.34 y 4.22 g respectivamente), a comparación de 60 y 40% de humedad (3.27 y 1.93 g respectivamente). Al utilizar el sustrato AD, la prueba de Fisher indica que la mayor biomasa radicular solo la obtuvo al utilizar el 100% de humedad del

suelo (0.5 g), mientras que los otros niveles de humedad del suelo se obtienen similares valores (Cuadro 11).

Cuadro 11. Análisis del efecto simple entre el nivel de humedad del suelo en cada tipo de sustrato como influencia en la biomasa radicular lograda al quinto mes de evaluación (promedio \pm error estándar).

Clave	p-valor	Humedad del suelo	Biomasa radicular (g)		
B en a₁					
Humedad del suelo en suelo superficial de bosque (SSB)	<0.0001	80%	4.34	± 0.16	a
		100%	4.22	± 0.21	a
		60%	3.27	± 0.16	b
		40%	1.93	± 0.15	c
B en a₂					
Humedad del suelo en aserrín descompuesto (AD)	0.0191	100%	0.5	± 0.06	a
		60%	0.36	± 0.06	b
		40%	0.29	± 0.05	b
		80%	0.27	± 0.03	b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Fisher ($p \leq 0.05$).

La biomasa radicular depende del tipo de sustrato y el nivel de humedad del suelo a emplearse, si se tiene sustrato de tipo SSB, la mayor biomasa radicular se logrará al utilizar de 80 a 100% de humedad del suelo

(4.34 y 4.22 g respectivamente) siendo ambos estadísticamente similares; mientras que si utilizamos sustratos de tipo AD, la mayor biomasa radicular se logra al utilizar 100% de humedad del suelo con valores de 0.50 g (Figura 11).

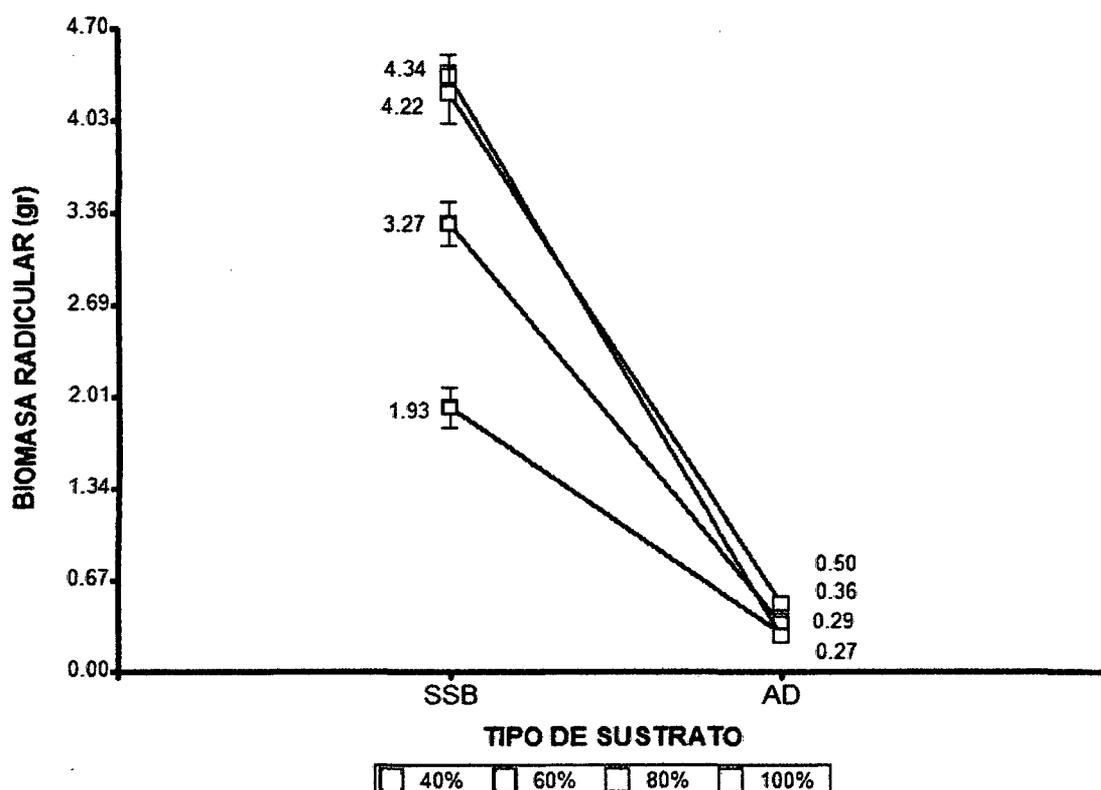


Figura 11. Biomasa radicular (g) lograda por cada nivel de humedad del suelo en cada tipo de sustrato (AD: aserrín descompuesto; SSB: suelo superficial de bosque).

En las medias de biomasa radicular logradas como producto de la combinación tipo de sustrato y nivel de humedad del suelo, se observa que las mayores biomasa radicular en plantas de tahuarí se logran en plantones de cinco meses en sustratos de suelo superficial de bosque (SSB) y al utilizar de 80 a 100% de humedad del suelo con valores de 4.34 g y 4.22 g respectivamente (Figura 12).

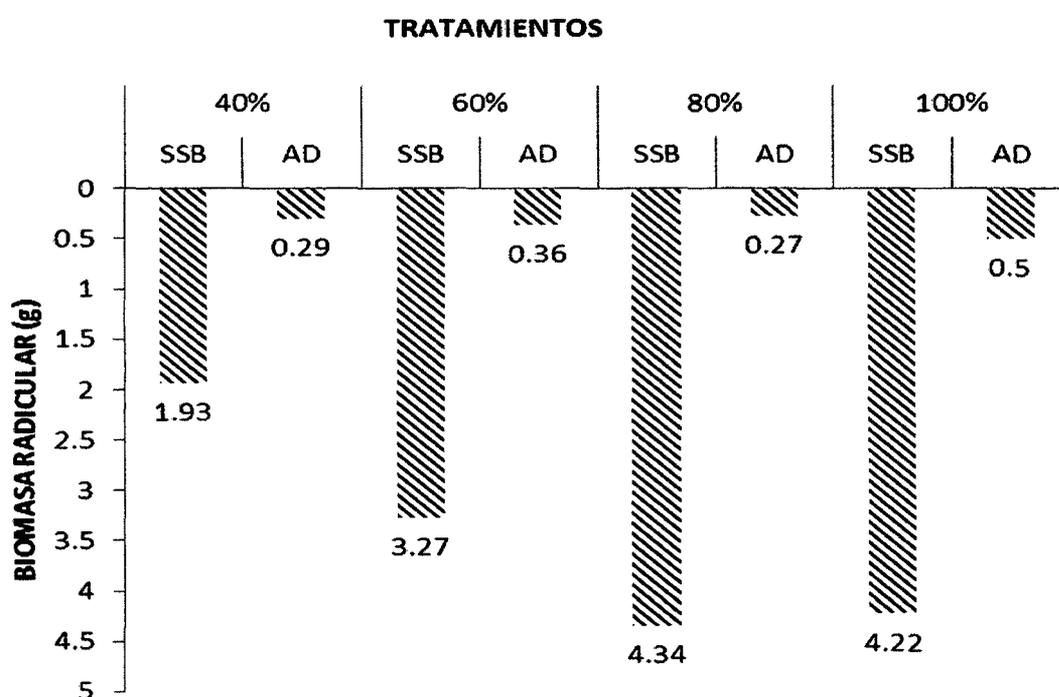


Figura 12. Medias de biomasa radicular en los ocho tratamientos de estudio, como producto de la interacción del tipo de sustrato y niveles de humedad del suelo.

4.2. Producción total de biomasa producida en plantas de *Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson

En el análisis de varianza con respecto a la producción total de biomasa, se observa que en todas las evaluaciones, excepto la segunda evaluación, resultan significativos ($p < 0.05$) los efectos simples, sobre todo en las últimas evaluaciones. La variabilidad de las observaciones la describe el coeficiente de variabilidad (CV) el cual muestra una moderada homogeneidad en las cinco evaluaciones (23.1%, 19.4%, 18%, 29.5% y 10.7% de CV respectivamente). La quinta evaluación presenta un alto porcentaje de datos que se ajustan al modelo propuesto ($r\text{-cuadrado} = 0.99$) (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de Varianza para la producción total de biomasa correspondiente a cada mes de evaluación, con un nivel de significancia del 5%.

Fuentes de variación	GL	Primera evaluación		Segunda evaluación		Tercera evaluación		Cuarta evaluación		Quinta evaluación	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Sustrato	1	0.78	<0.0001 **	16.84	<0.0001 **	79.36	<0.0001 **	127	<0.0001 **	261.36	<0.0001 **
Humedad	3	0.16	<0.0001 **	0.11	0.0605 ns	2.23	<0.0001 **	4.23	0.0005 **	11.16	<0.0001 **
Sustrato/humedad	3	0.1	0.0002 **	0.06	0.2406 ns	1.73	<0.0001 **	3.27	0.0024 **	9.61	<0.0001 **
Error	32	0.01		0.04		0.15		0.55		0.13	
Total	39										
CV		23.10%		19.40%		18.00%		29.50%		10.70%	
R ²		0.82		0.93		0.95		0.89		0.99	

(ns) No Significativo

(**) Altamente significativo

En el análisis del efecto simple, muestra que en cada nivel de humedad del suelo resultan altamente significativo ($p < 0.05$) los tipos de sustrato, manteniendo el mismo performance en todas las variables de estudio. Entre los tipos de sustrato, al realizar el comparador Fisher resultaron con mayor producción total de biomasa las que fueron utilizadas SSB a comparación con aquellas AD utilizadas (Cuadro 13 y Figura 13).

Cuadro 13. Efecto simple entre tipo de sustrato en cada nivel de humedad del suelo como influencia en la producción total de biomasa lograda al quinto mes de evaluación (promedio \pm error estándar) (SSB: suelo superficial de bosque; AD: aserrín descompuesto).

Clave	p-valor	Tipo de sustrato	Biomasa total (g)		
A en b ₁					
Tipo de sustrato en 40% de humedad del suelo	<0.0001	SSB	3.23	± 0.21	a
		AD	0.65	± 0.05	b
A en b ₂					
Tipo de sustrato en 60% de humedad del suelo	<0.0001	SSB	5.45	± 0.28	a
		AD	0.83	± 0.11	b
A en b ₃					
Tipo de sustrato en 80% de humedad del suelo	<0.0001	SSB	7.66	± 0.16	a
		AD	0.65	± 0.06	b
A en b ₄					
Tipo de sustrato en 100% de humedad del suelo	<0.0001	SSB	7.29	± 0.19	a
		AD	1.04	± 0.08	b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Fisher ($p \leq 0.05$).

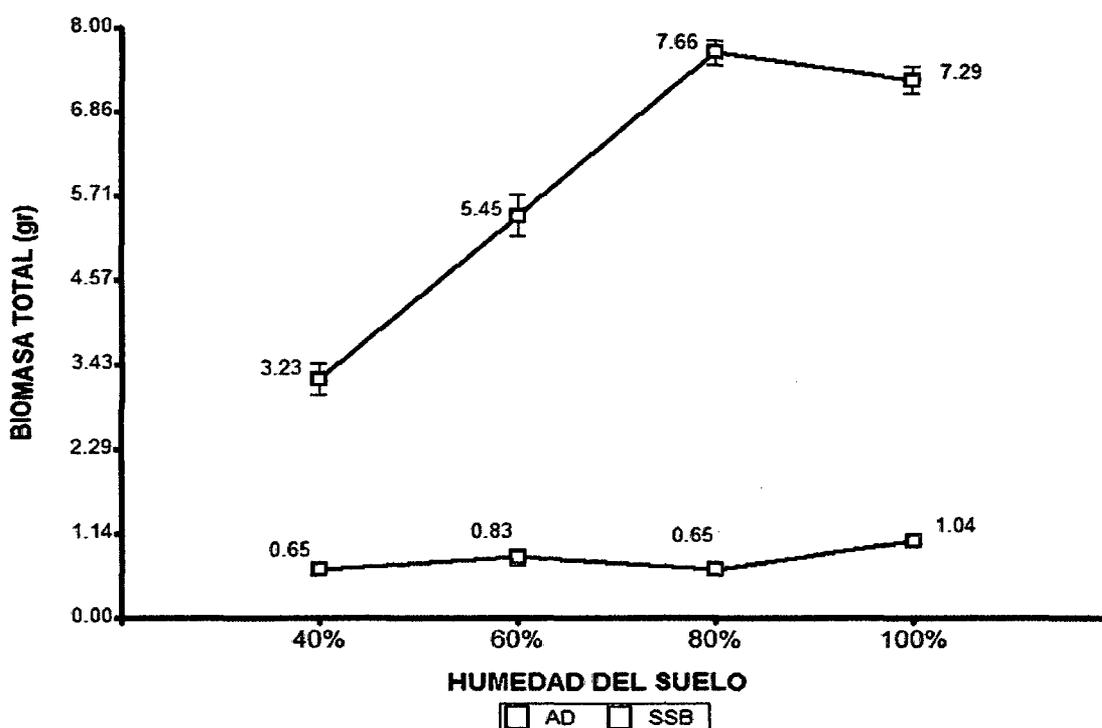


Figura 13. Producción total de biomasa (g) lograda por cada tipo de sustrato en los cuatro niveles de humedad del suelo (AD: aserrín descompuesto; SSB: suelo superficial de bosque).

En el análisis del efecto simple del tipo de sustrato, ha resultado altamente significativo ($p < 0.05$) los niveles de humedad del suelo, haciendo la prueba de medias (Fisher) la mayor biomasa total lograda en el sustrato SSB se logra cuando se utiliza de 80 a 100% de humedad del suelo (7.66 y 7.29 g respectivamente) comportándose estadísticamente similares; mientras que en el sustrato AD, la mayor producción total de biomasa se logra cuando utilizamos 100% de humedad del suelo estadísticamente diferenciado del resto de niveles de humedad (Cuadro 14).

Cuadro 14. Análisis del efecto simple entre el nivel de humedad del suelo en cada tipo de sustrato como influencia en la producción total de biomasa lograda al quinto mes de evaluación (promedio \pm error estándar).

Clave	p-valor	Humedad del suelo	Biomasa total (g)		
B en a₁					
Humedad del suelo en suelo superficial de bosque (SSB)	<0.0001	80%	7.66	± 0.16	a
		100%	7.29	± 0.19	a
		60%	5.45	± 0.28	b
		40%	3.23	± 0.21	c
B en a₂					
Humedad del suelo en aserrín descompuesto (AD)	0.0059	100%	1.04	± 0.08	a
		60%	0.83	± 0.11	b
		80%	0.65	± 0.06	b
		40%	0.65	± 0.05	b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Fisher ($p \leq 0.05$).

Cuando se trabaja con sustrato SSB, la mayor producción total de biomasa se obtiene cuando se utiliza 80 y 100% de humedad del suelo (7.66 y 7.29 g respectivamente) que los otros niveles de humedad del suelo; por otra parte, si se trabaja con sustrato AD la mayor biomasa total solo se obtiene al

utilizar el 100% de humedad del suelo (1.04 g) mientras que los otros niveles de humedad muestran igualdad estadística entre ellas (Figura 14).

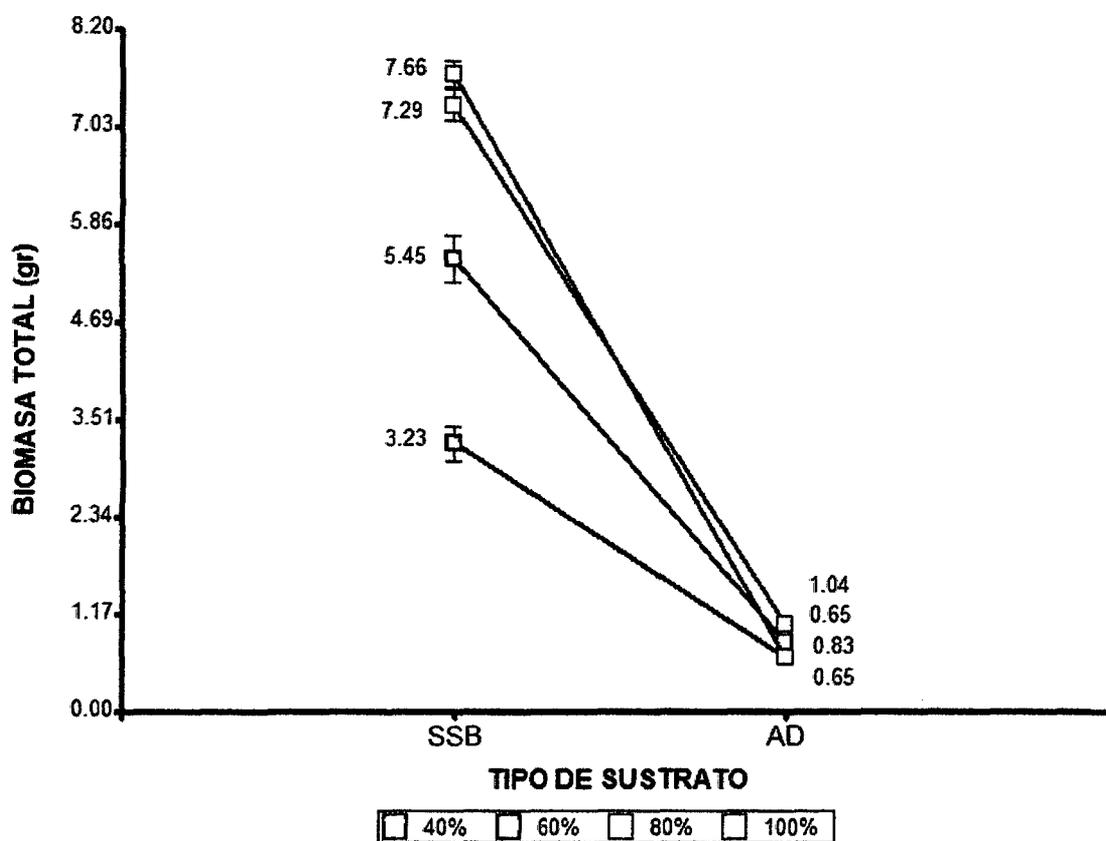


Figura 14. Producción total de biomasa (g) lograda por cada nivel de humedad del suelo en cada tipo de sustrato (AD: aserrín descompuesto; SSB: suelo superficial de bosque).

Los tratamientos (combinaciones) que lograron mayor biomasa total fue evidente en los que presentaban como sustrato SSB tienen en principio mayor biomasa total, sin embargo la utilización más adecuada de la humedad permite que al utilizarse de 80 a 100% de nivel de humedad del suelo se logre la mayor biomasa total por planta (7.66 y 7.29 g respectivamente (Figura 15)).

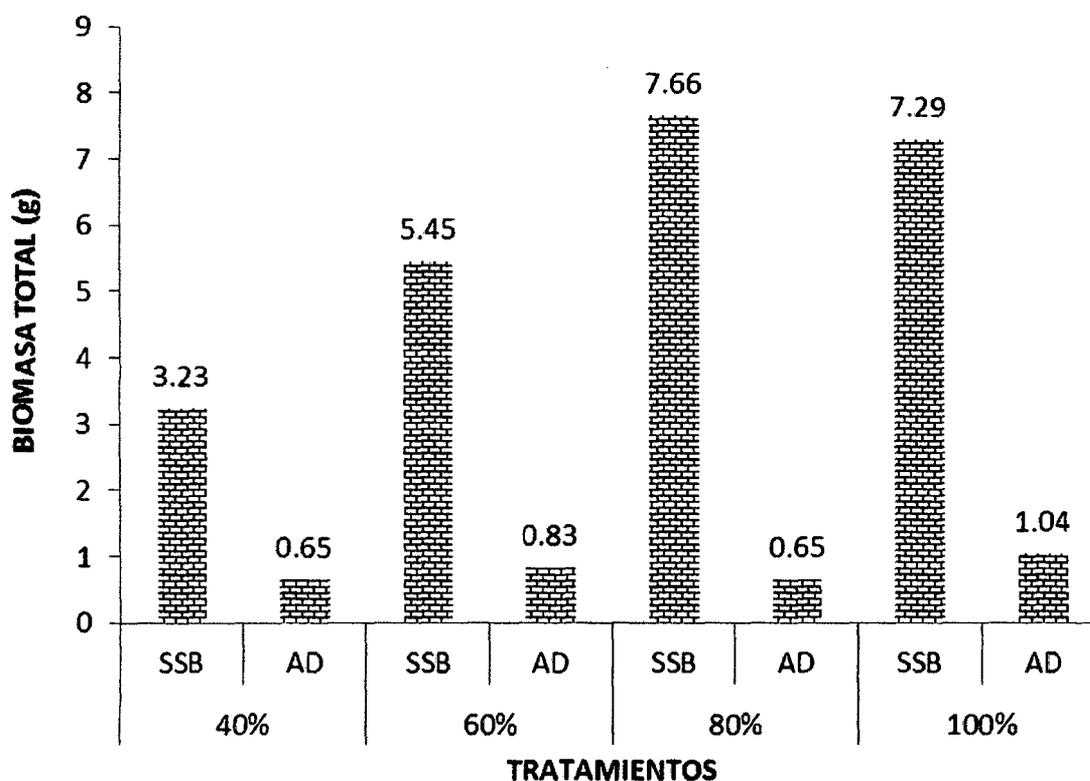


Figura 15. Medias de la producción total de biomasa en los ocho tratamientos de estudio, como producto de la interacción del tipo de sustrato y niveles de humedad del suelo.

4.3. Relación biomasa aérea/subterránea (BA/BS) ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) y aérea foliar/biomasa total (AF/BT) ($\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$) en plantas de *Tabebuia serratifolia* (vahl) Nicholson

4.3.1. Relación biomasa aérea/subterránea (BA/BS) ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)

La relación en los ocho tratamientos estudiados en la quinta evaluación, se observa en los tratamientos T₁, T₃, T₅ y T₇ (tratamientos con sustrato SSB) que muestran menores índices de esta relación el cual indica que el contenido de biomasa radicular es mayor que la biomasa aérea; por otra

parte los tratamientos T₂, T₄, T₆ y T₈ (tratamientos con sustrato AD) presentan mayor índice, el cual indica que la biomasa radicular es menor que la biomasa aérea (Figura 16).

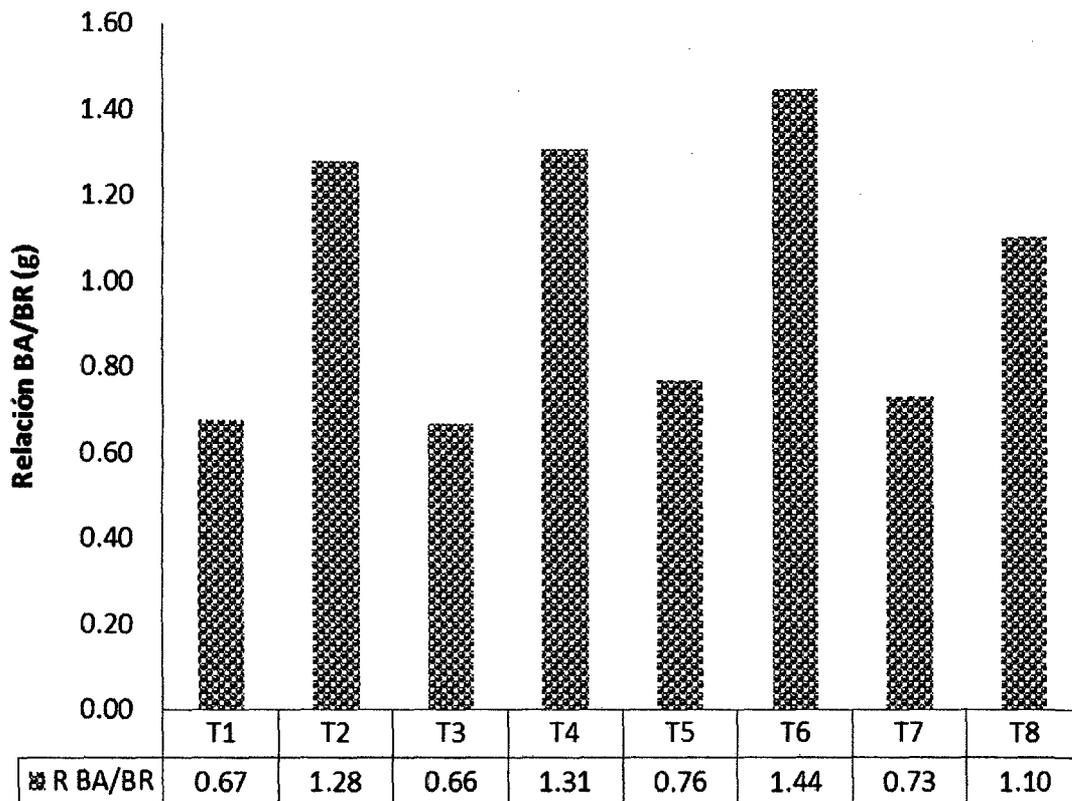


Figura 16. Relación biomasa aérea-biomasa radicular en ocho tratamientos por efecto de la interacción entre tipo de sustrato y nivel de humedad a la quinta evaluación.

Los tratamientos donde se utilizó el sustrato SSB, las plantas en evaluación presentan mayor biomasa radicular que biomasa aérea (Figura 17). La Figura 18 muestra los porcentajes del contenido radicular.

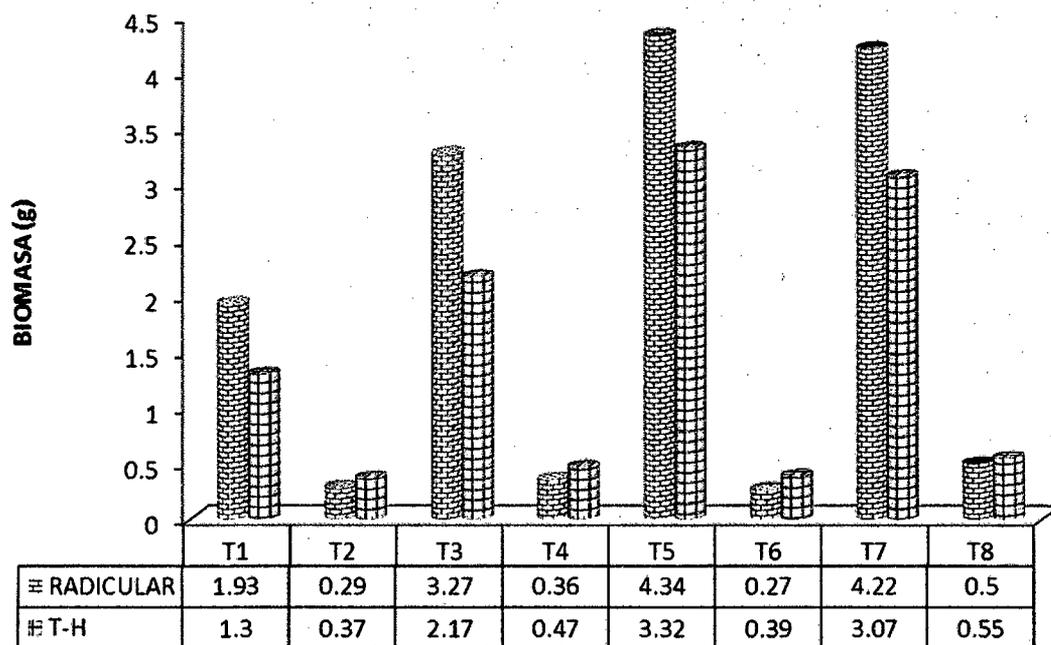


Figura 17. Contenido de la biomasa radicular y biomasa aérea (T-H) en ocho tratamientos a la quinta evaluación.

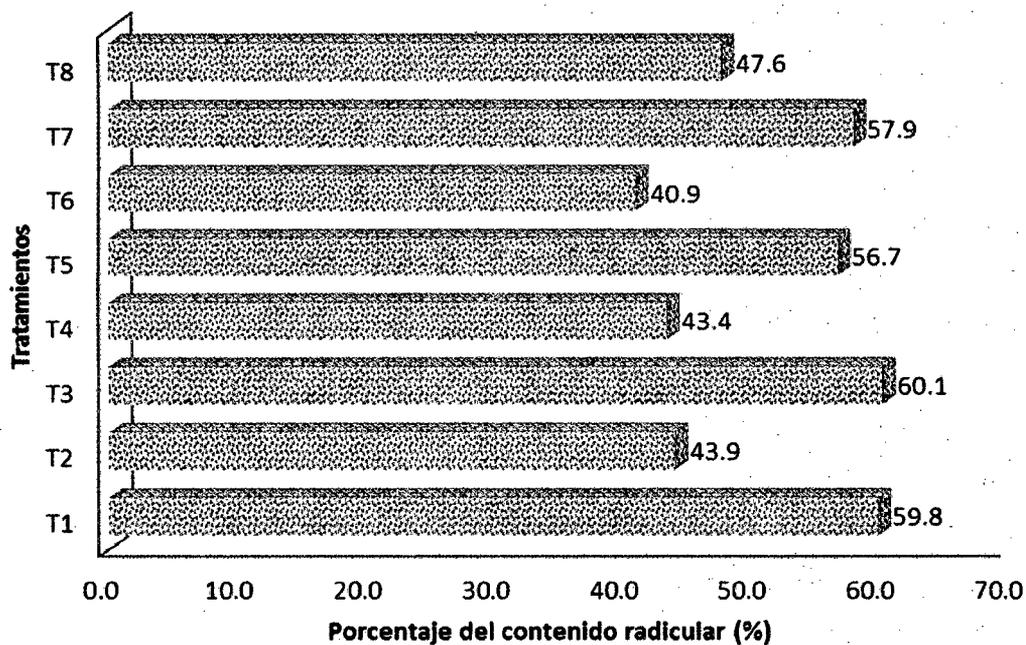


Figura 18. Porcentaje del contenido de biomasa radicular de la biomasa total en ocho tratamientos.

4.3.2. Relación aérea foliar/biomasa total (AF/BT) ($\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)

Las proporciones de área foliar y biomasa total en ocho tratamientos a la quinta evaluación, muestra que los tratamientos pares (tratamientos con sustrato AD) presentan menor contenido de biomasa total, totalmente contrario para aquellos tratamientos impares como son el tratamiento con sustrato SSB (Figura 19).

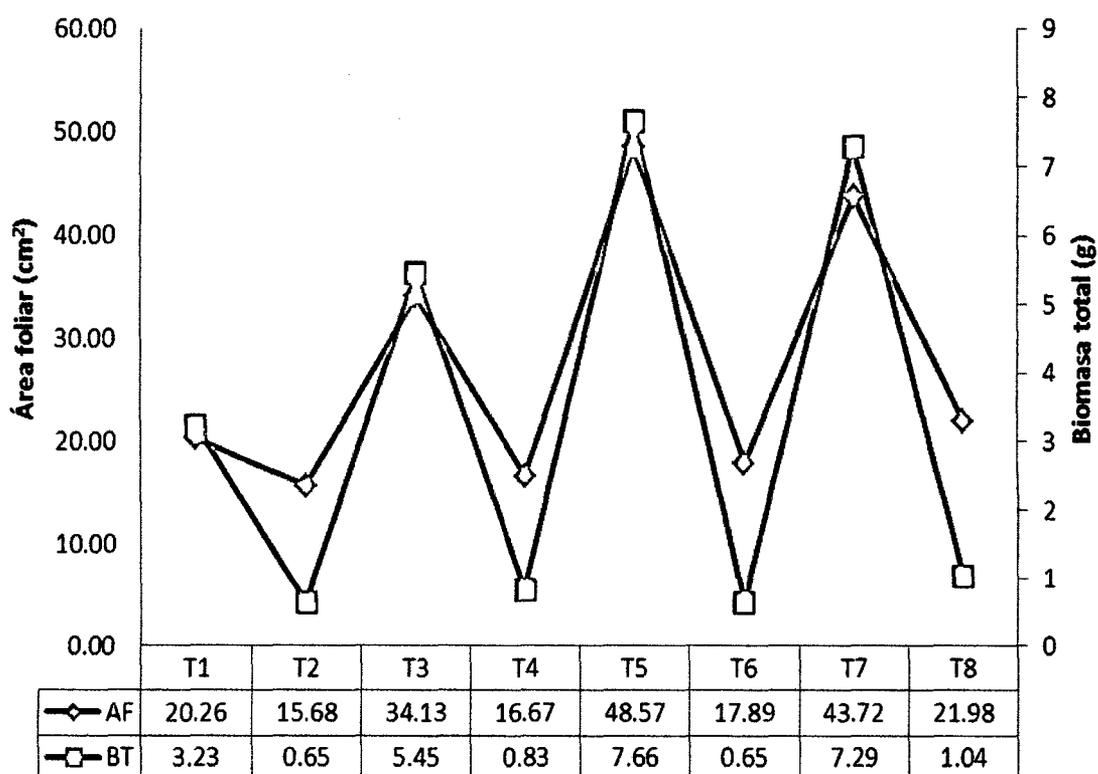


Figura 19. Proporción de área foliar y biomasa total de los ocho tratamientos evaluados al quinto periodo.

Los tratamientos con mayores índices contienen menor biomasa total y precisamente corresponden a los tratamientos pares que son aquellos con sustrato AD (Figura 20).

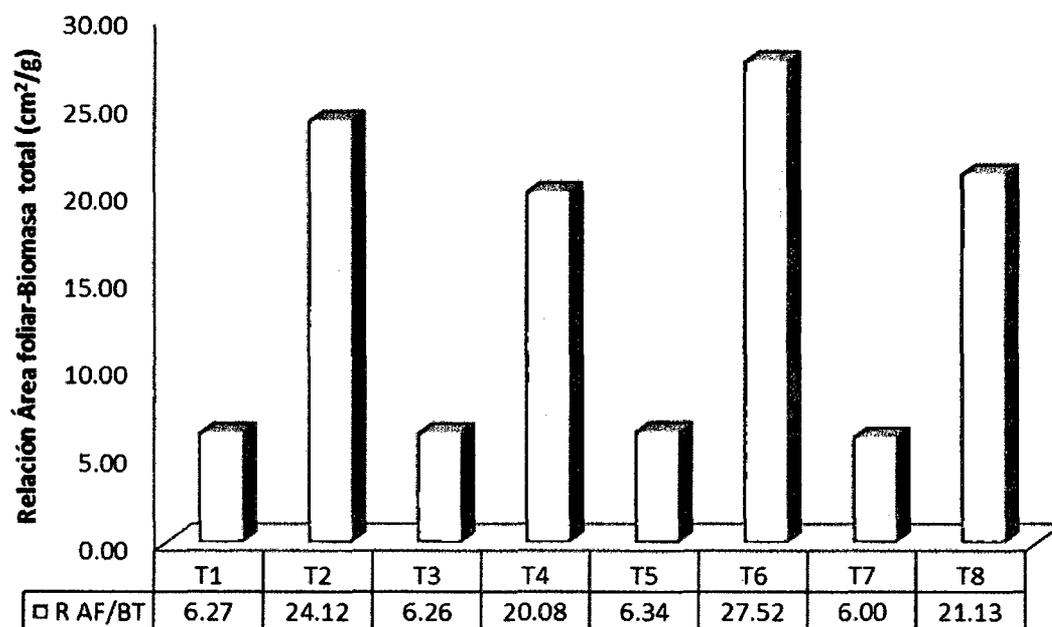


Figura 20. Índice de la relación área foliar – biomasa total en ocho tratamientos de la quinta evaluación.

V. DISCUSIÓN

5.1. Biomasa de hojas, tallos y raíces producidas en plantas de *Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson

5.1.1. Biomasa de hoja

Con respecto a la biomasa de las hojas, el Cuadro 3 muestra que el efecto de la interacción entre sustrato y humedad del suelo resultan significativos ($p < 0.05$). Los Cuadros 4 y 5 muestran el análisis de los efectos simples sustrato en humedad y humedad en sustratos respectivamente. En el Cuadro 4 y Figura 4, se obtiene que para cada nivel de humedad del suelo existe diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre los sustratos evaluados, resultando a través de la prueba de medias que el sustrato SSB presenta mayor contenido de biomasa de hojas que aquellos con sustrato AD.

Estos resultados confirman lo expuesto por AMÉZQUITA *et al.* (2008), quienes afirman 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 foliar (DE LA MAZA *et al.*, 2003); aunque PARDE (1980) afirma que la biomasa foliar presenta una mayor variación, sobre todo en los primeros meses de edad, hasta estabilizarse.

La especie "tahuarí" por sus características agronómicas (REYNEL *et al.*, 2003), presenta ciertas ventajas cuando se establece en un medio adecuado. El sustrato de suelo superficial de bosque (SSB) presenta mayores ventajas a comparación del sustrato aserrín descompuesto (AD), por cuanto el suelo superficial de bosque además de poseer materia orgánica rica en nutrientes se anexan inmensas poblaciones de microorganismos que actúan como microorganismos eficientes (VALLADARES, 2004) acelerando la descomposición de la materia orgánica y acondicionando en mejor oferta los nutrientes para las plantas (BINKLEY y GIARDINA, 1998; CALVO - ALVARADO *et al.*, 2008; CRUZ, 2002; VIVANCO, 2005). La ventaja de los microorganismos de suelos de bosque se debe a la alta biodiversidad de estos (VALLADARES, 2004), mejorando los ciclos de nutrientes (MARSCHNER y RENGEL, 2007).

El Cuadro 5 muestra la biomasa de hoja de acuerdo a los niveles de humedad por sustrato. En ella se observa que la humedad que permite mayor biomasa de hoja es de 80 y 100% de nivel de humedad del suelo. Estos niveles de humedad en el sustrato SSB permiten obtener mayor biomasa de hoja; mientras que en el sustrato AD la mayor biomasa de hoja se obtiene a 100% de humedad del suelo. Resultados confirmados por REYNEL *et al.* (2003) el cual el hábitat de esta especie está en pisos ecológicos que aseguren una permanente precipitación. La humedad de 80 a 100% de la capacidad de campo permite brindar mejores condiciones climáticas a los microorganismos del suelo superficial del bosque tal como indica la FAO (2005) y HAYASHIDA *et*

al. (2001), permitiendo regular la temperatura propia del proceso de crecimiento bacterial y de la descomposición de la materia orgánica (VIVANCO, 2005).

5.1.2. Biomasa de tallo

Con respecto a la biomasa de tallo, se determinó que para cada nivel de humedad del suelo el sustrato SSB permite mayor biomasa de tallo a comparación de aquellas plantas con sustrato AD. Este fenómeno es similar a lo visto en la variable biomasa de hoja. Debido principalmente por los mismos argumentos que describen las grandes ventajas del uso de suelos superficial de bosque. PRIMAVESI (1992), confirma que aquellas plantas que logran una adecuada interacción con el suelo, presentan mayor crecimiento. Esto refleja que a partir del tercer mes la planta con mayores ventajas son aquellas establecidas en menor tiempo después de su germinación, porque las plantas están en proceso de crecimiento (BROWN, 1992).

La humedad del suelo influyó por tipo de sustrato, obteniendo mayor biomasa de tallo con humedad del 80 a 100% de capacidad de campo en sustratos SSB. Dado que uno de los factores determinantes en la degradación de la materia orgánica es la humedad del suelo esta se torna importante medio de disolución de los nutrientes y del transporte de este hacia el metabolismo de la planta (CALVO - ALVARADO *et al.*, 2008).

La importancia del agua para las condiciones favorables de los microorganismos eficientes del suelo es claramente demostrada por VIVANCO

(2005) y CRUZ (2002), al recomendar ciclos frecuentes de riego al elaborarse los abonos basados en microorganismos de suelos de bosque (BOKASHI), llegando a un 100% de saturación de la capacidad de campo.

5.1.3. Biomasa radicular

La biomasa radicular se ve afectada por la interacción del sustrato y nivel de humedad del suelo (Cuadros 9, 10 y 11); determinándose que en cada nivel de humedad del suelo el sustrato SSB logra mayor biomasa radicular a comparación de las plantas con sustrato AD.

El resultado anterior describe las características agronómicas del cultivo (REYNEL *et al.*, 2003), puesto que esta especie es precoz y su condición de fijadora de nitrógeno en los nódulos radiculares posibilita una mayor disposición de este nutriente fundamental para el crecimiento de la planta, tal como lo señala SALAZAR (1997) logrando fijar de 600 a 1000 kg de nitrógeno por hectárea al año, resultando una abundante proporción. Otro aspecto también contemplado es el adecuado clima propicia para el cultivo tal como lo indican diversos autores (GUEVARA y GUENNI, 2004; ANGUIANO *et al.*, 2013).

La humedad de 80 a 100% a capacidad de campo resultó mejor para el sustrato SSB, mientras que para el sustrato AD la humedad adecuada fue 100%. El requerimiento de mayor humedad para el sustrato AD se explica por la poca presencia de organismos que desintegren la materia orgánica y que solo a través de la humedad del suelo a su máxima capacidad de campo puede

descomponer la materia orgánica (VALAREZO, 2001; VALLADARES, 2004; CALVO - ALVARADO *et al.*, 2008). Mayores contenidos de biomasa radicular se observan precisamente en los tratamientos con sustrato SSB y 80% de humedad del suelo.

5.2. Producción total de biomasa producida en plantas de *Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson

La biomasa total (tallos, hojas y raíces) fueron evaluadas bajo el mismo diseño. El resultado (Cuadros 12, 13 y 14), muestra el mismo patrón de comportamiento. Las mayores biomásas totales se logran en suelos de sustrato SSB a diferencia del sustrato AD; mientras que la humedad adecuada dependerá del tipo de sustrato.

Los resultados mencionados en el acápite anterior concuerdan con los trabajos realizados en diferentes investigaciones donde el sustrato enriquecido sea con nutrientes o suelos superficiales de bosque, rindieron mejores biomásas en distintas especies forestales (KRÜGER, 2007; NEGREROS-CASTILLO *et al.*, 2010). Por otra parte, NAVARRO *et al.* (2013) confirman que las plantas de especies forestales, requieren en su etapa inicial nutrientes que le permitan desarrollar el sistema radicular y la biomasa total.

La biomasa total muestra que el tratamiento con sustrato SSB permite mayor biomasa total, convirtiéndose en una alternativa como cultivo para mitigar el cambio climático, porque demuestra el gran potencial del cultivo para capturar carbono (AMÉZQUITA *et al.*, 2008).

5.3. Relación biomasa aérea/subterránea y aérea foliar/biomasa total en plantas de *Tabebuia serratifolia* (vahl) Nicholson

5.3.1. Relación biomasa aérea/subterránea (BA/BS) ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)

Las relaciones biomasa aérea y biomasa radicular indican que las plantas con adecuada relación radicular con respecto a su biomasa total, fueron aquellas con sustrato SSB. Esto es porque el sustrato brinda las mejores condiciones para el desarrollo radicular y el metabolismo de la planta (VALLADARES, 2004; HAYASHIDA *et al.*, 2001; VALAREZO, 2001). NACIMA (2006) confirma que el método de verificación del desarrollo de la planta es con base a los indicadores de la biomasa aérea y radicular, logran con ello determinar el potencial de la especie a ser evaluada.

NEGREROS-CASTILLO *et al.* (2010) presenta resultados favorables de la relación biomasa aérea y subterránea en tres especies forestales los cuales coinciden con los obtenidos cuando las plantas fueron sometidas a mejores condiciones nutrimentales y de humedad. Similares resultados se obtuvieron con CALVO - ALVARADO *et al.* (2008) al evaluar diferentes tipos de sustratos, logrando mejores resultados los sustratos con suelos superficial de bosque.

5.3.2. Relación área foliar/biomasa total

La relación área foliar versus biomasa total solo confirma la relación del área foliar con la biomasa de hoja, los cuales permiten relacionar

este parámetro para el entendimiento de un adecuado metabolismo de la planta. (BINKLEY y GIARDINA, 1998; REYNEL *et al.*, 2003).

La disminución del área foliar observada en las plántulas creciendo en sustratos suelo con aserrín descompuesto está asociada a mecanismos de las plántulas para limitar la evapotranspiración. Esta reducción en la evapotranspiración mejora el nivel hídrico de la planta, y mejora la actividad fotosintética y el crecimiento de la misma (AUSSENAC, 2000). Sin embargo, altos niveles de humedad en el suelo pueden llegar a limitar el crecimiento radicular de las plántulas, siendo suficiente una capacidad de campo del 40%-60% para lograr la máxima tasa de crecimiento potencial. Para optimizar el crecimiento de las plántulas se deben combinar, al menos, los dos factores estudiados. Por un lado, el tipo de sustrato, que asegure la disponibilidad de nutrientes y niveles adecuados de humedad, sin limitar el crecimiento de las raíces pero sin llegar a producir problemas de evapotranspiración excesiva.

Las plantas leñosas presentan marcadas diferencias en la respuesta y tolerancia al estrés hídrico. En general, el exceso de agua en el suelo produce una inadecuada aireación, sobre todo en los suelos con aserrín descompuesto puesto que las plantas con ese sustrato no tuvieron buen desarrollo radicular, por que conduce a la rápida disminución del oxígeno disponible para las raíces que es capaz de inducir cambios fisiológicos y morfológicos de las mismas, afectando la mineralización y solubilidad de las sustancias minerales del suelo, pudiendo conducir a la formación de compuestos fitotóxicos en los tejidos (SUN *et al.*, 1995).

El contenido radicular obtenido de las plantas estudiadas tienen una relación 2:1, biomasa aérea sobre biomasa radicular, que coincide con trabajos de GARCÍA (1996), en especies *P. pseudostrobus* y *P. douglasiana*.

AGUIRRE *et al.* (2014) confirman que el crecimiento del género *Tabebuia* está influenciada de ciertas condiciones que son medibles con ciertos indicadores como es la relación área foliar/biomasa total, y la relación biomasa aérea/subterránea. Ambos indicadores muestran el performance de la planta en su crecimiento basado por el efecto de condiciones ambientales. Experimentos basados en la reducción hídrica de algunas especies forestales muestran que la relación biomasa aérea/subterránea fueron más adecuadas aquellas que tuvieron fuertes restricciones hídricas, estos resultados al compararse con los obtenidos muestran que aquellas especies humedad a capacidad de campo adecuada mostraron menor relación, el cual indican mayor biomasa radicular.

El área foliar es considerado por NACIMA (2006) como un indicador de crecimiento de la planta, por su capacidad fotosintética, y dependiendo de mayor área foliar muestran mayor calidad tal como lo demuestra los trabajos de MORALES (2013).

VI. CONCLUSIONES

1. La interacción del tipo de sustrato y el nivel de humedad del suelo si influyeron en la capacidad de incrementar la producción de biomasa en plantas *Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson en la fase de vivero.
2. Mayor biomasa de hoja se logra en plantas de *Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson con sustrato de suelo superficial de bosque a comparación del sustrato aserrín descompuesto, en niveles de humedad de 80 a 100% de su capacidad de campo.
3. La mayor biomasa de tallo se logra en sustratos con suelo superficial de bosque y con 80 y 100% de humedad de suelo.
4. El sustrato suelo superficial de bosque logra mayor biomasa radicular con un 80 y 100% de humedad de suelo.
5. Mayor producción total de biomasa se obtuvo con plantas en sustratos de suelo superficial de bosque y con 80 a 100% de humedad del suelo.
6. Menores índices de la relación biomasa aérea/ subterránea y área foliar/ biomasa total se logran en plantas con sustrato de suelo superficial de bosque que la plantas en aserrín descompuesto; es decir, plantas de mejor calidad que aseguran mayor prendimiento en campo son aquellas con suelo superficial de bosque y con 80 a 100% de humedad del suelo.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar mayores trabajos de investigación con el sustrato suelo superficial de bosque anexado con otros factores climáticos.
2. Para una mayor producción de biomasa total (carbono) para la planta *Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson se debe emplear sustrato de suelo superficial de bosque y un 80% de humedad del suelo a capacidad del campo.
3. Para usar aserrín descompuesto y de una mayor biomasa total producida por la planta *Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson será a 100% de humedad.
4. Una estrategia para mitigar el cambio climático es la producción de plantones de *Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson empleando sustratos de suelo superficial de bosque con 40% hasta 100% de la humedad del suelo a capacidad del campo.

**TAHUARI (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson) BIOMASS
PLANTS AS A RESULT OF THE INTERACTION SUBSTRATE –
SOIL MOISTURE, NURSERY PHASE**

VIII. ABSTRACT

Human activity has changed many tropical forests, economic, ecological and ornamental importance *Tabebuia serratifolia* (M. Vahl) Nicholson, urgent steps to preserve them. Research then arises, in order to determine the interaction and influence of various substrates and soil moisture levels in the production of biomass tahuari seedlings during the nursery phase. He was executed in the Forest Nursery and Laboratory Seed Certification Forest, belonging to the Faculty of Natural Resources of the Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tahuari seedlings established under a Completely Randomized Design 4x2 factorial arrangement with five replications was used. The factors studied were: Factor A: type of substrate (surface forest floor - SSB and decomposed sawdust - AD); Factor B: soil moisture (40%, 60%, 80% and 100%). The results peal to five months, reported higher total biomass achieved in the SSB substrate with 80-100 % humidity (7.66 g, 7.29 g respectively) behave statistically similar; while in the AD substrate, total biomass production is achieved when you are 100% soil moisture, statistically differentiated from the rest of humidity; T₁, T₃, T₅ and T₇ treatments (treatments SSB) show lower rates

of this relationship which indicates that the content of root biomass is greater than the biomass.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE, J.; CULEBRO, F., CADENA, J. AGUIRRE, J. 2014. Crecimiento de *Tabebuia donnell-smithii* Rose inoculada con hongos micorrízicos y *Azospirillum brasilense*. *Agrociencia*. 48:331-345.
- AMÉZQUITA, M., CASASOLA, F., RAMÍREZ, B., GIRALDO, H., GÓMEZ, H., LLANDERAL, T., VELÁSQUEZ, J., IBRAHIM, M. 2008. Stock and sequestration. In: Carbon sequestration in tropical grassland ecosystem. ISBN 978-90-8686-026-5. Wageningen academic publishers. The Netherland. 52 p.
- ANGUIANO, J.M., AGUIRRE, J., PALMA, J.M. 2013. Secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril de *Cocos nucifera*, *Leucaena leucocephala* Var. *Cunningham* y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115. *Revista de investigación y difusión científica agropecuaria*, 17(1):149-160.
- AUSSENAC, G. 2000. Interactions between forest stands and microclimate: ecophysiological aspects and consequences for silviculture. *Ann. For. Sci.*, 57:287-301.

- BINKLEY, D., GIARDINA, C. 1998. Why do Tree Species Affect Soils. The Warp and Woof of Tree-soil Interactions. *Biogeochemistry*, 42(1/2):89-106.
- BLAIR, E. 1965. Manual de riego y avenamiento. Instituto Internacional de Ciencias Agrícolas, Zona andina. Lima, Perú. 320 p.
- BRADSHAW, C., GIAM, X., SODHI, N. 2010. Evaluating the relative environmental impact of countries. *PlosOne*, 5(5):1-16.
- BROWN, D. 1992. Estimating the composition of a forest seed bank: A comparison of the seed extraction and seedling emergence methods. *Can. J. Bot.*, 70:1603-1612.
- CALVO - ALVARADO, J., ARIAS, D., JIMÉNEZ, 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. *Kurú: Revista Forestal*, 5(14):1-15.
- CHIRINO, E., VILAGROSA, A., RUBIO, E. 2004. Efectos de la reducción del riego y la fertilización en las características morfológicas de *Quercus suber*. Actas de la III reunión sobre repoblaciones forestales. Sociedad Española de Ciencias Forestales, 17:51-54.
- CRUZ, M. 2002. Elaboración de EM BOKASHI y su evaluación en el cultivo de maíz *Zea mays* L., bajo riego en Bramaderos. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Loja, Facultad de Ciencias Agrícolas. Ecuador. 80 p.

- DE LA MAZA, C.L., HERNÁNDEZ, J., RODRÍGUEZ M., ESCOBEDO F., NOWAK, D.J. 2003. Proyecto FONDEFF D00I 1078 Informe Técnico Biomasa. Desarrollo de un sistema de la vegetación urbana con fines de descontaminación atmosférica y de apoyo a la toma de decisiones a nivel municipal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Manejo de Recursos Forestales. 20 p.
- FAO. 2005. Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. Boletín de suelos. Roma, Italia. Boletín N° 79. 105 p.
- GARCÍA, M.J. 1996. Coníferas promisorias para reforestación en la Sierra Purhépecha. Agenda Técnica N°. 2. CIRPAC. INIFAP. SAGAR. Uruapan, Mich. 79 p.
- GARCÍA, M.J. 2002. 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.
- GUEVARA, E., GUENNI, O. 2004. Acumulación y distribución de biomasa en *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit., durante la fase de establecimiento. I. Repartición de biomasa. Zootecnia Trop., 22(2):147.
- HAYASHIDA-OLIVER, Y., BOOT, R., POORTER, L. 2001. Influencia de la disponibilidad de agua y luz en el crecimiento y la morfología de plantones de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Bertholletia excelsa*. Rev. Ecología en Bolivia, 35:51-60.

- KRAMER, P. 1969. Relaciones hídricas de suelo y planta. Agencia para el Desarrollo Internacional México / Buenos Aires. 64 p.
- KRÜGER, S. 2007. Producción de plantas de *Pinus ponderosa* 1:1 en vivero de Valdivia y Cochrane. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. Universidad Austral de Chile. 67 p.
- MARSCHNER, P., RENGEL, Z. 2007. Nutrient cycling in terrestrial ecosystems. Springer-Verlag, Berlin. 391p.
- MEXAL, J.G., LANDIS T. 1990. Target seedling concepts: height and diameter. In: Target seedlings symposium. Gen. Tech. Rep. USDA Forests, 13:105-119.
- MORALES, E. 2013. Indicadores de calidad de planta en cuatro viveros forestales del estado de Tamaulipas. Seminarios de posgrado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 7 p.
- NACIMA, M. 2006. Metodologías para la optimización de la producción viverística y la restauración de zonas mediterráneas afectadas por grandes incendios. Tesis para optar el grado de Doctor. CREAM. España. 129 p.
- NAVARRO, J., VARGAS, J., GÓMEZ, A., RUIZ, L., GARCÍA, P. 2013. Morfología, biomasa y contenido nutrimental en *Abies religiosa* con regímenes diferentes de fertilización en vivero. *Agrociencia*, 47(7):707-721.

- NEGREROS-CASTILLO, P., APODACA-MARTINEZ, M., MIZE, C. 2010. Efecto de sustrato y densidad en la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble. *Rev. Madera y Bosques*, 16(2):7-18.
- PARDÉ, J. 1980. Forest Biomass. Forests products abstracts. Review Article. Commonwealth Forestry Bureau, 41(8):343-361.
- PIRE, R., VALENZUELA, I. 1995. Estimación del área foliar en *Vitis vinifera* L. french colombard a partir de mediciones lineales en las hojas. *Agronomía tropical*. 45(1):143-154.
- PRIMAVESI, A. 1992. Manejo ecológico del suelo, la agricultura en regiones tropicales. 5 ed. Argentina, El Ateneo. 499 p.
- PROYECTO DE MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE (BOLFOR). 2001. Regeneración y Silvicultura de Bosques Tropicales en Bolivia. Ed. Por B. Mostacedo y T. S. Fredericksen. Santa Cruz, Bolivia. 221 p.
- PUÉRTOLAS, J., DISANTE, K., FUENTES, D., VALDECANTOS, A.; MONERRIS, J., CORTINA, J., BENITO, L. 2009. Ritmos de acumulación de biomasa en *Quercus ilex* durante el primer año de cultivo en contenedor: efectos maternos y ambientales. Quinto Congreso Forestal Español, Montes y sociedad, saber qué hacer. p 2-10.
- REYNEL, C., PENNINGTON, R., PENNINGTON, T., FLORES, C., DAZA, A. 2003. Árboles útiles de la Amazonía peruana y sus usos. Lima, Perú. Tarea Gráfica Educativa. 509 p.

- ROMO, M. 2005. Efecto de la luz en el crecimiento de plántulas de *Dipteryx micrantha* Harms "shihuahuaco" trasplantadas a sotobosque, claros y plantaciones. *Ecol. apl.* [En línea]: Scielo, (http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162005000100001&lng=es&nrm=iso, Journals, 24 Mar. 2013).
- SAENZ, T., VILLASEÑOR, J., MUÑOZ, J., RUEDA, A., PRIETO, J. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacan. Instituto de Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. Folleto Técnico Núm. 17. 52 p.
- SALAZAR, R. 1997. *Tabebuia rosea* (Bertol) DC. nota técnica sobre manejo de semillas forestales, CATIE. Costa Rica. N°. 8. 2 p.
- STEEL, R., TORRIE, J. 1988. Bioestadística: Principio y procedimiento. 2 ed. Mexico, Mc Graw – Hill. 622 p.
- SUN, O.J., SWEET, G.B., WHITEHEAD, D. 1995. Physiological responses to water stress and waterlogging in *Nothofagus* species. *Tree Physiol.*, 15:629-638.
- 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.

- VALAREZO, J. 2001. Comp. Manual de Fertilidad de Suelos. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Agronómica. México. 84 p.
- VALLADARES, F. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A. Madrid, España. p. 335-369.
- VERA-CASTILLO, J. A. G. 1995. The influence of antidesiccants on field performance and physiology of 2+0 ponderosa pine (*Pinus ponderosa* Dougl.) seedlings. Ph.D. Thesis. Oregon State University. 134 p.
- VICKERY, M. 1991. Ecología de plantas tropicales. México, Limusa. 232 p.
- VIVANCO, F. 2005. Elaboración de EM bokashi y su evaluación en el cultivar maíz, bajo riego en Zapotillo. Universidad Nacional De Loja Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables Carrera de Ingeniería Agronómica. México. 245 p.

ANEXO

Anexo 1. Mapa de ubicación del experimento

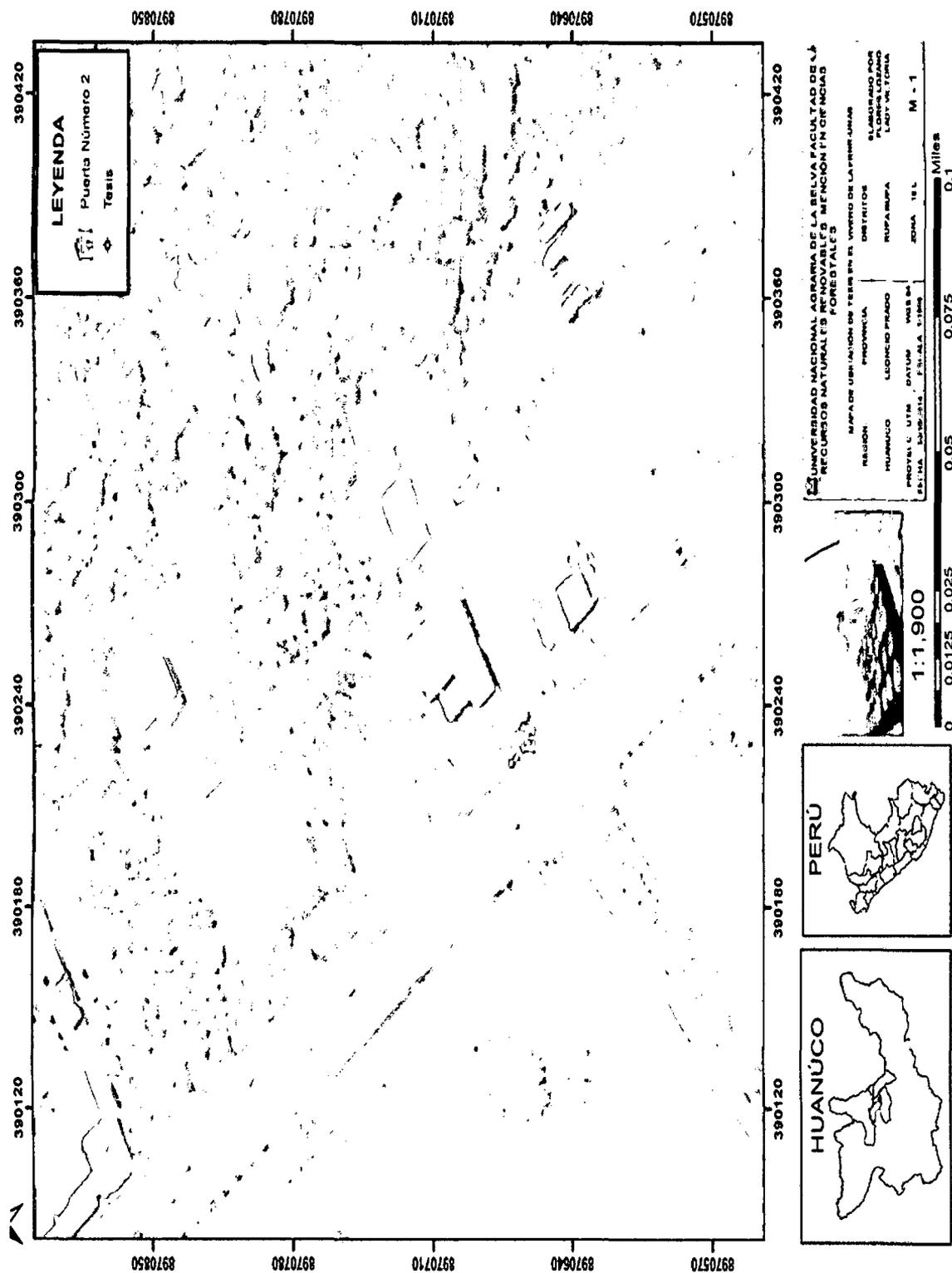


Figura 21. Mapa de ubicación del experimento.

Anexo 2. Datos originales del experimento

Cuadro 15. Datos de la primera evaluación (primer mes).

Trat.	Factor A	Factor B	Rep.	H1 (g)	T1 (g)	HT1 (g)	R1 (g)	BT1 (g)
T1	SSB	40	1	0.79	0.07	0.87	0.11	0.98
T1	SSB	40	2	0.84	0.12	0.96	0.11	1.06
T1	SSB	40	3	0.76	0.07	0.83	0.09	0.92
T1	SSB	40	4	0.43	0.10	0.52	0.07	0.60
T1	SSB	40	5	0.74	0.10	0.84	0.16	1.00
T2	AD	40	1	0.13	0.09	0.22	0.10	0.32
T2	AD	40	2	0.15	0.11	0.26	0.15	0.41
T2	AD	40	3	0.13	0.08	0.22	0.14	0.36
T2	AD	40	4	0.13	0.09	0.22	0.10	0.32
T2	AD	40	5	0.15	0.09	0.24	0.16	0.39
T3	SSB	60	1	0.22	0.07	0.29	0.07	0.36
T3	SSB	60	2	0.26	0.08	0.34	0.11	0.45
T3	SSB	60	3	0.33	0.06	0.39	0.14	0.52
T3	SSB	60	4	0.17	0.07	0.24	0.12	0.36
T3	SSB	60	5	0.12	0.05	0.17	0.09	0.25
T4	AD	60	1	0.10	0.08	0.18	0.09	0.27
T4	AD	60	2	0.11	0.12	0.23	0.14	0.37
T4	AD	60	3	0.08	0.06	0.14	0.08	0.22
T4	AD	60	4	0.12	0.10	0.22	0.10	0.32
T4	AD	60	5	0.11	0.09	0.20	0.16	0.37
T5	SSB	80	1	0.46	0.09	0.55	0.14	0.69

T5	SSB	80	2	0.38	0.12	0.50	0.16	0.66
T5	SSB	80	3	0.30	0.10	0.40	0.08	0.48
T5	SSB	80	4	0.20	0.05	0.26	0.12	0.38
T5	SSB	80	5	0.31	0.07	0.38	0.13	0.51
T6	AD	80	1	0.10	0.06	0.16	0.10	0.25
T6	AD	80	2	0.18	0.12	0.30	0.13	0.44
T6	AD	80	3	0.08	0.05	0.13	0.07	0.20
T6	AD	80	4	0.09	0.07	0.16	0.09	0.25
T6	AD	80	5	0.09	0.05	0.14	0.08	0.22
T7	SSB	100	1	0.31	0.12	0.43	0.16	0.60
T7	SSB	100	2	0.21	0.10	0.31	0.10	0.41
T7	SSB	100	3	0.28	0.10	0.39	0.11	0.50
T7	SSB	100	4	0.29	0.07	0.36	0.10	0.47
T7	SSB	100	5	0.38	0.10	0.48	0.18	0.67
T8	AD	100	1	0.11	0.06	0.17	0.14	0.31
T8	AD	100	2	0.12	0.08	0.20	0.16	0.36
T8	AD	100	3	0.11	0.09	0.21	0.11	0.32
T8	AD	100	4	0.08	0.05	0.13	0.12	0.25
T8	AD	100	5	0.13	0.07	0.20	0.13	0.33

Cuadro 16. Datos de la segunda evaluación (segundo mes).

Trat.	Factor A	Factor B	Rep.	H2 (g)	T2 (g)	HT2 (g)	R2 (g)	BT2 (g)
T1	SSB	40	1	0.90	0.37	1.27	0.46	1.73
T1	SSB	40	2	0.95	0.38	1.33	0.68	2.01
T1	SSB	40	3	0.80	0.30	1.10	0.41	1.51

T1	SSB	40	4	0.64	0.22	0.86	0.40	1.26
T1	SSB	40	5	0.62	0.17	0.79	0.34	1.13
T2	AD	40	1	0.12	0.07	0.19	0.17	0.36
T2	AD	40	2	0.10	0.10	0.20	0.13	0.33
T2	AD	40	3	0.16	0.12	0.28	0.27	0.55
T2	AD	40	4	0.16	0.12	0.28	0.23	0.51
T2	AD	40	5	0.13	0.11	0.24	0.17	0.41
T3	SSB	60	1	0.78	0.28	1.06	0.38	1.44
T3	SSB	60	2	1.17	0.29	1.46	0.60	2.06
T3	SSB	60	3	1.02	0.20	1.22	0.29	1.51
T3	SSB	60	4	0.92	0.20	1.12	0.30	1.42
T3	SSB	60	5	0.80	0.31	1.11	0.61	1.72
T4	AD	60	1	0.12	0.08	0.19	0.06	0.25
T4	AD	60	2	0.11	0.08	0.19	0.06	0.25
T4	AD	60	3	0.16	0.11	0.27	0.07	0.34
T4	AD	60	4	0.11	0.11	0.22	0.05	0.27
T4	AD	60	5	0.14	0.10	0.24	0.07	0.31
T5	SSB	80	1	0.75	0.29	1.04	0.81	1.85
T5	SSB	80	2	1.06	0.31	1.37	0.34	1.71
T5	SSB	80	3	1.15	0.24	1.39	0.43	1.82
T5	SSB	80	4	1.24	0.28	1.53	0.53	2.05
T5	SSB	80	5	1.13	0.25	1.38	0.38	1.76
T6	AD	80	1	0.18	0.10	0.28	0.21	0.49
T6	AD	80	2	0.11	0.07	0.17	0.10	0.27

T6	AD	80	3	0.10	0.09	0.19	0.11	0.29
T6	AD	80	4	0.13	0.12	0.25	0.18	0.43
T6	AD	80	5	0.11	0.08	0.19	0.17	0.36
T7	SSB	100	1	1.04	0.26	1.30	0.28	1.57
T7	SSB	100	2	1.11	0.35	1.45	0.41	1.86
T7	SSB	100	3	1.18	0.35	1.54	0.35	1.89
T7	SSB	100	4	1.24	0.33	1.57	0.37	1.93
T7	SSB	100	5	1.05	0.34	1.39	0.48	1.87
T8	AD	100	1	0.20	0.08	0.28	0.12	0.40
T8	AD	100	2	0.18	0.06	0.24	0.09	0.32
T8	AD	100	3	0.20	0.06	0.26	0.11	0.37
T8	AD	100	4	0.59	0.17	0.76	0.25	1.01
T8	AD	100	5	0.34	0.12	0.46	0.16	0.62

Cuadro 17. Datos de la tercera evaluación (tercer mes).

Trat.	Factor A	Factor B	Rep.	H3 (g)	T3 (g)	HT3 (g)	R3 (g)	BT3 (g)
T1	SSB	40	1	0.86	0.32	1.19	1.17	2.35
T1	SSB	40	2	0.94	0.39	1.33	1.33	2.65
T1	SSB	40	3	0.78	0.34	1.12	0.96	2.08
T1	SSB	40	4	0.79	0.37	1.16	1.02	2.18
T1	SSB	40	5	0.86	0.35	1.21	1.25	2.46
T2	AD	40	1	0.22	0.12	0.34	0.32	0.66
T2	AD	40	2	0.12	0.11	0.22	0.42	0.64
T2	AD	40	3	0.15	0.08	0.23	0.16	0.39
T2	AD	40	4	0.18	0.18	0.36	0.65	1.00

T2	AD	40	5	0.11	0.16	0.27	0.13	0.40
T3	SSB	60	1	1.95	0.59	2.54	1.47	4.01
T3	SSB	60	2	1.29	0.55	1.84	1.07	2.91
T3	SSB	60	3	1.54	0.51	2.06	1.54	3.60
T3	SSB	60	4	1.94	0.45	2.39	0.97	3.36
T3	SSB	60	5	1.74	0.65	2.39	1.38	3.77
T4	AD	60	1	0.30	0.14	0.44	0.30	0.74
T4	AD	60	2	0.21	0.13	0.33	0.25	0.58
T4	AD	60	3	0.34	0.15	0.50	0.28	0.77
T4	AD	60	4	0.28	0.14	0.42	0.24	0.66
T4	AD	60	5	0.20	0.13	0.33	0.27	0.60
T5	SSB	80	1	2.40	0.77	3.17	2.12	5.29
T5	SSB	80	2	1.67	0.48	2.15	0.90	3.05
T5	SSB	80	3	2.09	0.35	2.44	2.35	4.80
T5	SSB	80	4	2.71	0.68	3.39	0.98	4.37
T5	SSB	80	5	1.99	0.72	2.71	1.42	4.13
T6	AD	80	1	0.23	0.10	0.33	0.24	0.56
T6	AD	80	2	0.22	0.09	0.30	0.16	0.46
T6	AD	80	3	0.29	0.11	0.40	0.27	0.67
T6	AD	80	4	0.18	0.09	0.28	0.21	0.48
T6	AD	80	5	0.23	0.14	0.37	0.31	0.68
T7	SSB	100	1	1.86	0.76	2.62	1.08	3.70
T7	SSB	100	2	1.70	0.59	2.29	1.66	3.95
T7	SSB	100	3	2.36	0.64	3.00	1.12	4.12

T7	SSB	100	4	1.73	0.89	2.62	1.84	4.46
T7	SSB	100	5	2.03	0.52	2.55	1.09	3.64
T8	AD	100	1	0.58	0.11	0.68	0.14	0.82
T8	AD	100	2	0.55	0.16	0.71	0.45	1.15
T8	AD	100	3	0.49	0.11	0.60	0.19	0.79
T8	AD	100	4	0.65	0.18	0.82	0.54	1.36
T8	AD	100	5	0.65	0.15	0.80	0.32	1.12

Cuadro 18. Datos de la cuarta evaluación (cuarto mes).

Trat.	Factor A	Factor B	Rep.	H4 (g)	T4 (g)	HT4 (g)	R4 (g)	BT4 (g)
T1	SSB	40	1	0.81	0.32	1.13	1.38	2.51
T1	SSB	40	2	0.79	0.49	1.28	1.37	2.65
T1	SSB	40	3	0.91	0.47	1.38	1.73	3.10
T1	SSB	40	4	0.92	0.42	1.34	1.47	2.82
T1	SSB	40	5	0.75	0.35	1.09	1.48	2.57
T2	AD	40	1	0.27	0.11	0.38	0.45	0.83
T2	AD	40	2	0.21	0.03	0.24	0.27	0.51
T2	AD	40	3	0.23	0.08	0.32	0.39	0.71
T2	AD	40	4	0.18	0.06	0.24	0.37	0.61
T2	AD	40	5	0.19	0.05	0.24	0.26	0.50
T3	SSB	60	1	1.66	0.22	1.88	0.77	2.65
T3	SSB	60	2	1.54	0.60	2.14	1.47	3.61
T3	SSB	60	3	1.49	0.31	1.80	2.18	3.99
T3	SSB	60	4	2.29	0.61	2.90	2.69	5.59
T3	SSB	60	5	0.89	0.38	1.28	2.40	3.68

T4	AD	60	1	0.25	0.11	0.36	0.28	0.64
T4	AD	60	2	0.25	0.09	0.34	0.35	0.69
T4	AD	60	3	0.28	0.39	0.67	0.29	0.96
T4	AD	60	4	0.25	0.07	0.31	0.25	0.57
T4	AD	60	5	0.24	0.10	0.34	0.27	0.61
T5	SSB	80	1	2.06	0.98	3.04	3.40	6.45
T5	SSB	80	2	1.60	0.60	2.21	1.52	3.73
T5	SSB	80	3	2.16	0.91	3.06	3.03	6.09
T5	SSB	80	4	1.35	0.68	2.03	2.31	4.34
T5	SSB	80	5	1.64	0.63	2.27	3.26	5.53
T6	AD	80	1	0.18	0.06	0.23	0.15	0.38
T6	AD	80	2	0.30	0.10	0.39	0.28	0.67
T6	AD	80	3	0.21	0.05	0.26	0.18	0.44
T6	AD	80	4	0.63	0.20	0.83	0.76	1.59
T6	AD	80	5	0.21	0.12	0.33	0.29	0.62
T7	SSB	100	1	2.52	0.96	3.48	2.03	5.50
T7	SSB	100	2	2.43	1.10	3.53	3.74	7.27
T7	SSB	100	3	2.19	0.88	3.08	1.97	5.05
T7	SSB	100	4	2.10	0.88	2.97	1.64	4.61
T7	SSB	100	5	1.98	0.73	2.71	1.34	4.04
T8	AD	100	1	0.25	0.08	0.33	0.36	0.70
T8	AD	100	2	0.29	0.08	0.37	0.27	0.65
T8	AD	100	3	0.45	0.09	0.54	0.48	1.02
T8	AD	100	4	0.55	0.13	0.69	0.48	1.16
T8	AD	100	5	0.31	0.06	0.38	0.29	0.67

Cuadro 19. Datos de la quinta evaluación (quinto mes).

Trat.	Factor A	Factor B	Rep.	H5 (g)	T5 (g)	HT5 (g)	R5 (g)	BT5 (g)
T1	SSB	40	1	0.89	0.64	1.52	1.87	3.39
T1	SSB	40	2	0.89	0.64	1.53	2.25	3.78
T1	SSB	40	3	0.74	0.44	1.18	1.97	3.15
T1	SSB	40	4	0.70	0.40	1.10	1.40	2.49
T1	SSB	40	5	0.63	0.54	1.17	2.17	3.34
T2	AD	40	1	0.28	0.12	0.40	0.24	0.65
T2	AD	40	2	0.27	0.20	0.47	0.16	0.63
T2	AD	40	3	0.25	0.12	0.37	0.42	0.79
T2	AD	40	4	0.19	0.09	0.28	0.23	0.51
T2	AD	40	5	0.20	0.12	0.31	0.39	0.70
T3	SSB	60	1	1.79	0.74	2.53	3.76	6.30
T3	SSB	60	2	1.57	0.70	2.27	3.50	5.77
T3	SSB	60	3	1.45	0.77	2.23	2.88	5.10
T3	SSB	60	4	1.54	0.76	2.29	3.11	5.40
T3	SSB	60	5	1.05	0.50	1.55	3.13	4.68
T4	AD	60	1	0.36	0.10	0.46	0.34	0.81
T4	AD	60	2	0.43	0.12	0.55	0.55	1.10
T4	AD	60	3	0.49	0.15	0.65	0.34	0.99
T4	AD	60	4	0.20	0.08	0.27	0.21	0.48
T4	AD	60	5	0.32	0.10	0.42	0.34	0.76
T5	SSB	80	1	2.33	1.09	3.42	4.28	7.70
T5	SSB	80	2	2.11	0.84	2.95	4.73	7.68

T5	SSB	80	3	2.02	1.34	3.35	4.72	8.07
T5	SSB	80	4	2.09	0.97	3.06	4.04	7.10
T5	SSB	80	5	2.73	1.07	3.80	3.96	7.76
T6	AD	80	1	0.34	0.13	0.47	0.36	0.84
T6	AD	80	2	0.29	0.10	0.39	0.27	0.67
T6	AD	80	3	0.22	0.06	0.29	0.20	0.49
T6	AD	80	4	0.33	0.07	0.41	0.27	0.68
T6	AD	80	5	0.27	0.11	0.37	0.23	0.60
T7	SSB	100	1	2.15	0.92	3.08	4.75	7.83
T7	SSB	100	2	2.13	0.98	3.11	3.97	7.08
T7	SSB	100	3	2.11	0.92	3.03	3.89	6.92
T7	SSB	100	4	1.93	1.01	2.94	4.70	7.64
T7	SSB	100	5	1.97	1.21	3.18	3.78	6.96
T8	AD	100	1	0.37	0.12	0.48	0.35	0.83
T8	AD	100	2	0.39	0.13	0.52	0.46	0.97
T8	AD	100	3	0.44	0.17	0.61	0.70	1.31
T8	AD	100	4	0.48	0.11	0.58	0.43	1.01
T8	AD	100	5	0.38	0.15	0.53	0.56	1.09

Cuadro 20. Área foliar en las cinco evaluaciones.

Trat.	Fac. A	Fac. B	Rep.	AF ₁ (cm ²)	AF ₂ (cm ²)	AF ₃ (cm ²)	AF ₄ (cm ²)	AF ₅ (cm ²)
T1	SSB	40	1	10.46	14.33	23.97	27.01	24.28
T1	SSB	40	2	19.39	35.65	45.25	21.89	25.16

T1	SSB	40	3	13.96	37.13	32.39	20.40	14.27
T1	SSB	40	4	12.87	28.58	38.69	21.40	15.73
T1	SSB	40	5	11.25	29.43	24.84	13.69	21.86
T2	AD	40	1	7.86	11.75	11.17	6.66	15.90
T2	AD	40	2	6.81	44.51	10.83	5.53	17.52
T2	AD	40	3	7.60	14.69	24.99	11.99	9.64
T2	AD	40	4	6.83	12.99	16.20	5.54	19.76
T2	AD	40	5	6.64	11.32	13.18	7.06	15.57
T3	SSB	60	1	15.62	37.16	40.93	28.74	24.96
T3	SSB	60	2	16.07	17.83	44.24	21.49	31.59
T3	SSB	60	3	21.50	50.32	39.31	23.22	33.19
T3	SSB	60	4	9.07	49.69	48.51	38.63	51.15
T3	SSB	60	5	5.99	65.21	70.72	31.23	29.78
T4	AD	60	1	7.95	8.51	14.81	12.64	21.29
T4	AD	60	2	8.63	7.17	10.22	14.49	14.55
T4	AD	60	3	4.18	10.97	22.16	8.29	22.05
T4	AD	60	4	7.36	13.74	19.17	13.29	11.01
T4	AD	60	5	8.31	11.27	9.98	7.55	14.47
T5	SSB	80	1	21.11	33.34	41.79	58.80	32.10
T5	SSB	80	2	20.55	36.21	36.13	32.83	44.41
T5	SSB	80	3	17.44	33.35	46.03	42.02	67.34
T5	SSB	80	4	11.45	40.51	31.67	52.51	50.02
T5	SSB	80	5	14.99	36.60	44.69	37.39	48.99
T6	AD	80	1	8.18	9.81	14.67	9.39	15.36
T6	AD	80	2	12.35	6.78	24.16	9.84	17.85
T6	AD	80	3	4.09	11.38	15.45	8.15	14.83

T6	AD	80	4	4.10	9.44	13.16	13.15	21.13
T6	AD	80	5	6.56	11.55	11.10	8.64	20.26
T7	SSB	100	1	19.11	33.76	56.11	54.44	42.75
T7	SSB	100	2	16.43	34.04	65.04	55.24	43.61
T7	SSB	100	3	14.43	42.24	79.73	38.82	42.40
T7	SSB	100	4	14.97	40.25	81.68	44.53	48.40
T7	SSB	100	5	18.96	24.56	62.92	37.42	41.43
T8	AD	100	1	5.38	15.66	42.89	11.11	19.97
T8	AD	100	2	9.02	16.53	21.51	13.28	17.06
T8	AD	100	3	9.40	14.08	30.55	12.43	19.25
T8	AD	100	4	4.66	45.21	45.89	16.18	27.74
T8	AD	100	5	8.18	25.61	34.29	6.83	25.86

Anexo 3. Panel fotográfico

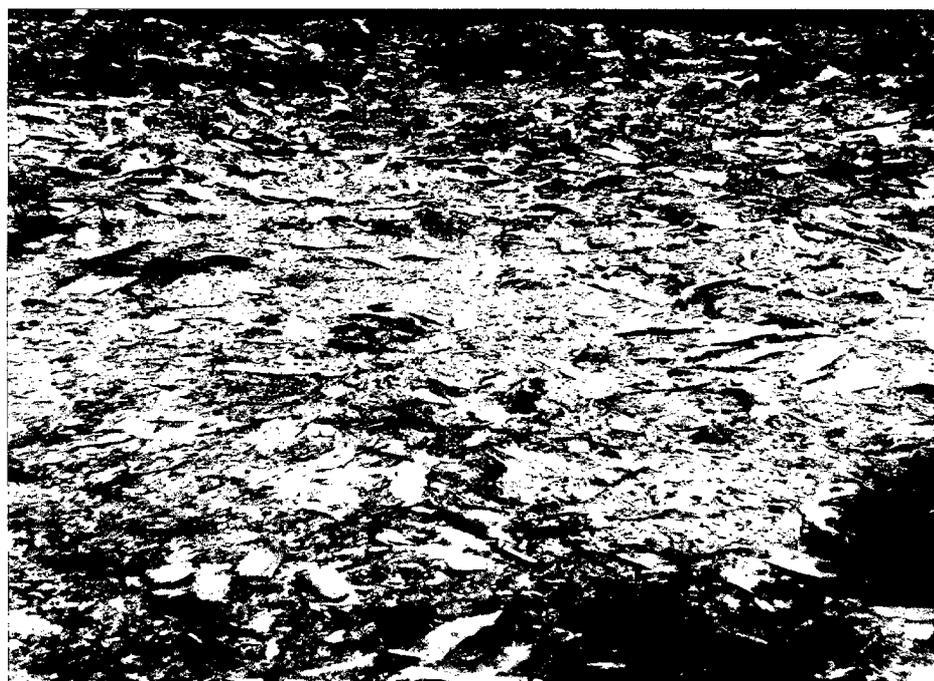


Figura 22. Semillas de *Tabebuia serratifolia* (vahl) Nicholson en la cama de almacigo para su germinación.



Figura 23. Plántulas de *Tabebuia serratifolia* (vahl) Nicholson en las camas de almácigo.

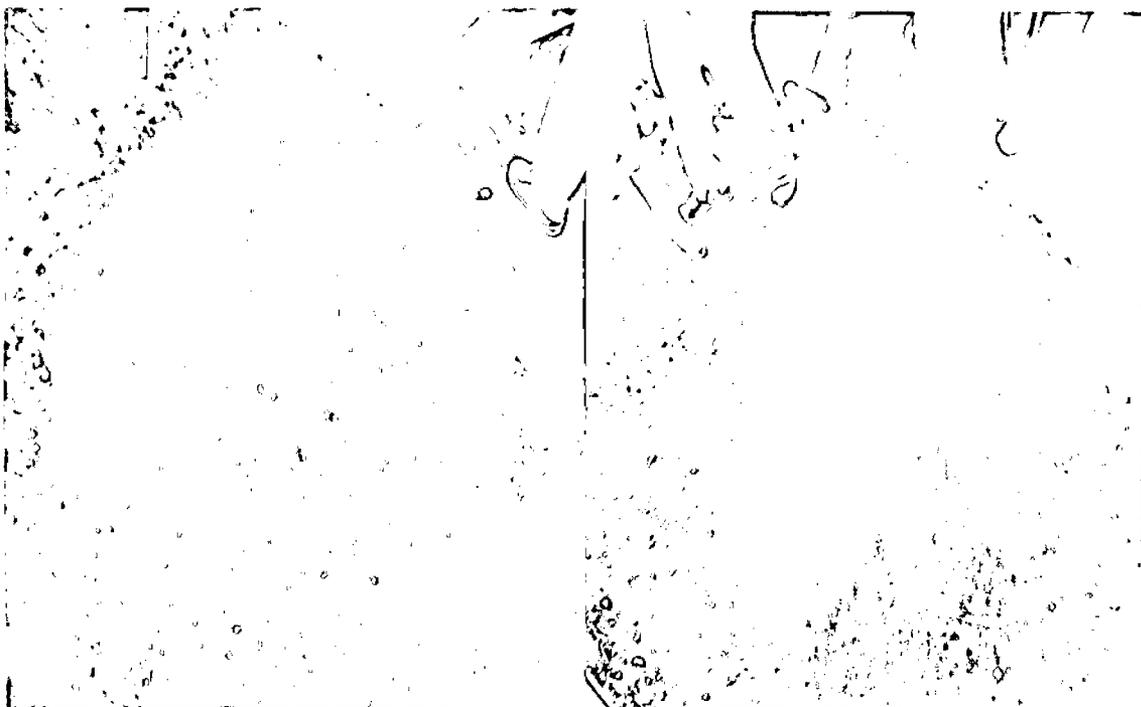


Figura 24. Preparación de los sustratos: suelo superficial de bosque y aserrín descompuesto.



Figura 25. Embolsado de los sustratos SSB y AD.

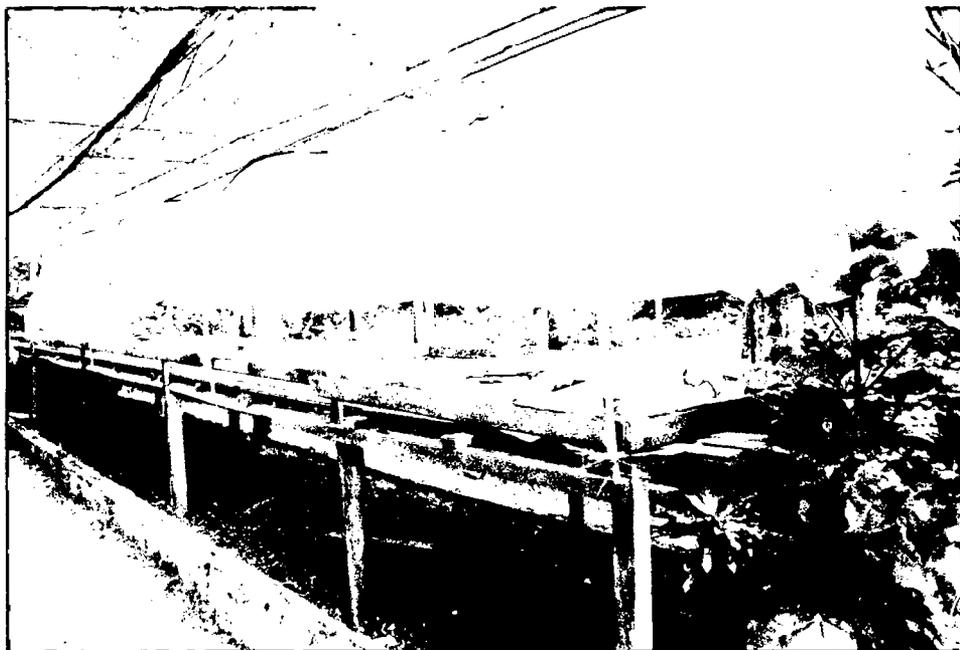


Figura 26. Acondicionamiento de la cama de cría.



Figura 27. Ubicación de las bolsas con los diferentes sustratos de acuerdo al croquis de tratamientos.

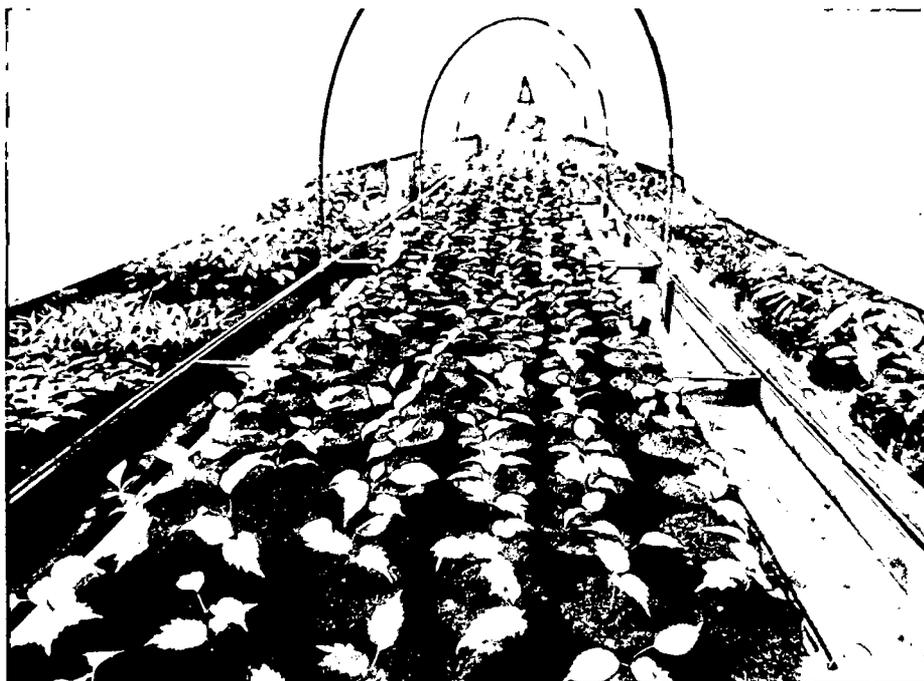


Figura 28. Plántulas de *Tabebuia serratifolia* (vahl) Nicholson recién repicadas.



Figura 29. Plántulas de *Tabebuia serratifolia* (vahl) Nicholson en sus respectivos tratamientos.



Figura 30. Determinación de la capacidad de campo en el Laboratorio de Suelos.



Figura 31. Riego respectivo de acuerdo al porcentaje de humedad.

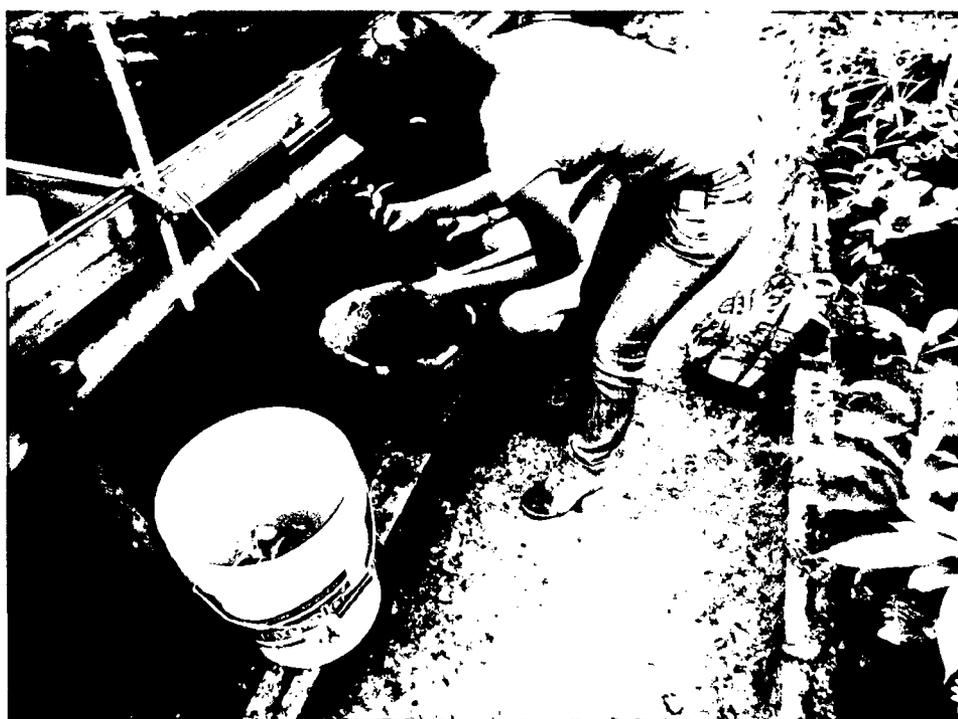


Figura 32. Extracción de las plantas de manera manual para determinar la biomasa.



Figura 33. Plantones de *Tabebuia serratifolia* (vahl) Nicholson para llevarlas al laboratorio.



Figura 34. Plantones de *Tabebuia serratifolia* (vahl) Nicholson listas para el seccionamiento de hojas, tallos y raíz.

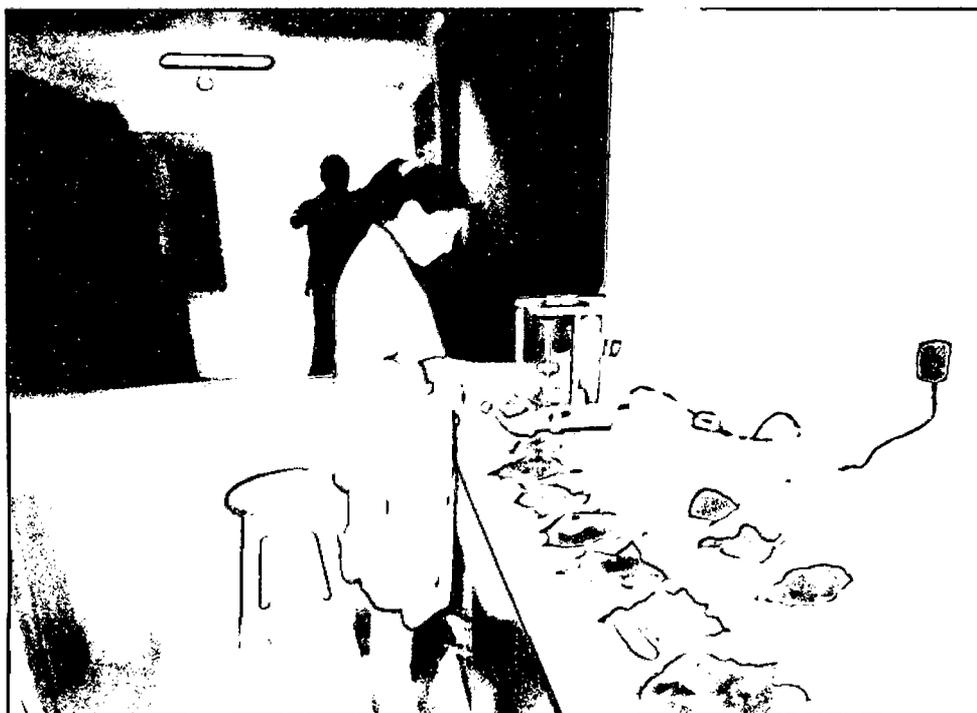


Figura 35. Peso de las partes seccionadas de *Tabebuia serratifolia* (vahl) Nicholson.



Figura 36. Extracción del área foliar con el método de sacabocado.

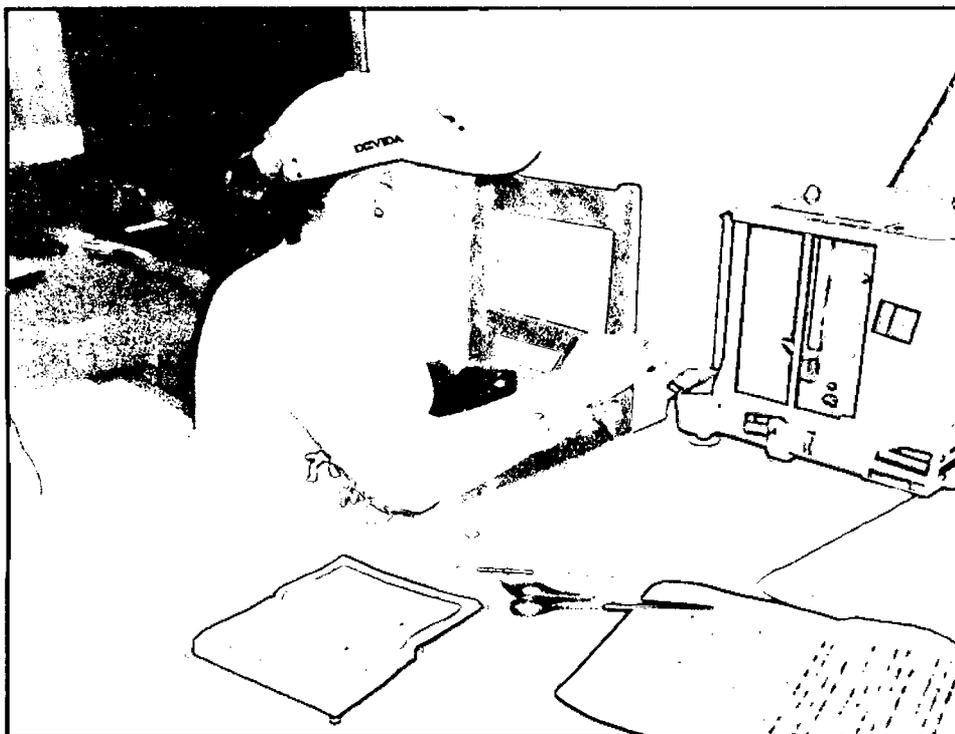


Figura 37. Pesado de muestras para determinar área foliar.

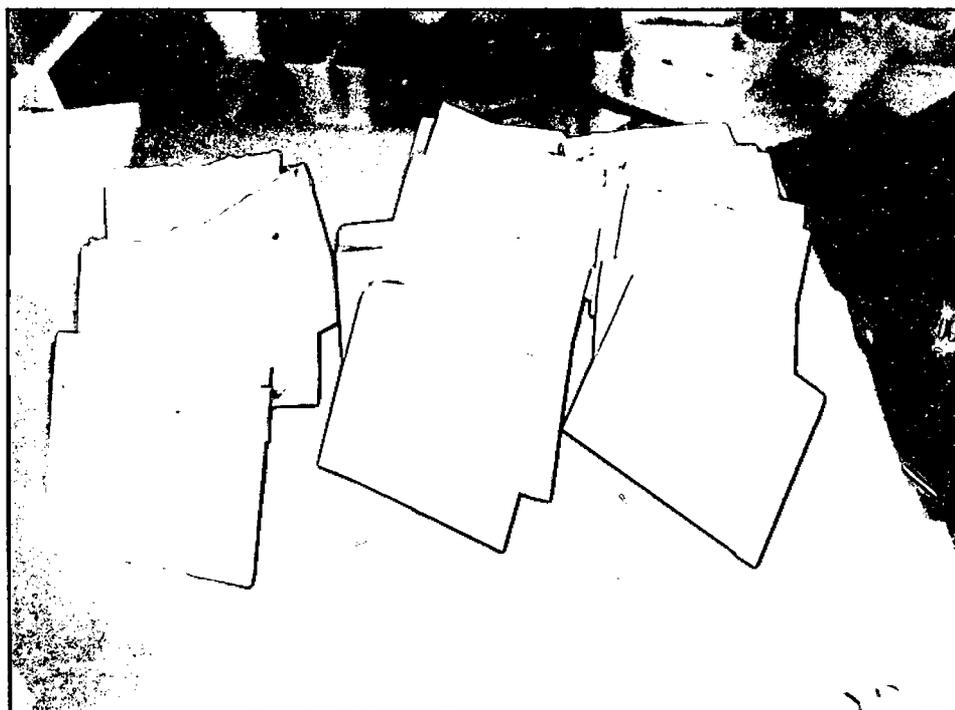


Figura 38. Sobre de papel manteca con la muestra para secado en la estufa.



Figura 39. Muestras colocadas en la estufa para su secado.



Figura 40. Pesado de la muestra seca después de 72 horas.

GLOSARIO

1. **Abonos orgánicos:** es un fertilizante que proviene de animales, humanos, restos vegetales de alimentos, restos de cultivos de hongos comestibles u otra fuente orgánica y natural. En cambio los abonos inorgánicos están fabricados por medios industriales, como los abonos nitrogenados (hechos a partir de combustibles fósiles y aire) como la urea o los obtenidos de minería, como los fosfatos o el potasio, calcio, zinc.
2. **Aserrín:** es el desperdicio del proceso de serrado de la madera, como el que se produce en un aserradero.
3. **Biomasa:** es la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Estos recursos biomásicos pueden agruparse de forma general en agrícolas y forestales. También se considera biomasa la materia orgánica de las aguas residuales y los lodos de depuradora, así como la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU), y otros residuos derivados de las industrias.
4. **Cespitoso:** es una planta de rizomas cortos que crecen dando matas densas y cuyas innovaciones se desarrollan próximas a los tallos del año anterior.
5. **Cuantificar:** es el proceso de convertir un objeto a un grupo de valores discretos, como por ejemplo un número entero. Dependiendo del campo de estudio, el término cuantificación puede tomar diferentes definiciones.

6. **Cambio climático:** es un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.
7. **Coníferas:** son el grupo más importante de gimnospermas desde un punto de vista ecológico y económico. En un momento fueron dominantes en las comunidades de plantas en todo el mundo. En la actualidad fueron reemplazadas en muchos lugares por las angiospermas, pero todavía son dominantes en muchos bosques de coníferas. Los miembros de este grupo son llamados coníferas porque la mayoría lleva las semillas en estructuras especializadas llamadas conos. Los conos protegen a los óvulos y después a las semillas, y facilitan la polinización y la dispersión. Estos conos consisten en un eje que lleva ramas cortas altamente modificadas, las escamas ovulíferas (la evidencia de que son ramas proviene de la orientación invertida de la vasculatura y de los fósiles intermedios entre las coníferas actuales y las coníferas fósiles, y de otro fósil llamado Cordaites).
8. **Clorofila:** es un pigmento verde que presentan los vegetales, algunas algas y bacterias y que facilita la producción de la fotosíntesis, que es la conversión de energía luminosa en energía química estable. Este pigmento, además, se destaca por ser un suplemento alimenticio que posee una alta efectividad desodorizante, por ejemplo, resulta ser muy usado a la hora de la elaboración de productos para combatir el mal aliento que pueden ocasionar el tabaco, el alcohol, algunos alimentos,

entre otros y también es efectivo a la hora de eliminar aquellos olores provocados por la transpiración.

9. **Dispersión:** es la capacidad que tiene una población de colonizar nuevos hábitats por pequeños desplazamientos al azar de sus individuos, quienes se instalan en lugares un poco alejados del lugar en que fueron engendrados. No es lo mismo que migración.

10. **Germinación:** es el proceso mediante el cual una semilla se desarrolla hasta convertirse en una planta. Este proceso se lleva a cabo cuando el embrión se hincha y la cubierta de la semilla se rompe. Para lograr esto, toda nueva planta requiere de elementos básicos para su desarrollo: temperatura, agua, oxígeno y sales minerales. El ejemplo más común de germinación, es el brote de un semillero a partir de una semilla de una planta floral o angiosperma. Sin embargo, el crecimiento de una hifa a partir de una espora micótica se considera también germinación. En un sentido más general, la germinación puede implicar todo lo que se expande en un ser más grande a partir de una existencia pequeña o germen. La germinación es un mecanismo de la reproducción sexual de las plantas.

11. **Humedad:** es un elemento del clima, al igual que la temperatura y la presión atmosférica, y se define como la cantidad de vapor de agua contenida en la atmósfera. La rama de las Ciencias físicas que tiene por objeto estudiar la proporción de humedad en la atmósfera es la Higrometría, y el aparato que mide la humedad se llama higrómetro.

- 12.Heliófitas:** son aquella planta que no tolera la sombra requiere la necesidad de gran luminosidad solar, pues las hojas heliófilas son delgada y pequeñas en comparación a las hojas escafilas que son grandes y de mayor espesor requiriendo sombra no tolerando la luminosidad solar.
- 13.Interacción:** Las masas interaccionan entre sí (Newton), pero la gravedad no es una interacción y mucho menos una fuerza. La gravedad de un cuerpo no depende de otra masa, un cuerpo tendrá la misma gravedad independiente si interacción con una masa grande o pequeña, y tendrá la misma gravedad aunque no haya masa alguna para interactuar.
- 14.Variabilidad:** se refiere a la variación en el material genético de una población o especie, e incluye los genomas nucleares, mitocondrial y ribosomal, además de los genomas de otros orgánulos. La variabilidad genética nueva puede estar causada por mutaciones, recombinaciones y alteraciones en el cariotipo (el número, forma, tamaño y ordenación interna de los cromosomas). Los procesos que afectan la variabilidad genética son la selección natural y la deriva genética. Me imagino que te refieres a la variabilidad genética.