



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN  
DE PLANTINES DE CAOBA EN LA FASE DE VIVERO EN EL CANTÓN  
MARCABELÍ

CHAMBA SARANGO TATIANA BEATRIZ  
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS PARA LA  
PRODUCCIÓN DE PLANTINES DE CAOBA EN LA FASE DE  
VIVERO EN EL CANTÓN MARCABELÍ

CHAMBA SARANGO TATIANA BEATRIZ  
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE  
PLANTINES DE CAOBA EN LA FASE DE VIVERO EN EL CANTÓN MARCABELÍ

CHAMBA SARANGO TATIANA BEATRIZ  
INGENIERA AGRÓNOMA

PEREZ IGLESIAS HIPOLITO ISRAEL

MACHALA, 21 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA  
2022

# EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTINES DE CAOBA EN LA FASE DE VIVERO EN EL CANTÓN MARCABELÍ

## INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

2%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Técnica de Machala Trabajo del estudiante	8%
2	repositorio.una.edu.ni Fuente de Internet	1%
3	imagenagropecuaria.com Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 40 words

Excluir bibliografía

Apagado

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, CHAMBA SARANGO TATIANA BEATRIZ, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTINES DE CAOBA EN LA FASE DE VIVERO EN EL CANTÓN MARCABELÍ, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 21 de febrero de 2022

*Tatiana Chamba.*

CHAMBA SARANGO TATIANA BEATRIZ  
0706215852

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo se lo dedico a mis padres Fabian Chamba e Isabel Sarango con quienes estoy eternamente agradecida por ayudarme a cumplir este sueño, que con tanta perseverancia se ve los resultados, gracias por su apoyo incondicional.*

*En memoria a mi querido hermano Willer a quien extraño mucho. A mis hermanas Fabiana y Ariana por su apoyo.*

*A mi familia en general por sus palabras, compañía, apoyo y consejos para hacer de mí una mejor persona.*

***Tatiana Beatriz Chamba Sarango***

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por brindarme salud y fuerzas en la trayectoria que he tenido y permitirme obtener este gran logro en mi vida.*

*A mis padres por su gran apoyo sentimental y económico durante el transcurso de este trabajo de investigación.*

*Al docente Dr. Pérez Iglesias Hipólito Israel por ser mi tutor de tesis, al Ing. Iran Rodriguez Delgado, por la colaboración en mi trabajo de investigación y por saberme orientar durante el desarrollo del mismo.*

*A mis grandes amigos y todas las personas que de diferente manera aportaron para que este trabajo se lleve a cabo con éxito.*

***Tatiana Beatriz Chamba Sarango***

# **EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTINES DE CAOBA EN LA FASE DE VIVERO EN EL CANTÓN MARCABELÍ.**

## **Autora:**

Tatiana Beatriz Chamba Sarango

## **Tutor:**

Ing. Agr. Hipólito Israel Pérez Iglesias, PhD.

## **RESUMEN**

La caoba hondureña es una especie forestal que pertenece a la familia *Meliaceae*, su origen de desplaza desde Centro América llegando hasta Sudamérica, es considerada una importante especie maderable ya que su madera es dura y tiene un color característico rojizo muy cotizada tanto en el mercado nacional como internacional. Cabe recalcar que además tiene usos medicinales y artesanales. En Ecuador se presenta la mayor producción en la región Amazónica y en menor proporción en la región Costa. Entre sus características botánicas destaca la gran altura que puede alcanzar llegando hasta 50 metros y un diámetro del tallo que supera los 2 metros. En la actualidad la caoba ha sido amenazada por la tala indiscriminada de bosques. La investigación se realizó en el cantón Marcabelí; provincia de El Oro, con el fin de comprobar la respuesta de crecimiento y desarrollo de la especie forestal caoba hondureña ante el uso de cuatro sustratos diferentes en la etapa de vivero. Para evaluar los resultados en los diferentes sustratos utilizados se aplicó un diseño completamente al azar cuatro tratamientos con cuatro repeticiones. Los tratamientos designados fueron T<sub>1</sub>. Tierra negra 100%, T<sub>2</sub>. Tierra negra 60%, Arena de río 30%, Humus de lombriz 10%, T<sub>3</sub>. Tierra negra 30%, Arena de río 60%, Humus de lombriz 10%, T<sub>4</sub>. Tierra negra 40%, Arena de río 40%, Humus de lombriz 20%. Las variables que se observaron son las siguientes: porcentaje de germinación, número de hojas, altura y diámetro del tallo. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor en cada una de las variables, para verificar si se presentaron o no diferencias estadísticas significativas, se aplicó pruebas de rangos y comparaciones múltiples (pruebas Post-hoc) y prueba no paramétrica Kruskal-Wallis cuando la variable no sigue una distribución normal. Los resultados alcanzados referente al porcentaje de germinación, demuestran que la utilización del sustrato que presenta un mayor porcentaje de germinación es Tierra negra 100%. En la variable altura del tallo la mezcla de sustrato Tierra

negra 40%, Arena de río 40%, Humus de lombriz 20%, es la que obtuvo una mayor longitud a los 46, 56 y 66 días después de la siembra, el sustrato Tierra negra 100% obtuvo la mayor altura a los 76 días, en cuanto al diámetro del tallo fue mayor en el sustrato Tierra negra 100% a los 46 y 56 días, mientras que a los 66 y 76 días la mezcla de sustrato en la que fue mayor el diámetro es Tierra negra 40%, Arena de río 40%, Humus de lombriz 20%. La mezcla de sustrato en la que se obtuvo un mayor número de hojas a los 46,66 y 76 días fue la mezcla de sustrato que corresponde a Tierra negra 40%, Arena de río 40%, Humus de lombriz 20%, presentando en sustrato Tierra negra 100% el mayor número de hojas a los 56 días después de la siembra, por lo que se concluye que el sustrato en el que se logra un mayor porcentaje de germinación es utilizando Tierra negra 100%, y para lograr mayor crecimiento y desarrollo de los plantines de caoba el sustrato que presentó mejores resultados fue: Tierra negra 40%, Arena de río 40%, Humus de lombriz 20%.

**Palabras clave:** Caoba hondureña, sustratos, producción de plántulas.

# **EVALUATION OF DIFFERENT SUBSTRATES FOR THE PRODUCTION OF MAHOGANY SEEDLINGS AT THE NURSERY STAGE IN CANTON MARCABELÍ.**

## **Autora:**

Tatiana Beatriz Chamba Sarango

## **Tutor:**

Ing. Agr. Hipólito Israel Pérez Iglesias, PhD.

## **ABSTRACT**

Honduran mahogany is a forest species that belongs to the Meliaceae family, its origin is from Central America, reaching South America. It is considered an important timber species because its wood is hard and has a characteristic reddish color that is highly valued both in the national and international markets. It should be noted that it also has medicinal and handicraft uses. In Ecuador, the largest production is found in the Amazon region and to a lesser extent in the coastal region. Among its botanical characteristics is the great height that can reach up to 50 meters and a stem diameter that exceeds 2 meters. Currently, mahogany has been threatened by indiscriminate logging. The research was carried out in the cantón Marcabelí ; province of El Oro, in order to verify the response of growth and development of the Honduran mahogany forest species to the use of four different substrates in the nursery stage. To evaluate the results in the different substrates used, a completely randomized design with four treatments and four replications was applied. The designated treatments were T1. Black soil 100%, T2. Black soil 60%, River sand 30%, Worm castings 10%, T3. Black soil 30%, River sand 60%, Earthworm humus 10%, T4. Black soil 40%, river sand 40%, earthworm humus 20%. The following variables were observed: germination percentage, number of leaves, height and stem diameter. A one-factor analysis of variance (ANOVA) was performed on each of the variables to verify whether or not there were significant statistical differences, using tests of ranges and multiple comparisons (post-hoc tests) and the non-parametric Kruskal-Wallis test when the variable does not follow a normal distribution. The results obtained for the germination percentage show that the substrate with the highest germination percentage is 100% black soil. In the variable stem height, the substrate mixture Black soil 40%, River sand 40%, Worm castings 20%, obtained the greatest length at 46, 56 and 66 days after sowing, the substrate Black soil 100% obtained the greatest height at 76

days, as for the diameter of the stem, it was greater in the substrate Black soil 100% at 46 and 56 days, while at 66 and 76 days the substrate mixture in which the diameter was greater was Black soil 40%, River sand 40%, Worm castings 20%. The substrate mixture in which a greater number of leaves was obtained at 46,66 and 76 days was the substrate mixture corresponding to Black soil 40%, River sand 40%, Worm castings 20%, presenting in substrate Black soil 100% the greatest number of leaves at 56 days after sowing, so it is concluded that the substrate in which a greater percentage of germination is achieved is using Black soil 100%, and to achieve greater growth and development of mahogany seedlings the substrate that presented better results was: Black soil 40%, River sand 40%, Earthworm humus 20%.

**Keywords:** Honduran mahogany, substrates, seedling production.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Objetivo general	15
1.2. Objetivos específicos	15
II. REVISIÓN DE LITERATURA	16
2.1. Clasificación taxonómica de la caoba	16
2.2. Morfología	16
2.2.1. Hojas	16
2.2.2. Inflorescencia	17
2.2.3. Fruto	17
2.2.4. Semillas	18
2.2.5. Germinación de la semilla	19
2.2.6. Tallo.	20
2.3. Factores edafoclimáticos	20
2.3.1. Suelo	20
2.3.2. Clima	21
2.4. Plagas	21
2.5. Tiempo de corte	22
2.5.1. Primer corte	22
2.5.2. Segundo corte	22
2.6. Principales países productores	22
2.7. Producción de caoba en ecuador	22
2.8. Usos de la caoba	23
2.8.1. Sistema agroforestal	23
2.8.2. Madera.	23
2.8.3. Medicinal	23
2.9. Viveros forestales	24
2.9.1. Enfermedades en vivero	24
2.10. Sustratos	25
2.10.1. Tierra negra	25
2.10.2. Arena de río	26
2.10.3. Humus de lombriz	26
2.10.4. Cascarilla de arroz	27
2.10.5. Aserrín	28
2.10.6. Turba	28
2.11. Desinfección de sustratos.	29
2.11.1. Solarización.	29
2.11.2. Aplicación de formaldehído.	29
2.12. Valor comercial.	29
III. MATERIALES Y MÉTODOS	31

3.1. Localización del estudio	31
3.1.1. Ubicación geográfica del estudio	31
3.1.2. Clima y ecología	31
3.2. Materiales.	32
3.2.1. Material genético.	32
3.2.2. Material de campo.	32
3.2.3. Material de oficina.	32
3.3. Diseño del experimento.	32
3.3.1. Tratamientos	32
3.5. Variables a medir	33
3.5.1. Porcentaje de germinación	33
3.5.2. Altura del tallo	33
3.5.3. Diámetro del tallo	34
3.5.4. Número de hojas	34
3.6. Manejo agronómico del experimento	34
3.6.1. Realización del vivero forestal	34
3.6.2. Recolección de la semilla	34
3.6.3. Desinfección del sustrato	36
3.6.4. Sustratos	36
3.6.5. Preparación del sustrato	37
3.6.6. Llenado de las fundas	39
3.6.7. Siembra de las semillas	39
3.6.8. Cuidados culturales en el vivero	40
3.6.9. Registro de datos para la investigación	41
3.7. Proceso estadístico	46
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>47</b>
4.1 Influencia en la utilización de los diferentes sustratos en parámetros morfológicos de la especie forestal caoba	47
4.1.1. Porcentaje de germinación	47
4.1.2. Altura del tallo	48
4.1.2.1. Altura del tallo a los 46 DDS	49
4.1.2.2. Altura del tallo a los 56 días DDS.	50
4.1.2.3. Altura del tallo a los 66 días DDS.	51
4.1.2.4. Altura del tallo a los 76 días DDS.	52
4.1.3. Diámetro del tallo.	53
4.1.3.1. Diámetro del tallo a los 46 días DDS.	54
4.1.3.2. Diámetro del tallo a los 56 DDS.	55
4.1.3.3. Diámetro del tallo a los 66 DDS.	56
4.1.3.4. Diámetro del tallo a los 76 DDS.	57
4.1.4. Número de hojas a los 46 DDS.	58
4.1.5. Número de hojas a los 56 DDS.	60

4.1.6. Número de hojas a los 66 DDS	61
4.1.7. Número de hojas a los 76 días	62
V. CONCLUSIONES	65
VI. RECOMENDACIONES.	66
VII. BIBLIOGRAFÍA	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Clasificación taxonómica de la caoba.	13
<b>Figura 2.</b> Hojas de la caoba. A simples. B compuestas.	14
<b>Figura 3.</b> Inflorescencia de caoba.	14
<b>Figura 4.</b> Fruto de la caoba.	15
<b>Figura 5.</b> Semilla sin testa de la caoba.	16
<b>Figura 6.</b> Semilla alada de la caoba.	16
<b>Figura 7.</b> Germinación de la caoba, se observa la radícula.	17
<b>Figura 8.</b> La germinación de la caoba, es hipogea, se observa la radícula y el epicotilo emergente.	18
<b>Figura 9.</b> Daño ocasionado por barrenador.	19
<b>Figura 10.</b> Estructura de vivero forestal.	22
<b>Figura 11.</b> Síntomas de Damping off.	23
<b>Figura 12.</b> Tierra negra.	24
<b>Figura 13.</b> Arena.	25
<b>Figura 14.</b> Humus de lombriz.	25
<b>Figura 15.</b> Cascarrilla de arroz.	26
<b>Figura 16.</b> Aserrín.	27
<b>Figura 17.</b> Turba.	27
<b>Figura 18.</b> Mapa de ubicación del área de estudio.	29
<b>Figura 19.</b> Croquis del experimento.	31
<b>Figura 20.</b> Estructura del vivero forestal.	33
<b>Figura 21.</b> Árbol élite.	33
<b>Figura 22.</b> Recolección de la semilla.	34
<b>Figura 23:</b> Procedimiento de solarización del sustrato.	35
<b>Figura 24.</b> T <sub>1</sub> . Tierra negra 100%. Testigo	36
<b>Figura 25.</b> T <sub>2</sub> . Tierra negra 60%, Arena de río 30%, Humus de lombriz 10%.	36
<b>Figura 26.</b> T <sub>3</sub> . Tierra negra 30%, Arena de río 60%, Humus de lombriz 10%.	37
<b>Figura 27.</b> T <sub>4</sub> . Tierra negra 40%, Arena de río 40%, Humus de lombriz 20%.	37
<b>Figura 28.</b> Llenado (A) y ubicación de las fundas en el vivero (B).	38
<b>Figura 29.</b> Siembra (A) y riego de las semillas (B).	39
<b>Figura 30.</b> Riego (A) y control de arvenses (B).	40

<b>Figura 31.</b> Germinación de la semilla de caoba el día 4 de diciembre del 2021 a los 26 días después de la siembra.	40
<b>Figura 32.</b> Primera toma de datos el día 24 de diciembre del 2021 a los 46 días después de la siembra.	41
<b>Figura 33.</b> Segunda toma de datos el día 03 de enero del 2022 a los 56 días después de la siembra.	42
<b>Figura 34.</b> Tercera toma de datos el día 13 de enero del 2022 a los 66 días después de la siembra.	43
<b>Figura 35.</b> Cuarta toma de datos toma de datos el día 23 de enero del 2022 a los 76 días después de la siembra	44
<b>Figura 36.</b> Porcentaje de germinación a los 26 DDS.	47
<b>Figura 37.</b> Altura del tallo de los plantines de caoba a los 46 DDS.	49
<b>Figura 38.</b> Altura del tallo de los plantines de caoba a los 56 DDS.	50
<b>Figura 39.</b> Altura del tallo de los plantines de caoba a los 66 DDS.	51
<b>Figura 40.</b> Altura del tallo de los plantines de caoba a los 76 DDS.	52
<b>Figura 41.</b> Diámetro del tallo de los plantines de caoba a los 46 DDS.	54
<b>Figura 42.</b> Diámetro del tallo de los plantines de caoba a los 56 DDS.	55
<b>Figura 43.</b> Diámetro del tallo de los plantines de caoba a los 66 DDS.	56
<b>Figura 44.</b> Diámetro del tallo de los plantines de caoba a los 76 DDS.	57
<b>Figura 45.</b> Número de hojas de los plantines de caoba a los 46 DDS.	58
<b>Figura 46.</b> Número de hojas de los plantines de caoba a los 56 DDS.	60
<b>Figura 47.</b> Número de hojas de los plantines de caoba a los 66 DDS.	61
<b>Figura 48.</b> Número de hojas de los plantines de caoba a los 76 DDS.	63

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> ANOVA de un factor inter-grupos para la variable porcentaje de germinación de la semilla de caoba a los 26 DDS.	46
<b>Tabla 2.</b> ANOVA de un factor inter-grupos para la variable altura del tallo a los 46, 56, 66 y 76 DDS.	48
<b>Tabla 3.</b> ANOVA de un factor inter-grupos para la variable diámetro del tallo a los 46, 56, 66 y 76 DDS.	53
<b>Tabla 4.</b> Prueba Kruskal-Wallis para la variable número de hojas por postura a los 46 DDS.	58
<b>Tabla 5.</b> Prueba Kruskal-Wallis para la variable número de hojas por postura a los 56 DDS.	59
<b>Tabla 6.</b> Prueba Kruskal-Wallis para la variable número de hojas por postura a los 66 DDS.	61
<b>Tabla 7.</b> Prueba Kruskal-Wallis para la variable número de hojas por postura a los 76 DDS	62

# I. INTRODUCCIÓN

La caoba (*Swietenia macrophylla*) conocida vulgarmente como caoba hondureña es una especie maderable perteneciente a la familia *Meliaceae* se caracteriza por su alta cotización económica tanto en los mercados nacionales como en los internacionales, debido a su calidad ya que es esta bajo la clasificación de las maderas duras y sobre todo muy preciosa por su color característico rojizo (Snook, 2000).

Esta especie es originaria de América desplazándose desde Centroamérica hasta Sudamérica, abarcando países como México, Panamá, Honduras, Costa Rica, Brasil, entre otros. La producción de caoba en Ecuador es sobresaliente en la región amazónica especialmente en las provincias de Morona Santiago y Pastaza ya que en las demás provincias amazónicas ha desaparecido por causa de la deforestación a gran escala y la nula concientización sobre estas prácticas (Melessa & Palacios, 2011).

Tiene gran importancia tanto económica como social por su excelente calidad ya que gracias a sus características esta madera es utilizada en la fabricación de muebles, además sus frutos son usados para la realización de artesanías, en el campo medicinal se realiza infusiones con la corteza del árbol, sus semillas también son usadas para tratamientos médicos como la tifoidea, cabe recalcar que aporta beneficios en la crianza de abejas porque es un excelente recurso melífero.

Un vivero forestal es una estructura que se construye con la finalidad de otorgar el ambiente preciso para obtener plantas maderables de calidad que posteriormente servirán para realizar reforestación en zonas que han sido taladas por el hombre (Guardia et al., 2015). Son varios los factores que se deben tener en cuenta para la producción de plantas de excelente calidad, entre estos tenemos la selección de semilla de calidad, éstas deberán proceder de árboles élite, una adecuada utilización de sustratos que aporten las características necesarias para un exitoso desarrollo en las etapas que permanecen en los viveros, estos pueden realizarse a partir de la mezcla de tierra negra, arena y un porcentaje de materia orgánica, la importancia de utilizar la materia orgánica radica en que provee los nutrientes principales para un desarrollo de los plantines además se debe llevar a cabo un buen manejo en las primeras etapas de desarrollo ya que de esto dependerá la supervivencia de su trasplante en campo y por lo tanto obtener plantaciones forestales con árboles de calidad que compensen las inversiones realizadas (López et al., 2012).

El estudio de la investigación se realizó con un diseño completamente al azar. Las variables de respuestas fueron porcentaje de germinación, número de hojas, la altura y el diámetro del tallo por unidad experimental.

### **1.1. Objetivo general**

Comprobar la respuesta de crecimiento y desarrollo de la especie forestal Caoba hondureña ante el uso de cuatro sustratos diferentes en la etapa de vivero en el cantón Marcabelí.

### **1.2. Objetivos específicos**

Determinar el efecto de las diferentes mezclas de sustrato en la germinación de la semilla de caoba hondureña.

Comprobar la incidencia de las mezclas de sustrato en el diámetro, altura y hojas activas de las plántulas de caoba hondureña en los diferentes momentos de medición.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Clasificación taxonómica de la caoba

En la (Figura 1) se puede apreciar la clasificación taxonómica de la caoba (Mostacero, 1998)

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Orden:</b>	Sapindales
<b>Familia:</b>	Meliaceae
<b>Género:</b>	<i>Swietenia</i>
<b>Especie:</b>	<i>Swietenia macrophylla</i> King

**Figura 1.** Clasificación taxonómica de la caoba.

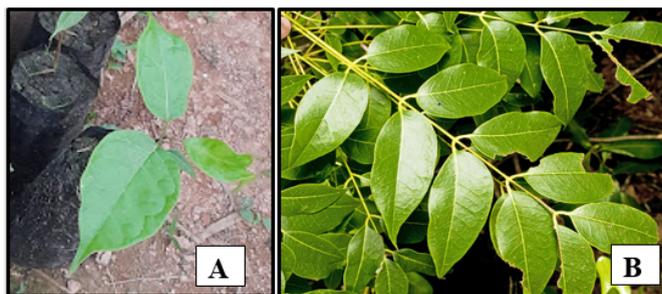
**Fuente:** Moscatero (1998).

### 2.2. Morfología

Es una especie forestal de gran importancia económica, cuando es adulto puede alcanzar los 50 metros de altura, presenta madera de buena calidad y puede lograr tallos de hasta 2 metros de diámetro.

#### 2.2.1. Hojas

Esta especie se caracteriza por presentar dimorfismo foliar, a los 20 días aproximadamente después de la germinación aparecen las primeras hojas simples, sin embargo las primeras hojas compuestas se observan cuando ya han pasado al menos 75 días después que la semilla germinó (Álvarez et al., 2012) (Figura 2).



**Figura 2.** Hojas de la caoba. A simples. B compuestas.

**Fuente:** El autor (2021).

### 2.2.2. Inflorescencia

La inflorescencia consiste en un ramillete ramificado de flores, de tamaño pequeño, de color blanco amarillento, conformadas por cinco pétalos que a su vez presentan un agradable aroma, este árbol es monoico, es decir presentan flores unisexuales, masculinas y femeninas en la misma planta (OIMT, 2005) (Figura 3)..



**Figura 3.** Inflorescencia de caoba.

**Fuente:** Morales (2013).

### 2.2.3. Fruto

Son cápsulas que en sus primeras etapas presentan una forma ovoide y que al pasar del tiempo adoptan la forma similar a una pera es decir piriforme que miden de 12 a 22 cm de largo y oscila de seis a diez centímetros de ancho, al momento que maduran estas capsulas se abren en sus cinco cámaras y con ayuda del viento diseminan las semillas. Cuando se produce

la apertura del fruto esta se inicia por el extremo distal, dado que las valvas se quedan unidas a un extremo proximal del eje central (Salazar & Ramírez, 2001) (Figura 4).



**Figura 4.** Fruto de la caoba.

**Fuente:** El autor (2021).

#### 2.2.4. Semillas

Son aladas esta característica les favorece para distribuirse con ayuda del viento por la naturaleza, sus colores varían del café, caoba llegando a tomar tonalidades pardas. Su tamaño es de siete a doce centímetros de largo incluyendo el ala, con un ancho de dos a dos centímetros y medio, presenta una base abultada plana, presentan un espesor que varía en la longitud de la semilla (Galván et al., 2012) (Figura 5).



**Figura 5.** Semilla sin testa de la caoba.

**Fuente:** El autor (2021)

Las semillas se encuentran localizadas en el extremo distal del fruto, estas se mantienen juntas a la placenta gracias a un órgano filiforme largo y delgado, además las semillas están ubicadas de manera vertical en forma estratificada en los lóculos del fruto. Existe un promedio de 61 semillas por fruto y aproximadamente doce por lóculo. Presenta un ala que está formada por un tejido esponjoso con pequeños espacios porosos llenos de aire lo que le aportan a la semilla la característica de ser anemófila (Alvarenga & Flores, 1988) (Figura 6).

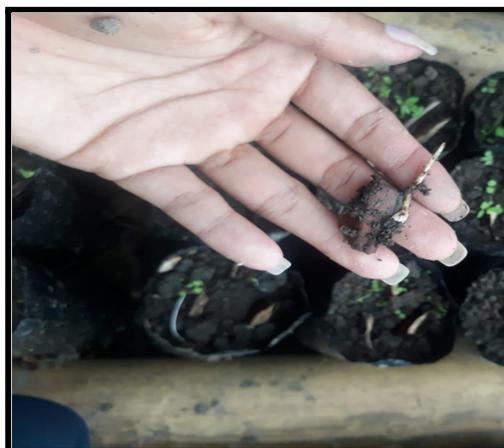


**Figura 6.** Semilla alada de la caoba.

**Fuente:** El autor (2021).

### 2.2.5. Germinación de la semilla

La germinación de las semillas se produce de manera hipogea y de tipo criptocotilar, a las 48 horas después de iniciada la inhibición la semilla presenta un aumento de la semilla, la emergencia de la radícula se observa a partir del día doce de iniciada la inhibición cuando se produce la ruptura de la testa que se encuentra en el extremo opuesto al hilo de la semilla (Figura 7).



**Figura 7.** Germinación de la caoba, se observa la radícula.

**Fuente:** El autor (2021).

A los siete días después que brota ya se puede distinguir la radícula que es de color pardo y el hipocotíleo que tiene un color blanquecino, siete días después se puede apreciar los primeros pelos radicales, seguidamente los peciolos se curvan hacia el exterior y forman una concavidad entre ellos, por la que inicia el epicotilo su salida (Campos et al., 2020) (Figura 8).



**Figura 8.** La germinación de la caoba, es hipogea, se observa la radícula y el epicotilo emergente.

**Fuente:** El autor (2021).

### **2.2.6. Tallo.**

Es un árbol de tamaño grande, con un tallo que puede alcanzar de 30 a 50 metros, el diámetro del tronco puede ser superior a los 2 metros, presenta un copa frondosa y redonda las ramificaciones suelen aparecer cuando el árbol ya es adulto y es caracterizado por tener un crecimiento recto.

## **2.3. Factores edafoclimáticos**

La zona de vida de la especie se desplaza desde el bosque tropical hasta el tropical húmedo, y cuando nos referimos a las altitudes puede ir de los 50 a 500 msnm y en casos extremos hasta los 1400 msnm.

### **2.3.1. Suelo**

Con relación al suelo en el que se desarrolla esta especie existe variedad estos pueden ser suelos arcillosos hasta suelos que presenten arenas, pero no toleran suelo que sean procedentes de la descomposición de materia orgánica de manera anaeróbica y tengan un pH

ácido ya que si se encuentran en condiciones de aguas estancadas se producirá la posterior asfixia del árbol (Azofeifa et al., 2009).

### **2.3.2. Clima**

La caoba es una especie forestal con fácil distribución geográfica y que logra edades de hasta más de 100 años, se le ha otorgado la característica de poner adaptarse a los cambios climáticos ya que logra adaptarse a temperaturas que oscilan desde los 15 a los 35 °C, se desarrolla bien en lugares donde existan precipitaciones anuales que van de 1000cc a 4000cc, es decir en climas secos, húmedos y semihúmedos y pueden sobrevivir hasta seis meses de sequía (Rueda & Benavides, 2021).

### **2.4. Plagas**

Entre las principales plagas y de mayor importancia económica que ataca a esta especie se menciona al barrenador de la caoba, está presente solo en las plantas jóvenes que tienen alturas menores a dos metros y medio y una edad menor a tres años, los mayores ataques se presentan en las épocas de lluvias, ingresan en las yemas terminales realizando galerías, produciendo una deformación de las de las ramas provocado la emisión de brotes laterales afectando el correcto crecimiento del fuste y por lo tanto retrasando el desarrollo del árbol (Tacoronte et al., 2004) (Figura 9).



**Figura 9.** Daño ocasionado por barrenador.

**Fuente:** Cruz (2003).

## **2.5. Tiempo de corte**

El tiempo de corte varía según la utilidad que se le va brindar posteriormente a la madera cosechada.

### **2.5.1. Primer corte**

El tiempo de corte depende para la actividad en la que se desea usar la madera, el primer corte se lo realiza en un pequeño porcentaje de la población es destinado para postes, leña o vigas para construcciones rurales ya que estos no demandan de un elevado diámetro del tallo, se lo realiza cuando la plantación alcanza el quinto año de vida.

### **2.5.2. Segundo corte**

El segundo corte se lo realiza aproximadamente a los 30 años de edad cuando el tronco del árbol ya alcanzado su mayor diámetro, el corte se lo realiza con ayuda de máquinas como motosierras y así poder aprovechar al máximo la madera la que posteriormente es industrializada en los talleres de ebanistería (Cuevas et al., 1998).

## **2.6. Principales países productores**

Los principales países que cuentan con producción de caoba son: Guatemala, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Perú, Colombia y Brasil, también existen explotaciones de esta especie en Asia y África. Sin embargo, la mejor calidad de esta madera se encuentra en América Central (Ruiz, 2016).

## **2.7. Producción de caoba en Ecuador**

En Ecuador se estima la biomasa forestal en primera instancia el 80% se encuentra en la región del Oriente Ecuatoriano, en segundo lugar está la costa con el 13%, y por último el 7% restante se ubica en la Sierra (CORPEI, 2012). Además se calcula, que al menos 164 mil has son bosques plantados con fines comerciales, de estos bosques la distribución por regiones se la ha subdivido de la siguiente manera: en la Amazonía, alrededor de 25 mil has, en esta región predomina el cultivo de árboles en sistemas agroforestales; para la Costa, aproximadamente 50 mil has, (20 mil has corresponden a Teca, 10 mil has a Balsa y

20 mil has a maderas tropicales como: caoba, cedro, entre otras ; y en la Sierra 90 mil has, donde principalmente se observan árboles de pino y eucalipto (Palacios, 2009).

## **2.8. Usos de la caoba**

Entre los diferentes usos de la caoba se destacan los siguientes.

### **2.8.1. Sistema agroforestal**

El sistema agroforestal se define como la inclusión de árboles en las fincas esto ha sido promovido para reducir niveles de pobreza y deforestación, estos sistemas aportan a las familias rurales diversidad de beneficios como madera, leña e incluso sombra e ingresos económicos (Sánchez et al., 2018).

Además, existen sistemas en los que se combinan cultivos frutales perennes comerciales como cacao y café con especies forestales como la caoba, estas combinaciones además benefician a los arboles por que los insumos usados en los frutales les ayudan a desarrollarse más rápido y así ser menos susceptibles al barrenador que afecta las plantas jóvenes (Álvarez et al., 2020).

### **2.8.2. Madera.**

Los bosques tropicales son caracterizados porque poseen una inmensa riqueza siendo almacenes de una gran variedad de especies forestales maderables, puesto que contribuyen económicamente para el desarrollo de la población rural, quienes aprovechan la madera allí existente, la recolección en el campo se la suele realizar de manera artesanal (Martínez et al., 2015).

### **2.8.3. Medicinal**

La caoba también tiene su incursión en la medicina puesto que los frutos contienen fitoquímicos como el limonoide que es característicamente amargo, este compuesto es comercializado y utilizado en productos que mejoran la apariencia de la piel y mejoran la circulación sanguínea (Chen et al., 2010). Las semillas también cumplen un papel fundamental ya que son usadas como un antidiarreico, posterior a la aplicación de dosis procedentes de las semillas se evidenció la reducción en la tasa de defecación y la consistencia de las heces (Maiti et al., 2007).

Las semillas de la caoba presentan actividades hipoglucémicas, antimicrobianas, antipalúdicas y antivirales, además es una fuente tetranorterenoides bioactivos, por tal motivo los malayos la usaban en la medicina tradicional para el tratamiento de diabetes y la hipertensión, ellos comían una pequeña parte de la semilla cruda que no pesara más de cinco miligramos (Balijepalli et al., 2015).

## 2.9. Viveros forestales

Los viveros forestales son estructuras compuestas por postes y malla sarán que proporcione un 50% de sombra, aquí las posturas de especie forestal deseada permanecerán durante sus primeros meses de vida, el sitio destinado para esto debe ser plano, orientado de este a oeste referente al sol para una buena iluminación, estar ubicado cerca de una fuente de agua y a una vivienda, además debe ser protegido de animales que puedan ocasionar destrucción de las posturas, todos estos factores son de vital importancia para obtener unas plántulas de calidad y que la inversión realizada se vea reflejada al momento de realizar la venta de la madera (Rueda et al., 2014) (Figura 10).



**Figura 10.** Estructura de vivero forestal.

**Fuente:** El autor (2021).

### 2.9.1. Enfermedades en vivero

Uno de los causantes de enfermedades que tiene más relevancia en la etapa de vivero son los hongos de la especie *Fusarium* pues es el causante del bajo porcentaje de germinación de las semillas, la pudrición de la raíz y del epicotilo en las pasturas de forestales (García et al., 2017).

El *Damping off* es una enfermedad también conocido como mal de almaciguera, es causada por la acción de tres hongos del suelo y son los siguientes *Fusarium*, *Pythium*, y *Rhizoctonia*, estos hongos se infectan a través del suelo atacando a las plántulas cuando estas comienzan a emerger y en las primeras semanas de desarrollo, entre los síntomas está la coloración amarillenta del follaje, seguido de marchitez y por último la muerte de las posturas (Medrano & Ortuño, 2007) (Figura 11).



**Figura 11.** Síntomas de *Damping off*.

**Fuente:** Foguelman (2003).

## **2.10. Sustratos**

Los sustratos desempeñan una base fundamental en el desarrollo de las plantas en el vivero por el motivo que afectan de manera decisiva la nutrición y el óptimo desarrollo del sistema radicular, al utilizar sustratos de calidad tanto en sus propiedades químicas como en las físicas estamos generando a futuro árboles de calidad.

### **2.10.1. Tierra negra**

Tierra negra proviene de los primeros diez centímetros superficiales de la tierra agrícola, por ende, presentan texturas franco limoso, ligeramente ácida con un alto contenido de materia orgánica y con la utilización de esta se consigue mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato para un mejor desarrollo de las posturas (Oliver & Jonhy, 2017) (Figura 12).



**Figura 12.** Tierra negra.

**Fuente:** El autor, 2021.

### **2.10.2. Arena de río**

Hay que mencionar que la utilización de la arena es uno de los sustratos más utilizados en los viveros debido a que es un material fácil de adquirir y económico además brinda propiedades físicas de porosidad evitando que los sustratos se compacten, aportando una buena aireación y excelente drenaje, brindado a las raíces el medio para que se desarrollen libremente (Castruita et al., 2008) (Figura 13).



**Figura 13.** Arena.

**Fuente:** El autor (2021).

### **2.10.3. Humus de lombriz**

A su vez el humus de lombriz es muy apreciado en la combinación de sustratos puesto que mejoran la retención de agua, además que aumentan la aireación del suelo (González et al., 2007), sin menospreciar sus cualidades químicas ya que aportan nutrientes de origen orgánico muy necesarias para un crecimiento de las plántulas en los viveros (Melgarejo et al., 1997) (Figura 14).



**Figura 14.** Humus de lombriz.

**Fuente:** El autor (2021).

#### **2.10.4. Cascarilla de arroz**

La cascarilla de arroz es un subproducto que se obtiene del proceso de separar el arroz de la cáscara que se le realiza al arroz cosechado, es un sustrato rico en nutrientes como fósforo, potasio y nitrógeno además sus principales propiedades físicas es ser ligero y con alta porosidad lo que le otorga la capacidad de retención de agua, pero sin provocar encharcamiento en las plantas. Tiene dos opciones de uso, como sustrato directamente o incorporar a los sustratos luego de ser sometida a un proceso de cremación en donde se destaca la concentración sílice elemento importante en el desarrollo de las plantas (López et al., 2008) (Figura 15).



**Figura 15.** Cascarilla de arroz.

**Fuente:** El autor (2021).

### 2.10.5. Aserrín

El aserrín es un subproducto que se obtiene de la madera sometida a procesos industriales para la fabricación de muebles, pallets, etc. (Reyes et al., 2005). Entre sus principales características destaca que tiene un pH neutro es decir que no tendremos problemas para la asimilación de nutrientes, también tiene un algo contenido de materia orgánica, pero bajo contenido de magnesio por lo tanto habrá un bajo número de folíolos. En relación a costos este es bajo, volviéndolo más accesible (Marín et al., 2005) (Figura 16).



**Figura 16.** Aserrín.

**Fuente:** El autor (2021).

### 2.10.6. Turba

Las turbas de *Sphagnum* es un complemento orgánico muy utilizado a nivel de viveros por sus excelentes características físico-químicas entre las principales destacan alta capacidad de intercambio catiónico, excelente para retención de agua, elevada porosidad, además tiene baja salinidad pero sus costos son muy elevados lo que limita un poco sus usos (López & Fabal, 2012) (Figura 17).



**Figura 17.** Turba.

**Fuente:** Pineda (2018).

## **2.11. Desinfección de sustratos.**

### **2.11.1. Solarización.**

Esta técnica consiste en calentar el suelo con ayuda del sol y cubriéndolo con plástico en el mayor periodo de radiación solar, el plástico ayuda a la incrementación de temperatura y por lo tanto la destrucción de los patógenos, esta técnica también tiene la capacidad de reducir la población de malezas (Cuellas et al., 2019).

### **2.11.2. Aplicación de formaldehído.**

Conocido como formol, se hace una disolución en agua y se fumiga el sustrato, posteriormente se cubre con un plástico, este disminuirá la presencia de fitopatógenos que habitan en el suelo, además baja el porcentaje de germinación en las semilla de las malezas por lo tanto no competirán con las posturas (Covacevich & Echeverría, 2003).

## **2.12. Valor comercial.**

La caoba es una de las maderas duras más importantes y valiosas en el comercio internacional, su exportación genera cifras mayores a los 100 millones de dólares anuales, convirtiéndola en una especie muy cotizada. Por ende, un metro cúbico de caoba puede

alcanzar alrededor de US \$1,300 en el mercado internacional. Además, en el año 2000, América latina llegó a exportar aproximadamente 120,000 m<sup>3</sup> de caoba (Sánchez, 2004).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del estudio

##### 3.1.1. Ubicación geográfica del estudio

La presente investigación se realizó en el cantón Marcabelí, provincia de El Oro. Según las lecturas tomadas por el GPS, se registran las siguientes coordenadas geográficas, Latitud Sur  $3^{\circ} 46' 43.9''$  y Longitud Oeste  $79^{\circ} 54' 51.1''$ , además se encuentra a una altitud de 526 msnm. (Figura 18).

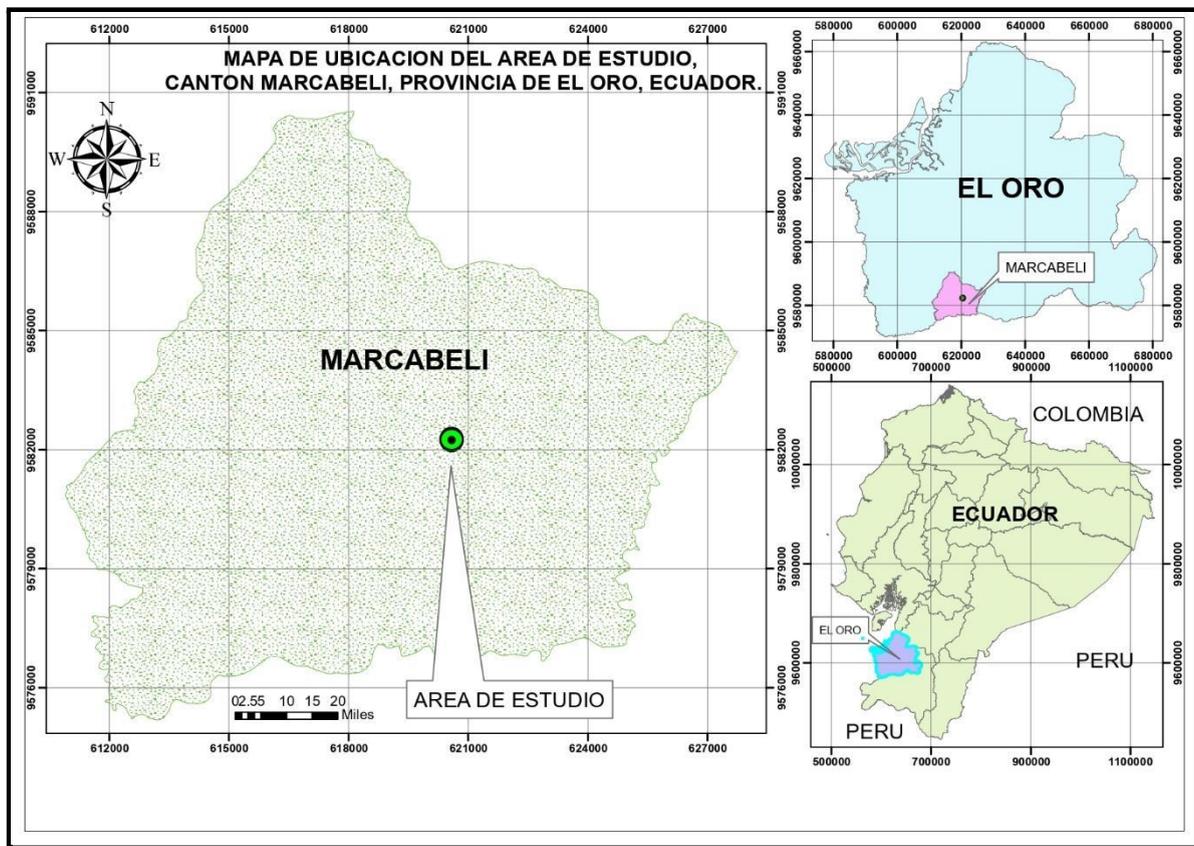


Figura 18. Mapa de ubicación del área de estudio.

Fuente: El autor (2022).

##### 3.1.2. Clima y ecología

Las características climáticas de acuerdo a la metodología de Thornthwaite la zona de Marcabelí corresponde a un clima subhúmedo con moderado déficit de agua en época seca, la

temperatura media anual es 23,0° C, la precipitación anual es de 1.424 mm y una humedad relativa del 89 % (Castillo, 2015)

### **3.2. Materiales.**

#### **3.2.1. Material genético.**

- Semillas de caoba (*Swietenia macrophylla*).

#### **3.2.2. Material de campo.**

- Malla sarán.
- Cañas guaduas.
- Fundas plásticas 10 x 20 cm.
- Tierra negra.
- Arena de río.
- Humus de lombriz.
- Pala.
- Manguera.
- Libreta de campo.
- Lapicero.
- Regla.
- Pie de rey.
- Cámara.

#### **3.2.3. Material de oficina.**

- Programa IBM SPSS Statistics

### **3.3. Diseño del experimento.**

Para establecer el experimento se utilizó el diseño completamente al azar de 4 tratamientos con 4 réplicas.

#### **3.3.1. Tratamientos**

T<sub>1</sub>. Tierra negra 100%. Testigo.

T<sub>2</sub>. Tierra negra 60%, Arena de río 30%, Humus de lombriz 10%.

T<sub>3</sub>. Tierra negra 30%, Arena de río 60%, Humus de lombriz 10%.

T<sub>4</sub>. Tierra negra 40%, Arena de río 40%, Humus de lombriz 20%.

### 3.4. Croquis del experimento

En el croquis del diseño experimental se colocaron 15 fundas por cada tratamiento repetidas 4 veces, las observaciones se realizaron en las plántulas de 10 fundas marcadas anteriormente por que presentaban características homogéneas (Figura 19).

R1	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
R2	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>
R3	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
R4	T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>

**Figura 19.** Croquis del experimento.

**Fuente:** El autor (2021).

### 3.5. Variables a medir

#### 3.5.1. Porcentaje de germinación

Se registró el porcentaje de germinación de las semillas de caoba a los 26 días después de la siembra.

#### 3.5.2. Altura del tallo

Para realizar la medición de la altura del tallo se utilizó una regla graduada en centímetros se lo realizó en 4 momentos: a los 46, 56, 66 y 76 días después de la siembra. La medida del tallo se realizó desde la base del suelo hasta la terminación apical del tallo.

### **3.5.3. Diámetro del tallo**

La medición del diámetro del tallo se la realizó con la ayuda del pie de rey, la medida se la registró en milímetros en 4 ocasiones al igual que la altura.

### **3.5.4. Número de hojas**

Se registró el número de hojas en cada una de las plántulas, este registro se realizó en 4 fechas, es decir en las mismas ocasiones que se tomó los datos a las variables de altura y diámetro de tallo.

## **3.6. Manejo agronómico del experimento**

### **3.6.1. Realización del vivero forestal**

Se realizó el vivero forestal en una zona plana, orientado de este a oeste, ubicando las cañas para la estructura y seguidamente se procedió a la colocación de la malla sarán escogiendo la que otorga el 50% de sombra (figura 20).



**Figura 20.** Estructura del vivero forestal.

**Fuente:** El autor (2021).

### **3.6.2. Recolección de la semilla**

La semilla utilizada en esta investigación se obtuvo de frutos de caoba recolectados de árboles presentes en la Granja Santa Inés, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en el Km 5 ½ de la Vía Panamericana de ingreso a Machala, perteneciente a la parroquia El Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro.

Las semillas son procedentes de árboles con excelentes características fenotípicas que los identifican como elites (Figura 21).



**Figura 21.** Árbol elite.

**Fuente:** El autor, 2021.

Recolección de las semillas que fueron desprendidas del árbol con una vara (Figura 22).



**Figura 22.** Recolección de la semilla.

**Fuente:** El autor (2021).

Seguidamente se colocaron las semillas en fundas, luego fueron ubicadas en un lugar seco y fresco para la conservación de las mismas hasta su posterior siembra.

### 3.6.3. Desinfección del sustrato

La desinfección de los sustratos como la tierra negra y la arena de río se la realizó por el método de solarización, se desarrolló colocando la cantidad de tierra negra sobre un plástico, cada 24 horas se removía con ayuda de una pala y se cubrió con plástico este proceso se lo realizó durante 72 horas, el mismo procedimiento se llevó a cabo con la arena de río, todo este procedimiento con la finalidad de que con ayuda del sol se logre eliminar posibles hongos presentes en el suelo y que posteriormente puedan afectar a las posturas (Figura 23).



**Figura 23:** Procedimiento de solarización del sustrato.

**Fuente:** El autor (2021).

### 3.6.4. Sustratos

Los sustratos elegidos nos proporcionan las condiciones para que las semillas germinen y desarrollen en sus primeras etapas. Estos sustratos serán puestos a prueba para determinar cuál es el mejor para que se desarrollen las posturas. Estos sustratos son los siguientes:

- Tierra negra.
- Arena de río.
- Humus de lombriz.

### 3.6.5. Preparación del sustrato

- Preparación del sustrato correspondiente al primer tratamiento (Figura 24).



**Figura 24.** T<sub>1</sub>. Tierra negra 100%. Testigo

**Fuente:** El autor (2021).

- Preparación del sustrato para el segundo tratamiento (Figura 25).



**Figura 25.** T<sub>2</sub>. Tierra negra 60%, Arena de río 30%, Humus de lombriz 10%.

**Fuente:** El autor (2021).

- Preparación del sustrato utilizado en el tercer tratamiento (Figura 26).



**Figura 26.** T<sub>3</sub>. Tierra negra 30%, Arena de río 60%, Humus de lombriz 10%.

**Fuente:** El autor (2021).

- Preparación del sustrato utilizado en el cuarto tratamiento (Figura 27).



**Figura 27.** T<sub>4</sub>. Tierra negra 40%, Arena de río 40%, Humus de lombriz 20%.

**Fuente:** El autor (2021).

### 3.6.6. Llenado de las fundas

Una vez preparados los sustratos se procedió a realizar el llenado de las fundas de vivero, siendo 15 fundas por repetición es decir 60 fundas por tratamiento, seguidamente se las ubicó en el destinado dentro del vivero (Figura 28).



**Figura 28.** Llenado (A) y ubicación de las fundas en el vivero (B).

**Fuente:** El autor (2021).

### 3.6.7. Siembra de las semillas

La siembra de las semillas se realizó el 8 de noviembre del 2021 en fundas plásticas para vivero de 10x20 cm, se procedió a realizar la siembra directa de las semillas, colocando 3 semillas por funda, además se efectuó el riego el día de la siembra. Luego de realizar la siembra quedó establecido el experimento (Figura 29).



**Figura 29.** Siembra (A) y riego de las semillas (B).

**Fuente:** El autor (2021).

### **3.6.8. Cuidados culturales en el vivero**

Se realizó riegos cada 2 días en las horas de la mañana con la ayuda de una manguera para mantener la humedad en las semillas y obtener una germinación homogénea. Además, durante la ejecución del experimento se realizó 3 monitoreo de plagas no observándose incidencia de plagas y enfermedades, además se llevó a cabo la deshierba manual para eliminar hierbas no deseadas dentro de las posturas. Además, se realizó el raleo, dejando un plantín por funda (Figura 30).



**Figura 30.** Riego (A) y control de arvenses (B).

**Fuente:** El autor (2021).

### 3.6.9. Registro de datos para la investigación

Para la evaluación de la germinación de las semillas de caoba, se registró la fecha de emergencia de las semillas por repetición, se esperó 20 días que tardó en homogeneizar la germinación, para posteriormente tomar datos cada 10 días de las variables que fueron: número de hojas, altura y diámetro del tallo.

- Toma de datos de germinación de las semillas se la tomó después de 10 días empezada la germinación, es decir a los 26 días después de la siembra (Figura 31).



**Figura 31.** Germinación de la semilla de caoba el día 4 de diciembre del 2021 a los 26 días después de la siembra.

**Fuente:** El autor (2021).

- Primera toma de datos de las variables número de hojas, altura y diámetro del tallo se las realizó en 10 fundas por tratamiento a los 46 días después de la siembra (Figura 32).



**Figura 32.** Primera toma de datos el día 24 de diciembre del 2021 a los 46 días después de la siembra.

**Fuente:** El autor, 2021.

- Segunda toma de datos de las variables número de hojas, altura y diámetro del tallo se las realizó en 10 fundas por tratamiento a los 56 días después de la siembra (Figura 33).



**Figura 33.** Segunda toma de datos el día 03 de enero del 2022 a los 56 días después de la siembra.

**Fuente:** El autor (2021).

- Tercera toma de datos de las variables número de hojas, altura y diámetro del tallo se las realizó en 10 fundas por tratamiento a los 66 días después de la siembra (Figura 34).



**Figura 34.** Tercera toma de datos el día 13 de enero del 2022 a los 66 días después de la siembra.

**Fuente:** El autor (2021).

- Cuarta toma de datos de las variables número de hojas, altura y diámetro del tallo se las realizó en 10 fundas por tratamiento a los 76 días después de la siembra (Figura 35).



**Figura 35.** Cuarta toma de datos toma de datos el día 23 de enero del 2022 a los 76 días después de la siembra

**Fuente:** El autor (2021).

### **3.7. Proceso estadístico**

El procedimiento estadístico se lo realizó mediante el programa SPSS Statistics versión 22, con una confiabilidad en la estimación del 95% ( $\alpha = 0,05$ ) para determinar el crecimiento y desarrollo de la especie forestal caoba hondureña, bajo la utilización de diferentes sustratos para lo cual se procedió a la utilización del análisis de varianza ANOVA de un factor inter grupos en cada una de las variables (porcentaje de germinación, altura y diámetro del tallo).

De presentarse el caso de diferencias significativas entre las variables medidas se procedió a la aplicación de las pruebas de rangos y comparaciones múltiples (pruebas Post-hoc), con la finalidad de establecer las posibles diferencias o similitudes entre los diferentes sustratos. Además, en caso de que la variable no cumpla uno de los supuestos se aplica la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis por que la variable no sigue una distribución normal.

Se realizaron gráficos de barra simple para la representación gráfica de los resultados obtenidos, colocándose letras diferentes cuando indican diferencias estadísticas significativas entre los sustratos usados.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Influencia en la utilización de los diferentes sustratos en parámetros morfológicos de la especie forestal caoba

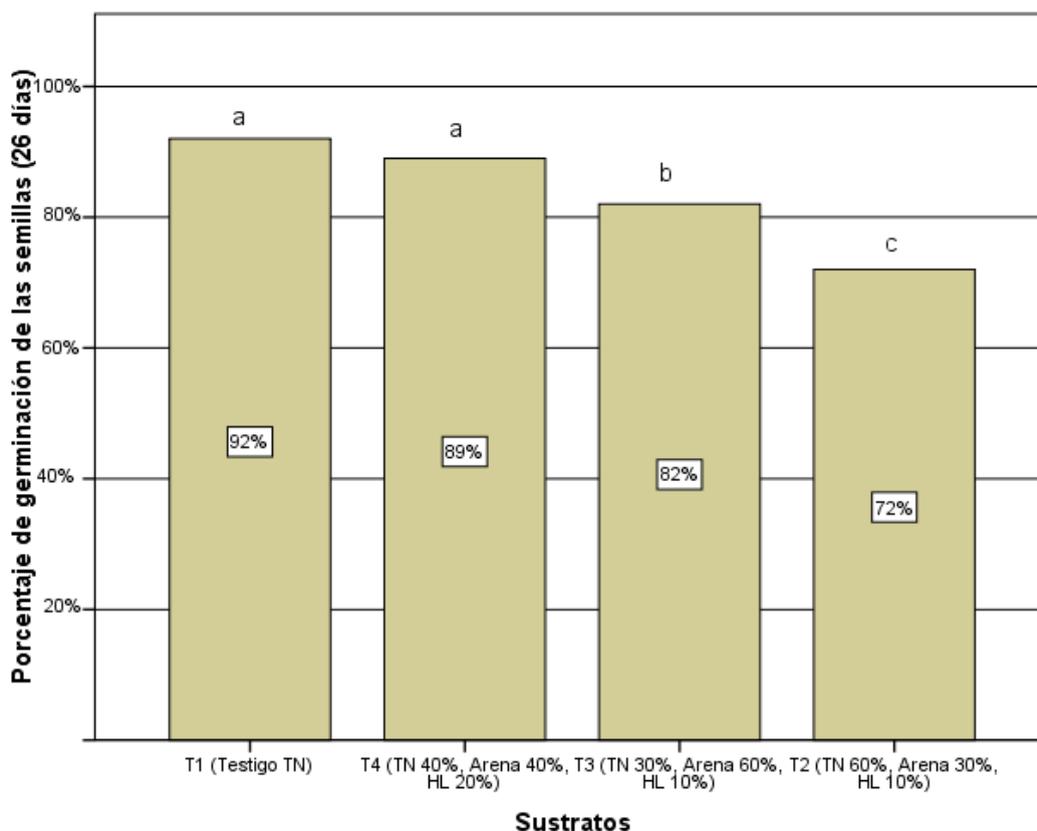
#### 4.1.1. Porcentaje de germinación

Los resultados obtenidos en la prueba ANOVA de un factor para la variable porcentaje de germinación de las semillas de caoba demuestran que existen diferencias significativas en el porcentaje de la germinación debido a que el p-valor = 0,000, menor a 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna que indica que al menos una es diferente (Tabla 1).

**Tabla 1.** ANOVA de un factor inter-grupos para la variable porcentaje de germinación de la semilla de caoba a los 26 DDS.

Porcentaje de germinación.	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	947,000	3	315,667	78,917	,000
Dentro de grupos	48,000	12	4,000		
Total	995,000	15			

En la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan, se obtuvo que el porcentaje de germinación a los 26 días después de la siembra, muestra que en el T<sub>1</sub> presentó el 92% de germinación, no diferente estadísticamente al T<sub>4</sub> que obtuvo el 89% de germinación, sin embargo, los dos tratamientos presentan diferencias estadísticas con el T<sub>3</sub> y T<sub>2</sub> con porcentajes de germinación de 82% y 72%, respectivamente (Figura 36).



**Figura 36.** Porcentaje de germinación a los 26 DDS.

Los sustrato que tienen menos porcentaje de tierra negra y humus de lombriz interfieren en la germinación, es por que la tierra negra y humus de lombriz ayudan a la retención de humedad que es importante para obtener una buena germinación de las semillas de caoba.

Verde (2014), indica en su investigación que la germinación promedio de las semillas de caoba utilizando el sustrato de tierra negra alcanzó un porcentaje de germinación de 82,2 %, siendo este valor menor al obtenido en esta investigación, el cual es de 92%. Esto puede deberse a que la semilla utilizada en esta investigación fue recolectada y sembrada en corto tiempo, es decir no se dejó almacenada por ende se aprovechó su poder germinativo.

#### **4.1.2. Altura del tallo**

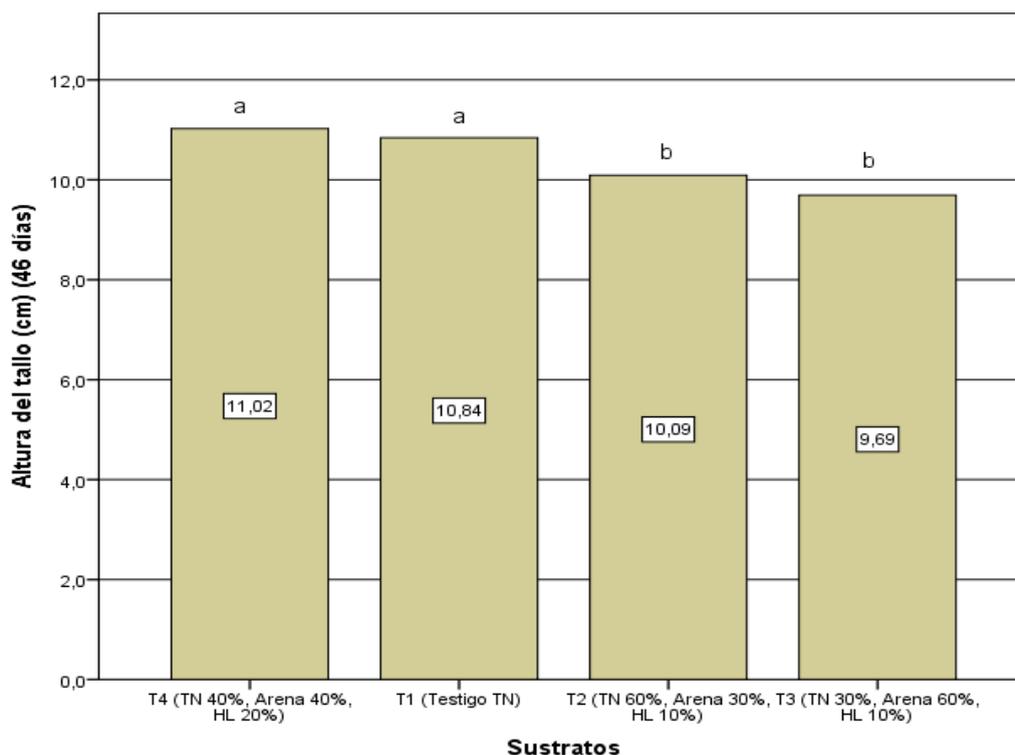
El análisis de varianza ANOVA de un factor inter-grupos realizado a la altura del tallo (cm) a los 46, 56, 66 y 76 días después de la siembra (DDS) muestra un p-valor = 0,000, menor a 0.05, comprobándose que los tratamientos muestran diferencias en los 4 momentos de medición en esta variable (Tabla 2).

**Tabla 2.** ANOVA de un factor inter-grupos para la variable altura del tallo a los 46, 56, 66 y 76 DDS.

Momentos de medición.		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
46 días	Entre grupos	47,176	3	15,725	12,881	,000
	Dentro de grupos	190,451	156	1,221		
	Total	237,627	159			
56 días	Entre grupos	27,317	3	9,106	7,850	,000
	Dentro de grupos	180,953	156	1,160		
	Total	208,270	159			
66 días	Entre grupos	28,443	3	9,481	8,618	,000
	Dentro de grupos	171,624	156	1,100		
	Total	200,067	159			
76 días	Entre grupos	34,166	3	11,389	8,283	,000
	Dentro de grupos	214,495	156	1,375		
	Total	248,661	159			

#### 4.1.2.1. Altura del tallo a los 46 DDS

En la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan, se obtuvo que la altura del tallo (cm) a los 46 días después de la siembra, mostró diferencia significativa. Los T<sub>4</sub> y T<sub>1</sub> no presentaron diferencia estadística en la altura de las posturas con los mayores valores de 11,02 y 10,84 cm respectivamente; mientras estos dos tratamientos fueron significativos con el T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> los cuales manifestaron valores similares (10,09 y 9,69) e inferiores a T<sub>4</sub> y T<sub>1</sub> (Figura 37).

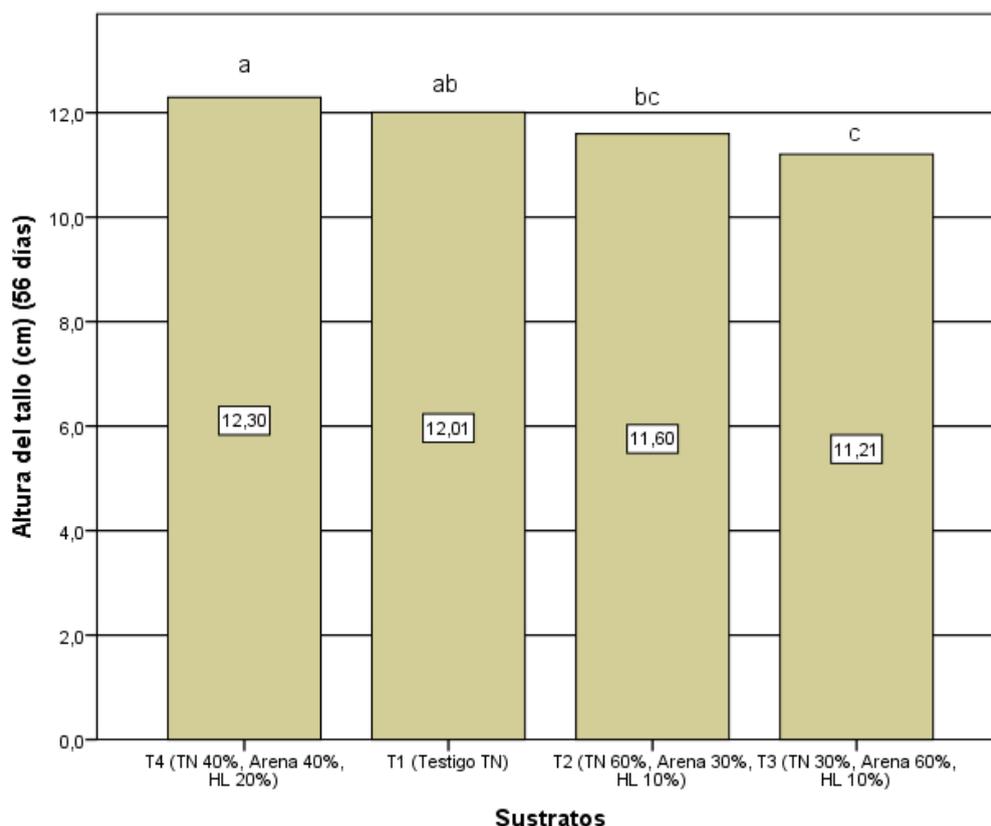


**Figura 37.** Altura del tallo de los plantines de caoba a los 46 DDS.

Los sustratos que tiene más porcentaje de tierra negra y humus de lombriz interfieren en el crecimiento del tallo, obteniendo una mayor altura, esto se debe a que la tierra negra y el humus de lombriz contiene nutrientes que favorecen el desarrollo inicial de los platines.

#### **4.1.2.2. Altura del tallo a los 56 días DDS.**

En la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan, se observa que existe diferencias estadísticas en la altura del tallo (cm) a los 56 días después de la siembra, el T<sub>4</sub> con 13,30 cm presentando mayor altura, el T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> con valores intermedios en cuanto a la altura del tallo; mientras que el T<sub>3</sub> obtuvo un menor valor el cual fue 11,21cm (Figura 38).

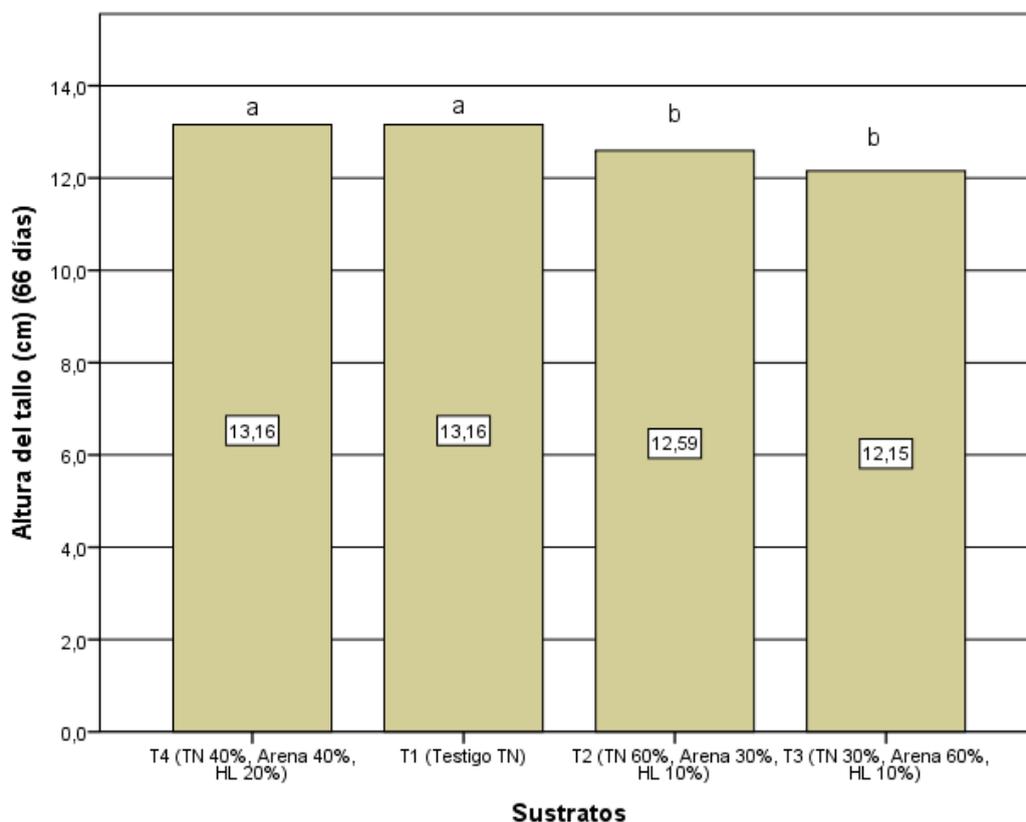


**Figura 38.** Altura del tallo de los plantines de caoba a los 56 DDS.

Los resultados presentes en esta investigación nos indican que en el sustrato que contiene más contenido de humus de lombriz, a los 56 DDS, los plantines de caoba tienen mayor altura del tallo, esto puede ser debido a que el humus de lombriz retiene la humedad y posee nutrientes que favorecen el crecimiento inicial de las posturas.

#### 4.1.2.3. Altura del tallo a los 66 días DDS.

En la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan, se obtuvo que la altura del tallo (cm) a los 66 días después de la siembra, mostró diferencia significativa. Los T<sub>4</sub> y T<sub>1</sub> no presentaron diferencia estadística en la altura de las posturas con los mayores valores de 13,16 cm; mientras estos dos tratamientos fueron significativos con el T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> los cuales manifestaron valores similares (12,59 y 12,15) e inferiores a T<sub>4</sub> y T<sub>1</sub> que presentaron un valor igual de 13.16 cm (Figura 39).



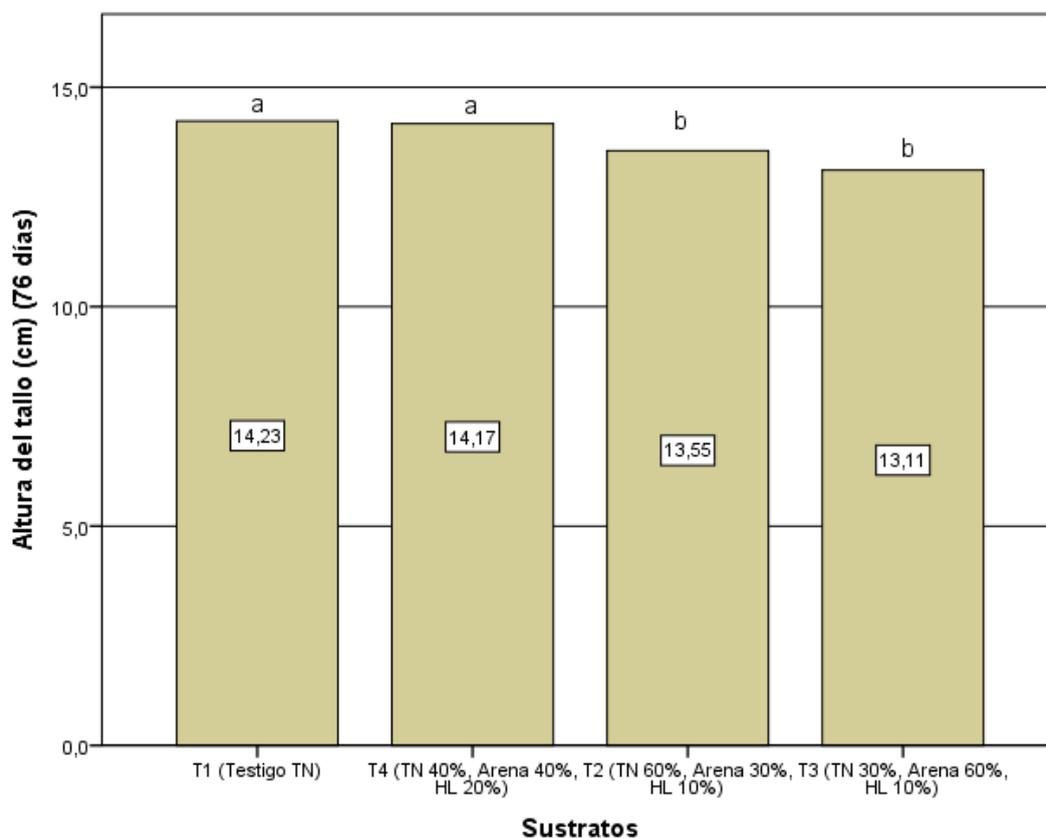
**Figura 39.** Altura del tallo de los plantines de caoba a los 66 DDS.

Como sucede en los casos anteriores en los sustratos donde existe más porcentaje de tierra negra y humus de lombriz se observó mayor altura del tallo, esto puede ser debido a la presencia de nutrientes y retención de humedad que brindan estos sustratos.

Negreros (2010), indica en su investigación que al usar sustratos arenosos las plántulas presentaron menor altura del tallo. Los resultados obtenidos en nuestra investigación coinciden con lo antes mencionado por este investigador.

#### 4.1.2.4. Altura del tallo a los 76 días DDS.

En la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan, se obtuvo que la altura del tallo (cm) a los 76 días después de la siembra, mostró diferencia significativa. Los T<sub>1</sub> y T<sub>4</sub> no presentaron diferencia estadística en la altura de las posturas con los mayores valores de 14,23 y 14,27 cm respectivamente; mientras estos dos tratamientos fueron significativos con el T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> los cuales manifestaron valores similares (13,55 y 13,11 cm) e inferiores a T<sub>1</sub> y T<sub>4</sub> (Figura 40).



**Figura 40.** Altura del tallo de los plantines de caoba a los 76 DDS.

Acosta, Orantes, & Garrid (2011), indican en su investigación que la altura del tallo es menor en las plántulas de caoba al utilizarse el sustrato de arena, lo mismo sucede en la presente investigación cuando se usó el sustrato con más contenido de arena, esto puede ser debido a que la arena de río no otorga los nutrientes necesarios para las plántulas se desarrollen en su etapa inicial y retiene menos la humedad.

#### 4.1.3. Diámetro del tallo.

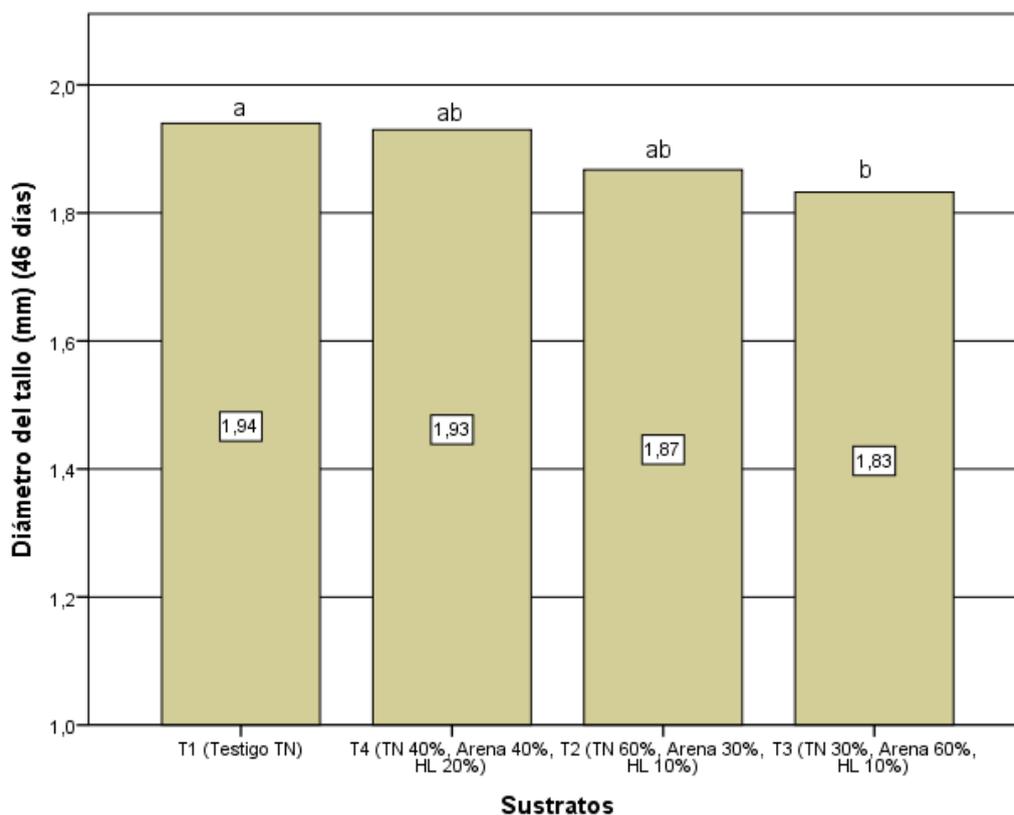
El análisis de varianza ANOVA de un factor inter-grupos realizado al diámetro del tallo a los 46 y 56 días después de la siembra, muestra un p-valor mayor a 0,05; por lo que no hay diferencia significativa en los dos momentos de medición en esta variable; mientras que a los 66 y 76 días después de la siembra, muestra un p-valor menor a 0,05 por lo que hay diferencia significativa en los dos momentos de medición en esta variable.

**Tabla 3.** ANOVA de un factor inter-grupos para la variable diámetro del tallo a los 46, 56, 66 y 76 DDS.

Momentos de medición.		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
46 días	Entre grupos	,315	3	,105	2,255	,044
	Dentro de grupos	7,275	156	,047		
	Total	7,591	159			
56 días	Entre grupos	,404	3	,135	2,759	,044
	Dentro de grupos	7,608	156	,049		
	Total	8,012	159			
66 días	Entre grupos	1,837	3	,612	6,074	,001
	Dentro de grupos	15,723	156	,101		
	Total	17,560	159			
76 días	Entre grupos	1,561	3	,520	4,610	,004
	Dentro de grupos	17,604	156	,113		
	Total	19,165	159			

#### 4.1.3.1. Diámetro del tallo a los 46 días DDS.

En la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan, se observa que existe diferencias estadísticas en el diámetro del tallo (mm) a los 46 días después de la siembra, el T<sub>1</sub> con 1,94 mm presenta el mayor diámetro, el T<sub>4</sub> y T<sub>2</sub> con valores intermedios en cuanto a al diámetro del tallo; mientras que el T<sub>3</sub> obtuvo un menor valor el cual fue 1,83 cm, este tratamiento es significativamente inferior al tiramiento de testigo (tierra negra) Figura 41.

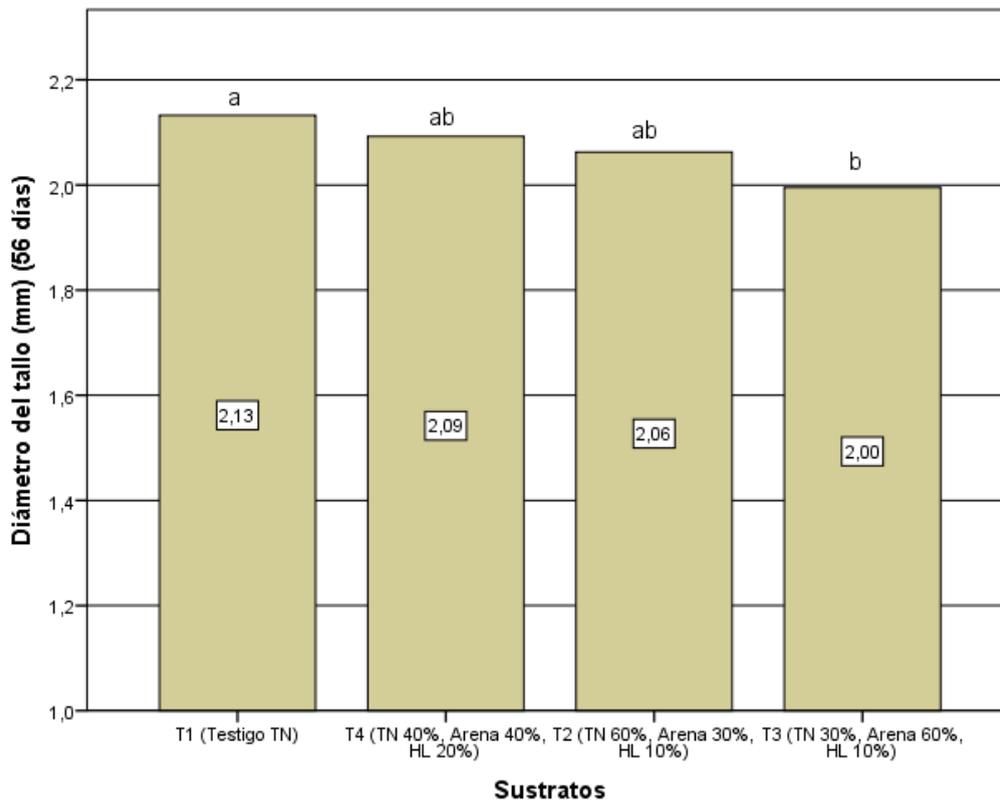


**Figura 41.** Diámetro del tallo de los plantines de caoba a los 46 DDS.

Wightman (2001), indica en su investigación que los plantines de caoba que se desarrollaron en los sustratos que contienen humus de lombriz presentaron mayor diámetro del tallo, lo mismo sucede en esta investigación que el diámetro del tallo es mayor al usar más porcentaje de humus de lombriz, esto puede ser debido a que el humus de lombriz aporta nutrientes para la etapa inicial de desarrollo de los plantines.

#### **4.1.3.2. Diámetro del tallo a los 56 DDS.**

En la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan, se observa que existe diferencias estadísticas en el diámetro del tallo (mm) a los 56 días después de la siembra, el T<sub>1</sub> presenta plantines con mayor diámetro de 2,13 mm, el T<sub>4</sub> y T<sub>2</sub> con valores intermedios en cuanto al diámetro del tallo; mientras que el T<sub>3</sub> obtuvo un menor valor el cual fue 2,00 mm; como se aprecia en la Figura 42 los plantines de caoba a los 46 y 56 DDS presentan un comportamiento similar en con relación al diámetro del tallo en los 4 sustratos utilizados en este estudio.

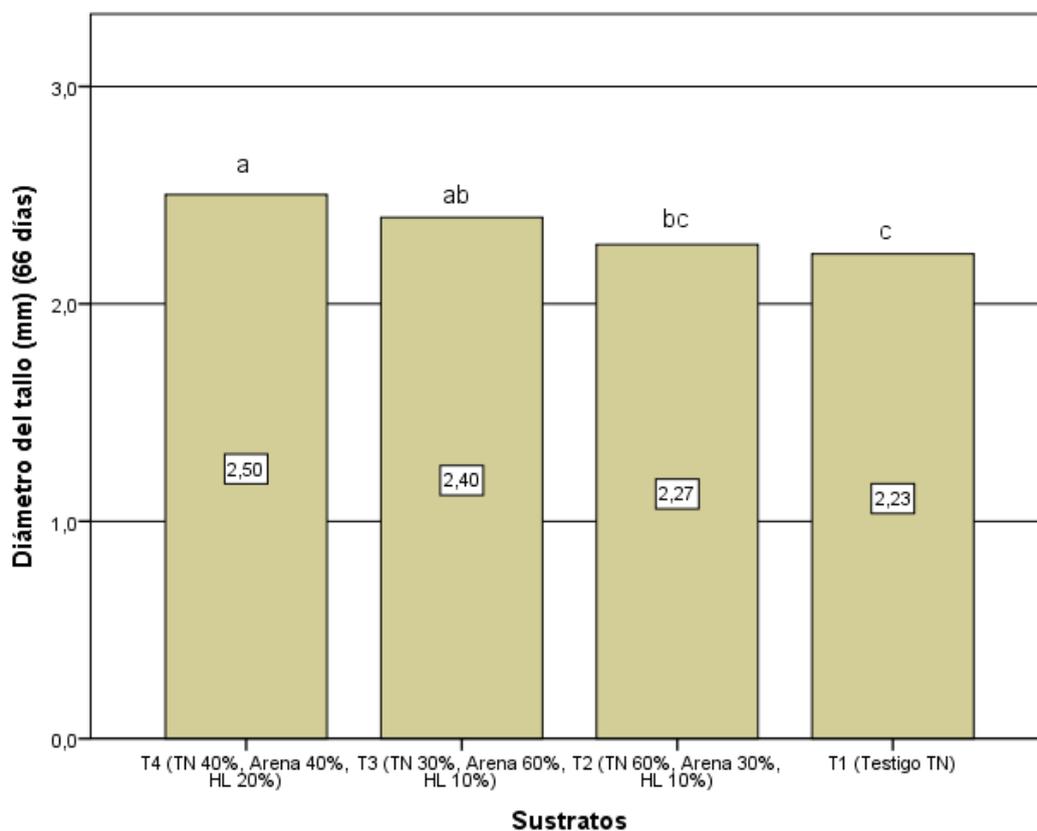


**Figura 42.** Diámetro del tallo de los plantines de caoba a los 56 DDS.

Ramírez (2013), menciona que los resultados obtenidos en su investigación cuando usó sustratos con menor contenido de arena, pero más tierra negra y humus de lombriz los plantines presentaron mayor incremento en el diámetro del tallo, coincidiendo con los resultados obtenidos en esta investigación.

#### 4.1.3.3. Diámetro del tallo a los 66 DDS.

En la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan, se observa que existe diferencias estadísticas en el diámetro del tallo (mm) a los 66 días después de la siembra, el T<sub>4</sub> con 2,50 mm presentando mayor diámetro, el T<sub>3</sub> y T<sub>2</sub> con valores intermedios en cuanto al diámetro del tallo; mientras que el T<sub>1</sub> obtuvo un menor valor el cual fue 2,23 mm y significativamente inferior a T<sub>4</sub> y T<sub>3</sub> (Figura 43).

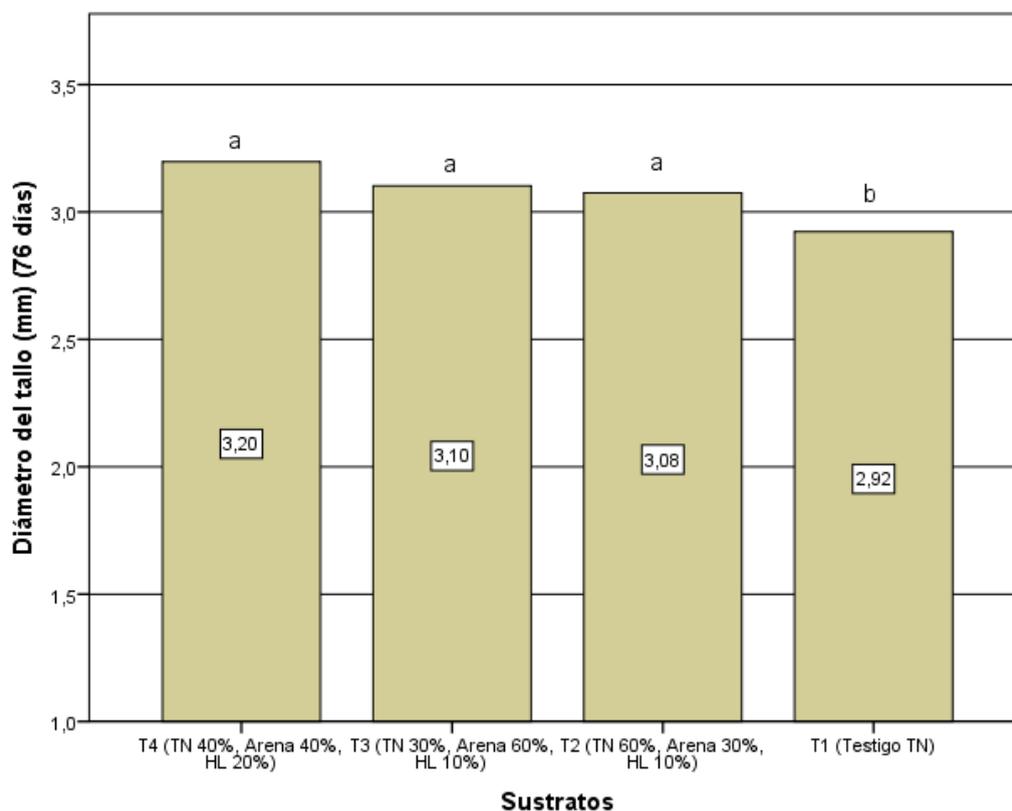


**Figura 43.** Diámetro del tallo de los plantines de caoba a los 66 DDS.

Los resultados obtenidos en esta investigación, indican que los plantines de caoba a los 66 días después de la siembra la altura y el diámetro del tallo son inversamente proporcionales, esto quiere decir que cuando los plantines de caoba tienen mayor altura del tallo, el diámetro tiende a ser menor.

#### 4.1.3.4. Diámetro del tallo a los 76 DDS.

En la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan, se obtuvo que el diámetro del tallo (cm) a los 76 días después de la siembra, las posturas que no presentaron diferencia estadística significativa son las de T<sub>4</sub> con 3,20 mm, T<sub>3</sub> con 3,10 mm y T<sub>2</sub> con 3,08 mm de diámetro; mientras las posturas del T<sub>1</sub> con un diámetro de 2,92 mm presentan diferencia significativamente inferior a los demás tratamientos (Figura 44).



**Figura 44.** Diámetro del tallo de los plantines de caoba a los 76 DDS.

Retureta (2014), menciona en su investigación que los sustratos que contienen humus de lombriz presentan mayor diámetro del tallo, coincidiendo con esta investigación ya que se observa en los tres tratamientos que contienen humus de lombriz un incremento significativo en el diámetro del tallo a diferencia del  $T_1$  que solo contiene tierra negra.

#### 4.1.4. Número de hojas a los 46 DDS.

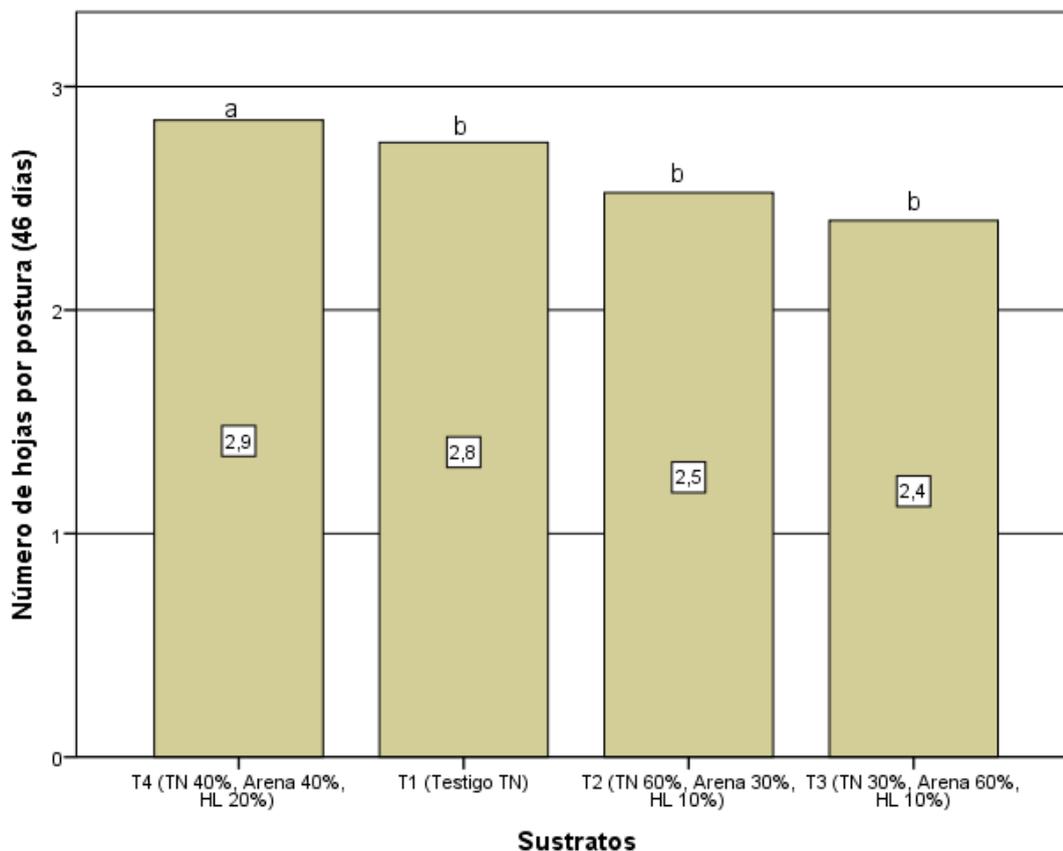
La Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes realizado al número de hojas por postura a los 46 días después de la siembra muestra un p-valor menor a 0,05 por lo que hay diferencia significativa en este momento de medición.

**Tabla 4.** Prueba Kruskal-Wallis para la variable número de hojas por postura a los 46 DDS.

<b>N total</b>	160
<b>Estadístico de contraste</b>	10,614
<b>Grados de libertad</b>	3
<b>Significación asintótica (prueba bilateral)</b>	,014

Como se puede observar en la Tabla 4 existen diferencias estadísticas en el número de hojas a los 46 días después de la siembra.

El tratamiento 4 presentó un valor 2,9 hojas y significativo con el resto de los tratamientos, los cuales no mostraron diferencia estadística entre ellos, Figura 45.



**Figura 45.** Número de hojas de los plantines de caoba a los 46 DDS.

Percy (2013), indica en su investigación que al usar mayor contenido de materia orgánica aumentaba el área foliar de las plántulas de caoba, de igual manera en nuestra investigación se observa mayor emisión foliar en las plántulas que se desarrollan en el sustrato que contiene más humus de lombriz.

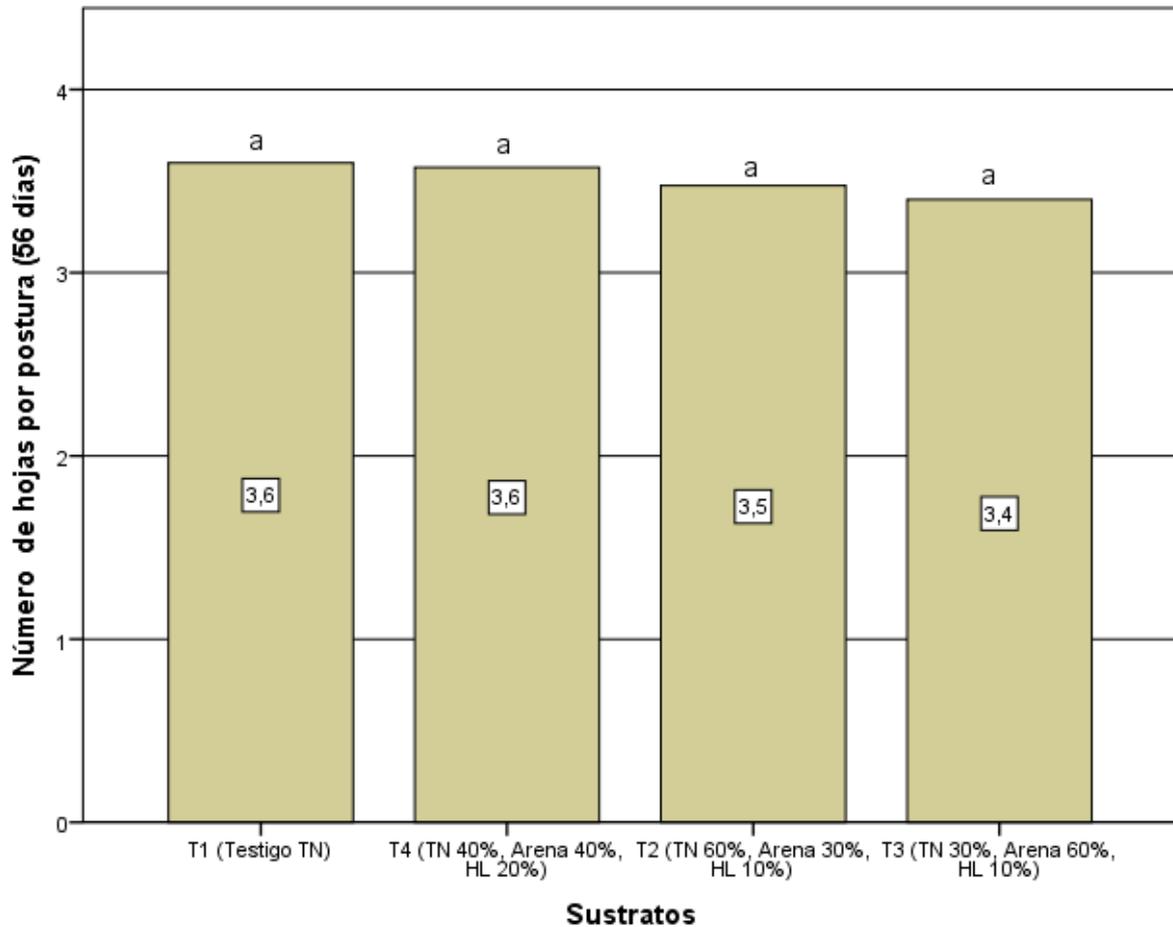
#### 4.1.5. Número de hojas a los 56 DDS.

Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes realizado al número de hojas por postura a los 56 días después de la siembra muestra un p-valor mayor a 0,05 por lo que no existe diferencia significativa en este momento de medición.

**Tabla 5.** Prueba Kruskal-Wallis para la variable número de hojas por postura a los 56 DDS.

<b>N total</b>	160
<b>Estadístico de contraste</b>	1,943
<b>Grados de libertad</b>	3
<b>Significación asintótica (prueba bilateral)</b>	,584

Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes, se observa que no existe diferencias estadísticas en el número de hojas a los 56 días después de la siembra se observa que el T<sub>1</sub> y T<sub>4</sub> obtienen un valor de 3,6 presentando igualdad entre ellos, el T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> obtienen un valor de 3,5, y 3,4 respectivamente, por lo tanto, no existe diferencia estadística entre el número de hojas con los sustratos utilizados (Figura 46).



**Figura 46.** Número de hojas de los plantines de caoba a los 56 DDS.

#### 4.1.6. Número de hojas a los 66 DDS

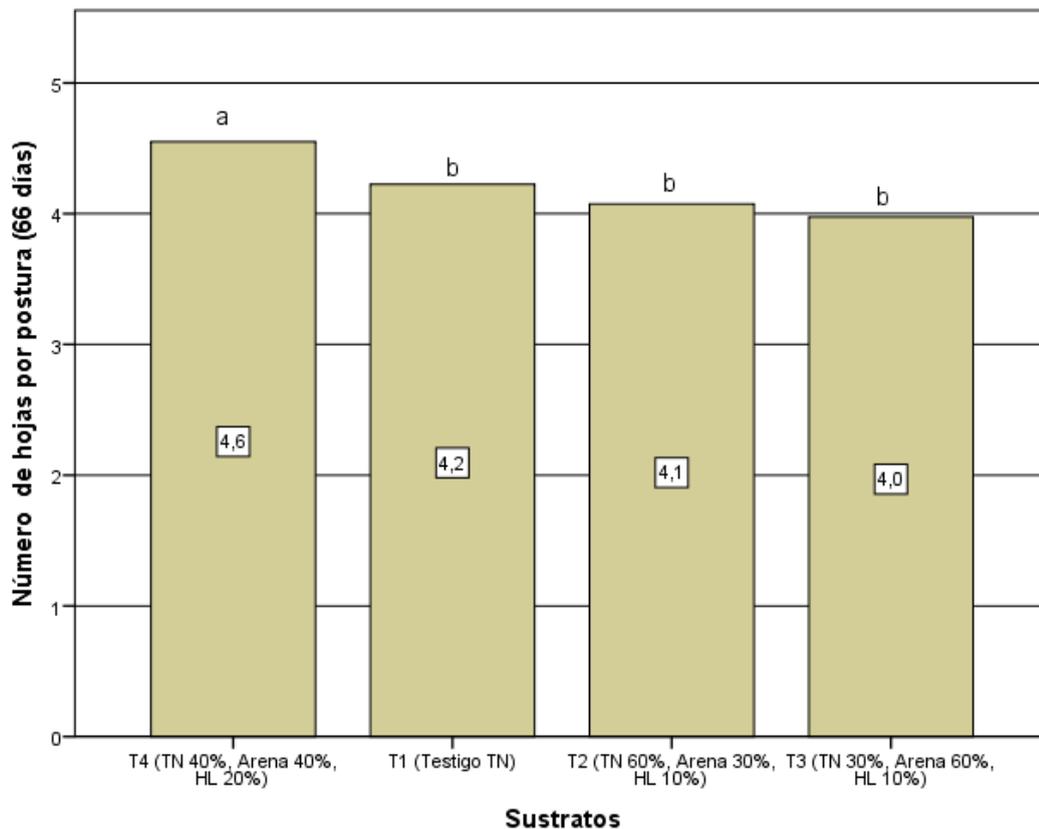
Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes realizado al número de hojas por postura a los 66 días después de la siembra muestra un p-valor menor a 0,05 por lo que hay diferencia significativa en este momento de medición.

**Tabla 6.** Prueba Kruskal-Wallis para la variable número de hojas por postura a los 66 DDS.

<b>N total</b>	160
<b>Estadístico de contraste</b>	8,160
<b>Grados de libertad</b>	3
<b>Significación asintótica (prueba bilateral)</b>	,043

Como se puede observar en la Tabla 6 existen diferencias estadísticas en el número de hojas a los 66 días después de la siembra.

El tratamiento 4 presentó un valor 4,6 hojas y significativo con el resto de los tratamientos, los cuales no mostraron diferencia estadística entre ellos, Figura 47.



**Figura 47.** Número de hojas de los plantines de caoba a los 66 DDS.

Acosta, Orantes, & Garrid (2011) mencionan en su investigación que el tratamiento en el que se usó humus de lombriz, el número de hojas que se obtuvo se encuentra entre los más altos del tratamiento usados, lo mismo sucede en nuestra investigación ya que en el T<sub>4</sub> el cual contiene el mayor porcentaje de humus de lombriz obtuvo la mayor emisión de hojas por postura.

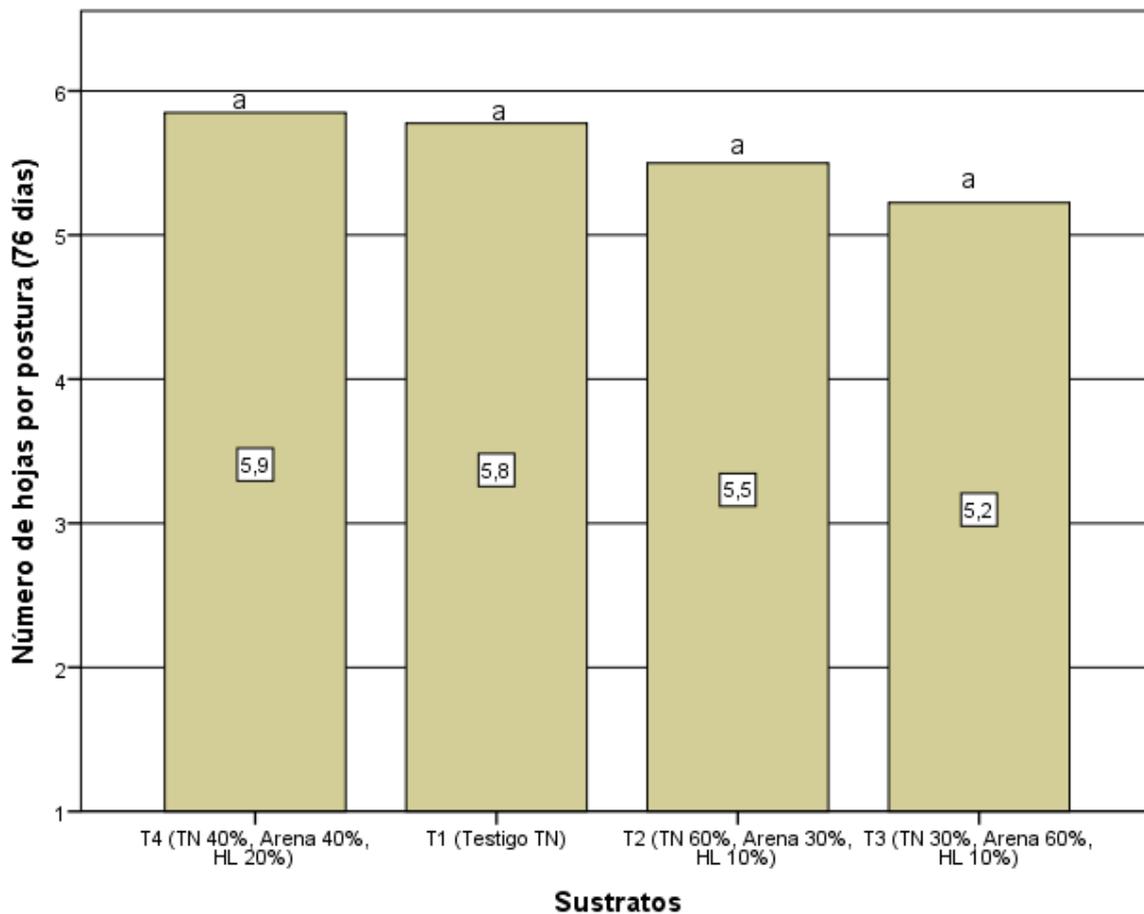
#### 4.1.7. Número de hojas a los 76 días

Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes realizado al número de hojas por postura a los 76 días después de la siembra muestra un p-valor mayor a 0,05 por lo que no hay diferencia significativa en este momento de medición.

**Tabla 7.** Prueba Kruskal-Wallis para la variable número de hojas por postura a los 76 DDS

<b>N total</b>	160
<b>Estadístico de contraste</b>	6,876
<b>Grados de libertad</b>	3
<b>Significación asintótica (prueba bilateral)</b>	,076

En la prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes, se observa que no existe diferencias estadísticas en el número de hojas a los 76 días después de la siembra, en los diferentes sustratos utilizados como se puede apreciar en la (Figura 48).



**Figura 48.** Número de hojas de los plantines de caoba a los 76 DDS.

De acuerdo a los resultados de esta investigación todo parece indicar que a medida que aumenta el tiempo después de la siembra, la cantidad de hojas de los plantines, independientemente del sustrato que se utilice tiende a ser similar, ya que en este momento de medición el análisis estadístico al número de hojas de las plántulas de caoba no representan diferencias significativas, es decir, que no interfiere el sustrato utilizado para esta variable, esto puede estar relacionado con la altura y el diámetro del tallo.

## V. CONCLUSIONES

- En conclusión según los resultados obtenidos en la investigación el sustrato tierra negra 40%, arena de río 40%, humus de lombriz 20%, obtuvo mejores respuesta de crecimiento y desarrollo de los plantines de caoba.
- Los resultados alcanzados referente al porcentaje de germinación, demuestran que la utilización del sustrato de tierra negra 100%, presenta un mayor porcentaje de germinación, mientras los sustratos con mayor porcentaje de arena de río no favorecieron la germinación de las semillas de caoba hondureña. Los sustratos que contienen humus de lombriz, la germinación de las semillas de esta especie forestal, es mejor que los sustratos que contienen arena de río, pero inferior a la tierra negra.
- Con relación a la altura del tallo la mezcla de sustrato tierra negra 40%, arena de río 40%, humus de lombriz 20%, es la que obtuvo una mayor longitud a los 46, 56 y 66 días después de la siembra, mientras el sustrato tierra negra 100% obtuvo la mayor altura a los 76 días.
- El diámetro del tallo fue mayor en el sustrato tierra negra 100% a los 46 y 56 días, mientras que a los 66 y 76 días la mezcla de sustrato en la que fue mayor el diámetro es tierra negra 40%, arena de río 40%, humus de lombriz 20%.
- La mezcla de sustrato en la que se obtuvo un mayor número de hojas a los 46, 66 y 76 días fue la mezcla de sustrato que corresponde a tierra negra 40%, arena de río 40%, humus de lombriz 20%, presentando en sustrato tierra negra 100% el mayor número de hojas a los 56 días.

## **VI. RECOMENDACIONES.**

Para obtener un mayor número de semillas germinadas de caoba hondureña se sugiere utilizar sustratos que contengan tierra negra al 100%.

Se sugiere utilizar sustratos que contengan tierra negra 40%, arena de río 40%, humus de lombriz 20%, para lograr mayor crecimiento y desarrollo de los plantines de caoba.

Se debería sembrar más árboles de caoba en la provincia de El Oro y por qué no decirlo en todo el Ecuador, esto beneficiará al medio ambiente además que se generan ingresos económicos para los campesinos.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, F., Orantes, C., & Garrid, E. (2011). Germinación y crecimiento de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) en condiciones de vivero. *Lacandonia*, 5(1), 13-20.
- Alvarenga, S., & Flores, E. (1988). Morfología y germinación de la semilla de caoba, *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae). *Revista de Biología Tropical*, 36(2A), 261-267.
- Álvarez, H., Romero, M., & Pantoja, M. (2020). Comportamiento de *Alnus nepalensis* D. Don en asocio con tres especies forestales *Schizolobium parahyba* (Vell.) SF Blaque, *Swietenia macrophylla* King, y *Cordia alliodora* Ruiz & Pav. bajo sistema agroforestal. *Revista Ciencia y Tecnología*, 13(1), 49-56.
- Álvarez, Y., Álvarez, E., Cano, J., & Suescún, D. (2012). Modelo matemático para estimar área foliar en árboles del bosque tropical seco en el Caribe Colombiano. *Intropica*, 7(1), 69-79.
- Azofeifa, J., Rojas, A., & Hine, A. (2009). Optimización del proceso de enraizamiento y aclimatización de vitroplantas de *Swietenia macrophylla* King (Orden: Meliaceae). *Revista Tecnología en Marcha*, 22(3), 34.
- Balijepalli, M., Suppaiah, V., Chin, A., Sagineedu, S., & Pichika, M. (2015). Acute oral toxicity studies of *Swietenia macrophylla* seeds in Sprague Dawley rats. *Pharmacognosy research*, 7(1), 38-44.
- Campos, J., Arteaga, M., & Campos, S. (2020). Establecimiento de un protocolo de desinfección y micropropagación in vitro de "caoba" *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae). *Arnaldoa*, 27(1), 141-156.
- Castillo, B. (2015). *Caracterización de las propiedades y fertilidad de los suelos del cantón Marcabelí provincia de El Oro*. Obtenido de Tesis de Licenciatura. Machala: Universidad Técnica de Machala:  
[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1118/7/CD333\\_TESIS.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1118/7/CD333_TESIS.pdf)
- Castruita, M., Preciado, P., & González, G. (2008). Adición de material pomáceo a sustratos de arena para incrementar la capacidad de retención de humedad. *Interciencia*, 33(12), 923-928.

- Chen, J., Huang, S., Liao, C., & Wei, D. (2010). A new phragmalin-type limonoid and anti-inflammatory constituents from the fruits of *Swietenia macrophylla*. *Food chemistry*, *120*(2), 379-384.
- CORPEI. (2012). *Planificación Estratégica Plantaciones Forestales en el Ecuador*.
- Covacevich, F., & Echeverría, H. (2003). Utilización de formaldehído para la erradicación de hongos micorríticos arbusculares de muestras de suelo. *Ciencia del suelo*, *21*(1), 9-17.
- Cruz, M. (2003). La caoba una alternativa para áreas deforestadas de la Huasteca Potosina . En *Folleto para productores* (Vol. 4, pág. 15). Mexico.
- Cuellas, M., Amoia, P., & Delmazzo, P. (2019). Efecto de diferentes tratamientos de desinfección del suelo sobre las propiedades edáficas. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, *35*(1), 26-37.
- Cuevas, X., Maldonado, H., Franco, C., & Solario, C. (1998). Índice de sitio para caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Quintana Roo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales.*, *23*(84), 9-18.
- Galván, A., Mendizábal, L., Alba, J., Chávez, A., & Landero, N. (2012). Variación de semillas y germinación de *Swietenia macrophylla* King de tres procedencias del Estado de Tabasco, México. *Foresta Veracruzana*, *14*(1), 35-42.
- García, S., Alvarado, D., Méndez, J., & Valdovinos, G. (2017). Efecto de *Fusarium circinatum* en la germinación y crecimiento de plántulas de *Pinus greggii* en tres sustratos. *Agrociencia*, *51*(8), 895-908.
- González, M., Orellana, R., & Martorell, A. (2007). PROPIEDADES HIDROFISICAS DEL HUMUS DE LOMBRIZ PARA SU USO COMO SUSTRATO. *Revista Agrotecnia de Cuba*, *31*(1), 1-4.
- Guardia, M., Torres, J., & Arroyo, H. (2015). Aprovechamiento forestal maderable en cuatro municipios del departamento de Chocó, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, *6*(2), 57-74.
- López, J., Guío, N., Fischer, G., & Miranda, D. (2008). Propagación de uchuva (*Physalis peruviana* L.) mediante diferentes tipos de esquejes y sustratos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, *61*(1), 4347-4357.

- López, F., García, C., & Ramírez, E. (2012). Germinación y crecimiento de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) en condiciones de vivero. *Lacandonia*, 5(1), 13-2.
- López, N., & Fabal, A. (2012). Uso de un sustrato alternativo a la turba para la producción viverística de plantas hortícolas y aromáticas. *Recursos rurales: revista oficial do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvimento Rural (IBADER)*, 8, 31-37.
- Maiti, A., Dewanjee, S., & Mandal, S. (2007). In vivo evaluation of antidiarrhoeal activity of the seed of *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae). *Tropical journal of pharmaceutical research*, 6(2), 711-716.
- Marín, G., Riveros, E., & Botía, F. (2005). Uso de aserrín y acículas como sustrato de germinación y crecimiento de *Quercus humboldtii* (roble). *Colombia forestal*, 9(18), 98-108.
- Martínez, M., Torres, J., & Medina, H. H. (2015). Aprovechamiento forestal maderable en cuatro municipios del departamento de Chocó, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(2), 57-74.
- Medrano, A., & Ortuño, N. (2007). Control del Damping off mediante la aplicación de bioinsumos en almácigos de cebolla en el Valle Alto de Cochabamba-Bolivia. *Acta Nova*, 3(4), 660-679.
- Melessa, U., & Palacios, W. (2011). Huella isotópica: ¿ puede el análisis forense mejorar el control forestal? *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 10, 21-32.
- Melgarejo, M., Ballesteros, M., & Bendeck, M. (1997). Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y nutricionales en humus de lombriz y composts derivados de diferentes sustratos. *Revista colombiana de química*, 26(2), 11-19.
- Morales. (2013). *Swietenia macrophylla*. Obtenido de Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá : <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/144>
- Mostacero. (1998). Especies madereras nativas del norte del Perú. *Rebiol*, 16(1), 67-78.
- Negreros, P. (2010). Efecto de sustrato y densidad en la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble. *Madera y bosques*, 16(2), 7-18.

- OIMT. (9 de Mayo de 2005). *Promoción comercial de productos y maderas certificadas de Guatemala*. Obtenido de MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN:  
[http://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2775/Competition/PPD-64-02-R1-M-Completion-Report.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2775/Competition/PPD-64-02-R1-M-Completion-Report.pdf)
- Oliver , C., & Jonhy, C. (2017). Rendimiento de dos variables de papa (*Solanum tuberosum* L.) con la aplicación de tierra negra y fertilizantes inorgánicos. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 4(2), 56-69.
- Palacios, W. (2009). Criterios para el manejo y protección de especies forestales maderables críticas del noroccidente del Ecuador. *Cinchonia*, 9(1), 109-121.
- Percy, D. (2013). Comportamiento morfológico de cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) en respuesta al tipo de sustrato en vivero. *Folia Amazonica*, 22(1), 25-34.
- Ramírez, E. (2013). crecimiento y sobrevivencia de plántulas de caoba" *Swietenia macrophylla*" en diferentes sustratos, vivero forestal de Quistococha-Gorel, Loreto, Perú. *SUNEDU*.
- Retureta, A. (2014). Comparación de sustratos para producción de caoba *Swietenia macrophylla* King, con semillas colectadas del rio Michapan de Acayucan, Veracruz, México. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 2(3), 261-265.
- Reyes , J., Aldrete, A., Cetina, V., & López, J. (2005). Producción de plántulas de *Pinus pseudostrobus* var. *Apulcensis* en sustratos a base de aserrín. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 11(2), 105-110.
- Rueda, A., & Benavides, J. (2021). Evaluación de plantaciones de *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. y *Swietenia macrophylla* King en el Centro-Occidente de México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 12(67), 130-146.
- Rueda, A., Benavides, J., Saenz, J., Muñoz, H., & Prieto, J. (2014). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5(22), 58-73.
- Ruiz, B. A. (2016). Valoración de métodos convencionales y no convencionales para el control del taladrador de las meliáceas en América. *Bosque (Valdivia)*, 37(1), 13-19.

- Salazar, R., & Ramírez, A. (2001). Efecto del tamaño de los frutos de *Swietenia macrophylla* en la cantidad de las semillas, la germinación y el crecimiento inicial de las plántulas. *Revista Forestal Latinoamericana (Venezuela)*, 16(30), 179-203.
- Sánchez. (2004). *Estudio técnico y financiero para establecer una plantación de caoba del Atlántico (Swietenia macrophylla)*. Guayas.
- Sánchez, Á., López, S., Córdova, V., & Gallardo, F. (2018). Productividad potencial del SAF cacao asociado con árboles forestales. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4(7), 862-877.
- Snook, L. K. (2000). Regeneración y crecimiento de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) en selvas de Quintana Roo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 25(87), 59-76.
- Tacoronte, M., Vielma, M., & Mora, A. (2004). Propagación in vitro de caoba (*Swietenia macrophylla* King) a partir de yemas axilares. *Acta Científica Venezolana*, 55, 7-12.
- Verde, M. (2014). *Influencia de dos sustratos y tres tamaños de semilla en la germinación y crecimiento inicial de la caoba*. Tingo María.
- Wightman, K. (2001). Ensayos de sustratos y densidad con cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) en el sur de la Península de Yucatán, México. *Revista Forestal Centroamericana*, 10(36), 35-40.