



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

### Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

#### Carrera de Ingeniería Forestal

Propagación sexual de *Swietenia macrophylla* King (Caoba), en la finca Sr.  
Máximo Juela, en el barrio Patacorral, parroquia El Tambo, cantón  
Catamayo, provincia de Loja

Trabajo de Integración Curricular,  
previo a la obtención del título de  
Ingeniero Forestal

#### AUTOR:

Kelvin Ronaldo Juela Campoverde

#### DIRECTOR:

Ing. For. Byron Gonzalo Palacios Herrera, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Educamos para Transformar

# Certificación



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

**Sistema de Información Académico  
Administrativo y Financiero - SIAAF**

## **CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, **Palacios Herrera Byron Gonzalo**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Propagación sexual de Swietenia macrophylla King (Caoba)**, en la finca **Sr. Máximo Juela**, en el barrio **Patacorral**, parroquia **El Tambo**, cantón **Catamayo**, provincia de **Loja**, perteneciente al estudiante **Kelvin Ronaldo Juela Campoverde**, con cédula de identidad N° **1105374134**. Certifico que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular** se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, el/la señor/a docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 21 de Agosto de 2023



Firmado digitalmente por  
BYRON GONZALO  
PALACIOS HERRERA

F) \_\_\_\_\_  
DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



Certificado TIC/TT.: UNL-2023-000227

1/1  
*Educamos para Transformar*

### **Autoría**

Yo, **Kelvin Ronaldo Juela Campoverde**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido del mismo.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo Integración Curricular en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



**Firma:**

**Cédula de Identidad:** 110537413-4

**Fecha:** 24-07-2024

**Correo:** k3lvin.juela@gmail.com

**Celular:** +593991282120

**Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.**

Yo, **Kelvin Ronaldo Juela Campoverde**, declaro ser el autor del Trabajo de Integración Curricular, titulado: **Propagación sexual de *Swietenia macrophylla* King (Caoba), en la finca Sr. Máximo Juela, en el barrio Patacorral, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Forestal**, autorizó al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo del Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja a los veinte y cuatro días del mes de julio del año dos mil veinte y cuatro.



**Firma:**

**Autor:** Kelvin Ronaldo Juela Campoverde

**Número de cédula:** 110537413-4

**Dirección:** Barrio Patacorral

**Correo electrónico:** k3lvin.juela@gmail.com

**Celular:** +593991282120

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director del Trabajo de Integración Curricular:** Ing. For. Byron Gonzalo Palacios Herrera,  
Mg. Sc.



## **Dedicatoria**

### **A Dios y la Churonita**

Agradezco a **Dios** y a **La Churonita** (*Virgen del Cisne*) por permitirme tener con vida a mi mamita, papito, herman@s y amigos. Por darme la fuerza, salud y voluntad que ha sido fundamentales para alcanzar esta meta tan importante en mi vida y darme haberme oportunidad de estudiar y de seguir adelante en esta meta profesional y persona.

### **A mi Mamita y Papito**

A mi mamita **Luz Victoria Campoverde Carrión** y a mi papito **Máximo Marcelino Juela Quille**, les agradezco por sus invaluable consejos, su amor incondicional y su confianza en mí. Sin su apoyo y afecto, no habría logrado alcanzar esta meta profesional.

### **A mis herman@s Juela Campoverde**

A mis hermanos **Carlos** (Suco), **Jefferson** (Negro), **David** (Pollo) y mis hermanas **Mercedes** (Miche) y **Cristina**, por darme sus consejos y su amor como hermano, amigo y por estar en los momentos más difíciles.

### **A mi Abuelita**

A mi querida abuelita **Hortencia María Quille** (), quien desde el cielo me cuida y protege. A pesar de la falta que me haces, sé que desde arriba estás orgullosa de mí y no me viste alcanzar esta meta de mi vida, que falta me haces en este momento. Siempre te llevaré en mi corazón y alma.

### **A mi sobrina**

A mi sobrina **Isabel Juela Campoverde**, quien amo con mi vida, y con corazón ternurita.

### **A mis amigos**

A mi querido amigo y primo **Víctor Juela** (Vily) por sus consejos de superación, amistad y apoyo incondicional. También a **Rómulo Fernández**, quien se ha convertido en un hermano para mí en todos los aspectos de mi vida. Por último, quiero expresar mi gratitud a mis **familiares** (Tíos y primos), **amigos y conocidos**, aunque pueda haber olvidado mencionar algunos, por brindarme su ayuda y consejos en momentos difíciles, tanto en mi desarrollo personal como académico. Siempre los llevo en mi corazón y mente, nunca los olvidaré.

*Hijo, hermano y amigo Kelvin*

## **Agradecimiento**

### **A mi Familia**

Gracias a mis *padres* por haberme ayudado en toda mi vida y *herman@s* por estar a mi lado siempre, por estar en los malos y buenos momentos, me falta esta vida para agradecerles todo lo que han hecho por mí.

### **Universidad Nacional de Loja (UNL) y Facultad Agropecuaria Recursos Naturales Renovables (FARN)**

Agradezco UNL y FARN, por haber permitido ser parte de ella y formado como persona y profesional con valores y ética.

### **Carrera Ingeniera Forestal (Cfor)**

Gracias a la *Carrera Ingeniería Forestal*, por haberme permitido estudiar y formarme como persona y profesional y también por haberme contribuido con conocimientos, ética y disciplina durante 4,5 años de formación.

### **A mi director**

Al **Ing. For. Byron Gonzalo Palacios Herrera, M.Sc.**, por su valiosa amistad y apoyo tanto en mi etapa de estudiante y tesista como fuera del aula. Gracias sus conocimientos, experiencia, sabiduría y consejos han sido fundamentales para el avance de mi tesis y mi crecimiento personal y profesional.

### **A mis compañeros de aula y otros**

Se convertirán en colegas profesionales gracias a los 4,5 años de formación compartidos, donde hemos pasado por buenos y malos momentos dentro y fuera de las aulas. Agradezco su amistad y consejos durante este tiempo.

### **Especialmente**

Al **Ing. For. Darlin Ulises González Zaruma, Ph.D.**, por su amistad, consejos y enseñanza. Su orientación y sus ideas han sido fundamentales para la redacción y el desarrollo de mi trabajo de titulación.

### **Finalmente**

A los miembros del tribunal de grado por observaciones para mejorar el trabajo de titulación a los Ingenieros: **Johana Muñoz** (Presidenta), **Darlin González** (Vocal), **Luis Muñoz** (Vocal).

*Kelvin*

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de contenidos</b> .....	<b>vii</b>
<b>Índice de tablas:</b> .....	<b>ix</b>
<b>Índice de figuras:</b> .....	<b>x</b>
<b>Índice de anexos:</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
2.1. Abstract .....	<b>3</b>
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Marco teórico</b> .....	<b>6</b>
4.1. Descripción botánica .....	<b>6</b>
4.2. Clasificación taxonómica .....	<b>8</b>
4.3. Fenología .....	<b>9</b>
4.4. Categoría UICN y CITES .....	<b>9</b>
4.5. Gremio ecológico .....	<b>9</b>
4.6. Hábitat .....	<b>9</b>
4.7. Distribución geográfica .....	<b>9</b>
4.8. Requerimientos ambientales .....	<b>10</b>
4.9. Características y propiedades de la madera.....	<b>10</b>
4.10. Usos de la especie .....	<b>11</b>
4.11. Propagación.....	<b>12</b>
4.12. Sustrato.....	<b>12</b>
4.13. Semilla.....	<b>14</b>
4.14. Tratamientos pregerminativos .....	<b>16</b>
4.15. Germinación .....	<b>18</b>
4.16. Etapas de la germinación.....	<b>19</b>

4.17. Condiciones para que se dé la germinación .....	20
4.18. Crecimiento e incremento .....	22
4.19. Análisis de varianza (ANOVA) .....	23
<b>5. Metodología.....</b>	<b>25</b>
5.1. Área de estudio.....	25
5.2. Materiales y equipos.....	26
5.3. Metodología para determinar el efecto de los tratamientos pregerminativos en el porcentaje de germinación.....	26
5.4. Metodología para evaluar el efecto de los tratamientos pregerminativos en el crecimiento de las plántulas a los 6 meses de edad .....	31
<b>6. Resultados .....</b>	<b>37</b>
6.1. Efecto de los tratamientos en la germinación de semillas de <i>S. macrophylla</i> .....	37
6.2. Efecto de los tratamientos en el crecimiento de las plantas de <i>S. macrophylla</i> .....	39
<b>7. Discusión .....</b>	<b>54</b>
7.1. Efecto de los tratamientos en el porcentaje de germinación .....	54
7.2. Efecto de los tratamientos en el crecimiento de las plantas de <i>S. macrophylla</i> .....	55
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>59</b>
<b>9. Recomendaciones .....</b>	<b>60</b>
<b>10. Bibliografía .....</b>	<b>61</b>
<b>11. Anexos .....</b>	<b>70</b>

## Índice de tablas:

<b>Tabla 1.</b> <i>Clasificación taxonómica de S. macrophylla.</i> .....	8
<b>Tabla 2.</b> <i>Características y propiedades de la madera de S. macrophylla.</i> .....	11
<b>Tabla 3.</b> <i>Tratamientos pregerminativos en semillas de S. macrophylla.</i> .....	30
<b>Tabla 4.</b> <i>Categorización para la evaluación de la sobrevivencia.</i> .....	35
<b>Tabla 5.</b> <i>Plantas obtenidas de los tratamientos pregerminativos de S. macrophylla.</i> .....	36
<b>Tabla 6.</b> <i>Cuadro resumen de la germinación de las semillas de caoba.</i> .....	37
<b>Tabla 7.</b> <i>Porcentaje de sobrevivencia de las plantas de S. macrophylla a los 6 meses.</i> .....	39
<b>Tabla 8.</b> <i>Análisis descriptivo a los 0, 3 y 6 meses de evaluación en los diferentes tratamientos.</i> .....	53

## Índice de figuras:

<b>Figura 1.</b> <i>Árbol de S. macrophylla</i> .....	6
<b>Figura 2.</b> <i>Copa (a) y hojas (b) de S. macrophylla</i> .....	6
<b>Figura 3.</b> <i>Forma (a), Fuste (b) y Ramas (c) de S. macrophylla</i> . ....	7
<b>Figura 4.</b> <i>Corteza lisa (a) y Corteza escamosa (b y c)</i> .....	7
<b>Figura 5.</b> <i>Flor (a) y Inflorescencia (b) de S. macrophylla</i> .....	7
<b>Figura 6.</b> <i>Fruto tierno (a) y Fruto maduro (b) de S. macrophylla</i> .....	8
<b>Figura 7.</b> <i>Semillas de S. macrophylla</i> .....	8
<b>Figura 8.</b> <i>Distribución geográfica natural de S. macrophylla</i> .....	10
<b>Figura 9.</b> <i>Germinación epigea en C. odorata (a) y P. montana (b)</i> .....	18
<b>Figura 10.</b> <i>Germinación hipogea en S. macrophylla (a) y J. neotropica (b)</i> . ....	19
<b>Figura 11.</b> <i>Ubicación geográfica del área de estudio</i> .....	25
<b>Figura 12.</b> <i>Peso de la muestra de las semillas (a y b) en la balanza de precisión</i> .....	27
<b>Figura 13.</b> <i>Semillas (a), e Inmersión de las semillas (b y c)</i> . ....	27
<b>Figura 14.</b> <i>Etiquetado de los tratamientos pregerminativos Etiqueta (a), Tratamiento T0 (b) y Tratamiento T1(c)</i> . ....	28
<b>Figura 15.</b> <i>Riego de semillas de S. macrophylla</i> . ....	28
<b>Figura 16.</b> <i>Distribución al azar de los diferentes tratamientos pregerminativos en la germinación de las semillas de S. macrophylla</i> . ....	30
<b>Figura 17.</b> <i>Altura (a) y Hojas (b y c) de las plantas de S. macrophylla</i> .....	31
<b>Figura 18.</b> <i>Desinfección del sustrato para el crecimiento de plantas de caoba</i> . ....	32
<b>Figura 19.</b> <i>Llenado (a) y Funda llenada (b) para el repique de las plantas de caoba</i> . ....	32
<b>Figura 20.</b> <i>Riego (a), Deshierbe de las malezas (b), y Control fitosanitario: Aplicación del Diazol (c) y Oxithane (d) en las plantas de S. macrophylla</i> .....	33
<b>Figura 21.</b> <i>Medición de la raíz (a) y conteo de número de raíces secundarias (b) en las plantas de caoba</i> .....	33
<b>Figura 22.</b> <i>Medición de la altura de las plantas de S. macrophylla</i> . ....	34
<b>Figura 23.</b> <i>Conteo de las hojas (a y b) en las plantas de S. macrophylla</i> . ....	34
<b>Figura 24.</b> <i>Medición de Longitud (a) y Ancho (b) de las hojas de las plantas de caoba</i> .....	35
<b>Figura 25.</b> <i>Distribución al azar de los diferentes tratamientos en el crecimiento de las plantas de S. macrophylla</i> . ....	36
<b>Figura 26.</b> <i>Sigmoide de germinación de las semillas de S. macrophylla</i> .....	37
<b>Figura 27.</b> <i>Porcentaje de germinación de las semillas de S. macrophylla</i> . ....	38

<b>Figura 28.</b> <i>Germinación de las semillas de S. macrophylla bajo los tratamientos pregerminativos.</i> .....	38
<b>Figura 29.</b> <i>Ataque de las plagas en las plantas de S. macrophylla.</i> .....	39
<b>Figura 30.</b> <i>Longitud promedio de raíz principal, a los 0 meses de evaluación.</i> .....	40
<b>Figura 31.</b> <i>Longitud promedio de raíz principal, a los 3 meses de evaluación.</i> .....	40
<b>Figura 32.</b> <i>Longitud promedio de raíz principal, a los 6 meses de evaluación.</i> .....	41
<b>Figura 33.</b> <i>Número promedio de raíces secundarias, a los 0 meses de evaluación.</i> .....	41
<b>Figura 34.</b> <i>Número promedio de raíces secundarias, a los 3 meses de evaluación.</i> .....	42
<b>Figura 35.</b> <i>Número promedio de raíces secundarias, a los 6 meses de evaluación.</i> .....	42
<b>Figura 36.</b> <i>Curva de crecimiento promedio en altura de S. macrophylla a los 0, 3 y 6 meses de edad.</i> .....	43
<b>Figura 37.</b> <i>Altura promedio, a los 0 meses de evaluación.</i> .....	43
<b>Figura 38.</b> <i>Altura promedio, a los 3 meses de evaluación.</i> .....	44
<b>Figura 39.</b> <i>Altura promedio, a los 6 meses de evaluación.</i> .....	44
<b>Figura 40.</b> <i>Curva del Incremento Corriente Trimestral (ICT) en altura de los diferentes tratamientos.</i> .....	45
<b>Figura 41.</b> <i>Incremento Corriente Trimestral (ICT) de la altura plántulas 0 a 3 meses.</i> .....	46
<b>Figura 42.</b> <i>Incremento Corriente Trimestral (ICT) de la altura plántulas 3 a 6 meses.</i> .....	46
<b>Figura 43.</b> <i>Curva del Incremento Medio Trimestral (IMT) de la altura de los diferentes tratamientos.</i> .....	47
<b>Figura 44.</b> <i>Incremento Medio Trimestral (IMT) en la altura a los 3 meses de edad.</i> .....	47
<b>Figura 45.</b> <i>Incremento Medio Trimestral (IMT) en la altura 6 meses de evaluación.</i> .....	48
<b>Figura 46.</b> <i>Número promedio de hojas, a los 0 meses de evaluación.</i> .....	48
<b>Figura 47.</b> <i>Número promedio de hojas, a los 3 meses de evaluación.</i> .....	49
<b>Figura 48.</b> <i>Número promedio de hojas, a los 6 meses de evaluación.</i> .....	49
<b>Figura 49.</b> <i>Longitud promedio de las hojas, a los 0 meses de evaluación.</i> .....	50
<b>Figura 50.</b> <i>Longitud promedio de las hojas, a los 3 meses de evaluación.</i> .....	50
<b>Figura 51.</b> <i>Longitud promedio de las hojas, a los 6 meses de evaluación.</i> .....	51
<b>Figura 52.</b> <i>Ancho promedio de las hojas, a los 0 meses de evaluación.</i> .....	51
<b>Figura 53.</b> <i>Ancho promedio de las hojas, a los 3 meses de evaluación.</i> .....	52
<b>Figura 54.</b> <i>Ancho promedio de las hojas, a los 6 meses de evaluación.</i> .....	52

**Índice de anexos:**

<b>Anexo 1.</b> Cuadro resumen del peso de las semillas <i>S. macrophylla</i> .....	70
<b>Anexo 2.</b> Cuadro resumen del ICT y IMT en altura .....	70
<b>Anexo 3.</b> Prueba de normalidad con Shapiro–Wilks sobre las variables evaluadas.....	70
<b>Anexo 4.</b> Certificado de traducción del resumen .....	71



## **1. Título**

Propagación sexual de *Swietenia macrophylla* King (Caoba), en la finca Sr. Máximo Juela, en el barrio Patacorral, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja

## 2. Resumen

*Swietenia macrophylla* es una especie forestal económicamente valiosa, debido a la madera de calidad, reconocida por la fineza, veteado y belleza. Sin embargo, las semillas de caoba pierden rápidamente la viabilidad, por tanto, registran bajas tasas de germinación. Ante ello, los tratamientos pregerminativos constituye una estrategia para acelerar la germinación y la producción de plantas. Se evaluó el efecto de los tratamientos pregerminativos en la germinación y crecimiento de plántulas a los 6 meses, para ello, las semillas de caoba se sometieron a 7 tratamientos en inmersión en agua a temperatura ambiente por 12, 24, 36, 48, 60, 72 y 84 horas, y un control para contrastar. El diseño fue completamente al azar con 8 tratamientos y 3 repeticiones. Para la germinación, las semillas se sembraron en arena fina de río; a lo que se refiere el crecimiento se usó un sustrato compuesto por tierra local, arena fina de río, compost y aserrín en proporción 3:1:2:1. Las variables evaluadas fueron; número días a la germinación, porcentaje de germinación, sobrevivencia, longitud de la raíz principal, número de raíces secundarias, Altura, número de hojas, el ancho y longitud de hoja. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias (TUKEY) con un nivel de significancia de 5 % (0,05) de error para demostrar el efecto del potencial de la germinación y el crecimiento de las plántulas a los 6 meses de edad. Los resultados indica que el tratamiento T5 registro el mayor porcentaje de germinación con 85,96 % comenzando a germinar a los 26 días y estabilizándose a los 70 días. En general a los 6 meses de evaluación las plántulas registraron un promedio de sobrevivencia 100% general, longitud de raíz principal de 22,73 cm y una media de 80,17 raíces secundarias por planta, asimismo alcanzando una altura promedio de 24,01 cm, un Incremento Corriente Trimestral medio de 1,78 cm y, por último, un Incremento Medio Trimestral promedio de 4 cm/mes de altura. Además, se registró un promedio de 5,21 hojas por planta, con una longitud media de 11,72 cm y un ancho promedio de 4,66 cm. Los tratamientos pregerminativos en las semillas de caoba influyeron positivamente en el tiempo y tasa de germinación. Esto resalta la importancia de optimizar las condiciones de manejo para fomentar el crecimiento de esta valiosa especie.

**Palabras clave:** Caoba, crecimiento, germinación, semilla, sustrato.

## 2.1. Abstract

*Swietenia macrophylla* is a forest species of significant economic value due to its high-quality wood, renowned for its fine texture, grain, and beauty. Nevertheless, mahogany seeds rapidly lose viability, leading to low germination rates. To address this issue, pre-germination treatments are used as a strategy to speed up germination and enhance plant production. This study evaluated the impact of pre-germination treatments on the germination and growth of seedlings over a period of six months. Mahogany seeds were subjected to seven treatments, involving immersion in water at room temperature for 12, 24, 36, 48, 60, 72, and 84 hours, with an additional control group for comparison. The experimental design was completely randomized with eight treatments and three replicates. For germination, seeds were sown in fine river sand; for growth, a substrate composed of local soil, fine river sand, compost, and sawdust in a 3:1:2:1 ratio was used. The variables evaluated included days to germination, germination percentage, survival rate, primary root length, number of secondary roots, height, number of leaves, leaf width, and leaf length. An analysis of variance (ANOVA) and TUKEY's range tests were conducted at a 5% (0,05) significance level to demonstrate the effects on germination potential and seedling growth at six months. The results indicate that treatment T5 achieves the highest germination percentage at 85,96%, with germination beginning at 26 days and stabilizing at 70 days. At the six-month evaluation, seedlings had an overall survival rate of 100%, a primary root length of 22,73 cm, an average of 80,17 secondary roots per plant, an average height of 24,01 cm, a mean quarterly height increment of 1,78 cm, and an overall mean quarterly height increment of 4 cm/month. Additionally, seedlings had an average of 5,21 leaves per plant, with a mean leaf length of 11,71 cm and a width of 4,66 cm. The pre-germination treatments positively influenced both the time and rate of germination for mahogany seeds. These findings underscore the importance of optimizing management conditions to foster the growth of this valuable species.

**Key words:** *Mahogany, growth, germination, seed, substrate.*

### 3. Introducción

Ecuador pertenece a los 17 países megadiversos del mundo, debido a que posee una riqueza de especies de flora y fauna; se estima que existe aproximadamente 22 843 plantas, de las cuales 4 500 son endémicas, 595 exóticas y 17 748 nativas (Bravo, 2014; Sánchez y Reyes, 2015). Siendo *S. macrophylla*, una especie nativa del bosque húmedo tropical, región costa y sus estribaciones (Ministerio del Ambiente de Ecuador [MAE], 2015), brinda beneficios sociales, ambientales, económicos y culturales, además de diversos usos como sistemas agroforestales, conservación y protección del suelo, recuperación de áreas degradadas, entre otros (Calle y Murgueitio, 2020).

El género *Swietenia*, posee tres especies: *S. macrophylla*, *S. mahogoni* y *S. humilis*, las cuales tienen alto interés económico, pero *S. macrophylla* es la de madera valiosa, por ser una de las maderas más finas del mundo, debido a la trabajabilidad, veteado y belleza (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR], 2019; Navarro, 1999; Puentes et al., 2002), es por ello que desde el 2002 a la caoba se la incluyó en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), dado que si no se controla el comercio se puede extinguir. El reto es implementar prácticas silviculturales para que la actividad forestal sea ecológica y rentable (Pérez, 2017).

En el Ecuador los últimos relictos de *S. macrophylla* se encuentran en los bosques nativos de las provincias de Pastaza y Morona Santiago, entre tanto en provincias como Orellana, Napo y Sucumbíos la especie casi ha desaparecido (Belén, 2018; Sorgato, 2017), por tanto, está protegida por el estado mediante acuerdo Ministerial N° 090, por 10 años de veda y está catalogada a nivel global como vulnerable (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN], 2023), sin embargo, en Ecuador se encuentra en peligro crítico de extinción (Krisnawati et al., 2011; Limongi et al., 2022; Ministerio del Ambiente de Ecuador [MAE], 2017). Así también, es considerada una especie de aprovechamiento condicionado según el Acuerdo Ministerial N° 125, que rige las normas para el Manejo Forestal Sostenible de los Bosques Húmedos del Ecuador (MAE, 2015), dado la sobreexplotación maderera en las décadas de los 80 y 90, por tanto, han llevado a que las poblaciones naturales se reduzcan entre 4 500 a 4 000 árboles (Sorgato, 2017).

Además, *S. macrophylla* tiene problemas en la germinación de las semillas y por tanto, en la regeneración natural en el bosque (Limongi et al., 2022; Pérez, 2017; MAE, 2017), ya que depende de la viabilidad del banco de semillas en el suelo y las condiciones aptas para la germinación, sumado a esto la tala selectiva, sobreexplotación comercial, tala ilegal, apertura de vías para minería ilegal y el ataque de *Hypsipylla grandella*, ha influido en la dinámica de

las poblaciones (Lombardi et al., 2014; MAE, 2017; Synnott, 2009; Toledo y Snook, 2005).

En este contexto la propagación de plantas constituye una alternativa para el manejo silvicultural de los bosques tropicales, ya que permite, obtener plántulas con calidad genética para fines de restauración ecológica y establecimiento de plantaciones mixtas de especies nativas con potencial económico, así como sistemas agroforestales (Rodríguez et al., 2009). La propagación de las especies nativas ha permitido, recuperar especies en peligro de extinción, mediante la conservación *ex situ* y mantenimiento de germoplasma nativo.

Con los antecedentes mencionados el presente trabajo de investigación contribuye al conocimiento sobre la propagación sexual de *S. macrophylla*, con el fin de producir plantas, para la implementación de programas o proyectos de reforestación y forestación. Para ello, los objetivos planteados fueron los siguientes:

#### **Objetivo general**

Contribuir con información sobre la propagación sexual de *Swietenia macrophylla* King (Caoba), en la finca Sr. Máximo Juera, el barrio Patacorral, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja.

#### **Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de los tratamientos pregerminativos en el porcentaje de germinación.
- Evaluar el efecto de los tratamientos pregerminativos en el crecimiento de las plántulas a los 6 meses de edad.

## 4. Marco teórico

### 4.1. Descripción botánica

Árbol monoico y siempreverde (perennifolio) o decíduo (caducifolio) que puede alcanzar una altura de 35 a 70 m y un dap de 0,8 a 3,5 m (Figura 1) (Samaniego et al., 2011; Wegier et al., 2013; Cárdenas et al., 2015; Pérez, 2017).

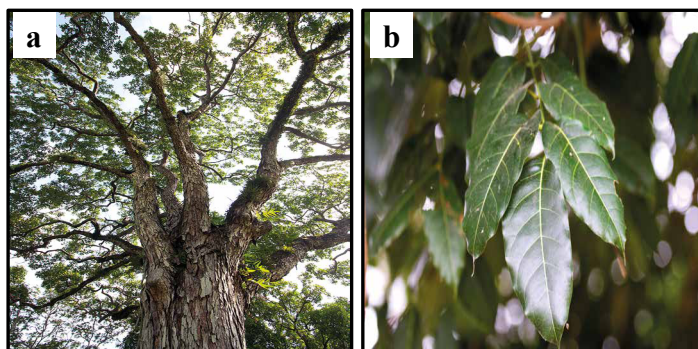
**Figura 1.** *Árbol de S. macrophylla*



*Fuente:* Rojas y Torres (2008).

Presenta una copa abierta y redondeada con forma de sombrilla (Figura 2a). Las hojas son compuestas paripinnadas en ocasiones imparipinnadas, de 12 a 45 cm de largo. Están conformadas por 3 a 6 pares de folíolos lanceolados u ovados. Los folíolos son asimétricos, miden entre 5 y 13 cm de largo y 2 a 5 cm de ancho, presentando un borde entero y un ápice agudo y falcado. Los folíolos muestran un tono verde claro o incluso rojizo en su fase juvenil, mientras que adquieren un color verde oscuro y un brillo pronunciado (Figura 2b) cuando alcanzan la madurez. Los nervios secundarios se distribuyen en 8 a 11 pares y son prominentes en ambas caras (haz y envés). Además, la nerviación terciaria se presenta de manera reticulada (Samaniego et al., 2011; Telrandhe et al., 2022).

**Figura 2.** *Copa (a) y hojas (b) de S. macrophylla.*



*Fuente:* Calle y Murgueitio (2020).

El fuste es relativamente recto (Figura 3a), en muchos casos presenta raíces tablares (aletas) que pueden alcanzar más de 2 a 5 m de altura (Figura 3b). Pocas ramas gruesas ascendentes y torcidas por arriba de los 25 m (Figura 3c) (Pérez, 2017).

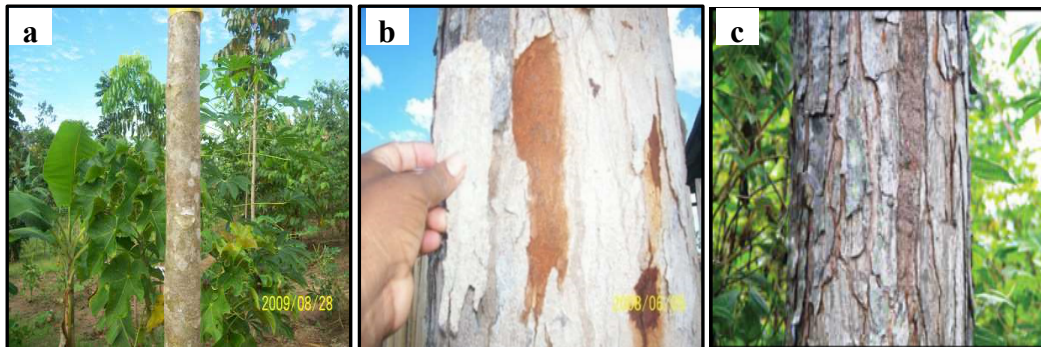
**Figura 3.** Forma (a), Fuste (b) y Ramas (c) de *S. macrophylla*.



Fuente: Calle y Murgueitio (2020).

Cuando la caoba es joven la corteza es lisa de color blanquecino (Figura 4a) y en estado adulto presenta corteza fisurada, escamosa, que se desprende en piezas alargadas llamadas ritidomas (Figura 4b y c). En la parte interna, la corteza es de color marrón rojizo, fibrosa, de sabor amargo astringente y cuyo espesor varía entre 10 a 25 mm (Pérez, 2017).

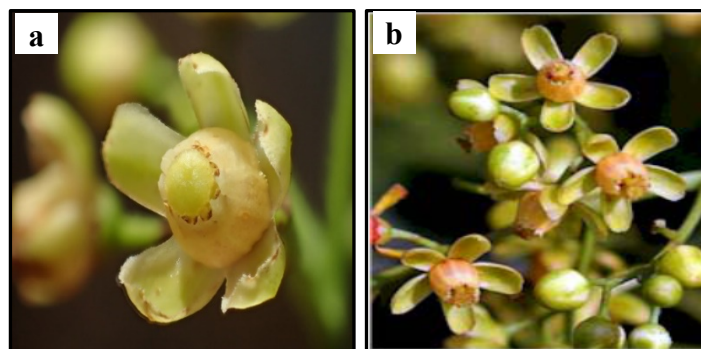
**Figura 4.** Corteza lisa (a) y Corteza escamosa (b y c) de *S. macrophylla*.



Fuente: Pérez (2017); Telrandhe et al. (2022).

Presenta una inflorescencia en panículas de 15 a 25 cm de longitud, las flores son de color pardo amarillentas (Figura 5a), con olor agradable, pequeñas y unisexuales por atrofia de uno de los sexos, de 8 a 10 mm de longitud, con cáliz y corola presentes, el pedicelo de 3 a 4 mm de longitud, el cáliz cupuliforme de 2 a 3 mm de longitud; posee 5 sépalos y pétalos libres (Figura 5b), de 5 a 6 mm de longitud, elípticos, glabros; el androceo con un tubo estaminal en el ápice del cual hay 5 estambres o estaminodios, el gineceo con el ovario globoso, el estilo columnar y el estigma discoide (Samaniego et al., 2011; Pérez, 2017).

**Figura 5.** Flor (a) y Inflorescencia (b) de *S. macrophylla*

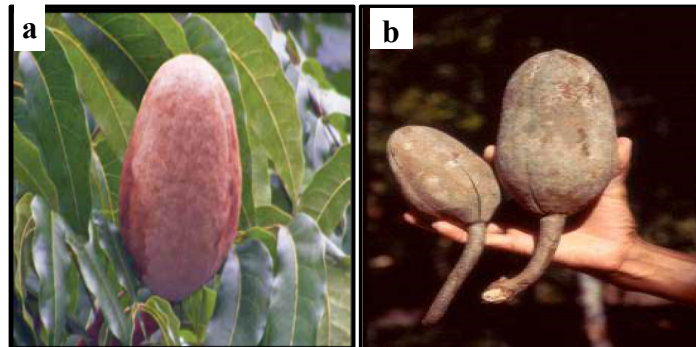


Fuente: Sánchez (2016).



Los frutos son capsulas leñosas de forma ovoide que miden entre 7 y 20 cm de largo y 6 a 8 cm de diámetro, dehiscentes, de color marrón (Figura 6a y b). Cuando llega a la madurez el fruto se abre en cinco válvulas, liberando semillas, cuyo número varía entre 40 y 60 semillas por fruto (Samaniego et al., 2011; Pérez, 2017).

**Figura 6.** Fruto tierno (a) y Fruto maduro (b) de *S. macrophylla*.



Fuente: Pérez (2017); Telrandhe et al. (2022).

Las semillas tienen longitud de 7,5 a 9 cm y de 2 a 2,5 cm de ancho, color castaño aladas, amargas y livianas (Figura 7) (Samaniego et al., 2011; Pérez, 2017). Las semillas de caoba pueden conservar el poder germinativo hasta por 7 u 8 meses cuando se almacenan en bolsas de papel a temperatura ambiente; almacenadas en nevera y en bolsas plásticas herméticamente selladas, pueden conservar su viabilidad por algo más de 4 años, y se puede extender hasta 8 años si son almacenadas a una temperatura de 4 °C y con un contenido de humedad del 4 % (Trujillo, 2007).

**Figura 7.** Semillas de *S. macrophylla*.



Fuente: Pérez (2017).

## 4.2. Clasificación taxonómica

*S. macrophylla*, fue descrita por George King en 1886 (Tabla 1).

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica de *S. macrophylla*.

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Angiosperma
<b>Filo:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Superorden:</b>	Rosanae
<b>Orden:</b>	Sapindales
<b>Familia:</b>	Meliaceae
<b>Genero:</b>	<i>Swietenia</i>



**Especie:** *macrophylla*

**Clasificador:** George King

**Fuente:** Wegier et al. (2013) y Cárdenas et al. (2015).

#### **4.2.1. Nombres comunes**

Los nombres comunes de *S. macrophylla* son: venadillo, cobilla, caoba, caoba de hoja grande, caoba del sur, caoba del atlántico (América Central, México y Colombia); mogno, aguano, araputanga (Brasil); mahogany, caoba (Honduras); oruba (Venezuela); mara (Bolivia); mahogany (Estados Unidos); mahogany (Belice); aguano (Perú). En Ecuador *S. macrophylla*, es conocida como: caoba, ahuano y almendro (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [CATIE], 2000; Samaniego et al., 2011; Román et al., 2012; Cárdenas et al., 2015).

#### **4.3. Fenología**

La floración ocurre en los meses de julio y agosto; los frutos maduran en los meses de noviembre a enero. La fructificación ocurre a los 15 años y algunas veces antes; es entonces cuando un árbol puede llegar a producir 250 frutos, aunque esta cantidad aumenta a medida que los individuos maduran (Wegier et al., 2013).

#### **4.4. Categoría UICN y CITES**

*S. macrophylla* se encuentra catalogada como vulnerable por la UICN, en Ecuador se encuentra catalogada en peligro crítico de extinción y además por el CITES se encuentra en el apéndice II dado que si no se controla el comercio se puede extinguir (Samaniego et al., 2011; MAE, 2017).

#### **4.5. Gremio ecológico**

La caoba es una especie heliófila durable tolerante a la sombra en su etapa juvenil, mientras que en la etapa adulta necesita luz para su crecimiento y desarrollo (Trujillo, 2011; Cárdenas, 2016) llegando ser una especie climax (Synnott, 2009).

#### **4.6. Hábitat**

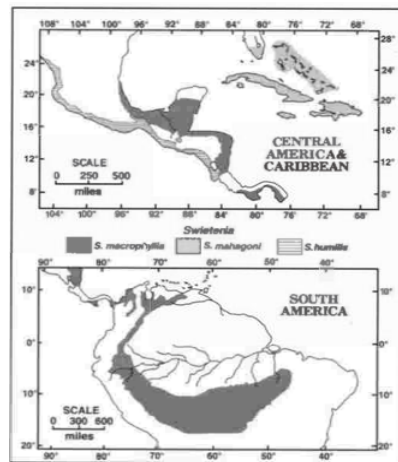
*S. macrophylla* es una especie forestal que hábitat en bosques húmedos tropicales y secos (Aguirre et al., 2015).

#### **4.7. Distribución geográfica**

*S. macrophylla*, es una especie nativa crece naturalmente en los bosques de centro América y América del sur. En centro América se distribuye en los siguientes países: Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá. En América del sur se distribuye en los siguientes países: Bolivia, Brasil, Colombia, Perú y Venezuela (Figura 8). En Ecuador se distribuye en las provincias de: Esmeraldas, Galápagos, Napo, Pastaza, Loja, Orellana, Sucumbíos y Morona Santiago (Ministerio del Ambiente de Ecuador [MAE], 2006;

Krisnawati et al., 2011; Aguirre et al., 2015).

**Figura 8.** Distribución geográfica natural de *S. macrophylla*.



Fuente: Bauer y Francis (1998).

## 4.8. Requerimientos ambientales

### 4.8.1. Temperatura

La temperatura donde crece *S. macrophylla* varía entre 15 a más de 33 °C (Pérez, 2017).

### 4.8.2. Precipitación

*S. macrophylla* crece bien en sitios con lluvias promedios anuales que van de 1 000 hasta los 4 000 mm y en sitios con hasta 6 meses de sequía (Pérez, 2017).

### 4.8.3. Suelos

*S. macrophylla* crece sin problemas en suelos: aluviales (formado por sedimentos del agua de los ríos), francos, arcillosos, fértiles (ricos en materia orgánica y nutrientes), profundos, volcánicos, húmedos y bien drenados hasta con un pH de 6,5 a 7,5. Además, puede crecer en suelos ácidos con pH de 4,5. Puede crecer en lugares con relieve plano, ondulado, con pendientes mayores a 50 % en laderas (Trujillo, 2011; Wegier et al., 2013; Pérez, 2017).

### 4.8.4. Altitud

*S. macrophylla* puede crecer desde los 0 hasta 1600 m s.n.m. (CORANTIOQUIA, 2007a).

## 4.9. Características y propiedades de la madera

Las características y propiedades más importante de la madera de *S. macrophylla*, se describe en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Características y propiedades de la madera de *S. macrophylla*.

Características	Propiedades
Color	Albura de color amarillento a rosado o también castaño dorado. El duramen puede presentar los siguientes colores castaño rojizo, rosado crema hasta rojo marrón oscuro en estado seco.
Olor y sabor	Olor no característico. Sabor ligeramente amargo
Densidad básica	Puede de ir 0,40 gr/cm <sup>3</sup> a 0,68 gr/cm <sup>3</sup> . Modernamente pesada
Brillo y Veteado	Presenta un brillo mediano a alto. El veteado es suave.
Textura y tipo de grano	Textura media. Tipo de grano que puede presentar recto y entrecruzado
Trabajabilidad	Es fácil de trabajar con herramientas manuales y con maquinaria para carpintería.
Durabilidad	Es durable al biodeterioro, resistente al ataque de termitas.
Secado	Es de moderada rapidez para el secado al aire libre y convencional.

Fuente: Samaniego et al. (2011); Wegier et al. (2013); Cárdenas et al. (2015); Pérez (2017).

## 4.10. Usos de la especie

### 4.10.1. Uso de la madera

La madera puede utilizarse para construcciones livianas y molduras, carpintería en general, puertas, ventanas embarcaciones (coberturas, pisos), acabados y divisiones interiores, ebanistería en la fabricación de muebles de lujo, gabinetes, chapas decorativas, contrachapados, artículos torneados, caja para joyas, instrumentos musicales, instrumentos científicos, fósforos, palillos, lápices y artesanías (Wegier et al., 2013).

### 4.10.2. Uso medicinal

La corteza y las semillas tienen un uso medicinal contra fiebre y diarrea. La corteza y las semillas se ha usado contra la fiebre y diarrea. Las semillas se pueden utilizar en té para el dolor de pecho y también son usadas para el dolor de muelas (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales [MARENA]; Instituto Nacional Forestal de Nicaragua [INAFOR], 2002; CORANTIOQUIA, 2013; INAB, 2017).

### 4.10.3. Uso en plantación

La caoba no se puede utilizar en plantaciones puras, sino combinación con otras especies de rápido de crecimiento como *L. leucocephalla* (Leucaena), *E. cyclocarpum* (Guanacaste), *A. saman* (Genízaro), *T. grandis* (Teca), etc. con el objetivo de evitar el ataque del barrenador de yemas (*H. grandella*), por tanto, requiere de sombra a las plantas jóvenes, ya que la necesitan en la primera etapa de su crecimiento. También es usada en sistemas agroforestales como sombra para café y cacao, también ha sido plantada con fines de protección del suelo y sistemas de enriquecimiento en los bosques (MARENA y INAFOR, 2002; INAB, 2017).

### 4.10.4. Otros usos

La corteza contiene gran cantidad de taninos y se usa para curtir y teñir pieles. La

semillas y corteza son usados para elaboración de cosméticos y medicinas (CORANTIOQUIA, 2013; CAR, 2019).

La especie ha sido utilizada como planta melífera, en la época de floración las abejas acuden frecuentemente a sus flores en buscar de néctar. También ha sido frecuentemente utilizada como árbol ornamental en arborización de parques y grandes jardines (MARENA y INAFOR, 2002; Pérez, 2017).

#### **4.11. Propagación**

La propagación de las especies forestales es la forma de obtener nuevas plantas, tanto por medios asexuales y sexuales, y es entendida como el proceso de multiplicación o reproducción de las especies, con la finalidad de masificar y generar plantas con valor ecológico, económico, ornamental, medicinal o investigativo (Moreno y Bernal, 1979; Urbina, 2005).

##### **4.11.1. Tipos de propagación**

###### **4.11.1.1. Propagación sexual**

La propagación sexual también es conocida como reproducción los árboles provenientes por semilla (de árboles plus o certificada) son diferentes a sus padres o progenitores. Estos árboles tienden mostrar mejoras fenotípicas y genotípicas siendo más altos, con mayor diámetro, con raíces profundas, rectitud del fuste, menor ramificación, sin bifurcación y siendo más resistentes ante posibles enfermedades y plagas. Los árboles que se originan a partir de semillas heredan la mitad de la información genética de sus padres, gracias a la fusión entre el anterozoide (la célula masculina de las plantas) y la oosfera (la célula femenina de las plantas) durante el proceso de meiosis (Urbina, 2005; Piñuela et al., 2013; Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2018).

###### **4.11.1.2. Propagación asexual**

La propagación asexual, también llamada reproducción vegetativa o clonación, se obtiene árboles utilizando una parte de un árbol existente, como estacas, esquejes, acodos, raíces, cultivo de tejidos (*in vitro*), entre otros métodos. Las plántulas que se obtienen a través de este proceso son genéticamente idénticas a sus progenitores, ya que heredan el 100% de su información genética a través del proceso de mitosis (Irigoyen et al., 2005; Cruz et al., 2018; INIAP, 2018).

#### **4.12. Sustrato**

El sustrato es todo material de soporte o sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, el sustrato puede ser simple o mezcla de varios tipos materiales,

que sirve para que las semilla germinen adecuadamente y que las plántulas desarrollen un buen sistema radicular (Irigoyen et al., 2005; Oliva et al., 2014).

#### ***4.12.1. Importancia de los sustratos***

Es necesario para el desarrollo de la planta, pues son el medio de soporte de las plantas y suministran a las raíces el agua y nutrientes requeridos para el crecimiento vegetal. Un buen sustrato representa un 80 % del éxito de producción de plantas sanas y vigorosas.

#### ***4.12.2. Clasificación de los sustratos***

##### **4.12.2.1. Según las propiedades**

###### ***a) Los sustratos químicamente inertes***

Cumplen un rol de soporte para la planta, pueden ser: arena silícea o granítica, grava, roca volcánica, perlita, lana de roca, arcilla expandida, entre otros.

###### ***b) Los sustratos químicamente activos***

Estos tipos de sustratos actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización, almacenándolos o cediéndolos según las exigencias de la planta. Entre estos sustratos se encuentran la tierra negra, turba, compostaje, residuos de la industria maderera, vermiculita (mineral formado silicatos), entre otros., (Instituto Forestal de Chile [INFOR], 2009; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias [INIFAP], 2009; Martínez y Roca, 2011).

##### **4.12.2.2. Según el origen de los materiales**

###### ***a) Materiales orgánicos***

Son todos aquellos sustratos de origen natural los cuales son: turbas, la cascarilla de arroz, la paja de cereales, fibras de coco, corteza de árboles y aserrín o virutas de maderas, entre otros (INFOR, 2009; INIFAP, 2009).

###### ***b) Materiales inorgánicos o minerales***

Son todos aquellos sustratos de origen natural los cuales son: arena, grava, tierra volcánica, perlita (se compone de roca volcánica) y vermiculita (de origen natural formado por silicatos de hierro y magnesio), entre otros (INFOR, 2009; INIFAP, 2009).

#### ***4.12.3. Tipos de sustrato***

##### **4.12.3.1. Tierra negra**

Es aquel sustrato lo cual es obtenido superficialmente del bosque entre 10 a 20 cm de profundidad, donde se encuentra la mayor cantidad de nutrientes (Oliva et al., 2014).

#### **4.12.3.2. Arena**

La arena, como sustrato simple, carece de nutrientes para el desarrollo y crecimiento de las plantas, es utilizado combinación con otros sustratos con el fin de mejorar la aireación, la filtración y la textura del sustrato (dar soltura al sustrato), lo que facilita el desarrollo de las raíces (Oliva et al., 2014).

#### **4.12.3.3. Materia orgánica o abono**

Estos sustratos son aquellos que contribuyen con materia orgánica y nutrientes, y los más comunes incluyen el compost, el humus de lombriz, el estiércol de ganado, la gallinaza (excremento de gallina), entre otros (Oliva et al., 2014).

#### **4.12.3.4. Aserrín**

El aserrín como sustrato simple contiene bajo contenido de nutrientes y alto contenido en lignina lo cual dificulta su descomposición que sea lenta, es de bajo costo y de alta disponibilidad cuando es utilizado con combinación con otros sustratos ayudando dar porosidad y soltura al sustrato (Varela et al., 2013).

### **4.13. Semilla**

La semilla con un sentido funcional significa una unidad de reproducción e incluye tanto a las semillas verdaderas como a los frutos. Una semilla verdadera es un óvulo fecundado, transformado y maduro con una planta embrionaria, la cual está compuesta por una cubierta protectora y almacena alimento, siendo la semilla el órgano de dispersión de las especies (CATIE, 1996; Courtis, 2013).

#### ***4.13.1. Clasificación de las semillas***

##### **4.13.1.1. Semillas ortodoxas**

Las semillas ortodoxas son aquellas semillas capaces de resistir condiciones de baja humedad sin alterar la viabilidad de los tejidos, siendo capaces de germinar una vez rehidratadas. Estas semillas pueden ser desecadas a contenidos de humedad de 3 a 7 %, para luego ser almacenadas a bajas temperaturas por largos períodos sin perder viabilidad. Se estima que cerca del 80 % del total de la flora mundial posee este tipo de semillas (León et al., 2014). Pueden ser de testa dura o suave, ejemplos: *S. macrophylla* (caoba), *Acacia melanoxylon* (acacia negra).

##### **4.13.1.2. Semillas recalcitrantes**

Las semillas recalcitrantes son aquellas semillas incapaces de tolerar la pérdida de agua, pierden rápidamente su viabilidad si son desecadas a menos del 75 % de humedad relativa.

Estas semillas son extremadamente sensibles y soportan cortos períodos de almacenamiento en húmedo y/o dentro del fruto (León et al., 2014) ejemplos: *Juglans neotropica* (nogal), guabas *Inga spp* (guabas).

#### **4.13.2. Partes de una semilla**

##### **4.13.2.1. Cubierta seminal**

###### **a) Testa**

La testa es el tegumento externo que protege las partes internas de la semilla (embrión y tejidos de reserva) de los efectos del ambiente, la desecación, el ataque de macroorganismos y rayos directos del sol. La función principal es prevenir la germinación hasta tanto la semilla no encuentre las condiciones adecuadas para garantizar la sobrevivencia de la nueva planta. La testa puede presentar modificaciones estructurales y diversas sustancias, que facilitan la dispersión de la semilla, como por ejemplo pelos, alas, ganchos, espinas, sustancias mucilaginosas, excrecencias carnosas (arilos), entre otros (Pérez, 2003; Cruz et al., 2018).

###### **b) Tegmen**

Tegmen es el tegumento interno de la semilla después de la testa, es una capa muy delgada en algunas semillas no logra desarrollarse (Pérez, 2003).

##### **4.13.2.2. Tejidos de reserva**

Los tejidos de reserva son el endospermo o cotiledones, constituye el suministro de elementos nutritivos y enzimas que requiere la semilla para germinar y también durante las primeras etapas del desarrollo de la plántula. Las sustancias de reserva pueden ser almidón, proteínas y grasas (Pérez, 2003; Matilla, 2008; Triviño y Torres, 2009; Cruz et al., 2018).

##### **4.13.2.3. El embrión**

El embrión es una pequeña planta contenida dentro de una semilla que se encuentra vida latente (latencia o dormición) está conformado: radícula, plúmula, hipocótilo y epicótilo (Megías et al., 2018).

###### **a) Radícula**

La radícula está situada en uno de los extremos del eje embrionario y, tras la germinación de la semilla, dará origen a las raíces (principal, secundarias, terciarias) de las plántulas ayudando la absorción de los nutrientes (Pérez, 2003; Cruz et al., 2018; Orellana y Manzano, 2021).

###### **b) Plúmula**

La plúmula también conocida como gémula es la yema terminal se encuentra al extremo

del talluelo, donde se insertan los cotiledones el cual dará origen las partes áreas de plantas como el tallo, ramas, hojas y flores (Cruz et al., 2018; Orellana y Manzano, 2021).

### ***c) El hipocótilo y epicótilo***

El hipocótilo se ubica en el espacio entre la radícula y la plúmula. El epicótilo es el espacio entre los cotiledones y las primeras hojas verdaderas el cual darán origen el tallo (Cruz et al., 2018; Orellana y Manzano, 2021).

## **4.14. Tratamientos pregerminativos**

Los tratamientos pregerminativos son todos aquellos procedimientos necesarios para romper la dormancia o latencia de las semillas, ayudando a disminuir o acelerar el tiempo de germinación, uniformizando u homogenizando la germinación de las semillas forestales (Instituto Forestal de Chile [INFOR], 2001; Varela y Arana, 2011). Cada especie requiere un tratamiento específico y con una intensidad diferente, de acuerdo al tipo de dormancia y cubierta que presenta la semilla (Triviño y Torres, 2009).

### ***4.14.1. Los tipos tratamientos pregerminativos***

Los principales tratamientos pregerminativos utilizados por el tipo de semilla son los siguientes:

#### **4.14.1.1. Testigo**

Son aquellos ensayos de semillas que no se aplican ningún tipo de tratamiento pregerminativo, por tanto, son sembradas directamente en fundas o germinadores (Ardila et al., 2023).

#### **4.14.1.2. Hidratación, inmersión o remojo**

Este tratamiento consiste en sumergir (inmersión) de las semillas en agua a temperatura ambiente, así como en agua hirviendo o cualquier otro líquido que favorezca la aceleración y uniformizar la germinación. La duración de la inmersión puede variar, oscilando entre minutos, horas o incluso días (Ardila et al., 2023).

Las semillas de caoba como tratamiento pregerminativo para obtener una germinación uniforme, se recomienda el remojo de las semillas en agua a temperatura ambiente durante 24 a 72 horas antes de la siembra (Trujillo, 2011).

#### **4.14.1.3. Cambios de temperaturas**

Este tratamiento pregerminativo consiste en ablandar la testa o cubierta seminal de algunas semillas forestales que presenta testa dura. La semilla se sumerge en agua caliente o hirviendo 80 a 100 °C durante 5 minutos. Luego, se debe dejar por 24 horas en agua a



temperatura ambiente. Posteriormente, las semillas se retiran del agua y se colocan en los germinadores (Ardila et al., 2023).

#### **4.14.1.4. Escarificación**

Este tipo de tratamiento consiste en romper, ablandar, cortar y desgastar las semillas, con el fin de permitir el paso de agua y oxígeno suficiente para iniciar la germinación. Pueden ser manual, mecánica y química.

##### ***a) Manual***

Los tratamientos de escarificación manual se pueden realizar por: lijar la semilla, quemar la cubierta, romper la testa con un martillo y perforar o hacer cortes con una tijera de los bordes de la cubierta de la semilla y colocar en remojo en agua a 60 °C o a temperatura ambiente.

##### ***b) Mecánica***

Este tipo método de tratamiento se lleva a cabo mediante el uso de equipos, aparatos o máquinas, los cuales pueden funcionar de tres maneras diferentes: mediante la abrasión con material suelto, en la cual las semillas se mezclan con piedras o arena dentro de un tambor; a través de la abrasión contra superficies, utilizando tambores revestidos con papel lija o equipados con discos abrasivos giratorios; y mediante la percusión, donde las semillas se agitan sacuden rápidamente dentro de un recipiente, lo que provoca que choquen y se desgasten unas con otras y contra las paredes del recipiente.

##### ***c) Química***

Los tratamientos de escarificación química consisten en remojar las semillas en hipoclorito de sodio (clorox) o ácidos en diferentes concentraciones, con el fin de ablandar la testa, este tipo de tratamiento es utilizado para semillas de testa dura ejemplos: *Acacia macracantha* (faique) y *Acacia melanoxydon* (acacia negra) (Triviño y Torres, 2009).

#### **4.14.1.5. Estratificación**

##### ***a) En húmedo***

Este tratamiento consiste en colocar las semillas en aserrín, cascarilla de arroz, turba o musgo, se colocan capas alternas de semillas, se humedecen el sustrato y se coloca a temperatura ambiente o a baja temperatura (4 a 8 °C), por unos días, hasta que comienza la semilla a hincharse y a germinar.

##### ***b) En seco***

Consiste en almacenar las semillas en temperaturas de 4 a 8 °C por 24 a 36 horas, luego

se retira del refrigerador y se le aplica agua de 40 a 70 °C. El cambio brusco de temperatura produce procesos de contracción y dilatación de las testas duras de la semilla, ocasionando fisuras que permitan la entrada de agua a la semilla.

### **c) Aplicación de hormonas**

Las sustancias más empleadas son las giberelinas, las citocininas (kinetina), auxinas (benziladeninas, 6-aminopurina) y el etileno, la concentración depende de la especie, el tipo de cubierta y el método de aplicación que generalmente es por inmersión (Triviño y Torres, 2009).

## **4.15. Germinación**

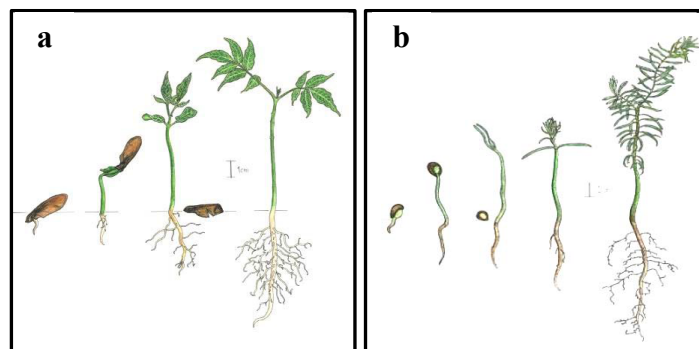
La germinación es el proceso en el que varios factores interactúan para que un embrión dentro de una semilla pase de una vida latente a una vida activa. Durante este proceso, el embrión respira y crece con rapidez y se nutre con los nutrientes almacenados en el endospermo y los cotiledones (Autoridad del Ambiente de Panamá y Agencia de Cooperación Internacional de Japón [ANAM y JICA], 2000; Curtis, 2013; Cruz et al., 2018).

### **4.15.1. Tipos de germinación**

#### **4.15.1.1. Germinación epigea**

La germinación epigea ocurre en semillas de especies coníferas y latifoliadas (Smith et al., 2010) el crecimiento rápido hipocótilo, arrastra consigo los cotiledones arriba del suelo, manteniéndose unidos al hasta agotar todas las reservas de alimento que contienen, por ejemplo: *Prumnopitys montana* (romerillo) (Figura 9 a), *Cedrela odorata* (cedro) (Figura 9b) (Triviño y Torres, 2009; INIAP, 2018).

**Figura 9.** Germinación epigea en *C. odorata* (a) y *P. montana* (b).



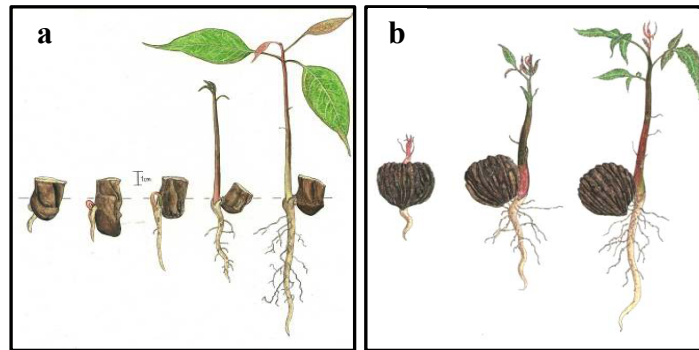
Fuente: CORANTIOQUIA (2007a); CORANTIOQUIA (2007b).

#### **4.15.1.2. Germinación hipogea**

La germinación hipogea se da solo en semillas de especies latifoliadas (Smith et al., 2010) donde el crecimiento rápido de la raíz, hace que los cotiledones queden bajo tierra, manteniéndose unidos a la raíz hasta agotar las reservas de alimento que contienen, mientras tanto se alarga el epicótilo y sale del suelo. Este tipo de germinación, se da con mayor frecuencia

en semillas de gran tamaño y peso, por ejemplo: *S. macrophylla* (caoba) (Figura 10a), *J. neotropica* (nogal) (Figura 10b), entre otros (Triviño y Torres, 2009; INIAP, 2018).

**Figura 10.** Germinación hipogea en *S. macrophylla* (a) y *J. neotropica* (b).



Fuente: CORANTIOQUIA (2007a); CORANTIOQUIA (2007b).

## 4.16. Etapas de la germinación

### 4.16.1. Hidratación o imbibición

La hidratación es un fenómeno físico en el que los tejidos de la semilla absorben agua, activando una serie de procesos metabólicos fundamentales que son cruciales para que puedan ocurrir las etapas posteriores de la germinación (De la Cuadra, 1993).

### 4.16.2. Digestión y transporte de alimentos

Durante esta fase, el embrión requiere nutrientes para su crecimiento y desarrollo el cual libera enzimas digestivas que descomponen los componentes nutritivos del endospermo. Esto permite al embrión aumentar su tasa de crecimiento y mejorar su capacidad respiratoria (De la Cuadra, 1993).

### 4.16.3. Elongación celular

En esta fase, las células embrionarias son inicialmente pequeñas antes de la germinación, y el crecimiento inicial del embrión se debe al aumento de tamaño de sus células, no a su división. El embrión emplea los nutrientes (proteínas, grasas y carbohidratos) previamente digeridos y absorbidos del endospermo, para su proceso de respiración y para el estiramiento celular. La multiplicación celular no se inicia hasta que se haya concluido este proceso de alargamiento celular (De la Cuadra, 1993).

### 4.16.4. Germinación visual

Durante esta fase, ocurre cuando la elongación celular, se puede observar cómo el embrión se hincha (expande) o aumenta de tamaño hasta que uno de los extremos del eje embrionario rompe las cubiertas exteriores, ya sea la testa o la cubierta seminal, de la semilla, lo que se convierte en la primera señal visible y tangible de que la germinación de la semilla está en marcha (De la Cuadra, 1993).

#### **4.16.5. Plántula**

En la fase final de la germinación, la plántula emerge con una radícula y su brote, todavía depende de las reservas almacenadas en el endospermo. Luego, desarrolla sus primeras hojas verdaderas que le permiten llevar a cabo la fotosíntesis. Además, de la radícula se forma la raíz principal (raíz pivotante), junto con raíces secundarias y terciarias, lo que le permite independizarse de las reservas del endospermo y sobrevivir por sí misma como un ser autótrofo. Con esto, se completa por completo el proceso de germinación.

#### **4.17. Condiciones para que se dé la germinación**

##### **4.17.1. Condiciones intrínsecas**

###### **4.17.1.1. La semilla debe estar madura**

Una semilla es madura cuando ha completado su desarrollo morfológico y fisiológico. La madurez morfológica es cuando se ha desarrollado por completo las estructuras de la semilla y finalizada cuando el embrión ha alcanzado su máximo desarrollo (Doria, 2010).

De acuerdo con De la Cuadra (1993) la madurez de las semillas pueden ser cuatro tipos:

- La madurez morfológica ocurre cuando la semilla se separa de la planta.
- La madurez fisiológica antes que la morfológica cuando la semilla germina sobre el fruto, sin desprenderse de la planta.
- La madurez morfológica y fisiológica simultáneamente y la semilla puede germinar en cuanto se libera de la planta, si las condiciones ambientales son apropiadas para ello.
- Madurez morfológica antes que la madurez fisiológica, se da cuando semillas que se desprenden de la planta antes de conseguir desarrollar plenamente su capacidad de germinación. Estas semillas pasarán por un período más o menos largo antes de desarrollar totalmente su capacidad germinativa.

###### **4.17.1.2. Viabilidad de las semillas**

La viabilidad de las semillas se refiere al lapso en el que las semillas tienen capacidad para germinar, y este período es variable, dependiendo del tipo de semilla si es ortodoxa o recalcitrante y de las condiciones de almacenamiento. Para prolongar la viabilidad de las semillas, es fundamental preservarlas en las siguientes condiciones: mantenerlas en un entorno seco, mantener en temperaturas bajas y reducir al mínimo la presencia de oxígeno en el medio de almacenamiento, no exponerlas al sol, entre otras condiciones (Doria, 2010).

#### **4.17.2. Condiciones extrínsecas**

##### **4.17.2.1. Humedad suficiente y continua**

El riego deber ser adecuado para mantener el sustrato húmedo, pero sin encharcamiento; regar todos los días incluso festivos y dominicales. Cuando la semilla inicia el proceso de imbibición (es decir comienza hincharse por la absorción de agua), en ningún momento deberá faltarle humedad por riego, porque se puede deshidratar y morir impidiendo su germinación, así se le aplique a la siguiente abundante agua (Bonner et al., 1994; Triviño y Torres, 2009; Osuna et a., 2017).

##### **4.17.2.2. Temperatura adecuada**

Todas las semillas con algunas excepciones germinan bien a un rango temperatura entre 20 a 30 °C, con un óptimo cerca entre 24 a 26 °C (Bonner et al., 1994; Triviño y Torres, 2009; Osuna et al., 2017).

##### **4.17.2.3. Periodos de luz y oscuridad**

Los periodos de luz y oscuridad están relacionados al estado natural (gremio ecológico) del ecosistema o bosque (andino, seco, húmedo tropical) donde se desarrolla la especie, para ello se puede utilizar una polisombra o umbráculo (sarán) para reducir la entrada de luz entre 50 % a 80 % tratando de asimilar a las condiciones naturales de la especie y estimule el proceso germinativo (Bonner et al., 1994; Triviño y Torres, 2009; Osuna et al., 2017).

##### **4.17.2.4. Oxígeno**

El oxígeno constituye una parte fundamental en la germinación, por tanto, si la semilla se siembra muy profundo o encharca el germinador, puede obstaculizar el oxígeno, lo cual puede ocasionar que la semilla se pudra o muera (Bonner et al., 1994; Triviño y Torres, 2009; Osuna et al., 2017).

##### **4.17.2.5. Profundidad de siembra**

La profundidad de siembra debe proteger a la semilla del ambiente (rayos del sol) y mantener la humedad constante, si se siembra muy profundo la semilla puede germinar y no puede salir a la superficie, no siempre es aconsejable sembrar la semilla con profundidad de dos veces al tamaño (Triviño y Torres, 2009).

##### **4.17.2.6. Sustrato**

Durante la germinación, las semillas utilizan los tejidos de reserva (cotiledones y endospermo) para poder crecer en las primeras semanas, el sustrato cumple la función de mantener la humedad para germinar las semillas. Posteriormente, cuando las plántulas

desarrollan las hojas y raíces, consecuentemente realice la fotosíntesis, necesita un sustrato adecuado para que las plántulas puedan crecer (Triviño y Torres, 2009).

#### **4.18. Crecimiento e incremento**

##### **4.18.1. Crecimiento**

El crecimiento es el desarrollo total o el crecimiento total alcanzado de una o varias variables que presentan las plantas (árboles) como diámetro, altura, longitud de raíz, Longitud de las hojas, entre otros., a lo largo de su vida o un tiempo determinado (Carrillo, 2014).

##### **4.18.2. Incremento**

El incremento es el aumento gradual del crecimiento de cualquier variable que presenta los plantas (arboles) como diámetro, altura, entre otros., en un tiempo determinado. El incremento puede ser calculado por días, meses (trimestral, semestral, entre otros), años y décadas (Carrillo, 2014; Juárez, 2014).

##### **4.18.2.1. Tipos de incrementos**

Los incrementos más reconocidos y evaluados son el Incremento Corriente Anual (ICA), el Incremento Medio Anual (IMA) y el Incremento Periódico Anual (IPA). Estos tipos de incremento pueden calcularse para variables dasométricas como el diámetro a la altura del pecho (dap), la altura total y comercial, el área basal y el volumen total y comercial (Universidad Rural de Guatemala [URG], 2017).

##### **a) Incremento corriente anual**

El incremento corriente anual también es conocido crecimiento acumulado, incremento anual (IA), crecimiento en (de cualquiera variable dasométrica como dap, altura, entre otros), corresponde al incremento producido un de intervalo de tiempo. Este se estima haciendo la diferencia del valor final de un tiempo (días, meses, años, entre otros.) y el valor a la inicial (días, meses, años, entre otros.) (Iturre y Araujo, 2006; Carrillo, 2014; Juárez, 2014; URG, 2017). En la presente investigación se utilizó la fórmula planteada por Quesada et al. (2012) para calcular incremento corriente trimestral.

$$ICT = H_f - H_i$$

donde:

ICT= Incremento corriente trimestral en altura (cm)

H<sub>f</sub>= Altura al final del periodo (cm)

H<sub>i</sub> = Altura al inicio del periodo (cm)

##### **b) Incremento medio anual**

El incremento medio anual también es conocido como crecimiento medio anual (de

cualquiera variable dasométrica como dap, altura, entre otros), corresponde al promedio del incremento hasta el momento de la evaluación. Este valor se obtiene dividiendo el valor de la variable entre el tiempo transcurrido o la edad (Iturre y Araujo, 2006; Carrillo, 2014; Juárez, 2014; URG, 2017). En la presente investigación se utilizó la fórmula planteada por Quesada et al. (2012) para calcular incremento medio trimestral.

$$\text{IMT} = \frac{C_f}{t}$$

donde:

**ICT**= Incremento Medio Trimestral en altura (cm / mes)

**C<sub>f</sub>**= Crecimiento final en altura (cm)

**t** = Edad en meses (0, 3 y 6 meses)

#### **4.19. Análisis de varianza (ANOVA)**

El análisis de varianza (ANOVA), permite analizar y probar hipótesis del efecto de una o más variables o categorías en un conjunto de datos. La hipótesis que se somete a prueba generalmente se establece con respecto a las medias de las poblaciones en estudio o de cada uno de los tratamientos evaluados en un experimento (Balzarini et al., 2008).

##### **4.19.1. Los supuestos del ANOVA**

El ANOVA es sensible a las propiedades estadísticas de los términos de error aleatorio del modelo lineal. Los supuestos del ANOVA que deben cumplir los datos los cuales son independencia de errores, normalidad (test Shapiro - Wilk) y homogeneidad de varianzas (test Levene) para todas las observaciones (Balzarini et al., 2008).

##### **4.19.2. Prueba de TUKEY**

La prueba de TUKEY se utiliza en el análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en un conjunto de datos en términos de las medias o promedios. Para llevar a cabo esta evaluación, la prueba de TUKEY utiliza un valor crítico conocido como la "diferencia mínima significativa" (DMS), el cual se calcula a partir del cuantil correspondiente de la distribución de rangos estandarizados (permiten ajustar las comparaciones de pares entre las medias de los grupos, teniendo en cuenta la variabilidad en los datos). Cuando los tamaños de muestra son iguales, esta prueba permite controlar la tasa de error por experimento, ya sea bajo hipótesis nulas completas o parciales (Balzarini et al., 2008; Fallas, 2012).

##### **4.19.3. Terminología en estadística**

De acuerdo Fallas (2012), los términos utilizados en estadística se describen a continuación:

**Población:** Es el total o universo al cual se desea aplicar la inferencia o conclusión del estudio.

**Muestra:** Es una parte o porción del total, debe ser representativa.

**Unidad experimental:** Individuo, objeto, grupo o conjunto de sujetos experimentales a los cuales se les aplica un determinado tratamiento.

**Tratamientos o variables:** Procesos o acciones cuyos efectos serán medidos en el material experimental y posteriormente comparados entre sí para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas. Los tratamientos pueden ser cualitativos o cuantitativos

**Factor:** Se denomina factor a la variable que supuestamente ejerce una influencia o efecto sobre la variable estudiada en campo o en laboratorio.

**Observación:** Es la medición realizada en una unidad experimental.

**Testigo:** Unidad experimental al cual no se le aplica el tratamiento (sirve de referencia).

**Variable respuesta:** Es aquella propiedad o cualidad de la unidad experimental que se cuantifica.

**Repetición:** El número mínimo de repeticiones son tres por tratamiento, cuantas más repeticiones por tratamiento será mayor el grado precisión de los datos.

**Medición:** Proceso de asignar un valor (nominal, ordinal, razón, intervalo) a un fenómeno, proceso u objeto.

**Significancia estadística:** Esta es una regla que permite afirmar que la diferencia observada entre dos o más tratamientos o grupos es el resultado del efecto del tratamiento o de la variable de clasificación y no del azar. Se utiliza un nivel 5 % de significancia ciencias agropecuarias.

**Aleatorización:** Asignación aleatoria de los tratamientos a los sujetos o unidades experimentales. Esto elimina cualquier sesgo conocido o desconocido en la asignación de los tratamientos.

**Error experimental:** Variación natural del material experimental no controlado por el investigador(a). Este no es un error adrede o derivado de la aplicación errónea de técnicas de medición sino simplemente un componente propio del material experimental.



## 5. Metodología

### 5.1. Área de estudio

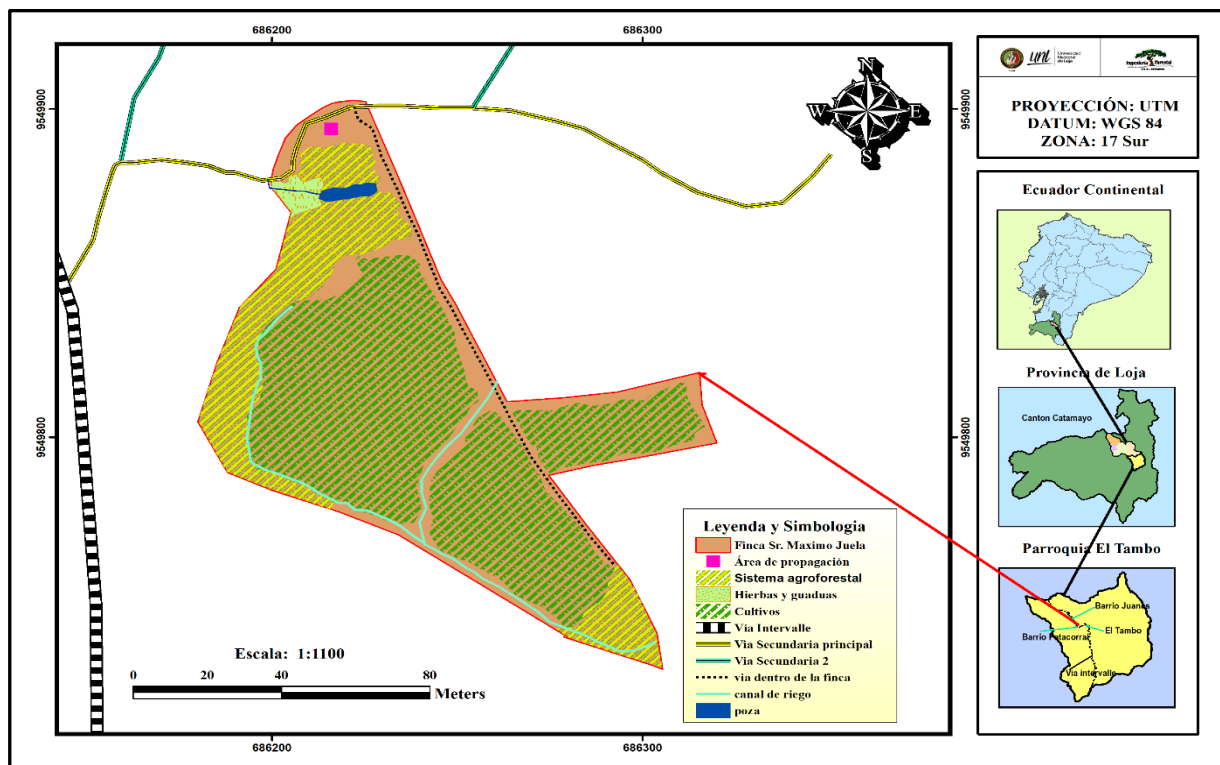
#### 5.1.1. Ubicación política

El presente trabajo investigación se desarrolló en la finca del Sr. Máximo Juela, localizada en el barrio Patacorral, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja.

#### 5.1.2. Ubicación geográfica

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de las siguientes coordenadas geográficas (WGS 84, UTM, Zona 17 Sur): 9 549 901,00 (m) longitud Este y 686 213,00 (m) latitud Norte, (Figura 11), el mapa es referencial.

**Figura 11.** Ubicación geográfica del área de estudio.



#### 5.1.3. Descripción del área de estudio

##### 5.1.3.1. Altitud y clima

El área de propagación se encuentra a una altitud de 1 479 m s.n.m. con una temperatura que varía entre 14 a 24 °C con una media 19°C y posee un rango de precipitación anual de 400 a 900 mm/año; el clima se clasifica como subtropical seco o cálido seco (PDOT El Tambo, 2015; Contento et al., 2022; PDOT El Tambo, 2023).

## **5.2. Materiales y equipos**

### **5.2.1. Materiales de campo**

Los materiales de campo utilizados fueron: Botas de caucho, bomba de mochila (Jactor), regla, plástico (negro), cuchara (100 gramos), lampón, vasos plásticos transparentes (10 cm de alto y un diámetro; 7 cm en parte superior del vaso y 4,5 cm en la base del vaso), carretilla (85 largo x 60 ancho x 18 altura cm), fundas de polietileno (21 x 8 cm), sacos, regadera, palillos, estaca y estilete, tijeras.

### **5.2.2. Insumos**

Los insumos utilizados fueron: La tierra del lugar se obtuvo cerca del área de estudio bajo un sistema agroforestal; el compost, arena fina de río y aserrín se compró en áreas aledañas, vitavax (Carboxin + Captan), terraclor (Pentacloronitrobenzeno), oxithane (Mancozeb + Oxiclورو de Cobre + Complejo Ferrico) y diazol (Diazinon).

### **5.2.3. Material genético**

Se compró semillas certificadas de *S. macrophylla* de la empresa el semillero.

### **5.2.4. Materiales de oficina**

Softwares (*InfoStat*, *ArcGis Desktop*, *Excel*), computadora, lápiz y borrador, esfero, GPS (Garmin montana 360), cinta, libreta de apuntes y celular.

## **5.3. Metodología para determinar el efecto de los tratamientos pregerminativos en el porcentaje de germinación**

Para lograr el primer objetivo se empleó la metodología propuesta por Trujillo (2007), la cual fue ajustada para cumplir con dicho objetivo.

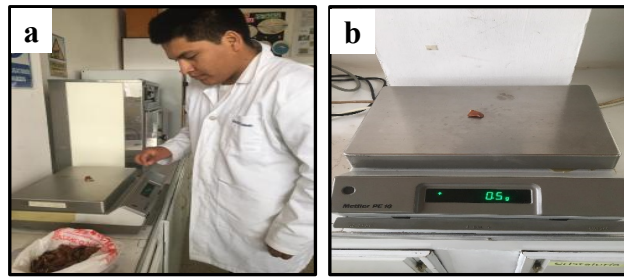
### **5.3.1. Adquisición de semillas**

Se realizó la compra de 300 g de semilla certificada de *S. macrophylla* (caoba), en la empresa EL SEMILLERO de Colombia.

### **5.3.2. Peso de las semillas**

Se llevó el conteo de las todas semillas y el peso total (Figura 12a) (Anexo 1), a partir de ello se tomó una muestra del 25,51 % (151 semillas) del total y se tomó el peso de cada una de las semillas (Figura 12b).

**Figura 12.** Peso de la muestra de las semillas (a y b) en la balanza de precisión.



### **5.3.3. Adquisición y cantidad de sustrato**

Se realizó la compra del sustrato arena fina de río para la fase de germinación de las semillas, la cantidad que se utilizó fue de 0,00026 m<sup>3</sup> por cada vaso, dando un total de 0,12 m<sup>3</sup> para los 456 vasos utilizados en el ensayo.

### **5.3.4. Preparación y desinfección del sustrato**

Para la germinación de las semillas de caoba, se utilizó el sustrato de arena fina de río. Este sustrato no fue necesario cernirlo, ya que no presentó terrones, piedras, gravas, raíces u otro elemento extraño que impida el drenaje del agua. La desinfección del sustrato se realizó con terraclor (2 cucharas / 20 L), para prevenir el ataque de hongos y el *damping off* después de la germinación. La desinfección se realizó por 3 días, una vez por cada día, donde cada día se mezcló el sustrato y para efectivizar la acción del fungicida se procedió a cubrir el sustrato con un plástico negro, para generar un ambiente de temperatura y humedad, con la finalidad de eliminar los patógenos.

### **5.3.5. Aplicación de los tratamientos pregerminativos**

Para la aplicación de los tratamientos pregerminativos se consideró la investigación realizada por Trujillo (2007) quien sugiere que las semillas de *S. macrophylla*, deben ser colocadas en inmersión en agua temperatura ambiente por 48 horas antes de ser sembradas, ya que permite uniformizar y acelerar la germinación. Por tanto, las semillas de *S. macrophylla*, se sometieron a 7 tratamientos pregerminativos y más un control (Figura 13 y Tabla 3):

**Figura 13.** Semillas (a), e Inmersión de las semillas (b y c).



### **5.3.6. Llenado de los vasos**

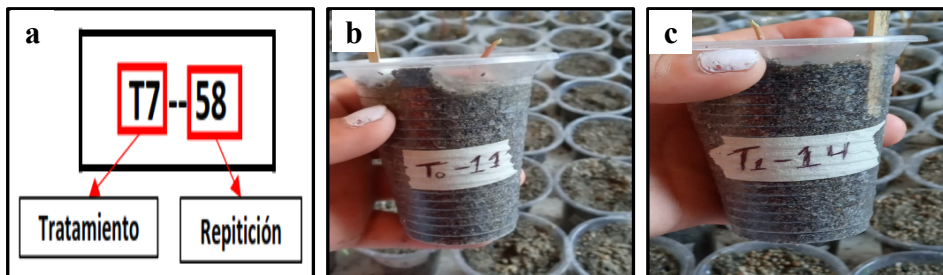
Con el sustrato desinfectado, se procedió realizar el llenado de los vasos plásticos,

tomando en consideración el espacio de un 1 cm entre el sustrato y el borde del vaso, para colocar la semilla y riesgos posteriores.

### 5.3.7. Etiquetado

Se etiquetó los vasos correspondientes para cada tratamiento y número de repetición (Figura 14), con una cinta.

**Figura 14.** Etiquetado de los tratamientos pregerminativos Etiqueta (a), Tratamiento T0 (b) y Tratamiento T1(c).



### 5.3.8. Desinfección de las semillas

Las semillas se desinfectaron con vitavax (1 cucharada / 5 L) disuelto en agua, para ello fueron sumergidas por un tiempo de 10 minutos, con la finalidad de eliminar y controlar los posibles hongos o insectos presentes en las mismas.

### 5.3.9. Siembra de las semillas

Previo a la siembra se humedeció el sustrato y se sembró las semillas, a razón de una semilla por vaso, a una profundidad de dos veces el diámetro (aproximadamente de 1 a 2 cm de profundidad).

### 5.3.10. Manejo silvicultural

#### 5.3.10.1. Riego

El riego se realizó una vez por día, en el periodo de la mañana, utilizando una bomba de mano (Figura 15), regulando la salida del agua, en forma de lluvia fina para no desenterrar las semillas del sustrato.

**Figura 15.** Riego de semillas de *S. macrophylla*.



#### 5.3.10.2. Control de malezas

El control de malezas se llevó de forma manual y en frecuencia de acuerdo al grado de

aparición de las malezas.

### **5.3.10.3. Control fitosanitario**

El control fitosanitario se realizó cada 15 días con oxithane (4 cucharas /10 L) para prevenir el ataque de hongos a las semillas durante la germinación y *damping off* de las plántulas emergidas.

### **5.3.11. Variables evaluadas**

#### **5.3.11.1. Número de días a la germinación**

Para evaluar el tiempo de germinación, se contó mediante observaciones diarias número de semillas que germinaron por tratamiento por el lapso de 75 días.

#### **5.3.11.2. Porcentaje de germinación (% G)**

Para la evaluación del porcentaje de germinación se registraron datos desde el primer día hasta el último día de la germinación o mejor dicho hasta alcanzar el máximo de semillas germinadas por tratamiento (entre el número de semillas sembradas y el número de semillas germinadas). El porcentaje de germinación se determinó por la fórmula propuesta por Arriaga et al. (1994):

$$\% \text{ G} = \frac{n \times 100}{N}$$

donde:

**% G**= Porcentaje de germinación

**n**= Número de semillas germinadas

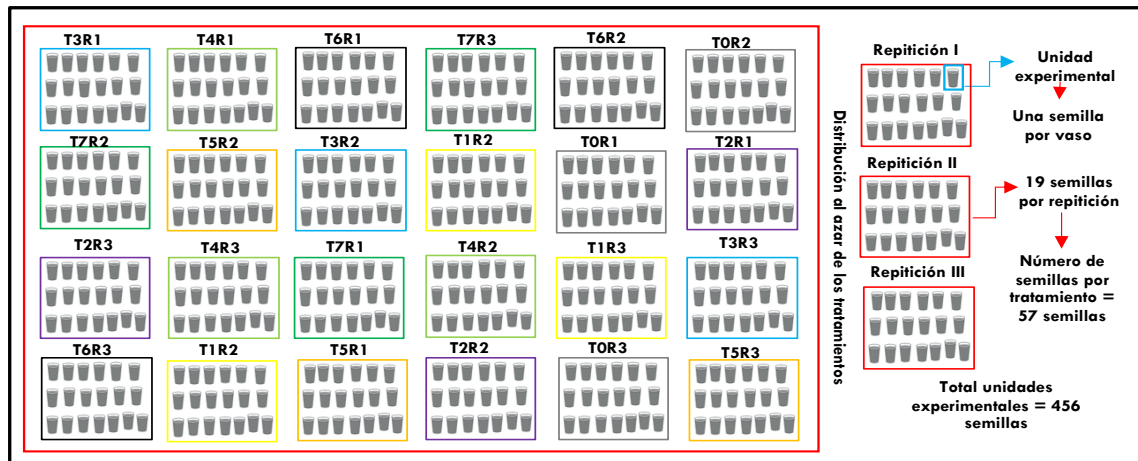
**N**= Número de semillas sembradas

**100**= Constante

### **5.3.12. Diseño estadístico**

El diseño estadístico también conocido como diseño experimental o diseño de investigación. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 8 tratamientos y 3 repeticiones y la unidad experimental fue la semilla / vaso, el total de unidades experimentales fue 456 semillas, 57 por tratamiento y 19 por repetición (Figura 16).

**Figura 16.** Distribución al azar de los diferentes tratamientos pregerminativos en la germinación de las semillas de *S. macrophylla*.



Las semillas de *S. macrophylla* se sometieron a 7 tratamientos pregerminativos (Inmersión en agua temperatura ambiente por diferentes horas) y el control (Tabla 3).

**Tabla 3.** Tratamientos pregerminativos en semillas de *S. macrophylla*.

Factor	Niveles	Tratamientos
Semillas en inmersión en agua temperatura ambiente	Control	T0
	12 horas	T1
	24 horas	T2
	36 horas	T3
	48 horas	T4
	60 horas	T5
	72 horas	T6
	84 horas	T7

El modelo matemático utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta obtenida en la  $i$ -ésimo tratamiento del  $j$ -ésima repetición

$i = 1, 2, \dots, t$ ;  $t$  = Número de tratamientos

$j = 1, 2, \dots, n$ ;  $n$  = Número de repeticiones por tratamiento

$\mu$  = Efecto de la media general

$\tau_i$  = Efecto atribuido al  $i$ -ésimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$  = Representa el error aleatorio o experimental asociado a la observación  $Y_{ij}$

### 5.3.13. Análisis de datos

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias (TUKEY) con un nivel de significancia de 5 % (0,05) de error para la variable (% G), y así poder determinar el efecto del potencial de la germinación de las semillas de *S. macrophylla* al ser sometidos a inmersión en agua temperatura ambiente por diferentes horas. El análisis de datos se llevó a cabo con la aplicación del software *InfoStat / Profesional 2023* (Balzarini et al.,

2008; Di Rienzo et al., 2020).

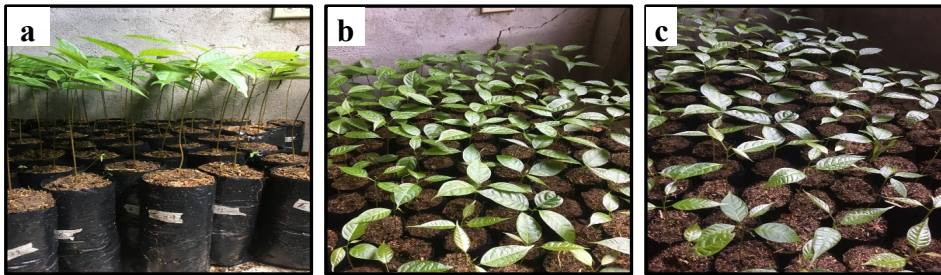
#### **5.4. Metodología para evaluar el efecto de los tratamientos pregerminativos en el crecimiento de las plántulas a los 6 meses de edad**

Para cumplir con el segundo objetivo se siguió la metodología planteada por Trujillo (2011), la cual fue acoplada para este objetivo.

##### **5.4.1. Obtención de las plantas y cantidad de plantas**

A partir de las semillas previamente germinadas en los tratamientos pregerminativos, se eligieron 21 plantas de cada tratamiento que habían emergido en los primeros 20 días. El objetivo de esta selección es tratar de homogenizar en cuanto a la altura (Figura 17a), el número de hojas (Figura 17b y c), la longitud de las raíces y la cantidad de raíces secundarias de las plantas. En total, se utilizaron 168 plantas en el ensayo.

**Figura 17.** *Altura (a) y Hojas (b y c) de las plantas de S. macrophylla.*



##### **5.4.2. Adquisición y cantidad de sustrato para el repique**

El sustrato para el crecimiento de las plántulas consistió en una mezcla de tierra del lugar, arena fina de río, compost y aserrín en una proporción de 3:1:2:1. la cantidad que se utilizó fue de 0,0011 m<sup>3</sup> por cada funda, dando un total de 0,18 m<sup>3</sup> para las 168 fundas utilizadas en el ensayo.

##### **5.4.3. Preparación y desinfección del sustrato para el repique**

Para la preparación del sustrato se cernieron cada uno de los componentes (tierra del lugar, compost, aserrín fino) con la finalidad de eliminar terrones, piedras, raíces para homogeneizar el sustrato (Figura 18).

La desinfección del sustrato se realizó con terraclor (2 cucharas / 20 L), para prevenir el ataque de hongos y el *damping off* después de la germinación. La desinfección se realizó por 3 días, una vez por cada día, donde cada día se mezcló el sustrato para efectivizar la acción del fungicida, se procedió a cubrir el sustrato con un plástico negro para generar un ambiente temperatura y humedad, con la finalidad de eliminar los patógenos.



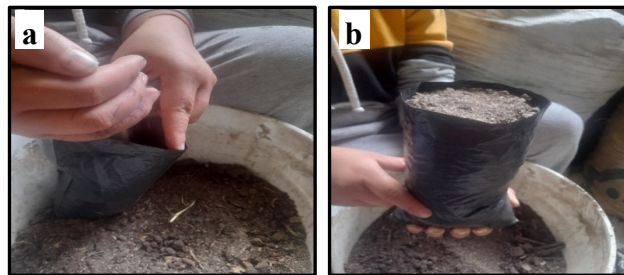
**Figura 18.** *Desinfección del sustrato para el crecimiento de plantas de caoba.*



#### **5.4.4. Llenado de las fundas para el repique**

Con el sustrato desinfectado, se procedió a realizar el llenado de las fundas (Figura 19a), dejando un espacio de 1 cm entre el sustrato y el borde de la funda, para colocar las plantas (Figura 19b). Luego se procedió a regar las fundas, para optimizar condiciones de humedad para el repique de las plantas.

**Figura 19.** *Llenado (a) y Funda llenada (b) para el repique de las plantas de caoba.*



#### **5.4.5. Repique**

El repique se realizó cuando las plantas alcanzaron una altura promedio entre 10 a 15 cm, con 2 a 3 hojas verdaderas, las plántulas se extrajeron cuidadosamente del vaso sin destruir el sistema radicular y con la ayuda de una estaca puntiaguda se realizó la apertura (hoyo) en el centro del sustrato de cada funda, para colocar las plantas con raíz lo más verticalmente posible y sin dañar la raíz. A continuación, se relleno suavemente alrededor del tallo y por último se regó las plantas repicadas y también para llenar los espacios dejados al colocar las plantas.

#### **5.4.6. Etiquetado**

Se etiquetó las fundas correspondientes para cada tratamiento y número de repetición.

#### **5.4.7. Manejo silvicultural**

##### **5.4.7.1. Riego**

La frecuencia de riego se realizó en las dos primeras semanas una vez por día, en la mañana para que las plantas se adapten al nuevo sustrato y evitar que estresen y mueran (Figura 20a). Después la frecuencia de riego se realizó cada 3 días, en la mañana.



#### 5.4.7.2. Control de malezas

El control de malezas se realizó de forma manual y en frecuencia de acuerdo al grado de aparición de las malezas (Figura 20b).

#### 5.4.7.3. Control fitosanitario

El control fitosanitario se realizó una sola vez por mes para prevenir el ataque plagas y enfermedades, para ello se utilizó oxithane (4 cucharas /10 L) para prevenir el ataque del *damping off* (Figura 20c) y también diazol (10 ml / 5 L) para prevenir la incidencia de plagas (Figura 20d).

**Figura 20.** Riego (a), Deshierbe de las malezas (b), y Control fitosanitario: Aplicación del Diazol (c) y Oxithane (d) en las plantas de *S. macrophylla*.

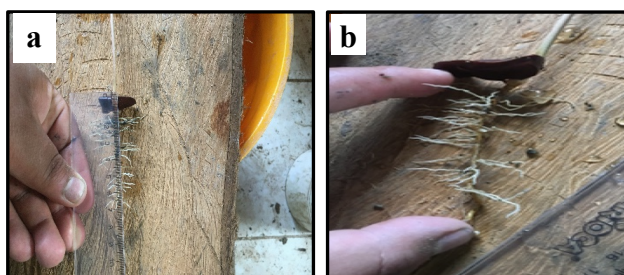


#### 5.4.8. Variables evaluadas

##### 5.4.8.1. Longitud de la raíz principal (Lrp) y número de raíces secundarias (Nrs)

Se midió la raíz principal con la ayuda de una regla en cm y también se contó el número de raíces secundarias, esto se realizó al inicio (durante el repique) (Figura 21a y b), 3 meses (90 días) y a al final del ensayo (6 meses o 180 días), tomando 3 plantas al azar por tratamiento (15 %), siendo 1 planta por repetición.

**Figura 21.** Medición de la raíz (a) y conteo de número de raíces secundarias (b) en las plantas de caoba.



##### 5.4.8.2. Altura de las plántulas (H)

La altura se midió desde el cuello de la planta (limite en sustrato y tallo) hasta el ápice, con la ayuda de una regla en cm (Figura 22). El registró de datos, se realizó 10 días después de ser repicadas (0 meses) luego a los 3 meses (90 días) y finalmente a los 6 meses (180 días).

**Figura 22.** Medición de la altura de las plantas de *S. macrophylla*.



Con los datos de las tres mediciones realizadas (0, 3 y 6 meses) se determinó el incremento de altura de las plantas, para ello se aplicó las fórmulas planteadas por Quesada et al. (2012).

$$\text{ICT}_H = H_f - H_i$$

donde:

$\text{ICT}_H$  = Incremento corriente trimestral en altura (cm)

$H_f$  = Altura al final del periodo (cm)

$H_i$  = Altura al inicio del periodo (cm)

$$\text{IMT}_H = \frac{C_f}{t}$$

donde:

$\text{IMT}_H$  = Incremento medio trimestral en altura (cm / mes)

$C_f$  = Crecimiento total en altura a los 0, 3 y 6 meses (cm)

$t$  = Edad en meses (0, 3 y 6 meses)

#### 5.4.8.3. Número de hojas ( $N_h$ )

El número de hojas se contó manualmente en todas las plantas y tratamientos (Figura 23), a los 10 días después ser repicadas (0 meses o 10 días), 3 meses (90 días) y finalmente a los 6 meses (180 días).

**Figura 23.** Conteo de las hojas (a y b) en las plantas de *S. macrophylla*.

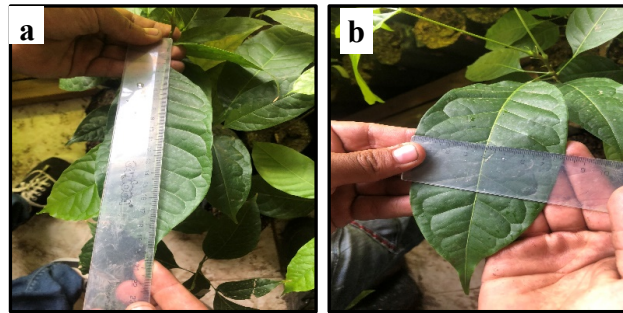


#### 5.4.8.4. Tamaño de las hojas ( $L_h$ y $A_h$ )

La longitud de la hoja ( $L_h$ ), se midió desde base del peciolo hasta ápice de la hoja, con la ayuda de una regla en cm (Figura 24a), mientras que el ancho de la hoja ( $A_h$ ) se midió a la mitad de la hoja, con la ayuda de una regla en cm (Figura 24b). Se realizó el registró de datos, 10 días después ser repicadas (0 meses o 0 días), después de 3 meses (90 días) y finalmente a

los 6 meses (180 días).

**Figura 24.** Medición de Longitud (a) y Ancho (b) de las hojas de las plantas de caoba.



#### 5.4.8.5. Supervivencia al repique

Para evaluar el porcentaje de supervivencia se determinó entre las plantas repicadas y el número de número plantas vivas; y, se calculó con la siguiente fórmula propuesta por Linares (2005):

$$\% S = \frac{P_v}{P_v + P_m} \times 100$$

**donde:**

**% S**= Porcentaje de supervivencia

**P<sub>v</sub>**= Plantas vivas

**P<sub>m</sub>**= Plantas muertas

**100**= Constante

Para poder categorizar la supervivencia de las plantas a los 6 meses de edad se utilizó la metodología planteada por Centeno (1993) en cuatro categorías (Tabla 4).

**Tabla 4.** Categorización para la evaluación de la supervivencia.

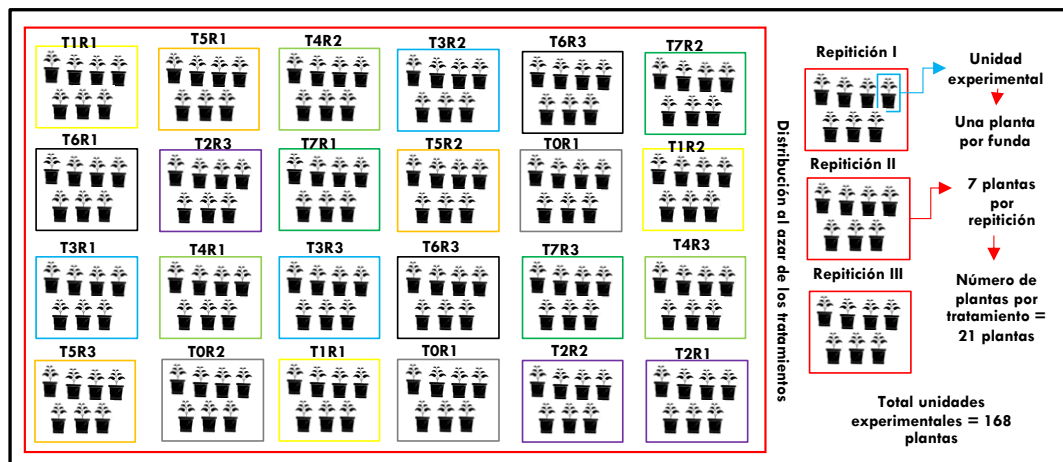
<b>Categoría</b>	<b>Supervivencia (%)</b>
Muy bueno	80 – 100 %
Bueno	60 – 79,99 %
Regular	40 – 59,99 %
Malo	0 – 39,99 %

Fuente: Centeno (1993).

#### 5.4.9. Diseño estadístico

El diseño estadístico también conocido como diseño experimental o diseño de investigación. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) o con 8 tratamientos y 3 repeticiones y la unidad experimental fue la planta / funda, el total de unidades experimentales fue 168 plantas, 21 por tratamiento y 7 por repetición (Figura 25).

Figura 25. Distribución al azar de los diferentes tratamientos en el crecimiento de las plantas de *S. macrophylla*.



Las plantas que se utilizaron son provenientes de los tratamientos pregerminativos (semillas en inmersión en agua temperatura ambiente por diferentes horas) obtenidas del primer objetivo, como se describe en la Tabla 5.

Tabla 5. Plantas obtenidas de los tratamientos pregerminativos de *S. macrophylla*.

Factor	Niveles	Tratamientos
Plantas provenientes (semillas en inmersión en agua temperatura ambiente)	Control	T0
	12 horas	T1
	24 horas	T2
	36 horas	T3
	48 horas	T4
	60 horas	T5
	72 horas	T6
	84 horas	T7

El modelo matemático utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta obtenida en la  $i$ -ésimo tratamiento del  $j$ -ésima repetición

$i = 1, 2, \dots, t$ ;  $t$  = Número de tratamientos

$j = 1, 2, \dots, n$ ;  $n$  = Número de repeticiones por tratamiento

$\mu$  = Efecto de la media general

$\tau_i$  = Efecto atribuido al  $i$ -ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = Representa el error aleatorio asociado a la observación  $Y_{ij}$

#### 5.4.10. Análisis de datos

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias (TUKEY) con un nivel de significancia de 5 % (0,05) de error para las variables (Lrp, Nrs, H, ICT, IMT, Nh, Lh, Ah), y así poder determinar el efecto del potencial del crecimiento que desarrollaron las plantas de *S. macrophylla* provenientes de los tratamientos pregerminativos, a los 0, 3 y 6 meses de edad.

## 6. Resultados

### 6.1. Efecto de los tratamientos en la germinación de semillas de *S. macrophylla*

#### 6.1.1. Número de días a la germinación

Las semillas de *S. macrophylla* comenzaron a germinar a partir de los 24 días después de sembradas, (Figura 26) siendo el tratamiento T5 (Semillas en inmersión en agua a temperatura ambiente por 60 horas) el que registró mayor germinación a los 26 días y se estabilizó a los 70 días con el 85,96 %, entre tanto, el menor porcentaje de germinación fue el tratamiento T6 (Semillas en inmersión en agua a temperatura ambiente por 72 horas) con 63,16 % y registró la germinación a partir del día 29 hasta el día 70 (Tabla 6).

Figura 26. Sigmoide de germinación de las semillas de *S. macrophylla*.

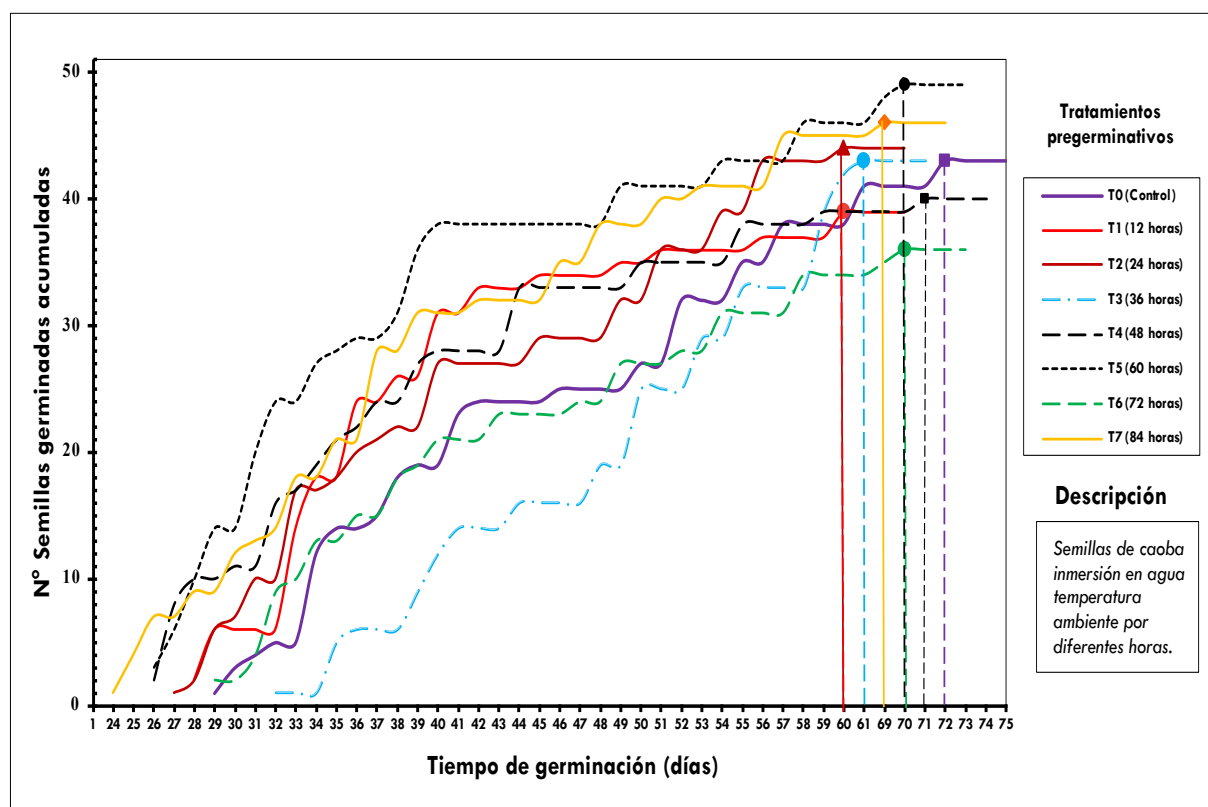


Tabla 6. Cuadro resumen de la germinación de las semillas de caoba.

Tratamientos	Nº de semillas sembradas/ repetición	Nº de semillas sembradas / tratamientos	Nº de semillas germinadas/ tratamientos	% Germinación	Inicio de la germinación (días)	Periodo de germinación (días)	Fin de la germinación (días)
T0	R1	19					
	R2	19	57	43	74,44	29	43
	R3	19					72
T1	R1	19					
	R2	19	57	39	68,42	28	32
	R3	19					60
T2	R1	19					
	R2	19	57	44	77,19	27	33
	R3	19					60



Tratamientos	Nº de semillas sembradas/ repetición	Nº de semillas sembradas / tratamientos	Nº de semillas germinadas/ tratamientos	% Germinación	Inicio de la germinación (días)	Periodo de germinación (días)	Fin de la germinación (días)
T3	R1	19					
	R2	19	57	43	75,44	32	29
	R3	19					61
T4	R1	19					
	R2	19	57	40	70,18	26	45
	R3	19					71
T5	R1	19					
	R2	19	57	49	85,96	26	44
	R3	19					70
T6	R1	19					
	R2	19	57	36	63,16	29	41
	R3	19					70
T7	R1	19					
	R2	19	57	46	80,70	24	45
	R3	19					69

Nota. Donde: R1= Repetición 1; R2= Repetición 2 y R3= Repetición 3.

### 6.1.2. Análisis estadístico en el porcentaje de germinación

La germinación de *S. macrophylla* en los 7 tratamientos pregerminativos registraron entre el 63,16 al 85,96 % (Figura 27; Figura 28 y Tabla 6). Por otra parte, estas diferencias de porcentaje de germinación al someterlas a un análisis de varianza (ANOVA), indicó que no existe diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,1264) entre los tratamientos.

Figura 27. Porcentaje de germinación de las semillas de *S. macrophylla*.

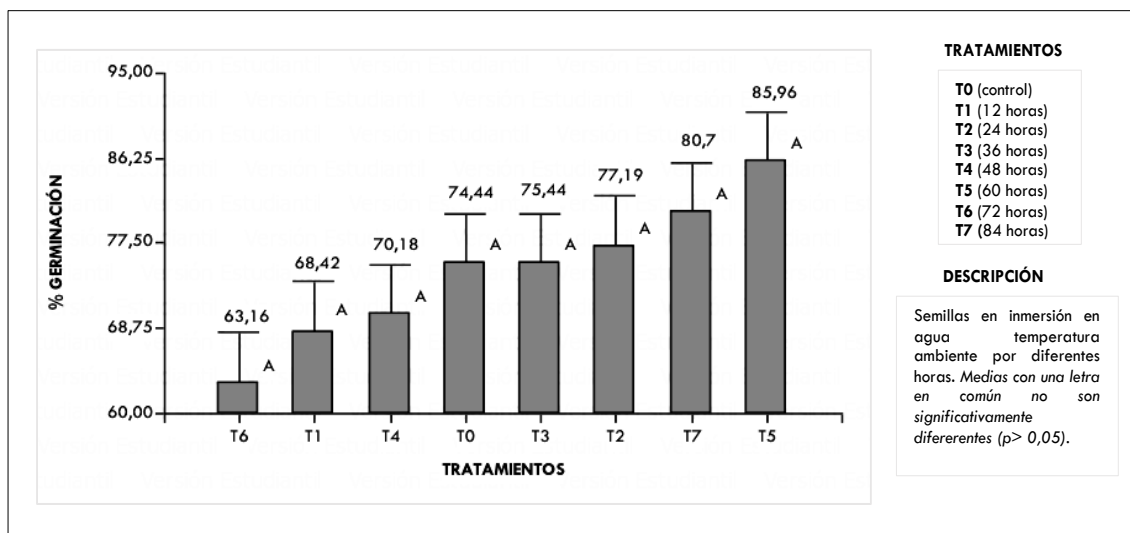


Figura 28. Germinación de las semillas de *S. macrophylla* bajo los tratamientos pregerminativos.



## 6.2. Efecto de los tratamientos en el crecimiento de las plantas de *S. macrophylla*

### 6.2.1. Supervivencia

La supervivencia de las plantas de *S. macrophylla* a los 6 meses edad (180 días), fue del 100% alcanzó la categoría de muy bueno al estar rango 80 - 100 % de supervivencia (Tabla 7), a pesar de incidencia herbívora en las hojas de las plantas (Figura 29).

**Tabla 7.** Porcentaje de supervivencia de las plantas de *S. macrophylla* a los 6 meses.

Tratamientos	N° de individuos / tratamiento	N° de individuos vivos	N° de individuos muertos	Supervivencia (%)
T0		21	0	100
T1		21	0	100
T2		21	0	100
T3		21	0	100
T4	21	21	0	100
T5		21	0	100
T6		21	0	100
T7		21	0	100
Promedio general de supervivencia (%)				100

**Figura 29.** Ataque de las plagas en las plantas de *S. macrophylla*.



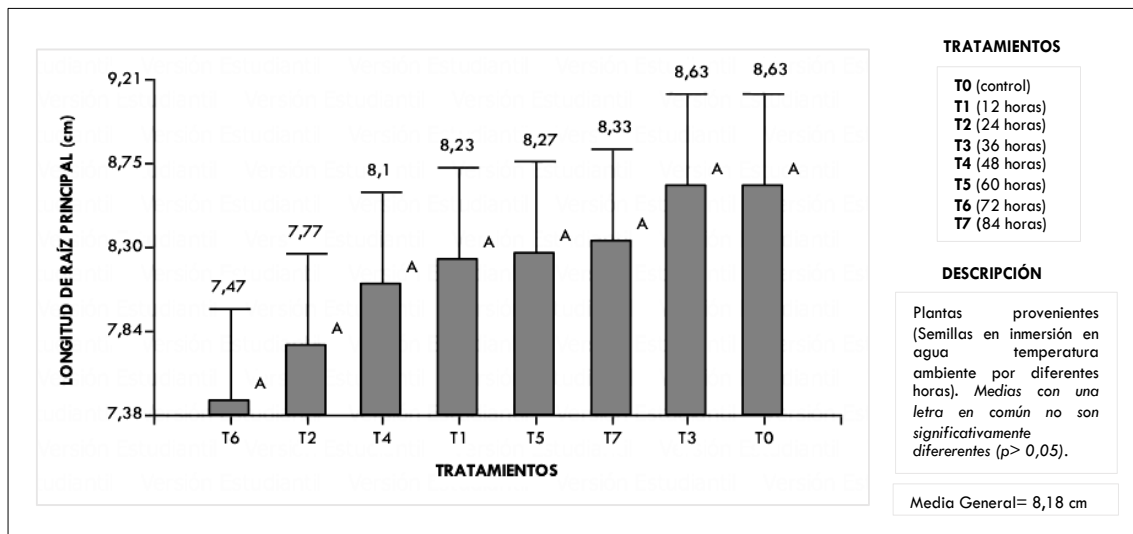
**Nota.** El ataque de plagas en las hojas de las plantas de caoba no provocó su muerte, aunque fue causado por hormigas, babosas, chinicuros y caracoles

### 6.2.2. Longitud de la raíz principal de las plantas de *S. macrophylla*

#### 6.2.2.1. Longitud de raíz principal a los 0 meses (0 días)

El crecimiento en longitud de la raíz principal a los 0 meses de evaluación mostró que los tratamientos T0 y T3 obtuvieron la mayor media con 8,63 cm, mientras tanto, el tratamiento T6 obtuvo el menor promedio con 7,47 cm (Figura 30), sin embargo, al ser sometidos a un análisis de varianza (ANOVA), no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,6977), entre los tratamientos.

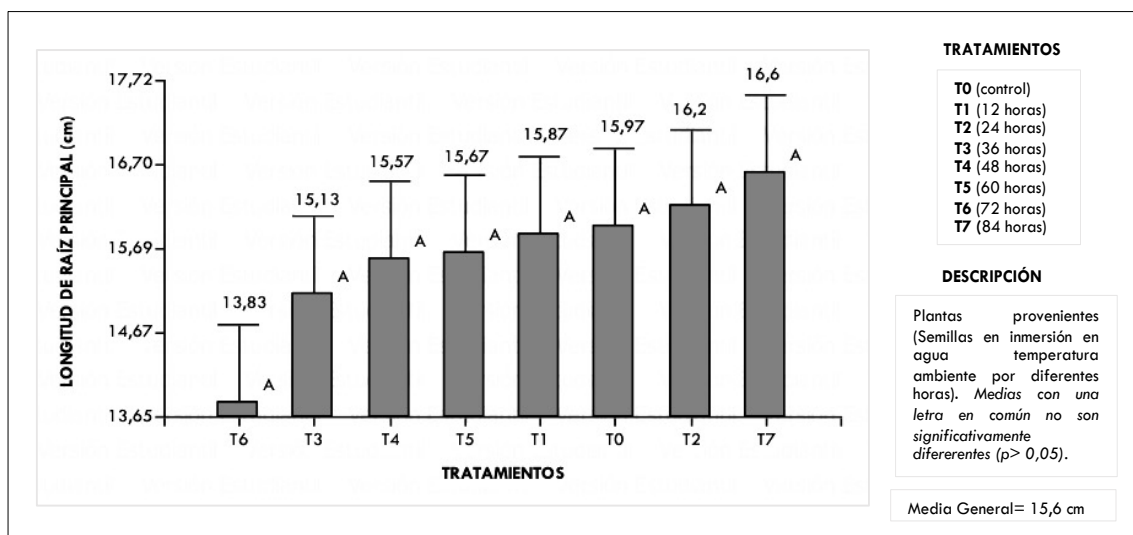
**Figura 30.** Longitud promedio de raíz principal, a los 0 meses de evaluación.



### 6.2.2.2. Longitud de raíz principal a los 3 meses (90 días)

En la Figura 31, se muestra el crecimiento en longitud de la raíz principal a los 3 meses de evaluación, siendo el tratamiento T7 registró el mayor promedio con 16,6 cm, mientras que el tratamiento T6 presento la menor media con 13,83 cm, sin embargo, al realizar un análisis de varianza (ANOVA) no indica diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,6030) entre los tratamientos.

**Figura 31.** Longitud promedio de raíz principal, a los 3 meses de evaluación.

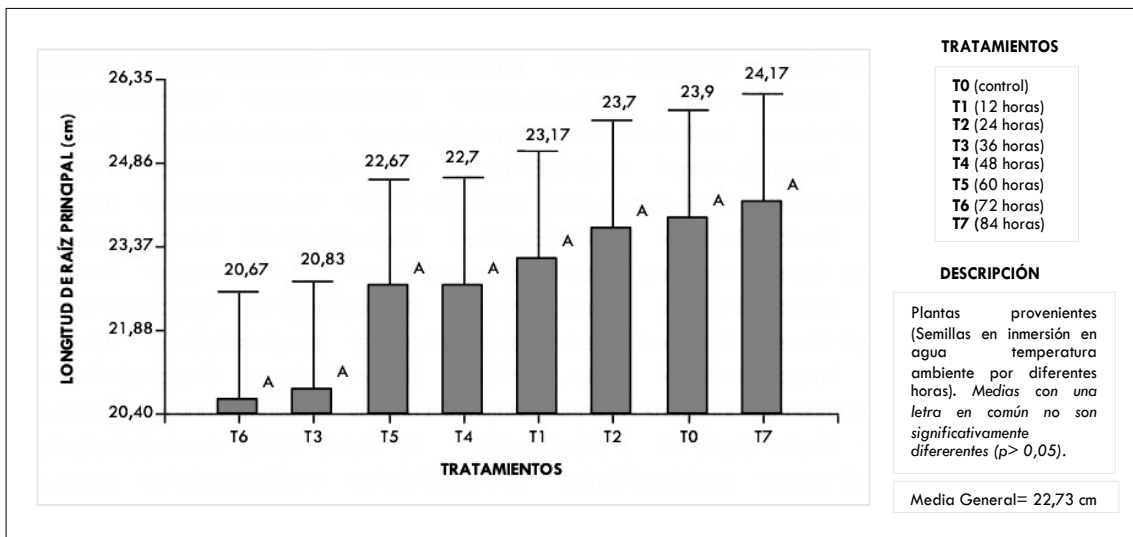


### 6.2.2.3. Longitud de raíz principal a los 6 meses (180 días)

Como se puede observar en la Figura 32, sobre el crecimiento en longitud de la raíz principal a los 6 meses de evaluación, el tratamiento T7 obtuvo la mayor media con 24,17 cm; en cambio, el tratamiento T6 obtuvo el menor promedio con 20,67 cm. El análisis ANOVA, se determinó que no existe diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,8319) entre los tratamientos.



**Figura 32.** Longitud promedio de raíz principal, a los 6 meses de evaluación.

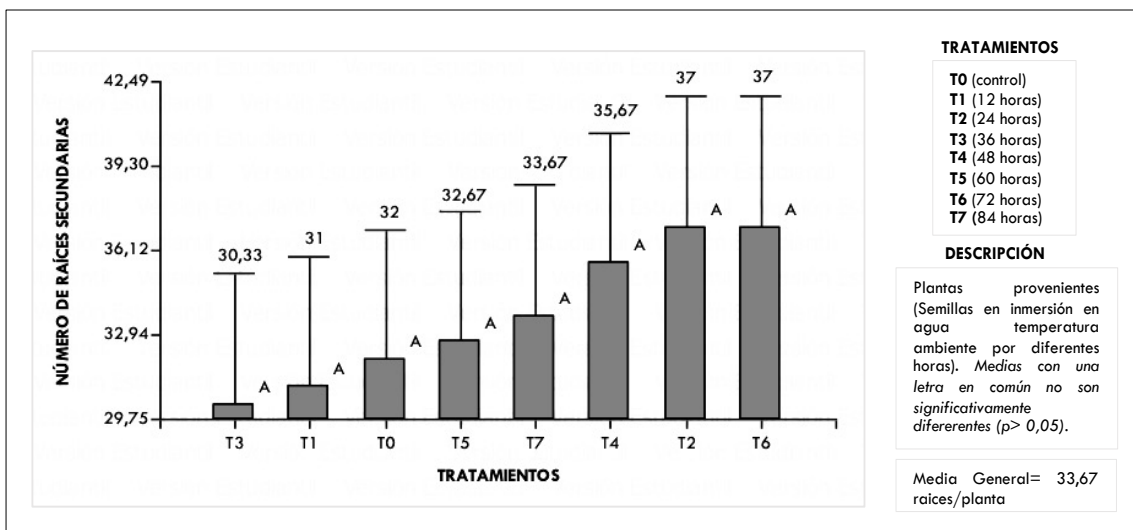


### 6.2.3. Número de raíces secundarias de las plantas de *S. macrophylla*

#### 6.2.3.1. Número de raíces secundarias a los 0 meses (0 días)

De acuerdo a lo que se muestra en la Figura 33, sobre el número promedio de raíces secundarias por planta de caoba a los 0 meses de evaluación, el tratamiento T6 sobresale con el mayor promedio, con 37 raíces por planta, mientras que el tratamiento T3 registró la menor media, con 30,33 raíces por planta, sin embargo estas diferencias de promedio al realizar un análisis de varianza (ANOVA), no mostró diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,9501) entre los tratamientos.

**Figura 33.** Número promedio de raíces secundarias, a los 0 meses de evaluación.

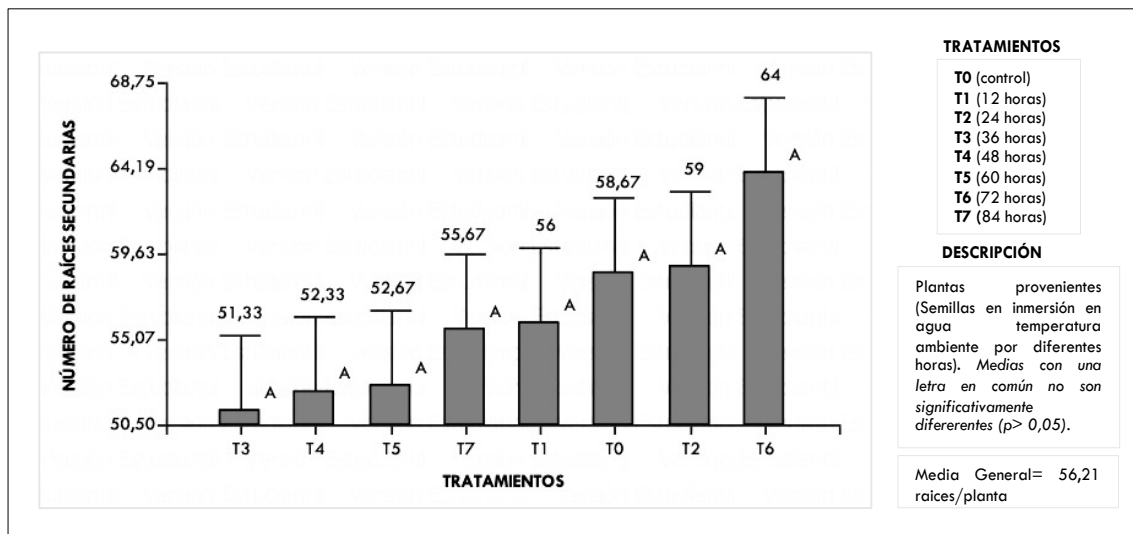


#### 6.2.3.2. Número de raíces secundarias a los 3 meses (90 días)

A continuación, en la Figura 34, se puede apreciar el número promedio de raíces secundarias por planta a los 3 meses de evaluación, el tratamiento T6 obtuvo la mayor media con 64 raíces por planta, mientras que el tratamiento T3 presentó el menor promedio con 51,33

raíces por planta. El análisis estadístico demostró, que no existe diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,3702), entre los tratamientos evaluados.

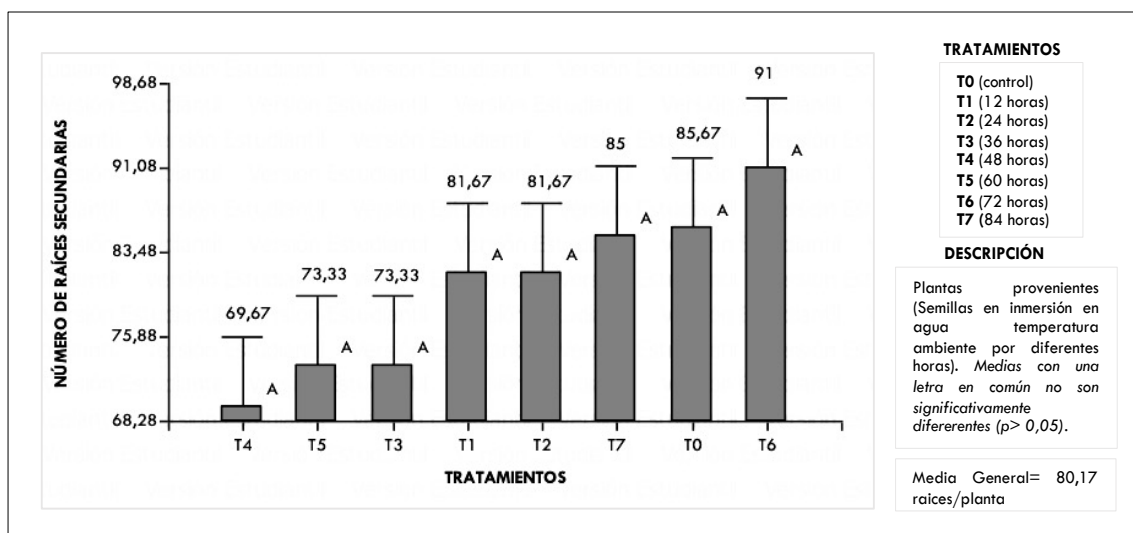
**Figura 34.** Número promedio de raíces secundarias, a los 3 meses de evaluación.



### 6.2.3.3. Número de raíces secundarias a los 6 meses (180 días)

En la Figura 35, se puede observar el número promedio de raíces secundarias por planta a los 6 meses de evaluación. El tratamiento T6 registró el mayor promedio con 91 raíces por planta, mientras que el tratamiento T4 presentó la menor media con 69,67 raíces por planta. Los valores promedios obtenidos del análisis de varianza (ANOVA), no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,2844), entre los tratamientos.

**Figura 35.** Número promedio de raíces secundarias, a los 6 meses de evaluación.



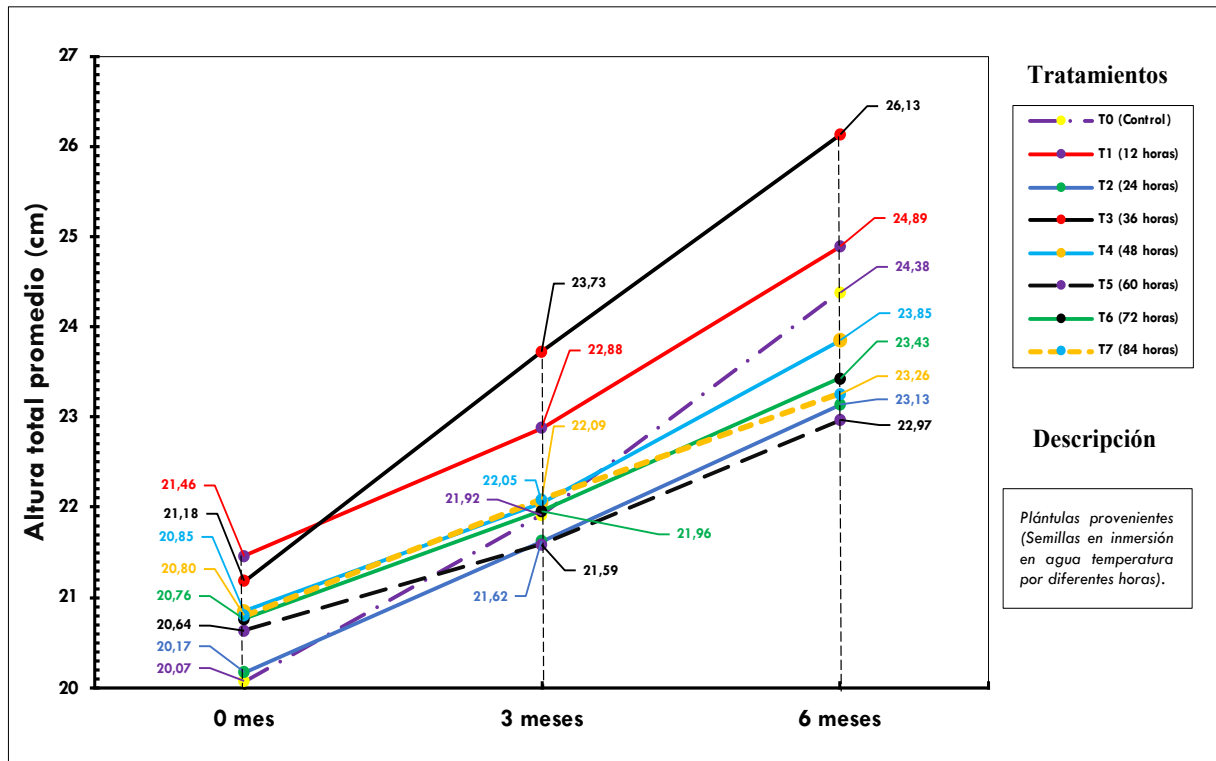
## 6.2.4. Crecimiento en altura de las plantas de *S. macrophylla*

### 6.2.4.1. Crecimiento promedio en altura

El crecimiento en altura de las plantas a los 0, 3 y 6 meses de edad evaluación se registró el mayor promedio en el tratamiento T3 con 21,18; 23,73; 26,13 cm respectivamente, entre

tanto, el tratamiento T5 registró el menor crecimiento promedio en altura 20,64; 21,59 y 22,97 cm (Figura 36) (Anexo 2) respectivamente.

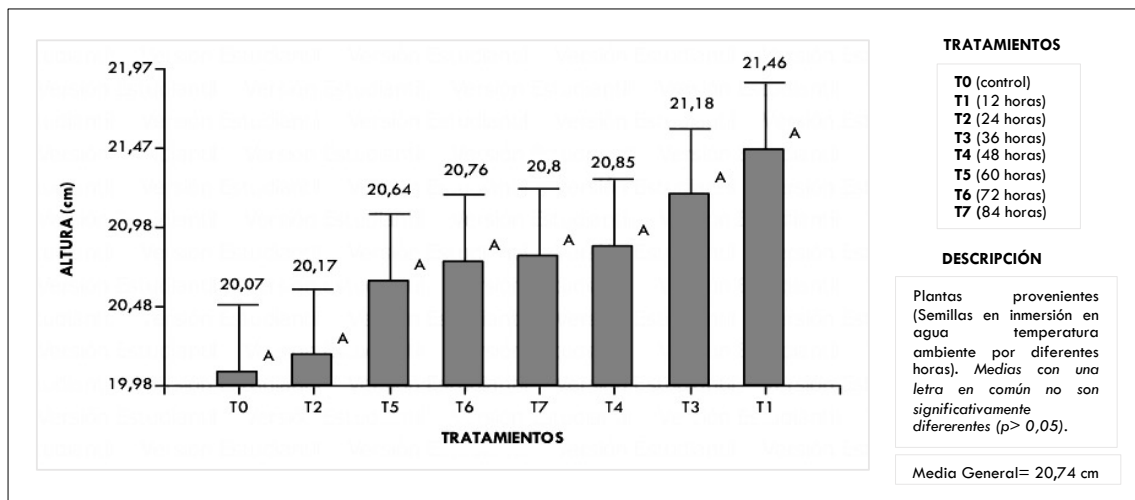
**Figura 36.** Curva de crecimiento promedio en altura de *S. macrophylla* a los 0, 3 y 6 meses de edad.



#### 6.2.4.2. Altura a los 0 meses (0 días)

Como se ilustra en la Figura 37, se presenta la altura promedio de las plantas los 0 meses de evaluación, observando que el tratamiento T1 se registró la mayor media con 21,46 cm, entre tanto, el tratamiento T0 se obtuvo el menor promedio 20,07 cm, seguido del tratamiento T2 con una media de 20,12 cm. Mediante el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de TUKEY con nivel de significancia 5 % de error, no indicó diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,3509) entre los tratamientos.

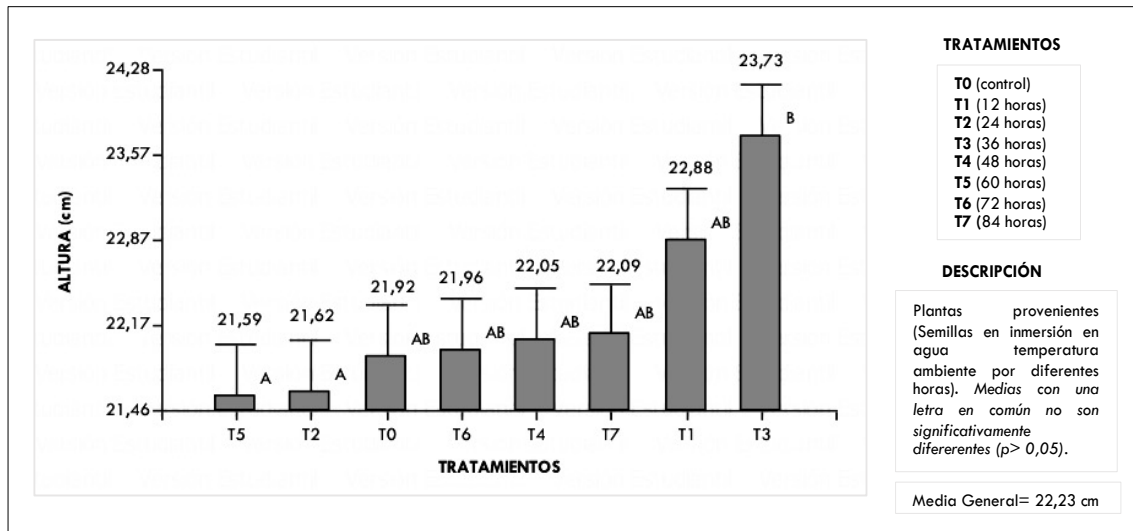
**Figura 37.** Altura promedio, a los 0 meses de evaluación.



### 6.2.4.3. Altura a los 3 meses (90 días)

En la Figura 38, se indica la altura media de las plantas de *S. macrophylla* a los 3 meses de evaluación, el tratamiento T3 se obtuvo la mayor media con 23,73 cm, mientras que el tratamiento T5 presento el menor promedio con 21,59 cm. Los resultados del análisis ANOVA muestran que hay diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,0361) entre los tratamientos.

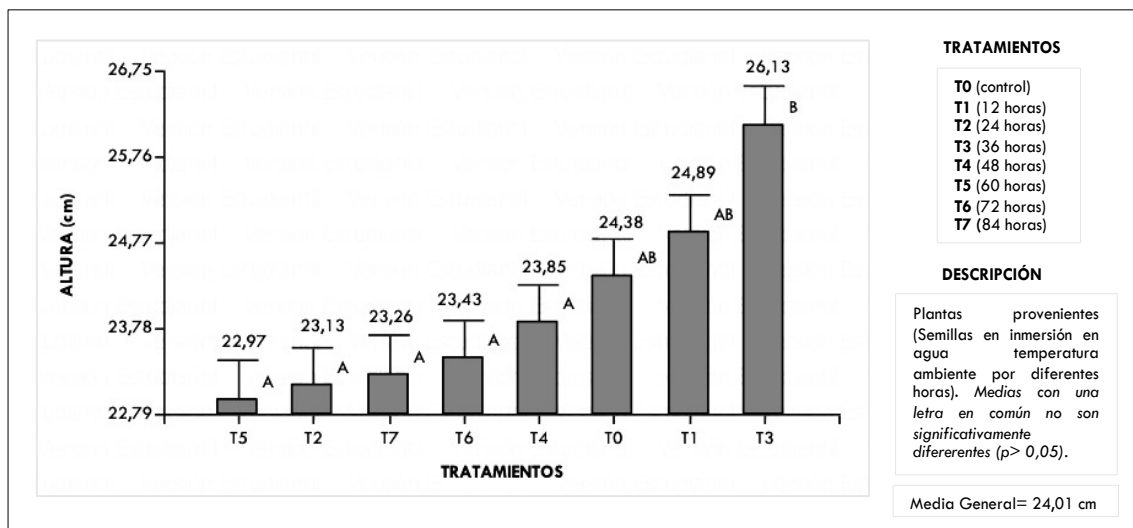
Figura 38. Altura promedio, a los 3 meses de evaluación.



### 6.2.4.4. Altura a los 6 meses (180 días)

De acuerdo a la Figura 39, sobre la altura media de las plantas de caoba a los 6 meses de evaluación, el tratamiento T3 se registró el mayor promedio con 26,13 cm, mientras que el tratamiento T5 presentó la menor media con 22,97 cm. Según el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba TUKEY 5 % de significancia, se observó que si existió diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,0013) entre los tratamientos evaluados.

Figura 39. Altura promedio, a los 6 meses de evaluación.

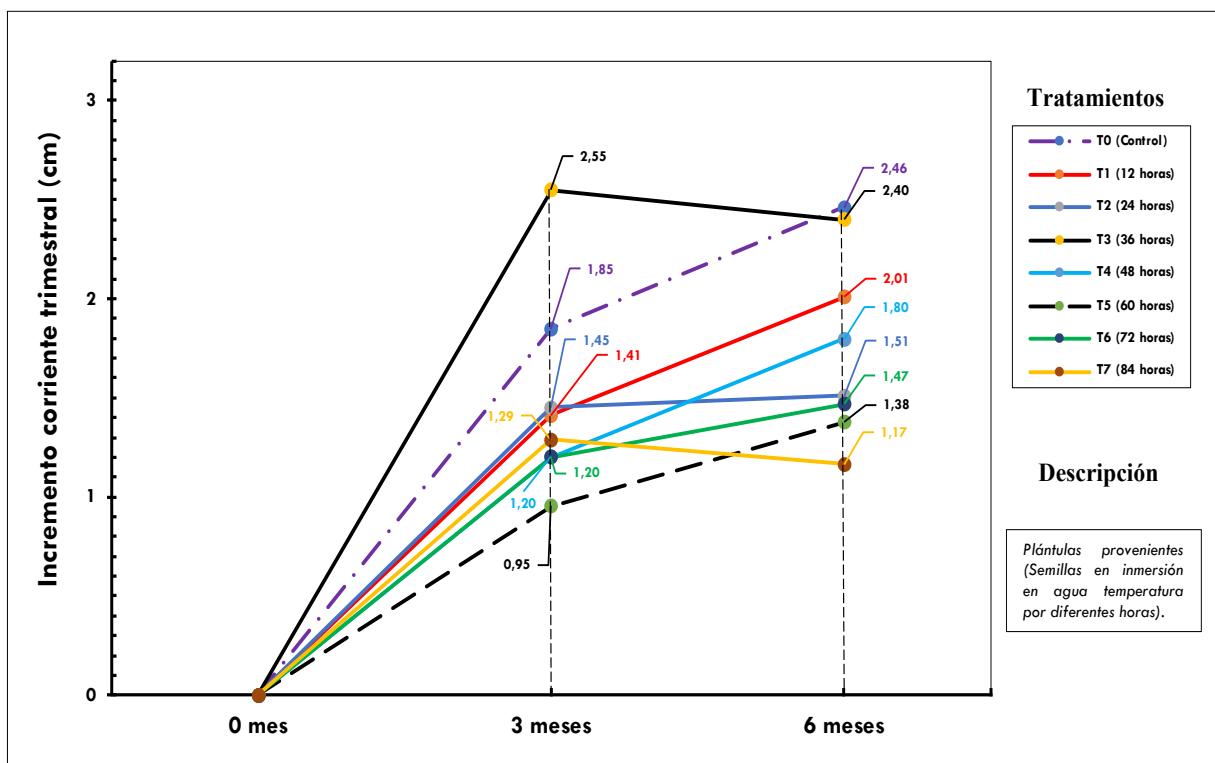


## 6.2.5. Incremento Corriente Trimestral e Incremento Medio Trimestral de la altura de las plantas de *S. macrophylla*

### 6.2.5.1. Incremento Corriente Trimestral (ICT)

El Incremento Corriente Trimestral (ICT) de la altura de las plantas en los 8 tratamientos muestra que, de 0 a 3 meses y de 3 a 6 meses, el tratamiento T3 sobresale con 2,55 y 2,40 cm, respectivamente, seguido por el tratamiento T0 con 1,85 y 2,46 cm, respectivamente (Figura 40). Sin embargo, los tratamientos que presentaron menor Incremento corriente trimestral fueron el tratamiento T7 con 1,29 y 1,17 cm, y, finalmente, el tratamiento T5 con 0,95 y 1,38 cm, respectivamente (Anexo 3)

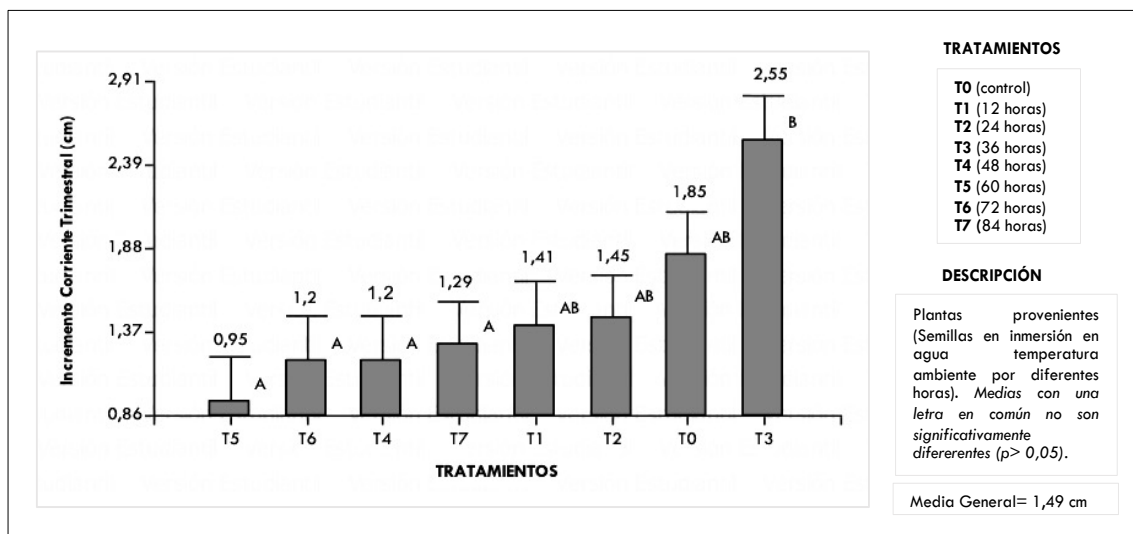
Figura 40. Curva del Incremento Corriente Trimestral (ICT) en altura de los diferentes tratamientos.



### 6.2.5.2. Análisis estadístico del ICT

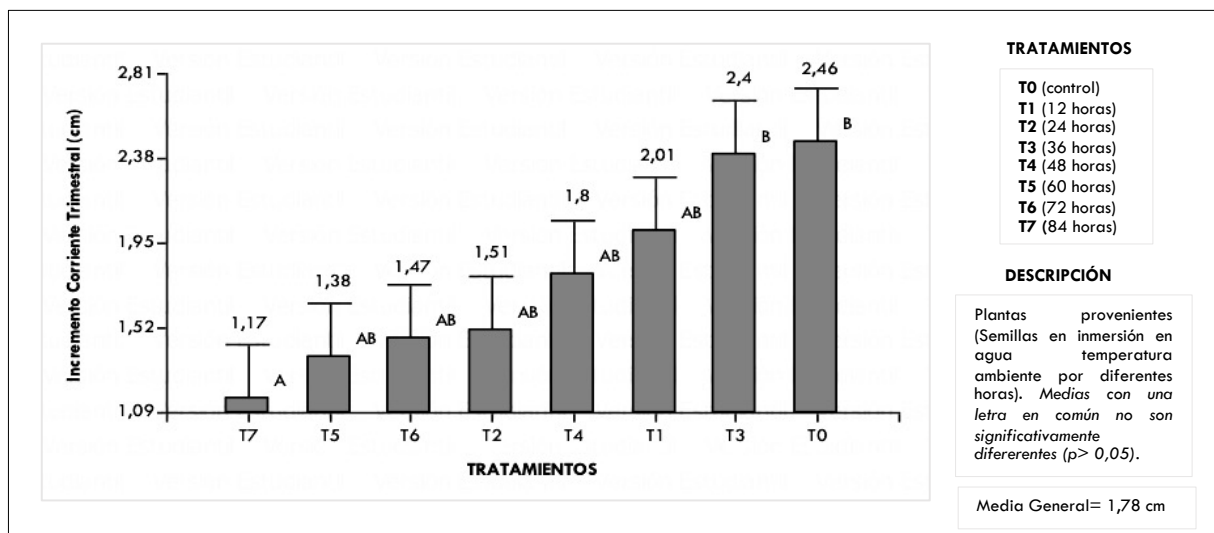
El incremento corriente trimestral en altura de las plantas en los 8 tratamientos 0 a 3 meses de evaluación, muestra que el tratamiento T3 registró el mayor incremento con una media de 2,55 cm, y el tratamiento T5 se obtuvo el menor incremento en altura con un promedio de 0,95 cm (Figura 41). Según el análisis de varianza (ANOVA) se determinó que si existe diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,0200) entre los tratamientos evaluados.

**Figura 41.** Incremento Corriente Trimestral (ICT) de la altura plántulas 0 a 3 meses.



En lo que se refiere al incremento altura de las plantas a los 3 a 6 meses de evaluación, el tratamiento T0 fue que alcanzó el mayor incremento con un promedio 2,46 cm, y así también el tratamiento T7 se registró el menor incremento con una media fue de 1,17 cm (Figura 42). De acuerdo el análisis de varianza (ANOVA), se determinó que si existe diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,0001) entre los tratamientos.

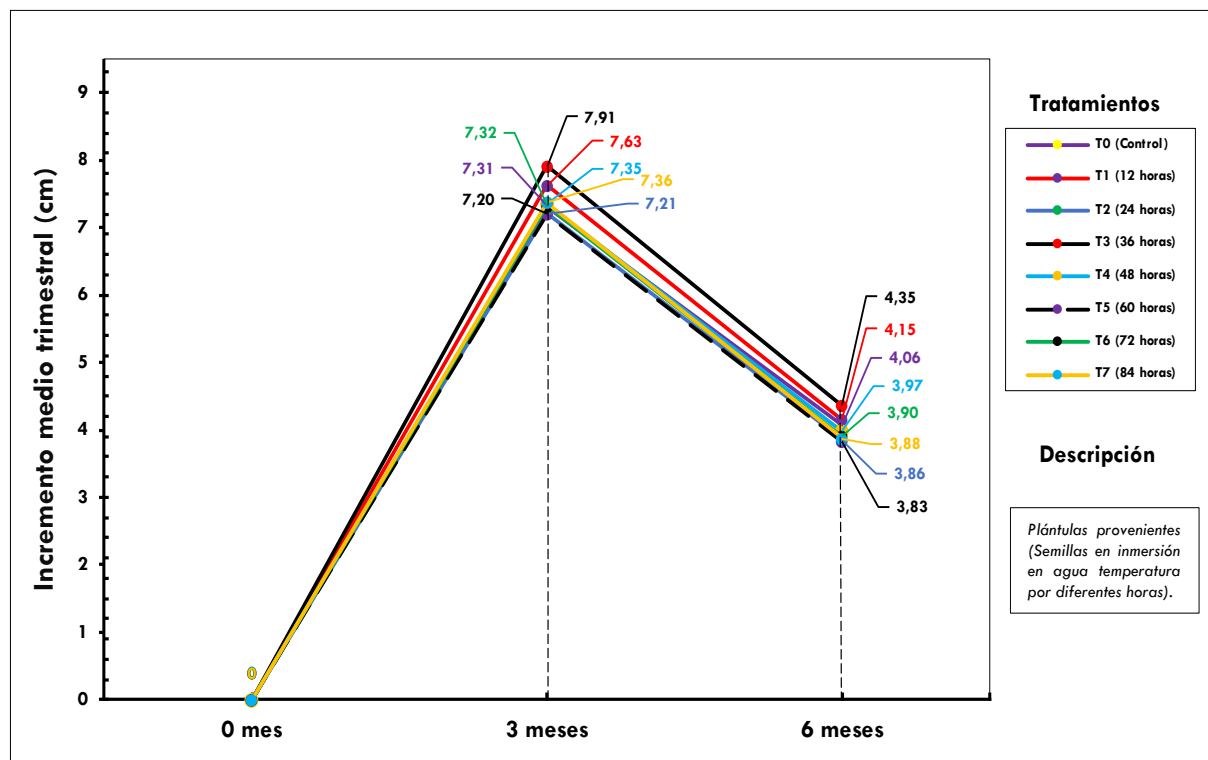
**Figura 42.** Incremento Corriente Trimestral (ICT) de la altura plántulas 3 a 6 meses.



### 6.2.5.3. Incremento Medio Trimestral (IMT)

El incremento medio trimestral de la altura de las plantas en los 8 tratamientos, respecto 3 y 6 meses el tratamiento T3 registro el mayor incremento 7,91 y 4,35 cm/mes, sin embargo, el tratamiento T5 se obtuvo el menor incremento de 7,20 y 3,83 cm/mes respectivamente (Figura 43) (Anexo 3).

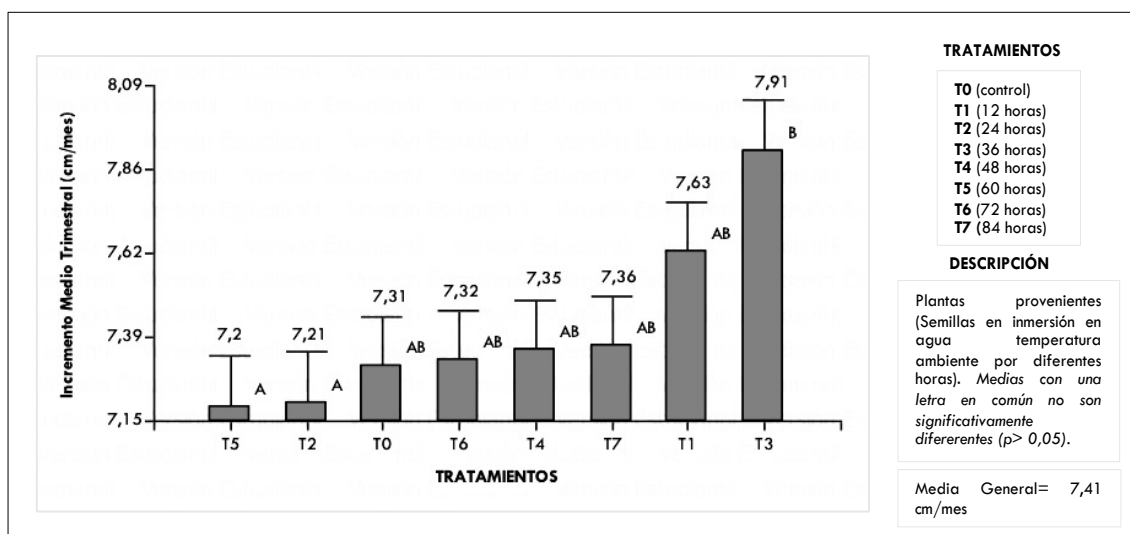
Figura 43. Curva del Incremento Medio Trimestral (IMT) de la altura de los diferentes tratamientos.



#### 6.2.5.4. Análisis estadístico del IMT

El incremento medio trimestral en altura de las plantas en los 8 tratamientos a los 3 meses de evaluación, como se muestra en la Figura 44, el tratamiento T3 registro la mayor media con 7,91 cm/mes, mientras tanto, el tratamiento T5 presento el menor promedio con 7,20 cm/mes. Los valores medios del análisis de varianza (ANOVA), obtenidos si presentan diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,0361) entre los tratamientos.

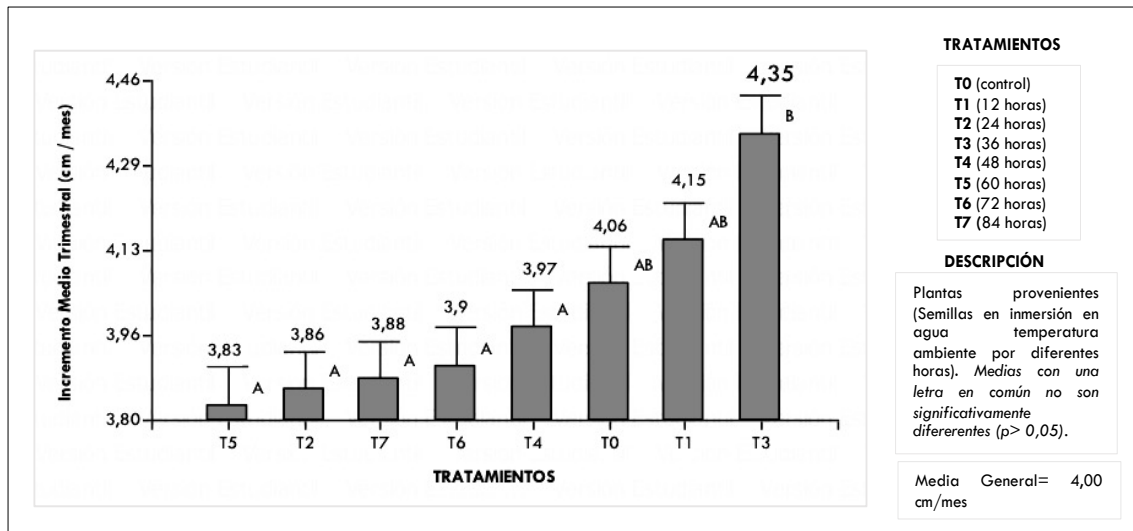
Figura 44. Incremento Medio Trimestral (IMT) en la altura a los 3 meses de edad.



En respecto el incremento medio trimestral en altura, a los 6 meses de evaluación, sobresaliendo el tratamiento T3 registró el mayor promedio con 4,35 cm/mes, y el tratamiento

T5 obtuvo el menor incremento con una media de 3,83 cm/mes (Figura 45). Con el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de TUKEY 5 % de significancia de error, se determinó que si existe diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,0013) en todos los tratamientos.

**Figura 45.** Incremento Medio Trimestral (IMT) en la altura 6 meses de evaluación.

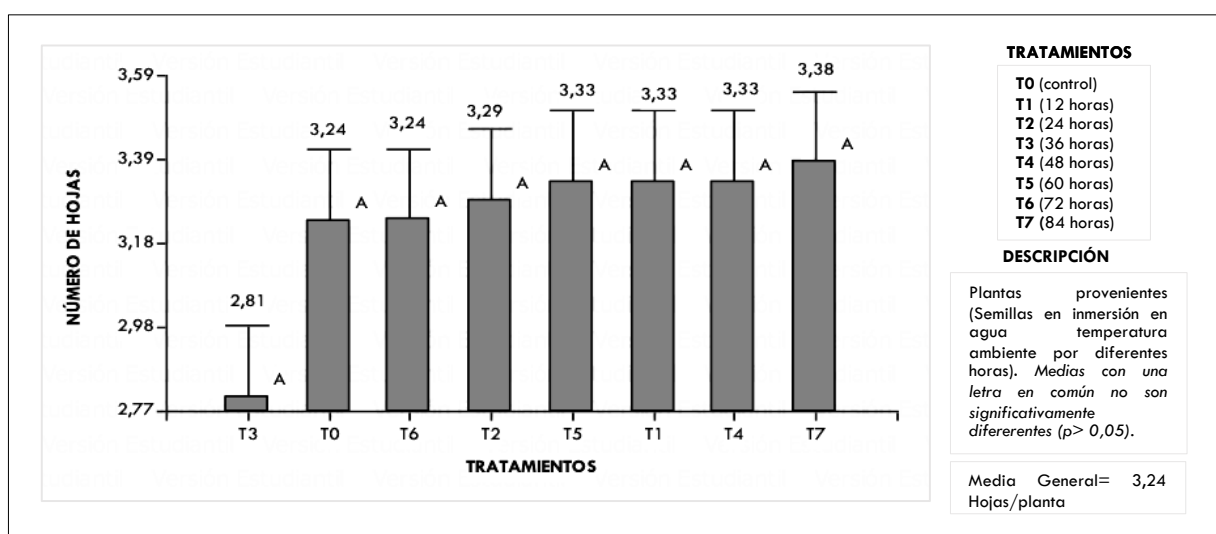


## 6.2.6. El número de hojas de las plantas de *S. macrophylla*

### 6.2.6.1. El número de hojas a los 0 meses (0 días)

Seguidamente, en la Figura 46, se expone el número promedio de hojas por planta de *S. macrophylla* a los 0 meses de evaluación, los tratamientos T4 y T5 registraron el mayor promedio con 3,33 hojas por planta, mientras que el tratamiento T3 presento la menor media con 2,81 hojas por planta. De acuerdo con el análisis de varianza y la prueba de TUKEY 5 % de significancia, se pudo determinar que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,4050), entre los tratamientos (Anexo 3).

**Figura 46.** Número promedio de hojas, a los 0 meses de evaluación.

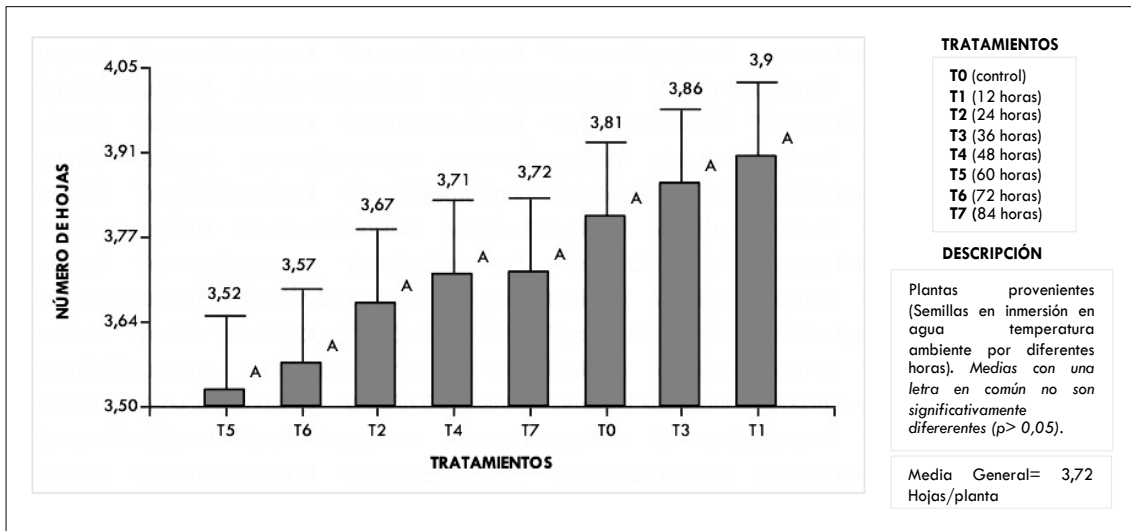




### 6.2.6.2. El número de hojas a los 3 meses (90 días)

Como se puede apreciar en la Figura 47, se muestra el número promedio de hojas por planta de caoba a los 0 meses de evaluación, el tratamiento T1 sobresaliendo con la mayor media con 3,90 hojas por planta, mientras tanto, el tratamiento T5 presento el menor promedio con 3,52 hojas por planta. Los valores medios obtenidos del análisis ANOVA, no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,3544) entre los tratamientos.

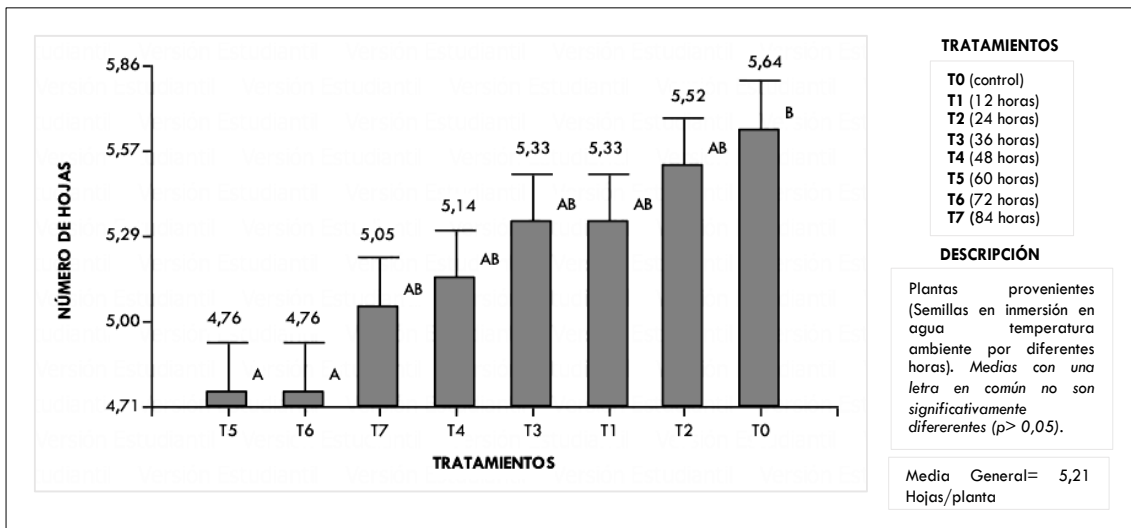
Figura 47. Número promedio de hojas, a los 3 meses de evaluación.



### 6.2.6.3. El número de hojas a los 6 meses (180 días)

Finalmente, en la Figura 48 se evidencia el número promedio de hojas por planta de caoba a los 6 meses de evaluación, el tratamiento T0 se registró la mayor media con 5,67 hojas por planta, mientras que los tratamientos T5 y T6 presentaron el menor promedio con 4,76 hojas por planta. Mediante el análisis de varianza se determinó que no existe diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,0109), entre los tratamientos.

Figura 48. Número promedio de hojas, a los 6 meses de evaluación.

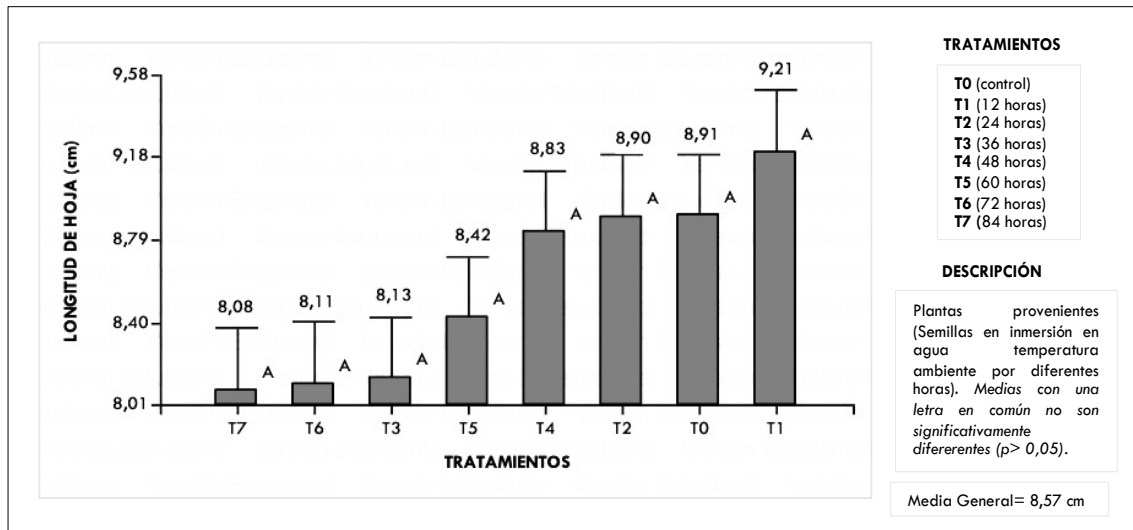


## 6.2.7. Tamaño de las hojas de las plantas de *S. macrophylla*

### 6.2.7.1. Longitud de las hojas 0 meses (0 días)

En la presente Figura 49, se muestra la longitud promedio de las hojas a los 0 meses de evaluación, el tratamiento T1 se registró la mayor media con 9,21 cm, mientras tanto el tratamiento T3 presento el menor promedio con 8,08 cm. Los valores medios no presentan diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,0873) entre los tratamientos.

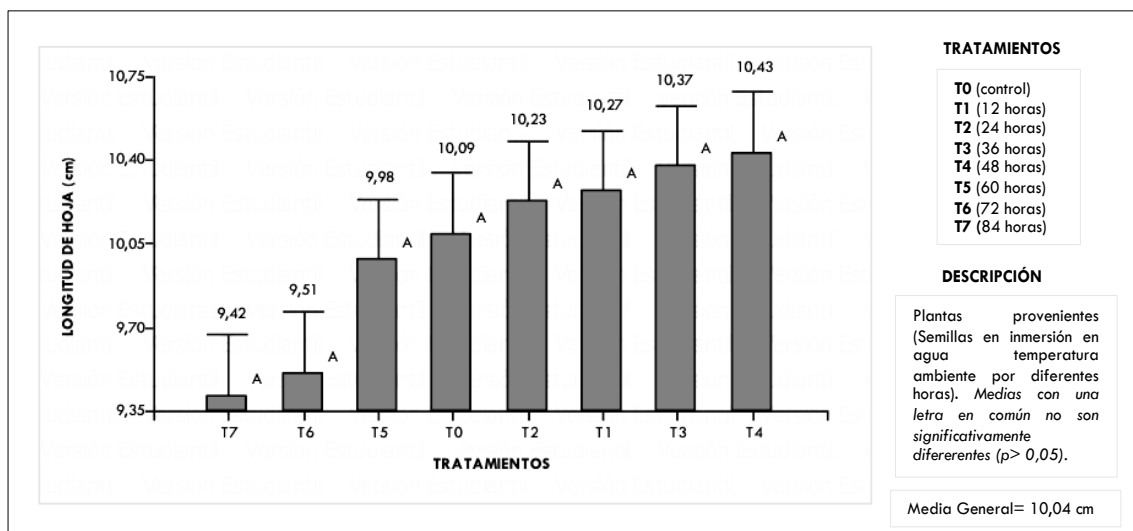
Figura 49. Longitud promedio de las hojas, a los 0 meses de evaluación.



### 6.2.7.2. Longitud de las hojas a los 3 meses (90 días)

Como se puede evidenciar en la Figura 50, podemos observar la longitud media de las hojas de *S. macrophylla* a los 3 meses de evaluación, el tratamiento T4 sobresale con la mayor media con 10,43 cm, mientras tanto, el tratamiento T7 se obtuvo el menor promedio con 9,42 cm. Los valores medios obtenidos no presentan diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,0820) entre los tratamientos.

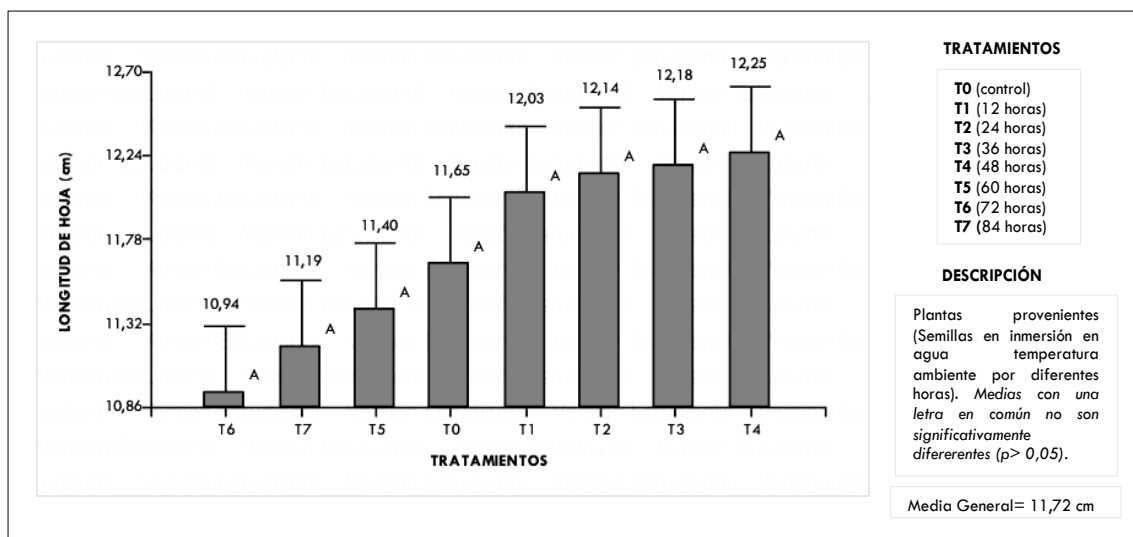
Figura 50. Longitud promedio de las hojas, a los 3 meses de evaluación.



### 6.2.7.3. Longitud de las hojas a los 6 meses (180 días)

Como puede verse, en la Figura 51, se indica la longitud media de las hojas de las plantas de caoba a los 6 meses de evaluación, el tratamiento T4 se registró la mayor media con 12,25 cm, entre tanto, el tratamiento T6 presento el menor promedio con 10,94 cm. Al aplicar el análisis estadístico ANOVA y la prueba de significancia de TUKEY al 5 % (0,05), se determinó que no existe diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,1369) entre los tratamientos evaluados.

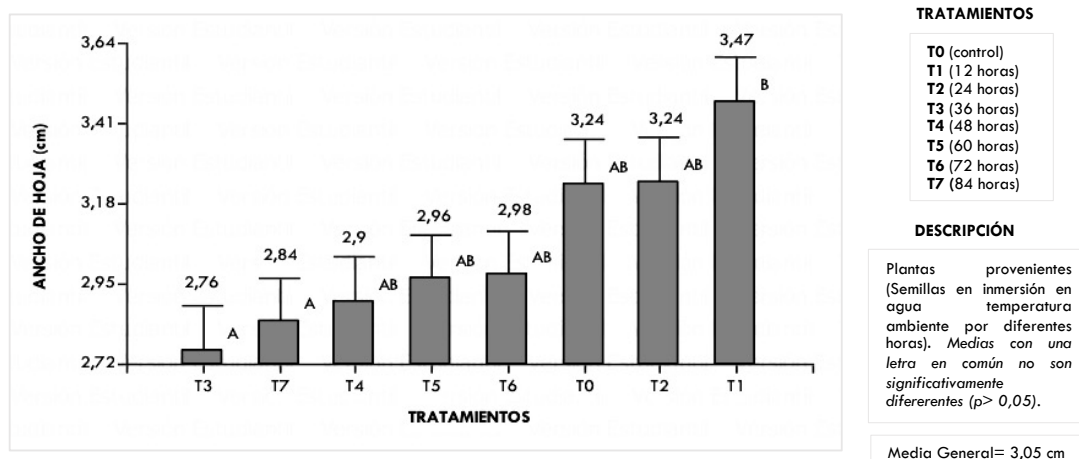
Figura 51. Longitud promedio de las hojas, a los 6 meses de evaluación.



### 6.2.7.4. Ancho de las hojas a los 0 meses (0 días)

Como se muestra en la Figura 52, sobre el ancho promedio de las hojas de las plantas de caoba a los 0 meses de evaluación, el tratamiento T1 se registró la mayor media con 3,48 cm, entre tanto, el tratamiento T3 se presentó el menor promedio con 2,76 cm. El análisis de varianza si muestra diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,0138) entre los tratamientos.

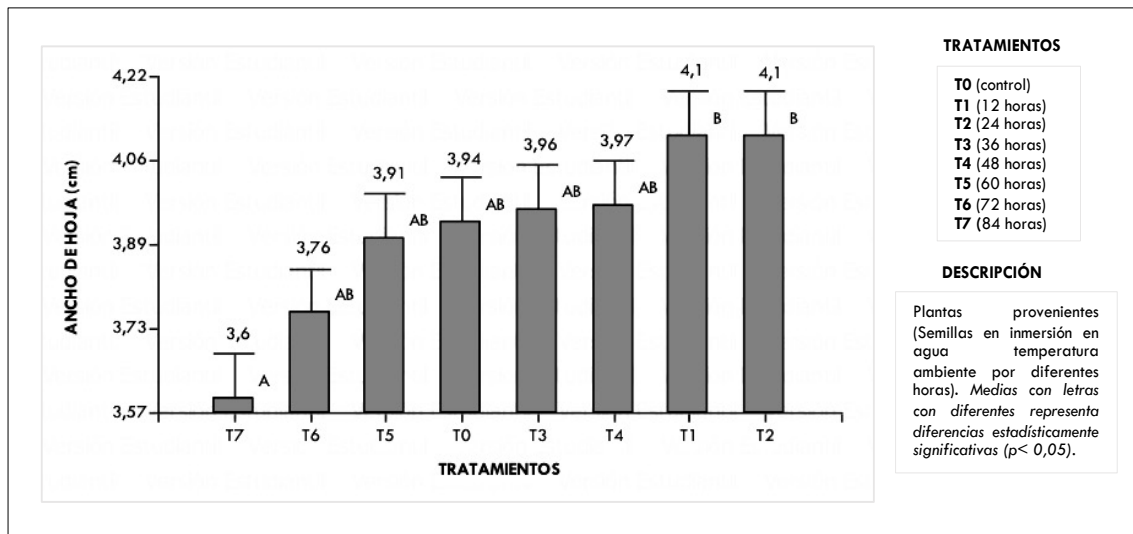
Figura 52. Ancho promedio de las hojas, a los 0 meses de evaluación.



### 6.2.7.5. Ancho de las hojas a los 3 meses (90 días)

Según, como se muestra en la Figura 53, el ancho promedio de las hojas de las plantas de *S. macrophylla* a los 3 meses de evaluación, los tratamientos T1 y T2 registraron el mayor promedio con 4,10 cm, mientras que el tratamiento T7 se obtuvo la menor media con 3,58 cm. Al aplicar el análisis estadístico ANOVA y la prueba de significancia de TUKEY al 5 % (0,05) de error, se determinó que existió diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,0113) entre los tratamientos.

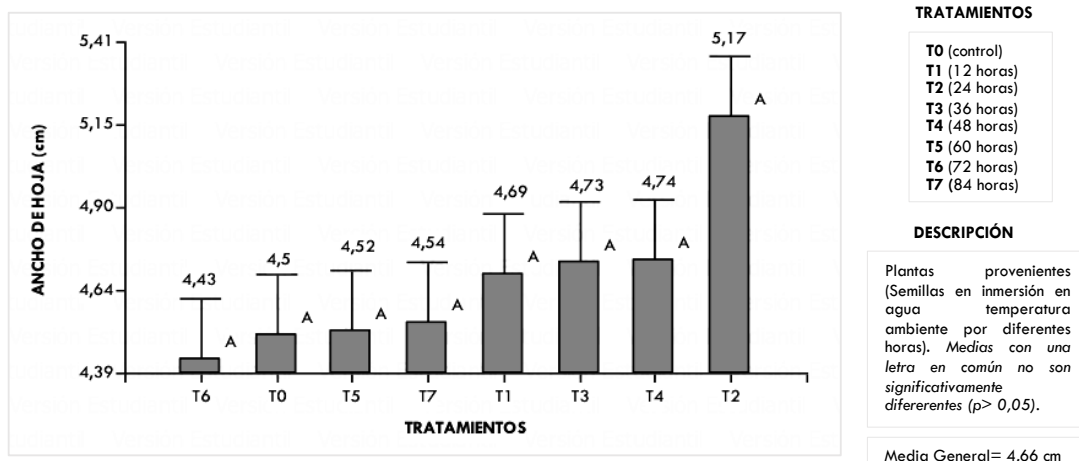
Figura 53. Ancho promedio de las hojas, a los 3 meses de evaluación.



### 6.2.7.6. Ancho de las hojas a los 6 meses (180 días)

Como indica la Figura 54, podemos observar el ancho promedio de las hojas de las plantas de caoba a los 6 meses de evaluación, el tratamiento T2 sobresaliendo con la mayor media con 5,17 cm, mientras tanto, el tratamiento T6 se registró el menor promedio con 4,43 cm, sin embargo, estas diferencias al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se observó que no existe diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,2081), entre los tratamientos.

Figura 54. Ancho promedio de las hojas, a los 6 meses de evaluación.



### 6.2.7.7. Medidas de resumen a los 0, 3 y 6 meses de edad

Finalmente, en la Tabla 8, se observa un análisis descriptivo sobre las variables evaluadas, en los distintos tratamientos a los 0, 3 y 6 meses de evaluación.

**Tabla 8.** Análisis descriptivo a los 0, 3 y 6 meses de evaluación en los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Variables	Evaluación											
		0 meses				3 meses				6 meses			
		Min	Med	Max	D.E.	Min	Med	Max	D.E.	Min	Med	Max	D.E.
T0 (Control)	Lrp (cm)	7,1	8,63	10,0	1,46	14,3	15,97	18,4	2,15	20,0	23,90	30,3	5,59
	Nrs (n)	26,0	32,0	36,00	6,56	49,0	58,67	64,0	8,39	72,0	85,67	95,0	12,10
	H (cm)	17,7	20,07	23,5	1,76	18,2	21,92	25,8	2,40	19,2	24,38	32,5	3,79
	Nh (n)	2	3,24	4	0,70	3	3,81	5	0,51	4	5,67	8	1,11
	Lh (cm)	6,25	9,02	11,38	1,37	7,2	10,19	12,03	1,31	8,48	11,75	14,69	1,84
	Ah (cm)	1,8	3,23	4,3	0,61	2,7	3,92	4,8	0,55	3,4	4,48	6,1	0,70
T1	Lrp (cm)	7,9	8,23	8,7	0,42	15,3	15,87	16,5	0,60	20,4	23,17	24,3	0,99
	Nrs (n)	27,0	31,00	37,0	5,29	51,0	56,00	61,0	5,00	76,0	81,67	86,0	5,13
	H (cm)	19,6	21,46	24,5	1,19	20,2	22,88	26,0	1,50	20,4	24,89	29,5	2,43
	Nh (n)	2	3,33	4	0,58	3	3,90	5	0,62	4	5,33	7	0,97
	Lh (cm)	6,87	9,27	12,83	1,46	7,5	10,34	13,4	1,28	9,3	12,09	15,45	1,58
	Ah (cm)	2,5	3,48	4,6	0,61	3,4	4,10	5,3	0,49	3,9	4,69	5,9	0,48
T2	Lrp (cm)	7,0	7,77	8,6	0,80	15,5	16,20	17,0	0,75	17,8	23,70	25,1	1,28
	Nrs (n)	31,0	37,00	42,0	5,57	56,0	59,00	65,0	5,20	70,0	81,67	93,0	11,50
	H (cm)	16,2	20,17	23,4	1,96	17,0	21,62	25,5	2,41	17,8	23,13	29,8	3,15
	Nh (n)	2	3,29	4	0,72	3	3,67	4	0,48	4	5,52	8	0,93
	Lh (cm)	6,5	8,98	10,35	1,16	7,8	10,36	12,3	1,15	9,6	12,13	14,81	1,49
	Ah (cm)	2,2	3,24	4,6	0,60	3,2	4,10	5,6	0,52	4,0	5,17	13,0	1,85
T3	Lrp (cm)	8,4	8,63	8,9	0,25	14,4	15,13	16,3	1,02	22,7	20,83	Fa	0,86
	Nrs (n)	27,0	30,33	35,0	4,16	44,0	51,33	61,0	8,74	60,0	73,33	88,0	14,05
	H (cm)	17,5	21,18	24,7	1,93	20,6	23,73	27,4	1,83	22,7	26,13	31,5	2,56
	Nh (n)	2	2,81	4	0,75	3	3,86	4	0,36	4	5,33	7	0,66
	Lh (cm)	6,3	8,12	9,95	1,14	9	10,39	13,83	1,29	9,82	12,25	15,86	1,58
	Ah (cm)	1,9	2,76	4,1	0,60	3,3	3,96	5,0	0,48	3,6	4,73	6,1	0,67
T4	Lrp (cm)	8,0	8,10	8,2	0,10	13,4	15,57	17,7	2,15	19,6	22,70	27,3	4,41
	Nrs (n)	29,0	35,67	41,0	6,11	49,0	52,33	56,0	3,51	64,0	69,67	76,0	6,03
	H (cm)	18,1	20,85	24,8	1,94	19,1	22,05	26,2	2,16	19,6	23,85	32,5	3,07
	Nh (n)	2	3,33	4	0,73	2	3,71	5	0,72	3	5,14	7	0,91
	Lh (cm)	6,4	8,89	10,18	1,06	7,97	10,53	12,93	1,36	9,65	12,38	16,12	1,70
	Ah (cm)	2,0	2,90	3,9	0,52	3,0	3,97	4,9	0,55	3,6	4,74	6,0	0,67
T5	Lrp (cm)	7,7	8,33	8,9	0,60	13,8	15,63	17,1	1,68	20,1	22,67	26,0	3,51
	Nrs (n)	25,0	32,67	40,0	7,51	47,0	52,67	59,0	6,03	69,0	73,33	79,0	5,13
	H (cm)	17,7	20,64	23,7	1,54	18,4	21,59	24,6	1,51	20,1	22,97	25,7	1,59
	Nh (n)	2	3,33	4	0,66	3	3,52	5	0,60	4	4,76	6	0,77
	Lh (cm)	5,73	8,4	10,33	1,20	6,8	9,95	11,8	1,21	7,85	11,37	13,7	1,25
	Ah (cm)	1,8	2,96	4,3	0,57	2,3	3,91	5,1	0,56	3,1	4,52	5,7	0,57
T6	Lrp (cm)	6,3	7,47	8,7	1,20	11,1	13,83	15,7	2,42	18,2	20,67	23,5	4,23
	Nrs (n)	32,0	37,00	45,0	7,00	62,00	64,0	67,0	2,65	78,0	91,00	101,0	11,79
	H (cm)	15,6	20,76	24,0	2,31	16,5	21,96	25,3	2,31	18,2	23,43	30,3	2,87
	Nh (n)	2	3,24	4	0,77	2	3,57	4	0,60	3	4,76	6	0,83
	Lh (cm)	5,23	8,08	11,03	1,34	6,47	9,48	12,5	1,35	8,55	10,91	14,8	1,51
	Ah (cm)	1,6	2,98	4,6	0,69	2,4	3,76	5,1	0,65	3,3	4,43	6,1	0,67
T7	Lrp (cm)	7,2	8,33	9,1	1,00	15,4	16,60	17,5	1,08	18,7	24,17	25,8	1,89
	Nrs (n)	21,0	33,67	54,0	17,79	49,0	55,67	68,0	10,69	74,0	85,00	103,0	15,72
	H (cm)	15,5	20,80	25,0	2,35	18,4	22,09	25,4	1,93	18,7	23,26	26,7	2,15
	Nh (n)	2	3,24	4	0,77	3	3,57	5	0,60	4	5,14	7	0,91
	Lh (cm)	6,1	8,12	11,58	1,32	7,65	9,45	12,5	1,24	8,55	11,23	13,92	1,72
	Ah (cm)	2,0	2,85	4,1	0,57	2,6	3,58	4,6	0,57	3,2	4,52	5,5	0,71

*Nota.* Donde: Min= Mínima; Med= Media; Max= Máxima; D. E= Desviación estándar y n= número.

## 7. Discusión

### 7.1. Efecto de los tratamientos en el porcentaje de germinación

#### 7.1.1. Número de días a la germinación

Los tratamientos pregerminativos aplicados a las semillas de *S. macrophylla* comenzaron a germinar a los 24 días y finalizando a los 72 días; esto puede estar influenciado por la edad de las semillas (semillas frescas germinan con mayor rapidez y en mayor porcentaje), la profundidad de la siembra, el tipo de sustrato, la humedad, la temperatura y también las condiciones intrínsecas de las semillas como peso y tamaño de las semillas (Acosta et al., 2012; INAB, 2019). Así también, según Niembro (1997) el peso y tamaño de las semillas de caoba afecta el tiempo de germinación de las semillas, así las de mayor peso y gran tamaño germinan más rápido, por lo tanto, en semillas de peso menor y pequeñas germinan con lentitud.

Los resultados obtenidos son similares a lo mencionado por Bauer y Francis (1998) quienes indican que las semillas de *S. macrophylla* sembradas pueden comenzar a germinar a los 10, 15 y 25 días y llegando a finalizar a los 65 a 70 días. Además, Pino y Nieto (2024), reportan que las semillas de caoba comienzan a germinar a los 17 días después de sembradas llegando a durar 52 días. Niembro et al. (2006) quienes reportan que las semillas germinaron 31 días después de ser sembradas acabando a los 65 días. Entre tanto, Pérez (2017) menciona que el tiempo de germinación en semillas frescas empieza a los 10 o 20 días de colocadas en el germinador y termina 40 días después. Así también, Chan-Quijano et al. (2012) aplicaron tratamientos pregerminativos a las semillas de *S. macrophylla*, las cuales fueron puestas a germinar en arena, registrando la germinación a los 24 días y finalmente, Gómez et al. (2016) aplicaron como tratamiento pregerminativo el remojo en agua por 48 horas y reporta la germinación a los 25 días después ser sembradas. Acosta et al. (2012), las semillas de caoba pueden comenzar germinar 10 a 28 días después ser sembradas y puede prolongarse hasta 70 días dependiendo del vigor de la semilla, capacidad germinativa se deben multitud de genotipos y también a variaciones en la edad que tengan las semillas al momento de la siembra.

#### 7.1.2. Porcentaje de germinación

La germinación sin tratamiento pregerminativo (T0) registró el 74,44 %, lo cual es corroborado por Rivera y Lowy (2009) quienes manifiestan que con semilla certificada de *S. macrophylla* del El Semillero el porcentaje de germinación oscila entre el 60 a 84 %. Así también Acosta et al. (2011), Román (2012); Chan-Quijano et al. (2012); Pino y Nieto (2024) reportan que las semillas de caoba sin ningún tratamiento registran un promedio de 58 al 86 % de germinación respectivamente.

Las diferencias de germinación pueden ser debido a que las semillas de la caoba pierden inevitablemente la viabilidad conforme el tiempo transcurre, motivo por el cual es conveniente sembrarlas lo más rápidamente posible después de la colecta. Si las semillas no se van a utilizar de inmediato, resulta apropiado conservarlas en el interior de cámaras frías a una temperatura de 8 °C dentro de bolsas de polietileno herméticamente cerradas para evitar los cambios de humedad (Niembro, 1997a). Las semillas recién recolectadas de *S. macrophylla* registran entre 42 y 95 % de germinación y disminuye cuando son almacenadas hasta un 30 a 50 % (Reynel et al., 2003; Ramalho, 2006; Pérez, 2017).

En lo referente a tratamientos pregerminativos en la semilla de *S. macrophylla*, el presente estudio obtuvo un promedio de 74,44 % de germinación, resultados inferiores a los obtenidos por Chan - Quijano et al. (2012), quienes aplicaron tratamientos pregerminativos en inmersión en agua por 24 y 48 horas, reportando porcentaje de germinación del 93 y 90% respectivamente. La diferencia puede ser debido porcentaje de germinación los factores ambientales que afectan la germinación de semillas en el campo son: temperatura, contenido de humedad, lluvia, concentración de oxígeno y dióxido de carbono, luz, etileno, inhibidores volátiles de la germinación y aleloquímico, por lo tanto, aunque una semilla esté morfológicamente madura, la mayoría de ellas pueden continuar siendo incapaces de germinar, porque necesitan experimentar reajustes en el equilibrio hormonal hasta alcanzar la madurez fisiológica, puesto que cosechar frutos con semillas no maduras puede influenciar en la germinación (Vargas, 1991; Doria, 2010). Sin embargo, Sampayo et al. (2021), al someter a las semillas de *S. macrophylla* a diferentes temperaturas (15, 20, 25, 30, 35, 40 y 45 °C), comprobó que la temperatura es un factor importante para la germinación de las semillas obteniendo unos porcentajes de germinación temperatura superior a 20 °C mayores resultados.

El sustrato utilizado para la germinación fue arena fina de río, con la finalidad de disminuir la fuente de variación en la germinación de semillas, sin embargo, CORANTOQUIA (2007a) obtiene un porcentaje de germinación del 64 % cuando utiliza una mezcla de tierra + arena como sustrato y 60 % de germinación cuando se emplea arena de río.

## **7.2. Efecto de los tratamientos en el crecimiento de las plantas de *S. macrophylla***

### **7.2.1. Sobrevivencia**

La sobrevivencia obtenida en la presente investigación (100 %) es semejante a los obtenidos por Chang - Quijano et al. (2012), Vásquez (2014) quienes reportan entre 93 y 100 % de sobrevivencia al trasplante de almacigo a funda. Así también, Negreros et al. (2010) a los 3 meses obtuvieron 97,9 y 79,2 % en sustratos con suelo agrícola y suelo agrícola + composta, respectivamente. La sobrevivencia es una variable o un indicador de adaptabilidad de la especie

al ambiente donde se desarrolla (vivero como en campo) a condiciones diversas (Palacios et al., 2015) y es influenciada no solo de la constitución genética de los individuos y su interacción con el ambiente, sino que también es el resultado del manejo en el vivero en general y del proceso de trasplante en particular (Ramírez et al., 2010). Bajo este principio las plántulas obtenidas de semilla mejoradas muestran el estado de heterogeneidad de los progenitores y por tanto la sobrevivencia y adaptación. Además, la sobrevivencia es influenciada por las tasas de enraizamiento, tallo vigoroso y estado sanitario; sumado a factores muy importantes como los cuidados en el riego, fertilización, el tipo de sustrato, iluminación y temperatura (Zanabria et al., 2014; MADES, PNUD y FMAM, 2021).

### **7.2.2. Longitud de la raíz principal**

La longitud media de la raíz principal de *S. macrophylla* fue de 8,18 cm a los 0 meses, resultado similar a lo presentado por Marín (2018), quien registró un crecimiento de longitud de 8,13 cm, por lo tanto, la especie en su etapa inicial presenta enraizamiento considerable para el soporte y nutrición. En cuanto a los 3 meses, la longitud promedio fue de 15,59 cm, resultado semejante a los obtenidos por Díaz et al. (2013), quienes en cuatro sustratos reportaron un crecimiento de longitud de la raíz de 15,25; 15,75; 15,75 y 17,75 cm. Por otro lado, resultado es inferior a los reportados por Giménez y Berrio (2018), quienes en tres sustratos diferentes registraron una longitud de raíz de 20,47; 21,21 y 21,95 cm. En cuanto al tamaño de las semillas,

Niembro (1997b) determinó que el tamaño influye en la longitud de la raíz, reportando una longitud de 12,68 cm en semillas pequeñas (peso inferior a 0,60 g); 14,13 cm en semillas medianas (peso entre 0,61 y 0,70 g) y 16,21 cm en semillas grandes (peso superior a 0,71 g). Por último, a los 6 meses, se registró una longitud promedio de la raíz principal de 22,73 cm, resultado similar a lo reportado por Lanares (2007), quien en solo un sustrato el cual aplicó cuatro fertilizantes y un control registró una longitud de raíz de 19,10; 20,87; 20,93; 21,57 y 22,97 cm. Asimismo, resultado es superior a lo presentado por Vásquez (2014), quien ensayando dos sustratos obtuvo un crecimiento de raíz de 17,05 cm y 21,09 cm, ante esto se puede inferir efecto del sustrato en la longitud de raíz.

### **7.2.3. Número de raíces secundarias**

El número promedio de raíces secundarias a los 0 meses fue de 33,67 por planta, resultado superior a lo reportado por Müller (2013) quien en un solo sustrato obtuvo 6,33 raíces por planta. Referente a los 3 meses, se registró un promedio de 56,21 raíces por planta, resultado superior a los reportados por Díaz et al. (2013) quienes, en cuatro tipos de sustratos, registraron 10,43; 11,31; 12,95 y 13,01 raíces por planta. Finalmente, a los 6 meses, se registró un promedio de 80,17 raíces secundarias por planta, resultado inferior a los presentados por Pérez et al.



(2019), quienes en cuatro tratamientos obtuvieron 74,85; 88,85; 90,40 y 97 raíces por planta.

La diferencia de los valores puede ser debido a que el desarrollo del sistema radicular en la plántula requiere de un sustrato simple o mezcla de varios materiales, dado que un sustrato no adecuado, dificulta el crecimiento de la raíz principal y al número de raíces secundarias, ya que tiende a compactarse, con ello, disminuye la absorción y afecta la nutrición y por consiguiente el crecimiento de la planta, lo que predispone a que la planta sea atacada por enfermedades (Iriyogen et al., 2005).

#### **7.2.4. Altura de las plantas**

La altura a los 0 meses registro un promedio general de 20,74 cm, resultado mayor a lo reportado por Yari (2022) quien en cuatro sustratos registró un crecimiento de 8,2; 10,17; 12,73 y 12,97 cm de altura. Por otra parte, dato mayor a lo reportado por Pazmiño (2015) quien un solo sustrato registró una altura de 13 cm. El crecimiento promedio en altura de las plantas a los 3 y 6 meses de edad fue de 22,23 y 24,01 cm, lo cual, es corroborado por Ramalho (2006); Samaniego et al. (2011), Román et al. (2012); Wegier et al. (2013) y Pino y Nieto (2024) quienes manifiestan que las plantas pueden alcanzar una altura 20 a 30 cm de altura a los 3 a 6 meses de edad. Sin embargo, Niembro et al. (2006) registra a los 100 días una altura promedio de 14,79 cm, así como Ojeda et al. (2019), a los 120 días reporta una altura de 17 cm en tierra de chacra. En el anterior contexto, las plántulas de caoba presentan un crecimiento inicial rápido, susceptible a tamaño de las semillas, las condiciones lumínicas y sustrato; por tanto, alcanzan alturas adecuadas para llevar al campo a partir de los 3 meses de edad (CORANTIOQUIA, 2013).

#### **7.2.5. Incremento en altura**

El incremento corriente trimestral (ICT) a los 0 a 3 y de 3 a 6 meses de edad fue de 1,49 y 1,78 cm respectivamente. Además, se registró un incremento medio trimestral (IMT) a los 3 y 6 meses de edad fue de 7,41 y 4,00 cm / mes respectivamente. El ICA y el IMA estos valores presentan notables variaciones en los diferentes tratamientos debido que los primeros meses de vida demuestran mayor incremento en altura y tiende decrecer cuando va creciendo, como lo han confirmado Imaña y Encinas (2008), Fischer (2010), Juárez (2014) y Zanabria et al. (2014). Estas variaciones pueden estar influenciadas por diversos factores, como la genética, las condiciones ambientales, el manejo silvicultural y el sustrato, ya que todos estos elementos desempeñan un papel fundamental en el óptimo desarrollo de las plantas.

*S. macrophylla* muestra un crecimiento inicial rápido en altura después de germinar (CORANTIOQUIA, 2013). Sin embargo, este crecimiento tiende disminuir a medida que las plántulas experimentan estrés a la adaptación y prendimiento al nuevo sustrato al ser repicadas,

la caoba presenta un crecimiento modernamente rápido al ser una especie heliófita durable o hemieliófita (Aguirre et al., 2013; Wegier et al., 2013).

#### **7.2.6. Número de hojas**

*Swietenia macrohylla*, presenta hojas compuestas, sin embargo en el crecimiento inicial y observaciones de vivero posee hojas simples hasta los meses (Díaz, 2002). El número medio de hojas a los 0 meses fue de 3,24 por planta, resultado similar a lo presentado por Pazmiño (2015) quien en un sustrato registró 3,24 hojas por planta. Además, concuerda con lo reportado por Yari (2022) quien en 4 sustratos registro 3,17; 3,57; 3,87 y 4 hojas por planta. En lo que se refiere a los 3 meses, el promedio fue de 3,72 hojas por planta, resultado inferior a lo reportado por Giménez y Berrío (2018) quienes en tres sustratos diferentes registraron 20, 18 y 15 hojas por planta. Además, resultado es inferior a los presentados por Acosta et al. (2011) quienes en cuatro sustratos obtuvieron 2,8; 5,4; 6,2 y 9,8 hojas por planta en cuatro tipos de sustratos. Finalmente, a los 6 meses se registró un promedio de 5,21 hojas por planta, resultado superior al presentado por Díaz (2002) quien en cuatro tipos de tamaño de funda con un solo sustrato registraron 3; 4; 4,3 y 5 hojas por planta. Sin embargo, resultado es inferior a lo reportado por Caldas (2016) quien registró 8,15 hojas por planta

#### **7.2.7. Longitud de las hojas**

La longitud media de las hojas a los 0 meses fue de 8,57 cm. En cuanto a los 3 meses, el promedio fue de 10,04 cm, resultado inferior a los obtenidos por Giménez y Berrio (2018) quienes en tres sustratos diferentes registraron longitudes 9,60; 10,64 y 11,47 cm. Por último, la longitud a los 6 meses, se registró un promedio de 11,72 cm, ligeramente mayor a lo presentado por Ureta et al. (2017) quienes en un solo sustrato registraron una longitud de 11,55 cm.

#### **7.2.8. Ancho de las hojas**

El ancho promedio de las hojas a los 0 meses fue de 3,05 cm. Referente a los 3 meses, el promedio fue de 3,92 cm, resultado inferior a los obtenidos por Giménez y Berrio (2018) quienes en tres sustratos diferentes registraron anchos de 5,08; 7,44 y 8,17cm. Respecto al ancho de las hojas a los 6 meses, se registró un promedio de 4,66 cm, resultado similar a lo reportado por Ureta et al. (2017) quienes en un solo sustrato registraron 4,72 cm de ancho. Finalmente, el número y tamaño de las hojas influye significativamente en el crecimiento de las plantas debido intercepción de la radiación y la actividad fotosintética al aumentar el área foliar, también crecimiento de altura y raíz, ya que esta influenciado al tipo de sustrato (Di Benedetto y Tognetti, 2016; Giménez y Berrio, 2018).

## 8. Conclusiones

- ✓ Los tratamientos pregerminativos aplicados a las semillas han mostrado un alto porcentaje de germinación, oscilando entre el 63% y el 85%, en comparación con el tratamiento de control que alcanza un 74,44% de germinación. Este resultado coincide con lo reportado por otros autores previamente citados, quienes han observado altos porcentajes de germinación en semillas sin tratamientos pregerminativos. Por lo tanto, se determina que los tratamientos pregerminativos no son necesarios, ya que se logran altos porcentajes de germinación sin su aplicación
- ✓ Número de días a la germinación y el porcentaje germinación es un proceso complejo influenciado por múltiples factores. Los tratamientos pregerminativos y las condiciones de siembra (profundidad, sustrato, humedad, temperatura), juegan un papel importante en la eficiencia de germinación. Las semillas frescas y de mayor tamaño tienden a germinar más rápido y con mayor éxito, sin embargo, en la presente investigación la germinación comenzó con un rango de inicio de 24 a 32 días y finalizando entre 60 a 72 días. Estudios anteriores corroboraron estos resultados, sugiriendo la importancia de ajustar las prácticas de manejo para optimizar la germinación.
- ✓ El sustrato desempeña un rol crucial en la supervivencia, crecimiento y desarrollo de las plantas. Los resultados del estudio demuestran una excelente tasa de supervivencia, un aumento significativo en el número de hojas, así como una altura y tamaño de las hojas óptimos para su plantación en campo. Estas observaciones corroboran investigaciones previas que destacan la importancia de un buen sustrato para favorecer el crecimiento. Además, un manejo silvicultural adecuado contribuye a la producción de plantas vigorosas y saludables, subrayando la importancia entre un sustrato de calidad y prácticas de manejo apropiadas para el desarrollo óptimo de las plantas.

## 9. Recomendaciones

- ✓ Para lograr el mayor porcentaje de germinación en semillas de *Swietenia macrophylla* en las condiciones ambientales del área de estudio, es necesario la inmersión en agua a temperatura ambiente por 60 horas.
- ✓ Establecer plantaciones en sistemas agroforestales con la especie para determinar el crecimiento de *Swietenia macrophylla* en las condiciones locales de la parroquia El Tambo.
- ✓ Utilizar otros sustratos con diferentes proporciones para conocer si hay diferencias en el crecimiento y desarrollo de las plántulas respecto a la longitud de la raíz principal, número de raíces secundarias, altura, número de hojas, tamaño de las hojas.
- ✓ Fomentar estudios de almacenamiento de semillas de especies forestales potenciales para establecimiento de plantaciones a las condiciones ambientales del sector de estudio.

## 10. Bibliografía

- Aguirre, Z., León, N., Palacios, B. y Aguirre, N. (2013). Dinámica de crecimiento de 29 especies forestales en el Jardín Botánico el Padmi, Zamora Chinchipe. *Revista CEDAMAZ*, 3(1), 18-36. <https://n9.cl/4zp65>
- Aguirre, Z., Loja, Á., Solano, C. y Aguirre, N. (2015). *Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador* (1.<sup>a</sup> ed.). Universidad Nacional de Loja. EdiLOJA. <https://www.researchgate.net/publication/299761463>
- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá). y JICA (Agencia de Cooperación Internacional de Japón). (2000). *Manual de viveros forestales*. Autoridad Nacional del Ambiente – ANAM. Agencia de Cooperación Internacional del Japón – JICA. Proyecto de Desarrollo Técnico de la Conservación de los Bosques – CEMARE. <https://n9.cl/2tfvp>
- Ardila, A., Moncayo, V. y Moreno, B. (2023). *Manual para la producción de especies forestales de bosque húmedo tropical del Pacífico: Criterios técnicos para la selección y germinación de semillas* (C). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia>
- Acosta, F., Orantes, C. y Garrido, E. (2011). Germinación y crecimiento de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) en condiciones de vivero. *Revista Lacandonia*, 5(1), 13-20.
- Acosta, R., Mendizábal, L., Alba J., Alderete, Á. y Cruz, N. (2012). Variación de semillas y germinación de *Swietenia macrophylla* King de tres procedencias del estado de tabasco, México. *Revista Foresta Veracruzana*, 14(1), 35-42.
- Arriaga, V., Cervantes, V. y Vargas, A. (1994). *Manual de reforestación con especies nativas* (1ra Ed.). Instituto Nacional de Ecología y Universidad Nacional de México.
- Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J.A. y Roble, C.W. (2008). Infostat. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.
- Bauer, G. y Francis, J. (1998). *Swietenia macrophylla* King Caoba hondureña, Honduras mahogany. *Bioteología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales*. Río Piedras, PR, US Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 492-498. <https://n9.cl/cukcx>
- Belén, M. (2018). *La maldición del oro rojo en Ecuador*. Mongabay. <https://es.mongabay.com/2018/09/cedro-ecuador-tala-ilegal-amazonia-bosques/>
- Bravo, E. (2014). *La Biodiversidad en el Ecuador*. Abya-Yala/UPS. <https://n9.cl/1wqz9>
- Bonner, F., Vozzo, J., Elam, W. y Land, Jr. (1994). Curso de capacitación sobre tecnología de semillas de árboles. *Manual del estudiante. USDA Servicio Forestal*.

- Chan-Quijano, J. G., Ochoa, S., Pérez, I., Gutiérrez, M. A. y Saragos, J. (2012). Germinación y sobrevivencia de especies arbóreas que crecen en suelos contaminados por hidrocarburos. *Revista Teoría y Praxis*, (12), 102-119.
- Calle, Z. y Murgueitio, E. (2020). *Árboles nativos para predios ganaderos. Especies focales del Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible*. CIPAV.
- Caldas, B. (2016). *Influencia del tamaño de bolsa y la edad de los plantones de caoba (Swietenia macrophylla King.) sobre la calidad en vivero y terreno definitivo, Tingo María–Huánuco* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS.
- CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca). (2019). *Plan de Manejo y Conservación de la caoba (Swietenia macrophylla King) para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR*. <https://n9.cl/3yqad>
- Cárdenas, D., Castaño, N., Sua, S., Quintero, L., Bernal, M., Guerrero, S., Maniguaje, L., Rivera, L., Rodríguez, M., Arango, H., Vásquez, Á., Cabrera, J., Giraldo, A., González, J., Mena, Á., Gutierrez, C., Rivera, L., Morales, M., Pedraza, L. y Martínez, G. (2015). *Planes de Manejo para la Conservación de Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes* (1.<sup>a</sup> ed.). Scripto S.A.S. <https://n9.cl/zj6cr>
- Cárdenas, L. (2016). *Aspectos ecológicos y silviculturales para el manejo de especies forestales. Revisión de información disponible para Colombia*. <https://n9.cl/a0pmh>
- Carrillo, G. (2014). *Apuntes de Epidometría*. Universidad Nacional de Chapingo. <https://n9.cl/cvtxsr>
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). (1996). *Biología de semillas forestales* (L. Jara, Ed.; 1.<sup>a</sup> ed.). CATIE, Turrialba (Costa Rica). Proyecto de Semillas Forestales.
- CATIE. (2000). *Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina* (Vol. 1). CATIE, Turrialba (Costa Rica). Programa de Investigación. Proyecto de Semillas Forestales. Danida Forest Seed Centre, Humlebaek (Dinamarca).
- Centeno, M. (1993). *Inventario Nacional de Plantaciones Forestales en Nicaragua*. Universidad Nacional Agraria, Managua.
- Contento, C., Aguirre, N., Grana, J. y Aguirre, Z. (2022). Productos forestales no maderables de origen vegetal en comunidades rurales de la parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja, Ecuador. *Revista Journal of Agricultural Sciences Research*, 2(1), 2–15.
- CORANTIOQUIA (Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia de Colombia). (2007a). *Manejo de las Semillas y la Propagación de Diez Especies Forestales del Bosque Húmedo Tropical*. En *CORANTIOQUIA* (1.<sup>a</sup> ed., p. 71).
- CORANTIOQUIA (2007b). *Manejo de las semillas y la propagación de especies forestales del*

*bosque andino* (p. 74).

CORANTIOQUIA. (2013). *Propagación y conservación de especies arbóreas nativas* (1.<sup>a</sup> ed.).

Courtis, A. (2013). *Guía de Estudio: Germinación de Semillas. Cátedra de Fisiología Vegetal*.

Cruz, D., Huaycho, H., Conde, K. y Luna, R. (2018). *Manual formas de propagación*. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. <https://n9.cl/yt08t>

De la Cuadra, C. (1993). *Germinación, latencia y dormición de las semillas; dormición en las avenas locas*. Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. <https://n9.cl/gzk9>

Di Benedetto, A. y Tognetti, J. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. *Revista de investigaciones agropecuarias*, 42(3), 258-282.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. y Robledo, C.W. (2020). Infostat versión 2020. Centro de Transferencia Infostat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Díaz, A. (2002). *Evaluación de siembra directa de caoba (Swietenia macrophylla G. King) en un bosque primario en Tingo María* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS.

Díaz, P., Torres, D., Sánchez, Z. y Arévalo, L. (2013). Comportamiento morfológico de cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) en respuesta al tipo de sustrato en vivero. *Revista Folia Amazónica*, 22(1-2), 25-34.

Díaz, P. y Valdés, O. (2020). Crecimiento de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en respuesta a extractos vegetales. *Revista Agrociencia*, 54(5), 673-681.

Domínguez, A., Aguilera, M., Espinosa, S., Aldrete, A., Wong, A. y Pérez, N. (2023). Sustratos y fertilización para producir planta de *Swietenia macrophylla* King y *Tabebuia donnell-smithii* Rose en charolas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 14(77), 56-75.

Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Revista Cultivos Tropicales*, 31(1), 74–85. <https://n9.cl/qmlig>

Fallas, J. (2012). *Análisis de varianza: Comparando tres o más medias*. Universidad de Cooperación Internacional. <https://n9.cl/yx40w>

Fischer, G. (2010). Condiciones ambientales que afectan crecimiento, desarrollo y calidad de las pasifloráceas. En Memorias Primer Congreso Latinoamericano de Passiflora; Corporación Centro de Investigación para la Gestión Tecnológica de Passiflora del departamento del Huila-CEPASS Huila-y la Hortofrutícola de Colombia, Huila, Colombia, 10-22. <https://n9.cl/ravd2>

Giménez, C. y Berrío, T. (2018). Efecto de tres sustratos sobre el crecimiento de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en vivero\*: Effect of three substrates on seedling growth mahogany (*Swietenia macrophylla* King) nursery. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*, 36,

1-7.

- Gómez, A., Beraun, L., Gómez, O. y Llatas, E. (2016). Germinación y morfología de la caoba *Swietenia macrophylla* King en la región Lambayeque. INIA. Estación Experimental Agraria Vista Florida – Lambayeque.
- Imaña, J. y Encinas, O. (2008). *Epidometría Forestal* (1.<sup>a</sup> ed.). Universidad de Brasilia, Departamento de Engenharia Florestal Mérida: Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. <https://n9.cl/ltzub>
- INAB (Instituto Nacional de Bosques de Guatemala). (2017). *Caoba Swietenia macrophylla; paquete tecnológico forestal*. Departamento de Investigación Forestal del Instituto Nacional de Bosques (INAB). <https://n9.cl/eumi3>
- INAB. (2019). Paquete Tecnológico Forestal para Caoba de Petén *Swietenia macrophylla* King. Departamento de Investigación Forestal del Instituto Nacional de Bosques (INAB).
- INFOR (Instituto Forestal de Chile). (2001). *Manual de viverización y plantación de especies nativas. Zona centro sur de Chile*. INFOR. <https://n9.cl/luvugj>
- INFOR. (2009). *Vivero forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta*. Instituto Forestal.
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). (2018). *Guía Para La Priorización Participativa De Especies Forestales. Establecimiento Y Manejo De Viveros En Las Comunidades Kichwa Del Alto Napo* (1.<sup>a</sup> ed.). Tena, EC: INIAP, Estación Experimental Central de la Amazonía, <https://n9.cl/5oj8m>
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). (2009). *Producción de Planta; Del Género Pinus en vivero en clima templado frío* (1.<sup>a</sup> ed.). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. <https://n9.cl/8g9xt>
- Irigoyen, J., Cruz, M., MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador), Programa Nacional de Frutas de El Salvador. y IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2005). *Guía técnica de semilleros y viveros frutales* (1.<sup>a</sup> ed.). IICA.
- Iturre, M. y Araujo, P. (2006). *Crecimiento y producción del rodal regular*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE). <https://n9.cl/b92lti>
- Juárez, Y. (2014). *Dasometría apuntes de clase y guía de actividades prácticas* (1.<sup>a</sup> ed.). Cochabamba, Bolivia. <https://n9.cl/xa1sx>
- Krisnawati, H., Kalio, M. y Kanninen, M. (2011). *Swietenia macrophylla* King: *Ecology, silviculture and productivity*.
- Lanares, K. (2007). *Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio sobre el crecimiento de Swietenia macrophylla* G. King *Caoba, en fase de vivero* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS.



- León, P., Sandoval, A., Bolados, G., Rosas, M., Stark, D. y Gold, K. (2014). Manual de recolección y procesamiento de semillas de especies forestales. En *Boletín INIA N° 280* (pp. 1–97).
- Limongi, R., Pico, J., Morillo, E., Buitrón, J., Meneses, S., Navarrete, B., Pinoargote, M. y Carrasco, B. (2022). Molecular characterization of mahogany tree (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) in the remnant natural forest of Ecuador. *Revista Neotropical Biodiversity*, 8(1), 222–228. <https://doi.org/10.1080/23766808.2022.2080334>
- Linares, E. (2005). Instructivo para determinar la supervivencia en plantaciones forestales (Instrucción Técnica No. 6). MINAG, 3-14.
- Lombardi, I., Garnica, C., Carranza, J., Barrena, V., Ortiz, H., Gamarra, J. y Ponce, B. (2014). *Evaluación de la Recuperación de las Poblaciones de Cedro y Caoba en el Perú* (1.ª ed.). Universidad Agraria La Molina. <https://n9.cl/vd6x3>
- MAE (Ministerio del Ambiente de Ecuador). (2006). *Informe para la tercera reunion del grupo de trabajo sobre caoba (Swietenie macrophylla)*. <https://n9.cl/rofhx>
- MAE. (2015). *Normas para el Manejo Forestal Sostenible de los Bosques Nativos Húmedo*. Acuerdo Ministerial 0125. <https://n9.cl/okszp>
- MAE. (2017). *Establece en todo el territorio continental del Ecuador la veda de la especie Swietenia macrophylla*. Acuerdo Ministerial 090.
- MADES., PNUD. y FMAM. (2021). *Viveros forestales urbanos: construcción y manejo*. Proyecto “Asunción ciudad verde de las Américas – vías a la sustentabilidad”. Asunción, Paraguay. 132p
- MARENA. y INAFOR. (2002). *Guía de especies forestales de Nicaragua* (1.ª ed.). Editora de Arte.
- Marín, B. (2018). *Evaluación de la calidad de plantones forestales producidos bajo un vivero temporal en el distrito de santa rosa de alto yanajanca, provincia de marañón, huánuco-perú* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS.
- Martínez, P. y Roca, D. (2011). Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. En Flórez (Ed.), *Sustratos, manejo de clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo* (1.ª ed., pp. 37–78). Universidad Nacional de Colombia. <https://n9.cl/359iwn>
- Matilla, Á. (2008). *Desarrollo y germinación de las semillas*. En Azcón y Talón (Eds.), *Fundamentos de Fisiología Vegetal* (2da Ed., pp. 537–558). McGraw Hill. <https://n9.cl/vc4itl>
- Megías, M., Molist, P. y Pombal, M. (2018). *Atlas de Histología Vegetal y Animal: Órganos vegetales semilla*. (pp. 1–6). Atlas de la Universidad de Vigo.
- Moreno, G. y Bernal, J. (1979). *Propagación de plantas* (1.ª ed.). Bogotá: Acción Cultural Popular; Editora Dosmil.
- Müller, M. (2013). *Crecimiento y relación del tallo-raíz en plantones de cinco especies forestales durante la fase de vivero en Tingo María* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la

Selva]. Repositorio Institucional UNAS.

- Navarro, C. (1999). *Diagnóstico de la caoba (Swietenia macrophylla King) en Mesoamérica: Silvicultura-Genética*. <https://n9.cl/sprk0>
- Negreros, P., Apodaca, M. y Mize, W. (2010). Efecto de sustrato y densidad en la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble. *Revista Madera y bosques*, 16(2), 7-18.
- Niembro, A. (1997a). Efectos de tres formas de almacenamiento de las semillas de caoba “*Swietenia macrophylla King*” sobre su porcentaje de germinación. En A. Sánchez, y E. Amador (Eds.), *Memorias Congreso Regional de Ciencia y Tecnología de la Península de Yucatán* (128-132). Universidad Autónoma de Campeche.
- Niembro, A. (1997b). Efecto del peso de las semillas de caoba “*Swietenia macrophylla King*” sobre su germinación y el crecimiento inicial de las plantas bajo condiciones de vivero. En A. Sánchez, y E. Amador (Eds.), *Memorias Congreso Regional de Ciencia y Tecnología de la Península de Yucatán* (116-119). Universidad Autónoma de Campeche.
- Niembro, A., Márquez, J. y Ramírez, E. (2006). Emergencia y crecimiento inicial de plántulas de 20 familias de caoba [*Swietenia macrophylla King* - Meliaceae] procedentes de una plantación en el Estado de Campeche, México. *Revista Foresta Veracruzana*, 8(2), 33-39.
- Oliva, M., Vacalla, F., Pérez, D. y Tucto, A. (2014). *Manual: Vivero forestal para producción de plántulas de especies forestales nativas: Experiencia en Molinopampa, Amazonas-Perú*. Chachapoyas. <https://n9.cl/uql5n>
- Osuna, H., Osuna, A. y Fierro, A. (2017). *Manual de propagación de plantas superiores* (1.<sup>a</sup> ed.). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Orellana, Y. y Manzano, J. (2021). *Manejo y Conservación de Semillas*. <https://n9.cl/9pm3p>
- Palacios, B., Aguirre, Z. y Lozano, D. (2015). Experiencias de enriquecimiento forestal en bosque secundario en la microcuenca “El Padmi”, Zamora Chinchipe Ecuador. *CEDAMAZ*, 5(1).
- Pazmiño, W. (2015). *Comportamiento agronómico de cinco especies forestales del banco de germoplasma de la parte noroccidental de la provincia de Cotopaxi en el campo experimental la playita de la Universidad Técnica Cotopaxi Extensión La Maná. Año 2014* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Institucional UTC.
- PDOT El Tambo. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Parroquia El Tambo*.
- PDOT El Tambo. (2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Parroquia El Tambo 2021 - 2023*.
- Pérez, E., Rodríguez, Y. y Falcon, E. (2019). Efecto de tres cepas de micorrizas en los parámetros morfológicos de *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq en vivero permanente, Guantánamo, Cuba. *Foresta Veracruzana*, 21(2), 11-16.

- Pérez, F. (2003). *Germinación y Dormición de Semillas*. En *Material Vegetal de Reproducción; Manejo, Conservación y Tratamiento* (1.<sup>a</sup> ed., pp. 177–200). Junta de Andalucía. <https://n9.cl/hz6gbv>
- Pérez, J. (2017). *Manual para el cultivo de la caoba*. Instituto Laudato Si' para la Custodia de la Creación, Centro de investigación, enseñanza y producción agroforestal (CEPIAGRY). <https://n9.cl/fgzhe>
- Pino, U. y Nieto, S. (2024). Los 10 Árboles Semilleros Nativos Madereros más Importantes para el Manejo Ambiental de la Región de Mironó en la Comarca Ngäbe-Buglé Panamá. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 532-544.
- Piñuela, A., Guerra, Á. y Pérez, E. (2013). *Guía para el establecimiento y manejo de viveros agroforestales*. Fundación Donac. <https://n9.cl/ib24g>
- Puentes, D., Rodríguez, L. y Escalera, V. (2002). Consideraciones sobre el género *Swietenia* Jacq. (Swietenioideae, Meliaceae) en Cuba. *Revista Botánica Complutensis*, 26, 63–78. <https://n9.cl/7dbtr>
- Quesada, R., Acosta, L. Garro, M. y Castillo, M. (2012). Dinámica del crecimiento del bosque húmedo tropical, 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 25(5), 55-66.
- Ramírez, E., Márquez, J. y Arguelles, A. (2010). Sobrevivencia en vivero de *Pinus oaxacana* Mirov proveniente de dos cosechas de semillas. *Revista Foresta Veracruzana*, 12(1), 39-43.
- Ramallo, P. (2006). *Especies Arbóreas Brasileiras* (Vol. 2). Brasilia, DF: Embrapa informacao Tecnologia; Colombo: Embrapa Florestas, 2003-2014.
- Reynel, C., Pennington, D., Pennington, T., Flores, C. y Daza, A. (2003). *Útiles de la Amazonía Peruana*. Un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies (1ra Ed.). Tarea Gráfica Educativa, 509 pp.
- Rivera, D. y Lowy, P. (2009). Reintroducción y propagación de especies maderables. Estudio de caso " Caoba" *Swietenia Macrophylla* King y" Cedro" *Cedrela Odorata* L. en la isla de San Andrés. *Revista Cuadernos del Caribe*, (13), 95-119.
- Rodríguez, S., Vergara, M., Ramos, J. y Sainz, C. (2009). *Germinación y manejo de especies forestales tropicales* (1.<sup>a</sup> ed.). Universidad Veracruzana. <https://n9.cl/052h3n>
- Rojas, F. y Torres, G. (2008). Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción. *Kurú: Revista Forestal (Costa Rica)*, 5(14), 1–3. <https://n9.cl/huts4>
- Román, F., De Liones, R., Sautu, A., Deago, J. y Hall, J. (2012). *Guía para la propagación de 120 especies de árboles nativos de Panamá y el neotrópico*. Environmental Leadership and Training Initiative--ELTI, Yale School of Forestry y Environmental Studies. <https://n9.cl/5kr06>

- Samaniego, C., Prado, L., Ordoñez, L., Díaz, M., Zambrano, L. y Papa, R. (2011). *Arboles Nativos de Orellana, Amazonia del Ecuador: Guía Técnica para la identificación, fenología, usos y características de árboles y maderas*. Fundación Española Solidaridad Internacional. <https://n9.cl/o8cq6>
- Sampayo, S., Ordoñez, C., Mattana, E., Camino, M., Castillo, E., Dávila, P., Lira, R., Téllez, O., Rodríguez, N., Ulián, T. y Flores, C. (2021). Thermal niche for seed germination and species distribution modelling of *Swietenia macrophylla* King (mahogany) under climate change scenarios. *Revista Plants*, 10(11), 23-77.
- Sánchez, M. (2016). *Swietenia macrophylla* King.
- Sánchez, M. y Reyes, C. (2015). Ecuador: Revisión a las principales características del recurso forestal y de la deforestación. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3(1), 41-54.
- Smith, M., Wang, B. y Msanga, H. (2010). Capítulo 5: Dormancia y Germinación. En Vozzo (Ed.), *Manual de semillas de árboles tropicales* (pp. 157–182). FAO. <https://n9.cl/x15674>
- Sorgato, V. (2017). *Ecuador: tala ilegal amenaza la veda de caoba decretada por el gobierno*. Mongabay. <https://n9.cl/f7wt7>
- Synnott, T. (2009). *La caoba en la península de Yucatán: ecología y regeneración*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Corredor Biológico Mesoamericano México. <https://n9.cl/34r5eg>
- Telrandhe, U., Kosalge, S., Parihar, S., Sharma, D. y Hemalatha, S. (2022). Collection and cultivation of *Swietenia macrophylla* King. *Revista Sch Acad J Pharm*, 11(1), 13-9.
- Toledo, M. y Snook, L. (2005). Efectos de la dispersión de semillas y tratamientos silviculturales en la regeneración natural de caoba en Belice1. *Revista Recursos Naturales y Ambiente*, 44, 68–75. <https://n9.cl/fo1hb>
- Triviño, T. y Torres, F. (2009). *Manual Práctico Manejo de Semillas y Viveros Agroforestales*. SEMICOL. <https://n9.cl/2uytc>
- Trujillo, E. (2007). *Guía de Reforestación* (1.ª ed.). El Semillero.
- Trujillo, E. (2011). *Guía de reforestación; Ilustrada, aumentada y corregida* (3.ª ed.). El Semillero.
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). (2023). *Swietenia macrophylla* King. *La Lista Roja de Especies Amenazadas de La UICN 1998*.
- Urbina, V. (2005). *Propagación de los frutales* (1.ª ed.). Paperkite.
- URG (Universidad Rural de Guatemala). (2017). Curso de dasonomía: Medición de la edad y crecimiento de los árboles. Cobán, Alta Verapaz.
- Ureta, D., Barrezueta, M., García, Y., y Arteada, Y. (2017). Evaluación de indicadores de calidad de la planta de cuatro especies forestales en vivero con fines de restauración en áreas degradadas.

- En R. Alemán., H. Reyes, y C. Bravo (Eds.), Libro de Memorias: Simposio internacional sobre Manejo sostenible de tierras y seguridad alimentaria – Ecuador 2017 (107). Universidad Estatal Amazónica, Ecuador.
- Vargas, M. (1991). Factores Que Afectan La Germinación De Semillas. *Boltec*, 24(1), 26–31.
- Varela, S. y Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Revista INTA*, 3, 1–10.
- Varela, S., Martínez, A., Basil, G., Mazzarino, M. y Fariña, M. (2013). Sustratos alternativos en la producción de plantines forestales. *Revista Presencia*, 60, 36–39.
- Vásquez, G. (2014). *Influencia de hongos micorrizales, en el crecimiento inicial de Cedrelinga catenaeformis Ducke, Swietenia macrophylla King, Guazuma crinita Martius-Río Negro–Satipo* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP.
- Wegier, A., Barba, L., García, F., Pérez, J. y Flores, A. (2013). *Método para el establecimiento in vitro de caoba (Swietenia macrophylla King) a partir de explantes vegetativos*. (1.<sup>a</sup> ed.). CENID-COMEF, INIFAP. <https://n9.cl/8avbw>
- 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.
- Ojeda., W., Borjas. R., Alvarado, L. y Castro, V. (2019). Efecto en vivero de extractos foliares de *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* sobre café var. Caturra Roja en Chanchamayo (Perú). *Revista Bosques Latitud Cero*, 9(2), 29-37.
- Yari, K. (2022). *Evaluación de cuatro sustratos para la propagación sexual de Swietenia macrophylla King (caoba) en la parroquia General Proaño cantón Morona provincia de Morona Santiago* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio DSpace ESPOCH.
- Zanabria, Y., Cuellar, J., Clemente, G., Leiva, H., Contreras, L. y Gala, S. (2014). *Tecnologías de producción en viveros de cuatro especies forestales en el Valle del Mantaro* (1.<sup>a</sup> ed.). Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA

## 11. Anexos

### Anexo 1. Cuadro resumen del peso de las semillas *S. macrophylla*

N° total de las semillas	Muestra del total semillas	Peso de la muestra 151 semillas (gr)				Peso total 542 semillas (gr)	Peso total de la muestra 151 semillas (gr)
		Min	Med	Max	D.E.		
542	151	0,1	0,54	0,9	0,15	298,2	81,8

Nota. Donde: Min= Mínima; Med= Media o Promedio; Max= Máxima y D.E.= Desviación Estándar.

### Anexo 2. Cuadro resumen del ICT y IMT en altura

Tratamientos	Crecimiento total			Incremento Corriente Trimestral (ICT)		Incremento Medio Trimestral (IMT)		
	H 0 meses (cm)	H 3 meses (cm)	H 6 meses (cm)	H 3 meses - H 0 meses ICT 3 meses (cm)	H 6 meses - H 3 meses ICT 6 meses (cm)	IMT 0 meses (cm/mes)	IMT 3 meses (cm/mes)	IMT 6 meses (cm/mes)
T0	20,07	21,92	24,38	1,85	2,46	0	7,31	4,06
T1	21,46	22,88	24,89	1,41	2,01	0	7,63	4,15
T2	20,17	21,62	23,13	1,45	1,51	0	7,21	3,86
T3	21,18	23,73	26,13	2,55	2,40	0	7,91	4,35
T4	20,85	22,05	23,85	1,20	1,80	0	7,35	3,97
T5	20,64	21,59	22,97	0,95	1,38	0	7,20	3,83
T6	20,76	21,96	23,43	1,20	1,47	0	7,32	3,90
T7	20,80	22,09	23,26	1,29	1,17	0	7,36	3,88

### Anexo 3. Prueba de normalidad con Shapiro–Wilks sobre las variables evaluadas

Shapiro–Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO % G	24	0,00	7,44	0,91	0,1039
RDUO Lrp (0 Meses)	24	0,00	0,71	0,96	0,7161
RDUO Lrp (3 Meses)	24	0,00	1,35	0,97	0,8053
RDUO Lrp (6 Meses)	24	0,00	2,76	0,97	0,8310
RDUO Nrs (0 Meses)	24	0,00	7,09	0,95	0,6138
RDUO Nrs (3 Meses)	24	0,00	5,66	0,95	0,5953
RDUO Nrs (6 Meses)	24	0,00	9,09	0,94	0,3408
RDUO H (0 Meses)	24	0,00	0,61	0,94	0,3432
RDUO H (3 Meses)	24	0,00	0,61	0,93	0,3239
RDUO H (6 Meses)	24	0,00	0,63	0,93	0,2999
RDUO ICT (3-0 Meses)	24	0,00	0,39	0,92	0,2074
RDUO ICT (6-3 Meses)	24	0,00	0,23	0,95	0,6186
RDUO IMT (3 Meses)	24	0,00	0,20	0,94	0,3423
RDUO IMT (6 Meses)	24	0,00	0,11	0,93	0,3057
RDUO Nh (0 Meses)	24	0,00	0,25	0,94	0,4308
RDUO Nh (3 Meses)	24	0,00	0,17	0,91	0,1092
RDUO Nh (6 Meses)	24	0,00	0,24	0,93	0,3084
RDUO Lh (0 Meses)	24	0,00	0,42	0,97	0,8666
RDUO Lh (3 Meses)	24	0,00	0,36	0,96	0,7685
RDUO Lh (6 Meses)	24	0,00	0,52	0,92	0,1509
RDUO Ah (0 Meses)	24	0,00	0,18	0,97	0,8336
RDUO Ah (3 Meses)	24	0,00	0,12	0,93	0,3106
RDUO Ah (6 Meses)	24	0,00	0,27	0,93	0,3082

Nota. Donde: % G= Porcentaje de Germinación; Lrp= Longitud raíz principal; Nrs= Número de raíces secundarias; H= Altura; ICT= Incremento Corriente Trimestral; IMT= Incremento Medio Trimestral; Nh= Número de hojas; Lh= Longitud de hoja y Ah= Ancho de hoja.

#### Anexo 4. Certificado de traducción del resumen

Loja, 17 de junio de 2024

Lic. Julissa Yeraldin Jiménez Granda  
Docente de la Unidad Educativa Fiscomisional “Mons. Maximiliano  
Spiller”

#### CERTIFICA:

Haber realizado la traducción del resumen al idioma inglés del Trabajo de Integración Curricular (Tesis) con el tema **Propagación sexual de *Swietenia macrophylla* King (Caoba), en la finca Sr. Máximo Juela, en el barrio Patacorral, parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja,** misma que corresponde a **KELVIN RONALDO JUELA CAMPOVERDE** con cédula de identidad No. 1105374134 de la carrera de Ingeniería Forestal en la Universidad Nacional de Loja.



Lic. Julissa Jiménez  
DOCENTE DE INGLÉS  
C.I. 1104482045