



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN EN EL CARMEN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AGROPECUARIO**

**“Desarrollo vegetativo de cedro en etapa de vivero bajo cobertura parcial  
con sistema de riego”**

**AUTORA:** Bravo Giler Andrea Paola

**TUTOR:** Miguel Angel Macay Anchundia, Mg.

El Carmen, agosto de 2025

|                                                                                   |                                                                                            |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|  | NOMBRE DEL DOCUMENTO:<br>CERTIFICADO DE TUTOR(A)                                           | CÓDIGO: PAT-04-F-004         |
|                                                                                   | PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR | REVISIÓN: 1<br>Página 1 de 1 |

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Extensión El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **Bravo Giler Andrea Paola**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025 (2), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **“Desarrollo vegetativo de cedro en etapa de vivero bajo cobertura parcial con sistema de riego”**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 29 de enero de 2026



Lo certifico,

Miguel Angel Macay Anchundia, Mg.

**Docente Tutor**

**Área:** Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ  
EXTENSIÓN EN EL CARMEN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TÍTULO:**

**“Desarrollo vegetativo de cedro en etapa de vivero bajo cobertura parcial con sistema de riego”**

**AUTORA:** Bravo Giler Andrea Paola

**TUTOR:** Miguel Angel Macay Anchundia, Mg.

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AGROPECUARIO**

**TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

Ing. De La Cruz Chicaiza Marco Vinicio, Mg.



Ing. Cobeña Loor Nexar Vismar, Mg.



Ing. Nivela Morante Pedro Eduardo, Mg.



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Bravo Giler Andrea Paola** con cédula de ciudadanía 131746283-4, estudiante de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión El Carmen, de la Carrera Ingeniería Agropecuaria, declaro que las opiniones, criterios y resultados encontrados en las aplicaciones de los diferentes instrumentos de investigación que están resumidos en las recomendaciones con el tema **“Desarrollo vegetativo de cedro en etapa de vivero bajo cobertura parcial con sistema de riego”** son información exclusiva de su autora, apoyados por el criterio de profesionales de diferentes indoles, presentados en la bibliografía que fundamenta este trabajo; al mismo tiempo declaro que el patrimonio intelectual del trabajo investigativo pertenece a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión El Carmen.

Atentamente,



**Bravo Giler Andrea Paola**

El Carmen, 28 de enero de 2026

## DEDICATORIA

“Nada en la vida debe ser temido, solo entendido; ahora es tiempo de comprender más para que podamos temer menos.”— **Marie Curie**

Me dedico este logro con el alma plena, porque aprendí a creer en mí cuando el camino se volvió incierto y el cansancio intentó detenerme. Hoy me abrazo con gratitud por cada desvelo, por cada paso dado con fe y por la fuerza que brotó incluso en los momentos más difíciles. Este triunfo es la voz de mi perseverancia y el reflejo de mis sueños convertidos en realidad. Con el amor más profundo, dedico este trabajo de titulación a mis padres.

Sus consejos fueron semillas de sabiduría que germinaron en mi corazón; su ejemplo, la raíz de mi fortaleza y su cariño, la luz que me acompañó en cada amanecer de esfuerzo. Gracias a ellos, hoy florezco como Ingeniera Agropecuaria, llevando en mi esencia los valores que me inculcaron.

***Bravo Giler Andrea Paola***

## **AGRADECIMIENTO**

“Sé menos curioso acerca de las personas y más curioso acerca de las ideas”— **Marie Curie**

A mi familia, por ser el pilar que me sostuvo con amor, comprensión y aliento en cada etapa de este camino. Su apoyo incondicional y sus palabras de fe fueron la fuerza que impulsó cada uno de mis pasos.

A la Universidad, por brindarme las herramientas y el espacio para crecer tanto profesional como personalmente, sembrando en mí el valor del conocimiento y la dedicación.

A mis compañeros, por compartir jornadas de esfuerzo, risas y aprendizajes que hicieron de esta experiencia un capítulo inolvidable.

Y a mi tutor, por su guía constante, su paciencia y su sabiduría, que iluminaron este proceso y me ayudaron a convertir un sueño en una realidad.

***Bravo Giler Andrea Paola***

## ÍNDICE

|                                                    |      |
|----------------------------------------------------|------|
| CERTIFICACIÓN .....                                | II   |
| TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....                       | III  |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....                       | IV   |
| DEDICATORIA .....                                  | V    |
| AGRADECIMIENTO .....                               | VI   |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                              | X    |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                            | XI   |
| ÍNDICE DE ANEXOS .....                             | XII  |
| RESUMEN.....                                       | XIII |
| ABSTRACT .....                                     | XIV  |
| <br>                                               |      |
| CAPÍTULO I .....                                   | 1    |
| TÍTULO .....                                       | 1    |
| INTRODUCCIÓN .....                                 | 1    |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                   | 2    |
| Pregunta de investigación.....                     | 3    |
| JUSTIFICACIÓN .....                                | 3    |
| OBJETIVOS .....                                    | 4    |
| HIPÓTESIS.....                                     | 4    |
| METODOLOGÍA.....                                   | 5    |
| 1.1 Localización de la unidad experimental .....   | 5    |
| 1.2 Caracterización climatológica de la zona ..... | 5    |
| 1.3 Materiales y Equipos .....                     | 6    |
| 1.4 Variables.....                                 | 7    |
| 1.4.1 Variables independientes.....                | 7    |
| 1.4.2 Variables dependientes .....                 | 7    |
| 1.5 Métodos.....                                   | 7    |
| 1.5.1 Método empírico.....                         | 7    |
| 1.5.2 Método experimental .....                    | 7    |
| 1.6 Análisis estadístico.....                      | 8    |
| 1.7 Diseño experimental .....                      | 8    |
| 1.8 Manejo del experimento .....                   | 8    |
| 1.8.1 Preparación del sustrato .....               | 8    |
| 1.8.2 Llenado de fundas.....                       | 9    |
| 2 CAPÍTULO II.....                                 | 10   |

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>                                                     | <b>10</b> |
| 2.1 Importancia del cedro .....                                                   | 10        |
| 2.2 Valor ecológico y económico .....                                             | 10        |
| 2.3 Nombre científico y su clasificación.....                                     | 10        |
| 2.4 Características morfológicas de <i>Cedrela odorata</i> .....                  | 10        |
| 2.4.1 Dimensiones generales .....                                                 | 10        |
| 2.4.2 Estructura externa.....                                                     | 11        |
| 2.4.3 Características foliares.....                                               | 11        |
| 2.5 Variabilidad morfológica altitudinal.....                                     | 11        |
| 2.6 Importancia y manejo del cedro ( <i>C. odorata</i> ) en vivero forestal.....  | 11        |
| 2.7 Cedro ecuatoriano y su rol .....                                              | 12        |
| 2.8 Propagación y manejo en vivero.....                                           | 12        |
| 2.8.1 Reforestación y calidad de la planta en vivero .....                        | 12        |
| 2.8.2 Técnicas de propagación (sexual y asexual).....                             | 13        |
| 2.9 Factores que afectan el desarrollo en viveros .....                           | 13        |
| 2.10 Desarrollo vegetativo en etapa de vivero.....                                | 13        |
| 2.11 Factores que influyen en la germinación de semillas .....                    | 14        |
| 2.12 Variables biofísicas y de manejos que influyen el crecimiento del cedro..... | 14        |
| 2.13 Cobertura parcial y su papel en plántulas jóvenes.....                       | 14        |
| 2.13.1 Uso de malla plástica para sombreo .....                                   | 14        |
| 2.13.2 Malla Sarán contra insectos y plagas.....                                  | 15        |
| 2.13.3 Importancia del material de cubierta en el microclima del invernadero ..   | 15        |
| 2.13.4 Riego y balance hídrico en plantaciones jóvenes .....                      | 15        |
| 2.14 Aplicación de sistema de riego por aspersión.....                            | 16        |
| 2.15 ANTECEDENTES .....                                                           | 16        |
| <b>INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</b>         | <b>16</b> |
| <b>CAPÍTULO III .....</b>                                                         | <b>19</b> |
| <b>DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....</b>                                           | <b>19</b> |
| 3.1 Descripción del sistema.....                                                  | 19        |
| 3.2 Diseño y selección de tecnologías a implementar .....                         | 21        |
| 3.2.1 Sistema de riego por aspersión .....                                        | 21        |
| 3.3 Plan de implementación .....                                                  | 24        |
| 3.4 Resultados y discusión .....                                                  | 25        |
| 3.4.1 Número de hojas .....                                                       | 25        |
| 3.4.2 Altura de la planta .....                                                   | 27        |
| 3.4.3 Diámetro del tallo .....                                                    | 30        |
| <b>CAPÍTULO IV.....</b>                                                           | <b>33</b> |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>                                       | <b>33</b> |



|                                         |             |
|-----------------------------------------|-------------|
| <b>CONCLUSIONES .....</b>               | <b>33</b>   |
| <b>RECOMENDACIONES .....</b>            | <b>33</b>   |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b> | <b>XXXV</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                     | <b>XXXV</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Características climatológicas de la localidad.....                                                   | 6  |
| <b>Tabla 2.</b> <i>Tratamiento de estudio</i> .....                                                                   | 8  |
| <b>Tabla 3.</b> Desglose de gastos de implementación de los macrotúneles .....                                        | 20 |
| <b>Tabla 4.</b> Materiales e insumos utilizados para la construcción del macrotúnel y establecimiento del vivero..... | 21 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Localización de proyecto de investigación.....                                                                                                  | 5  |
| <b>Figura 2.</b> Croquis del sistema de riego del vivero.....                                                                                                    | 23 |
| <b>Figura 3.</b> Efecto del tipo de cobertura sobre el número de hojas en plántulas de <i>Cedrela odorata</i> durante 35 días de crecimiento en vivero.....      | 25 |
| <b>Figura 4.</b> <i>Número de hojas de Cedrela odorata bajo diferentes coberturas durante 42 a 77 días de evaluación.....</i>                                    | 26 |
| <b>Figura 5.</b> Altura promedio de plántulas de <i>Cedrela odorata</i> (cm) bajo diferentes tipos de cobertura parcial durante 35 días de evaluación. ....      | 28 |
| <b>Figura 6.</b> Altura de planta (cm) de <i>Cedrela odorata</i> en vivero bajo diferentes coberturas y sistema de riego durante 42 a 77 días de evaluación..... | 29 |
| <b>Figura 7.</b> <i>Altura promedio de plántulas de Cedrela odorata (cm) bajo diferentes tipos de cobertura parcial durante 35 días de evaluación .....</i>      | 30 |
| <b>Figura 7.</b> <i>Diámetro del tallo (mm) de Cedrela odorata en vivero bajo diferentes coberturas durante 42 a 77 días de evaluación .....</i>                 | 31 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                                                                                                   |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>Anexo 1.</b> Registro de datos morfológicos de <i>Cedrela odorata</i> (altura y diámetro) en etapa de vivero mediante calibrador digital ..... | XXXV    |
| <b>Anexo 2.</b> <i>Medición de la altura de plántulas de Cedrela odorata establecidas en fundas bajo condiciones de cobertura parcial</i> .....   | XXXV    |
| <b>Anexo 3.</b> <i>Preparación del sustrato</i> .....                                                                                             | XXXVI   |
| <b>Anexo 4.</b> Observación del desarrollo de las plántulas en etapas de vivero. ....                                                             | XXXVI   |
| <b>Anexo 5.</b> Manejo y limpieza plántulas .....                                                                                                 | XXXVII  |
| <b>Anexo 6.</b> Plántula del <i>Cedrela Odorata</i> (Cedro).....                                                                                  | XXXVII  |
| <b>Anexo 7.</b> Análisis de Varianza Número de hojas a los 77 días.....                                                                           | XXXVIII |
| <b>Anexo 8.</b> Análisis de Varianza Altura de la planta a los 77 días.....                                                                       | XXXVIII |
| <b>Anexo 9.</b> Análisis de Varianza Diámetro del tallo de la planta a los 77 días .....                                                          | XXXVIII |

## RESUMEN

La investigación se desarrolló en la Granja Experimental “Río Suma”, con el propósito de determinar el desarrollo vegetativo de *Cedrela odorata* en etapa de vivero bajo diferentes coberturas y un sistema de riego por aspersión. Se aplicó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres tratamientos: macrotúnel de sarán (T1), macrotúnel de plástico (T2) y exposición directa o cielo abierto (T3). Cada tratamiento recibió un riego uniforme mediante aspersión regulada, manteniendo condiciones hídricas constantes durante el periodo experimental. En altura de planta, T2 registró los valores más altos en todas las semanas:  $8,29 \pm 0,37$  cm (42 días),  $8,89 \pm 0,39$  cm (49 días),  $9,94 \pm 0,47$  cm (56 días),  $9,20 \pm 0,41$  cm (63 días),  $11,62 \pm 0,57$  cm (70 días) y  $12,85 \pm 0,68$  cm (77 días). En el número de hojas, T2 también presentó la mayor cantidad en todas las fechas evaluadas:  $8,25 \pm 0,14$ ,  $9,25 \pm 0,11$ ,  $9,20 \pm 0,43$ ,  $9,75 \pm 0,01$ ,  $10,00 \pm 0,45$  y  $10,25 \pm 0,22$  hojas. En cuanto al diámetro del tallo, T2 registró los valores superiores:  $3,08 \pm 0,14$  mm,  $3,30 \pm 0,16$  mm,  $3,45 \pm 0,47$  mm,  $3,83 \pm 0,48$  mm,  $4,12 \pm 0,22$  mm y  $4,39 \pm 0,22$  mm desde los 42 a los 77 días. En conclusión, la cobertura plástica creó un microclima favorable al crecimiento, con mayor transmisión lumínica, estabilidad térmica y retención de humedad, lo que fortaleció la fotosíntesis y el desarrollo estructural del cedro en vivero.

**Palabras clave:** microclima, cobertura, aspersión, fisiología, sostenibilidad, tratamiento.

## ABSTRACT

The study was conducted at the “Río Suma” Experimental Farm with the aim of determining the vegetative development of *Cedrela odorata* at the nursery stage under different types of canopy cover and a sprinkler irrigation system. A Completely Randomised Block Design (CRBD) was applied with three treatments: shade-net macrotunnel (T1), plastic macrotunnel (T2), and open-field exposure (T3). Each treatment received a uniform water supply through regulated sprinkler irrigation, ensuring consistent moisture conditions throughout the experimental period. Regarding plant height, T2 recorded the highest values across all weeks:  $8.29 \pm 0.37$  cm (42 days),  $8.89 \pm 0.39$  cm (49 days),  $9.94 \pm 0.47$  cm (56 days),  $9.20 \pm 0.41$  cm (63 days),  $11.62 \pm 0.57$  cm (70 days), and  $12.85 \pm 0.68$  cm (77 days). For the number of leaves, T2 also showed the largest counts at all evaluation times:  $8.25 \pm 0.14$ ,  $9.25 \pm 0.11$ ,  $9.20 \pm 0.43$ ,  $9.75 \pm 0.01$ ,  $10.00 \pm 0.45$ , and  $10.25 \pm 0.22$  leaves. With respect to stem diameter, T2 achieved the highest values:  $3.08 \pm 0.14$  mm,  $3.30 \pm 0.16$  mm,  $3.45 \pm 0.47$  mm,  $3.83 \pm 0.48$  mm,  $4.12 \pm 0.22$  mm, and  $4.39 \pm 0.22$  mm from 42 to 77 days. In conclusion, the plastic cover created a favourable microclimate for growth, characterised by improved light transmission, thermal stability, and moisture retention, which collectively enhanced photosynthesis and structural development of *Cedrela odorata* at the nursery stage.

**Keywords:** microclimate, coverage, sprinkling, physiology, sustainability.

# CAPÍTULO I

## TÍTULO

Desarrollo vegetativo de cedro en etapa de vivero bajo cobertura parcial con sistema de riego

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el desarrollo vegetativo del cedro durante su etapa en vivero, bajo condiciones de cobertura parcial y utilizando un sistema de riego controlado. Donde se busca determinar cómo esta práctica influye en parámetros claves, con el fin de optimizar las técnicas de producción en vivero.

El cedro es una especie forestal de alto valor económico y ecológico en regiones tropicales y subtropicales de América Latina (Gálvez et al., 2020). Su especie es conocida como cedro rojo, una de las principales riquezas de los bosques mesoamericanos, su madera reconocida por su durabilidad, aroma y fácil trabajabilidad es ampliamente utilizada en la industria maderera, lo que ha provocado una creciente presión sobre sus poblaciones naturales.

Ante este escenario, la producción de plantas en vivero representa una estrategia clave para promover la reforestación, la conservación de la especie y el establecimiento de plantaciones comerciales sostenibles; puesto que es una especie muy demandante (Cartes-Rodríguez et al., 2019). Las plantas juveniles no resisten a una sombra muy densa, también son moderadamente resistentes a las heladas, teniendo en cuenta que las plántulas mueren a temperaturas de 5 °C; además, son resistentes a la sequía, daño por termitas refiriéndose a la madera cosechada y al fuego (Villamar, 2023).

El éxito de la producción en vivero depende de múltiples factores, entre ellos las condiciones de microclima. De acuerdo con González-Luna & Cruz-Castillo, (2021) el contenido de humedad determinado para el cedro (*Cedrela odorata*) está en un rango del 90 %, lo que expresa que la madera de esta especie es moderadamente resistente a hongos de pudrición, resistente a termitas, seca al aire con velocidad moderada lo que indica que desarrolla defectos moderados como arqueaduras y torceduras.

En la actualidad, desde el punto de vista de Yepes (2021), la *C. odorata* es una especie que está catalogada como vulnerable, en este sentido este estudio pretende aportar información útil, ofreciendo alternativas viables y eficiente en la producción de plantas de cedro.

Debido a esto, la implementación de sistemas de riegos eficientes y automatizados pueden ser una herramienta para mejorar la productividad y calidad del cedro. Esta investigación se centra en evaluar el impacto de un sistema de riego automatizado en el crecimiento y desarrollo en vivero, con el objetivo de promocionar información valiosa para la industria y mejorar las prácticas de producción.

Seleccionar plantas de alta calidad en las plantaciones forestales es fundamental para garantizar su éxito a largo plazo (Casanova, 2015). Por lo tanto, es esencial que los productores y gestores forestales prioricen la comprensión de los factores morfológicos y fisiológicos que influyen en la calidad de las plantas producidas en vivero; esto incluye considerar aspectos como la salud de las raíces en el desarrollo foliar y la resistencia a enfermedades y plagas (Rueda-Sánchez et al., 2014).

La producción exitosa de plantas en vivero se basa en la combinación de varios factores críticos, incluyendo la elección adecuada del sustrato, aplicación precisa de fertilización y el control riguroso de plagas y enfermedades, lo que garantiza el crecimiento saludable y óptimo de las plantas (Cruz, 2024). Por ende, el cedro requiere condiciones específicas para crecer y desarrollarse de manera óptima. La disponibilidad de agua es uno de los factores más críticos que afectan el crecimiento y la supervivencia de las plantas en viveros (Ordoñez Huaman & Cieza Quispe, 2024).

Por esta razón, un sistema de riego eficiente es fundamental para garantizar que las plantas de cedro reciban la cantidad adecuada de agua, especialmente durante periodos de sequía o estrés hídricos (Rueda-Sánchez et al., 2014). A través de esta investigación se busca evaluar el impacto del riego en el crecimiento y desarrollo del cedro, con el fin de determinar el mecanismo más eficiente y sostenible para la producción de esta especie forestal (Moreira-Bravo, 2021). Se investigó aspectos como la frecuencia y cantidad de riego, el monitoreo de la humedad del suelo, con el fin de proporcionar recomendaciones para las implementaciones de sistema de riego las plantaciones de *C. odorata* (Ordoñez & Cieza, 2024).

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La sequía y el estrés hídrico son problemas crecientes en los trópicos debido al cambio climático, lo que puede tener consecuencias devastadoras para la producción de *C. odorata* (Pinto et al., 2013). Además, la calidad de la madera es un factor crítico en la determinación del valor comercial de los productos forestales, por lo que es fundamental encontrar soluciones



efectivas para mitigar los efectos del estrés hídrico en la calidad de la madera de cedro.

Aunque se han implementado diversas estrategias para mitigar los efectos del estrés hídrico, como la irrigación y la selección de variedades resistentes, es necesario evaluar la eficacia del sistema de cobertura parcial en la mejora de la calidad de la madera de *C. odorata* en los trópicos (Turrialba, 2001).

Sin embargo, la implementación del sistema de cobertura parcial también puede tener costos adicionales y requerir cambios en las prácticas de manejo forestal. Por lo tanto, es fundamental evaluar la relación costo-beneficio de esta estrategia y determinar si es una opción viable para los productores de cedro en los trópicos.

El cedro es una especie forestal valiosa en los trópicos que enfrenta importantes desafíos debido al estrés hídrico causado por la sequía. La falta de agua reduce la capacidad de los árboles para realizar la fotosíntesis, lo que afecta negativamente su crecimiento y desarrollo. Esto, a su vez, impacta la calidad de la madera, haciéndola más propensa a agrietarse o deformarse, lo que reduce su valor comercial (Ramírez-García, 2008).

### **Pregunta de investigación**

¿Cómo influye la cobertura parcial y la aplicación de un sistema de riego controlado en el desarrollo vegetativo del cedro (*Cedrela odorata* L.) durante su etapa en vivero, bajo condiciones tropicales, en términos de crecimiento, vigor y calidad de las plantas producidas?

## **JUSTIFICACIÓN**

En condiciones del trópico, el crecimiento de los forestales es lento debido a la limitada disponibilidad de agua. El uso de regaderas para el riego no sería satisfactorio, ya que no permitiría un control preciso sobre la cantidad de agua aplicada y podría resultar en un desperdicio de agua. Un sistema de riego automático sería una solución efectiva para garantizar que los forestales reciban la cantidad de agua necesaria en el momento adecuado, lo que podría mejorar su crecimiento y desarrollo, y contribuir a la sostenibilidad de los ecosistemas forestales (Espinosa, 2011).

La calidad de las plántulas es un factor crucial para el éxito de una plantación forestal, y un vivero bien manejado es esencial para producir plántulas sanas y robustas. Sin embargo, sin un sistema de riego adecuado, es difícil garantizar la calidad de las plántulas, ya que el riego

es fundamental para su crecimiento y desarrollo. Un vivero que no cuenta con un sistema de riego eficiente puede producir plántulas débiles y estresadas, lo que puede afectar negativamente su supervivencia y crecimiento (Negreros-Castillo et al., 2010).

La implementación de un sistema de riego eficiente y efectivo es una necesidad para cualquier tipo de vivero forestal que busque producir especies forestales de alta calidad. El potencial hídrico de la planta, que indica su capacidad para transpirar con libertad, es un factor clave que determina la marchitez temporal y la estructura de la planta (Correa & Santamaría, 2018). Además, al automatizar el proceso de riego, se evita la necesidad de mano de obra intensiva y se reduce el riesgo de error humano, lo que puede generar ahorros en costos laborales y mejorar la eficiencia general del proyecto.

## **OBJETIVOS**

### **i) Objetivo general**

Determinar el desarrollo vegetativo de cedro en etapa de vivero bajo cobertura parcial con sistema de riego.

### **ii) Objetivos específicos**

- Analizar parámetros productivos sobre la viabilidad fisiológica de las semillas de *C. adorata*.
- Evaluar el desarrollo vegetativo de *C. adorata* mediante el análisis de parámetros morfológicos en etapa de vivero.

## **HIPÓTESIS**

**H<sub>0</sub>:** La cobertura parcial y la aplicación de un sistema de riego controlado no influyen en el desarrollo vegetativo del cedro (*Cedrela odorata* L.) durante su etapa en vivero.

**H<sub>1</sub>:** La cobertura parcial y la aplicación de un sistema de riego controlado influyen en el desarrollo vegetativo del cedro (*Cedrela odorata* L.) durante su etapa en vivero.

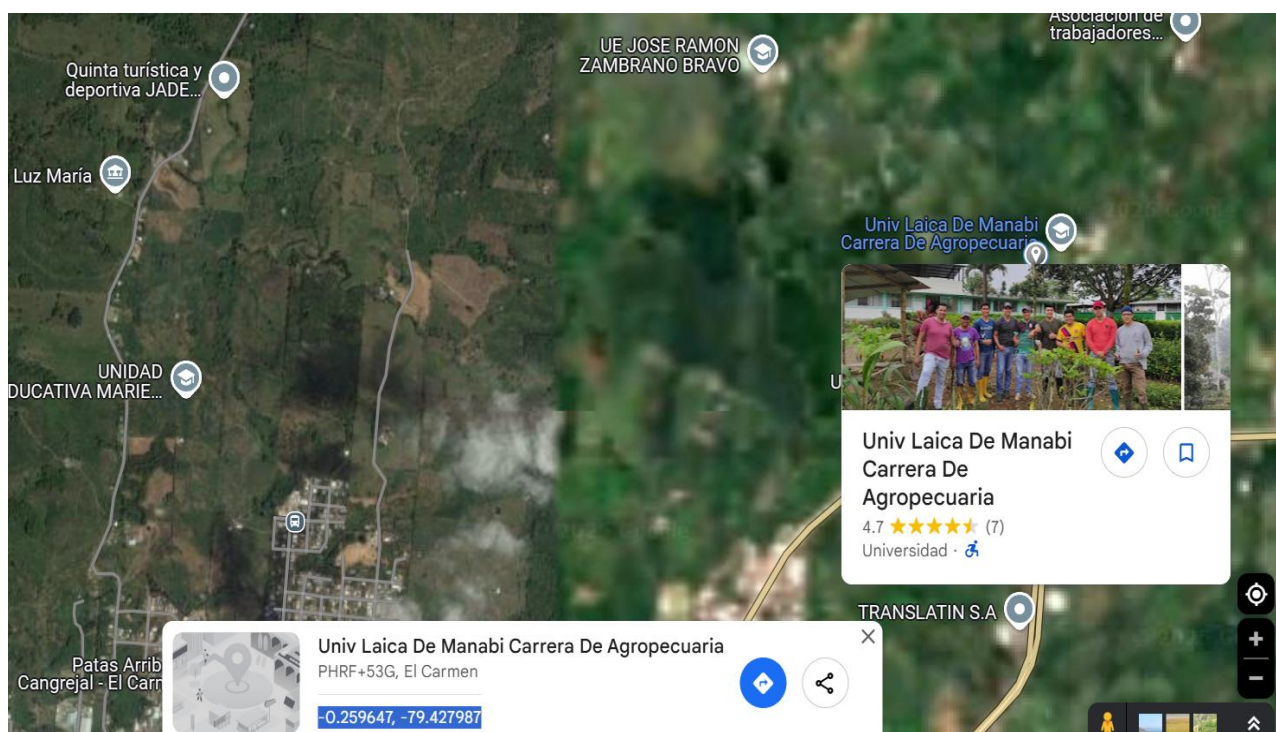
## METODOLOGÍA

### 1.1 Localización de la unidad experimental

La investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental “Río Suma”, perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), ubicada en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador. El sitio de estudio se encuentra georreferenciado en las coordenadas UTM -0.259647, -79.427987.

El área de viveros forestales de la Granja Experimental “Río Suma” está específicamente destinada a la producción, manejo y aclimatación de plántulas forestales, bajo condiciones ambientales controladas. Este espacio cuenta con infraestructura adecuada para la implementación de prácticas agronómicas y silviculturales orientadas a optimizar la calidad fisiológica y morfológica del material vegetal, garantizando así el éxito en las etapas de crecimiento y establecimiento de las especies en campo.

**Figura 1.** Localización de proyecto de investigación



**Nota.** Tomado de Google Maps, (2025).

### 1.2 Caracterización climatológica de la zona

A continuación, algunas características agroclimáticas del cantón:

**Tabla 1.** *Características climatológicas de la localidad*

| <b>Características</b>                    | <b>El Carmen</b> |
|-------------------------------------------|------------------|
| Clima                                     | Trópico Húmedo   |
| Temperatura (°C)                          | 24               |
| Humedad Relativa (%)                      | 86               |
| Heliofanía (Horas luz año <sup>-1</sup> ) | 1026,2           |
| Precipitación media anual (mm)            | 2659             |
| Altitud (msnm)                            | 249              |

**Nota:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2022)

### **1.3 Materiales y Equipos**

#### **Material vegetal**

- Semillas de *Cedrela odorata*.
- Bandejas de germinación.
- Etiquetas identificadoras.
- Marcadores permanentes.

#### **Sustratos y enmiendas**

- Tierra negra o de monte.
- Compost o humus de lombriz.
- Cascarrilla de arroz o aserrín curado.
- Cal agrícola (ajuste de pH).
- Bolsas de polietileno (15 × 20 cm).

#### **Estructura de cobertura parcial**

- Malla sombra.
- Estructura metálica.
- Cables galvanizados y tensores.
- Postes o estacas de madera tratada.
- Cinta plástica de delimitación.

#### **Equipos e instrumentos de medición**

- Cinta métrica o regla graduada (altura de planta).
- Vernier.
- Balanza digital.
- Termohigrómetro digital.
- Cuaderno de campo o fichas de registro.

## **1.4 Variables**

### **1.4.1 Variables independientes**

- Tipos de coberturas.

### **1.4.2 Variables dependientes**

- Altura de plántula (cm).
- Número de hojas.
- Diámetro del cuello (mm).

## **1.5 Métodos**

### **1.5.1 Método empírico**

Se aplicó el método empírico para la recolección de información basada en la observación directa y sistemática del desarrollo de las plántulas de *C. odorata* en el vivero forestal, permitiendo obtener datos objetivos sobre su comportamiento fisiológico y morfológico (Hidalgo, 2005). Esta metodología posibilitó registrar variaciones en las respuestas de las plantas frente a las diferentes frecuencias de riego y condiciones de cobertura, proporcionando una comprensión práctica del efecto de estos factores sobre el crecimiento vegetativo en un entorno controlado.

### **1.5.2 Método experimental**

La investigación se sustentó en un enfoque experimental, que permitió controlar y evaluar el efecto de distintas frecuencias de riego bajo dos tipos de cobertura: polisombra al 70 % y plástico de macrotúnel, sobre el crecimiento de plántulas de *C. odorata* (Arias, 2012).

El estudio se desarrolló bajo condiciones ambientales controladas en el vivero forestal, manteniendo constantes variables como la temperatura, la humedad y el tipo de sustrato. Se empleó un único sistema de riego por aspersión, regulado para garantizar una distribución uniforme del agua sobre las plántulas, considerando la frecuencia de riego como el factor principal de manipulación (Ordoñez-Huaman & Cieza-Quispe, 2024).

Este método permitió una evaluación precisa y comparativa de las respuestas agronómicas de las plantas, determinando cómo la combinación del tipo de cobertura y la frecuencia de riego influye en el desarrollo morfológico y fisiológico de las plántulas en condiciones de vivero.

## 1.6 Análisis estadístico

La investigación se sustentó en un enfoque experimental, que permitió controlar y evaluar el efecto de distintas frecuencias de riego bajo dos tipos de cobertura: T1 con polisombra al 70 %, T2 con cobertura plástica tipo macrotúnel y T3 sin cobertura, sobre el desarrollo vegetativo de plántulas de *C. odorata* (Arias, 2012).

Los datos obtenidos se analizaron mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) para determinar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos. En los casos en que se detectaron diferencias significativas, se aplicó la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad ( $p \leq 0,05$ ) para comparar las medias y establecer el efecto de los tratamientos sobre el desarrollo vegetativo de las plántulas.

## 1.7 Diseño experimental

El estudio se llevó a cabo bajo condiciones ambientales controladas en el vivero forestal de la Granja Experimental “Río Suma”, utilizando un único sistema de riego por aspersión, regulado para asegurar una distribución uniforme del agua sobre las unidades experimentales.

El experimento se estableció bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con tres tratamientos y el número de repeticiones correspondiente a las condiciones experimentales. Las variables evaluadas fueron altura de plántula (cm), número de hojas y diámetro del cuello (mm), medidas a los 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 y 56 días después de la siembra.

**Tabla 2.** *Tratamientos de estudio*

| Tratamiento | Descripción de la cobertura            | Condición de riego    | Tipo de riego       |
|-------------|----------------------------------------|-----------------------|---------------------|
| T1          | Cobertura con polisombra al 70 %       | Frecuencia controlada | Riego por aspersión |
| T2          | Cobertura con plástico tipo macrotúnel | Frecuencia controlada | Riego por aspersión |
| T3          | Sin cobertura (exposición directa)     | Frecuencia controlada | Riego por aspersión |

## 1.8 Manejo del experimento

### 1.8.1 Preparación del sustrato

- Se elaboró una mezcla compuesta por 0,5 m<sup>3</sup> de tierra 0,25 m<sup>3</sup> de aserrín y 1 saco de cal agrícola (10 kg, pureza 90 %), que permitió mejorar la estructura física del sustrato y

evitar la proliferación de patógenos.

- La mezcla se homogenizó manualmente con pala hasta obtener una textura uniforme, garantizando una adecuada aireación, retención de humedad y distribución de nutrientes, condiciones esenciales para el crecimiento inicial del *C. odorata* (Rodríguez, 2024).
- El sustrato se apiló hasta un metro (1 m) de altura y se cubrió con plástico durante una semana para reducir la proliferación de patógenos. Transcurrido dicho tiempo, se procedió al llenado de fundas.

### **1.8.2 Llenado de fundas**

- Se llenaron 360 fundas, utilizando aproximadamente 1 libra (= 453 g) de sustrato por unidad. Este procedimiento favoreció un desarrollo radicular uniforme, minimizando deformaciones y facilitando el manejo de las plántulas (Negreros-Castillo et al., 2010).
- El sustrato se compactó ligeramente para eliminar cavidades de aire y mejorar el contacto con la semilla (Rojas-Rodríguez & Torres-Córdoba, 2013).
- Las fundas fueron distribuidas en tres tratamientos con tres repeticiones de 40 fundas cada una.
- Día 1: Se realizó el riego inicial en todos los tratamientos con 10 L de agua por tratamiento, mediante un sistema de riego por aspersión, hasta alcanzar la capacidad de campo.
- Posteriormente, se sembró una semilla escarificada por funda, a una profundidad aproximada de 1 cm, considerando que la germinación de *C. odorata* es epígea (Rojas-Rodríguez & Torres-Córdoba, 2013).
- Durante los primeros ocho días, el riego se efectuó de manera diaria, ajustando la frecuencia según la humedad del sustrato, para evitar estrés hídrico y asegurar una germinación uniforme (Villaseñor-López, 2014).
- Se realizaron mediciones de altura de plántula (cm), diámetro del cuello (mm) y número de hojas, registradas a los 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70 y 77. días después de la siembra, para evaluar el desarrollo vegetativo de las plántulas bajo las distintas condiciones de cobertura.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Importancia del cedro

*Cedrela odorata* es una especie de gran relevancia económica en Ecuador debido a la alta calidad de su madera, muy apreciada en la ebanistería, carpintería fina y fabricación de muebles, lo que le otorga un valor comercial destacado (Díaz et al., 2013). Al mismo tiempo, al estar incluida en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), su explotación está regulada, reflejando el reconocimiento de su vulnerabilidad ante la tala indiscriminada (Peck et al., 2024).

Desde el punto de vista ecológico, el cedro contribuye a la conservación de los ecosistemas tropicales y subtropicales del país, dado que integra los bosques húmedos y transicionales, participa en procesos de sucesión forestal y mantiene funciones de regulación hídrica, captura de carbono y provisión de hábitat para biodiversidad (Prieto-Muñoz, 2021). Además, su uso en programas de reforestación y conservación ayuda a disminuir la presión sobre las poblaciones naturales, promoviendo el establecimiento de plantaciones sostenibles y compatibles con los objetivos ambientales nacionales (Guayasamin et al., 2021).

#### 2.2 Valor ecológico y económico

El cedro es una de las especies forestales tropicales más importantes. Su madera es altamente apreciada por su resistencia natural a insectos y humedad, así como por su facilidad de trabajo. Además, su rápido crecimiento bajo condiciones favorables lo convierte en una especie clave para programas de reforestación y aprovechamiento sostenible (Peña, 2014).

#### 2.3 Nombre científico y su clasificación

Nombre científico: *Cedrela odorata*

Familia: *Meliaceae*

Nombre común: *Cedro*

Origen: Nativo de México (Díaz, 2015).

#### 2.4 Características morfológicas de *Cedrela odorata*

##### 2.4.1 Dimensiones generales

El cedro es un árbol de tamaño mediano a grande, con una altura que varía entre 20 y



45 metros, dependiendo de las condiciones ambientales. Su diámetro a la altura del pecho oscila entre 60 y 90 cm en promedio. El follaje es de color verde claro, cambiando a amarillento antes de su caída, lo que refleja su ciclo fenológico característico. Estas dimensiones lo hacen adecuado para proyectos de reforestación en zonas tropicales y subtropicales (Lázaro, 2020).

#### **2.4.2 Estructura externa**

El género *Cedrela* se identifica en el campo por su corteza externa agrietada, de color marrón claro, y una corteza interna con placas delgadas, exfoliables, de tonos crema y rosado blanquecino, con un característico olor suave a ajo. En la llanura Amazónica del Perú, las especies *Cedrela odorata* y *Cedrela fissilis* se diferencian porque *C. odorata* presenta hojas y flores glabras, a diferencia de *C. fissilis*, que tiene estructuras pubescentes (Lombardi, 2014).

#### **2.4.3 Características foliares**

- Haz de la hoja: verde claro.
- Envés de la hoja: verde amarillento.
- Lamina foliar: Lanceolada, con ápice apiculado, base atenuada y margen entero.
- Tipo de limbo: Simple.
- Tipo de nervadura: penninervia.
- Pecíolo: de morfología normal.

### **2.5 Variabilidad morfológica altitudinal**

El análisis multivariado y de componentes principales aplicado en los bosques siempreverdes montano y montano bajo de la cordillera occidental de los Andes evidenció diferencias morfológicas notables entre las zonas altitudinales (Guacho, 2017).

Los resultados demostraron que en las áreas de mayor altitud se registraron valores superiores en las características morfométricas evaluadas, destacándose un diámetro del fuste promedio de 320,70 cm, una altura de árbol de 28 m, una longitud del pecíolo de 1,05 cm, un ancho de hoja de 3,50 cm y una longitud de hoja de 10,46 cm, lo que refleja una clara influencia de la altitud sobre el desarrollo estructural y fisiológico de las especies forestales presentes en estos ecosistemas (Basave-Villalobos et al., 2016; Sarzosa Guacho, 2017).

### **2.6 Importancia y manejo del cedro (*C. odorata*) en vivero forestal**

El término cedro en América engloba diversas especies pertenecientes al género

Cedrela, estimadas en ocho o más, que presentan afinidades morfológicas y ecológicas (Utello et al., 2023). Su distribución natural abarca desde las Antillas y México hasta el norte de Argentina, con excepción de Chile (Quintero-García & Jaramillo-Villegas, 2012). Esta especie se desarrolla principalmente en los bosques húmedos tropicales de tierras bajas del continente americano, donde conforma poblaciones extensas, aunque en algunos casos discontinuas, debido a las variaciones topográficas y al régimen de precipitaciones (Calvé-Jarque et al., 2020).

El *C. odorata* es considerado originario del arco antillano incluyendo las Antillas Mayores y Menores hasta Trinidad y Tobago y nativo de la franja tropical continental americana. Su presencia se ha incrementado fuera de estas áreas mediante programas de cultivo y reforestación, impulsados por el alto valor tecnológico de su madera, reconocida por su durabilidad, textura fina y facilidad de trabajo, lo que ha favorecido su expansión y aprovechamiento sostenible en diversos países (Galarza, 2021).

## **2.7 Cedro ecuatoriano y su rol**

En Ecuador, *C. odorata* se encuentra incluida en el Apéndice II de la Convención CITES, categoría que exige la obtención de permisos de exportación y la emisión de un dictamen de no perjuicio, destinado a garantizar que el comercio internacional de su madera no comprometa la supervivencia de la especie (Espinoza, 2023). Esta clasificación promueve la protección del cedro en los mercados internacionales mediante mecanismos de trazabilidad y cupos de exportación; no obstante, la regulación de su tala y circulación dentro del territorio nacional depende de la legislación y los controles internos (Galarza, 2021).

De acuerdo con especialistas del Instituto Nacional de Biodiversidad del Ecuador (INABIO), la extracción indiscriminada de árboles adultos ha alterado significativamente los procesos ecológicos y las interacciones entre la flora y la fauna asociadas, lo que sustenta la necesidad de establecer normativas más rigurosas para su manejo y aprovechamiento sostenible en el país (Velasco-García et al., 2022).

## **2.8 Propagación y manejo en vivero**

### **2.8.1 Reforestación y calidad de la planta en vivero**

La reforestación busca recuperar áreas degradadas, pero enfrenta una baja tasa de éxito, con solo un 40 % de supervivencia en zonas reforestadas en México. La calidad de planta es

clave, y depende del uso de semilla mejorada, abonos orgánicos y manejo adecuado en vivero. Esta calidad influye directamente en la motivación de los productores, generando ciclos virtuosos o viciosos (Espinoza, 2023). La reforestación debe entenderse como una cadena de procesos, donde cada eslabón es crucial; romper uno compromete todo el sistema. La centralización en viveros modernos puede mejorar resultados, pero no sustituye una estrategia integral (Wightman, 2003).

### **2.8.2 Técnicas de propagación (sexual y asexual)**

La producción eficiente de *C. odorata* requiere optimizar tanto la propagación sexual como asexual. En vivero, aplicar tratamientos pre-germinativos y el uso de fitohormonas puede mejorar significativamente los resultados, así mismo, Villafuerte (2017) otorga que la inmersión en agua por 24 horas demostró mayor porcentaje de emergencia y desarrollo en plántulas, mientras que, en propagación asexual, el uso de bioestimulante radicular favoreció el enraizamiento. Aunque ambos métodos son viables, el método sexual mostró mejores resultados en costo-beneficio. Estas estrategias son fundamentales para mejorar la calidad de planta en viveros forestales.

## **2.9 Factores que afectan el desarrollo en viveros**

El desarrollo adecuado en vivero es fundamental para el éxito de las reforestaciones. Factores como el sustrato, riego, luz, temperatura y nutrición influyen directamente en la calidad de las plantas, así mismo, Torres (2021) menciona que una planta mal formada tiene menor capacidad de adaptación en campo. En el Estado de México, estudios mostraron solo un 38 % de supervivencia en plantaciones. Esto se relaciona con deficiencias en vivero y falta de correspondencia entre especie y sitio. Un manejo técnico adecuado mejora significativamente los resultados en campo (Wightman, 2003).

### **2.10 Desarrollo vegetativo en etapa de vivero**

La producción en vivero comienza con la siembra en bancales, donde las semillas germinan en 10 a 20 días. Al alcanzar 5 cm, las plántulas se trasplantan a fundas o macetas. Permanecen allí 3 a 4 meses hasta llegar a 25 cm, cuando se trasladan al sitio de plantación. Este proceso asegura plantas sanas y bien desarrolladas (Vinuela, 2025).

El desarrollo vegetativo del cedro en vivero inicia con la pre-germinación de semillas, logrando una emergencia uniforme de plántulas. Estas plantas pasan por etapas sincronizadas

de crecimiento, lo que facilita su manejo (Wightman, 2003). Se seleccionan las plántulas más vigorosas y se descartan las débiles para optimizar recursos (González-Rojas, 2018). Durante el proceso, se desarrollan raíces fuertes y brotes robustos, fundamentales para un trasplante exitoso. Este crecimiento homogéneo mejora la eficiencia del vivero y aumenta la cantidad de plantas aptas para etapas posteriores (Bruggink, 2025).

### **2.11 Factores que influyen en la germinación de semillas**

La germinación es un proceso complejo influenciado por condiciones internas de la semilla y factores ambientales como la humedad, temperatura, precipitación y tipo de suelo. La disponibilidad de agua y las características químicas del sustrato también afectan este proceso. La luz es un factor clave, ya que algunas semillas requieren exposición luminosa para germinar, mientras otras necesitan oscuridad (Vinueza, 2025). Estas diferencias responden a la adaptación de cada especie a su entorno. Un manejo adecuado de estos factores favorece una germinación uniforme y exitosa (Haas-Tzuc, 2019).

### **2.12 Variables biofísicas y de manejos que influyen el crecimiento del cedro**

El crecimiento del cedro está influenciado por variables como la altitud, la densidad de árboles por hectárea, la sombra, el contenido de cobre, el pH del suelo y la frecuencia de limpiezas químicas. Altitudes elevadas y mayor densidad afectan negativamente el diámetro y volumen por árbol (Wightman, 2003). En etapas tempranas, altos niveles de sombra ( $\geq 50\%$ ) reducen el crecimiento en diámetro. Sin embargo, en árboles más desarrollados, la sombra deja de ser un factor limitante. Estudios confirman un mejor desarrollo en áreas abiertas que en zonas sombreadas (González-Rojas, 2018). Estas variables son claves para el manejo adecuado del cedro.

### **2.13 Cobertura parcial y su papel en plántulas jóvenes**

Mantiene toda la humedad, reduce la erosión y mantener la temperatura estable en el suelo. Además, disminuye la presencia de maleza sin necesidad de herbicidas y puede enriquecer el suelo si se emplean especies adecuadas. Esta cobertura también favorece el desarrollo de las raíces en las etapas tempranas del crecimiento (FAO, 2025).

#### **2.13.1 Uso de malla plástica para sombreo**

El uso de mallas plásticas para sombreo es una técnica ampliamente adoptada en la horticultura protegida, con el propósito de reducir la intensidad de la radiación solar y moderar

la temperatura del microambiente, especialmente durante periodos cálidos. Estas mallas crean condiciones de cultivo más estables y favorables, disminuyendo el estrés térmico en las plantas y promoviendo un desarrollo más uniforme (Márquez-Quiroz, 2014).

### **2.13.2 Malla Sarán contra insectos y plagas**

La Malla Sarán actúa como una barrera física que impide el ingreso de insectos y plagas a los cultivos. Su diseño con perforaciones pequeñas permite una ventilación adecuada sin comprometer la protección, reduciendo así la necesidad del uso de pesticidas químicos. Esta característica la convierte en una alternativa sostenible y efectiva en el manejo agrícola (Juanabrild, 2023).

### **2.13.3 Importancia del material de cubierta en el microclima del invernadero**

El material de cubierta del invernadero influye directamente en variables clave como la luz, temperatura y humedad, permitiendo el cultivo en zonas antes improductivas. Su elección adecuada mejora el rendimiento agrícola gracias a tecnologías como:

- Luz difusa: Distribuye la luz uniformemente.
- Anti blackening y antiviral: Bloquean UV y repelen vectores.
- Antigoteo y anti-algas: Previenen condensación y microorganismos.
- IR e IR Cooler: Retienen o reducen calor según el clima.
- Antiestático: Evita polvo, mejora la luz (Álvarez, 2024).
- Estos tipos de cobertura tienen ventajas y limitaciones según el clima local y la especie forestal en cuestión.

### **2.13.4 Riego y balance hídrico en plantaciones jóvenes**

El riego y el balance hídrico son factores determinantes en el desarrollo de plantaciones jóvenes. En *C. odorata* su manejo adecuado permite acelerar el crecimiento fisiológico y mejorar la calidad de los individuos, así mismo, Pozo-Vázquez (2020) otorga que un estudio en La Habana, en suelo Ferralítico Rojo, evaluó tres tratamientos: secano, riego por goteo, y riego con asociación de plátano (Álvarez, 2024).

Se aplicó el balance de masas para estimar la evapotranspiración, alcanzando 2 500 mm anuales bajo riego, frente a 952 mm en secano. Los coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) fueron de 1,7 y 1,4 respectivamente. El tratamiento asociado mostró mayor eficiencia hídrica y crecimiento (Juanabrild, 2023).

## 2.14 Aplicación de sistema de riego por aspersión

En investigaciones realizadas con *Eucalyptus globulus*, se ha comprobado que el agua es el principal factor limitante del crecimiento, logrando aumentos de hasta un 52 % en volumen gracias al riego. El sistema de aspersión, que distribuye el agua en forma de lluvia fina, permite una hidratación uniforme del suelo, mejorando la disponibilidad de agua para las raíces (Juanabrild, 2023).

En esta investigación, se aplica este principio al cultivo de *C. odorata* donde el riego por aspersión busca mantener un balance hídrico óptimo. Esto permite un desarrollo más vigoroso en plantaciones jóvenes y mejora las condiciones de establecimiento (Guerra, 2010).

## 2.15 ANTECEDENTES

### INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Los indicadores del crecimiento vegetativo, como germinación, altura, diámetro, número de hojas y supervivencia son claves para evaluar el desarrollo en vivero. En el vivero El Edén (Santander), se probaron cinco mezclas de sustratos orgánicos (suelo horizonte A, cascarilla de arroz, gallinaza compostada y estiércol bovino) en *Theobroma cacao*, *Cedrela odorata* y *Clathrotropis brunnea*. El diseño fue completamente al azar con 25 repeticiones por tratamiento. Tras 90 días, los resultados mostraron que los sustratos con gallinaza compostada y estiércol bovino favorecieron mayor crecimiento y vigor en todas las especies, destacando como la mejor opción para producción en vivero (Moreno, 2020).

La influencia de la radiación solar en la germinación y emergencia de plántulas ha sido poco documentada para especies maderables tropicales, Haas-Tzuc (2019) señala que estudios recientes han comenzado a explorar este aspecto, especialmente en taxa nativo de la península de Yucatán. En condiciones controladas de sombra (0 %, 35 % y 90 %), se ha evaluado de emergencia de plántulas de *Caesalpinia mollis*, *Piscidia piscipula* y *Albizia tomentosa*.

Los resultados muestran que *C. mollis* y *A. tomentosa* tuvieron mayor emergencia bajo luz plena (0 % de sombra), con diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, las tres especies alcanzaron el 100 % de emergencia en menor tiempo bajo condiciones de alta sombra (90 %). Estos hallazgos indican que la intensidad lumínica no solo afecta la cantidad de plántulas emergidas, sino también la velocidad del proceso, lo cual es clave para el manejo en vivero y la restauración ecológica.

Santacruz de León (2020) explica que, en un estudio realizado en la región del Soconusco, Chiapas, se evaluaron las condiciones edáficas y necesidades hídricas del cultivo de banano (*Musa acuminata*, var. enano gigante), así como la eficiencia de dos sistemas de riego por aspersión. Se analizaron muestras de suelo y agua, y se estimó la evapotranspiración mediante los métodos de Thornthwaite y Blaney-Criddle. Los resultados mostraron suelos favorables (franco y franco limoso) y agua de buena calidad (C1S1). La lámina de riego fue de 1,418.9 mm anuales. Sin embargo, los sistemas de riego evaluados presentaron deficiencias en uniformidad y eficiencia, quedando fuera de los rangos aceptables.

Viversos estudios han evidenciado el potencial germinativo y el comportamiento fisiológico del *C. odorata* L. bajo diferentes condiciones de pretratamiento de semillas. En un análisis comparativo con otras especies maderables de interés económico, *C. odorata* mostró una mayor capacidad de germinación y un mejor desarrollo de plántulas cuando las semillas fueron sometidas a priming natural, consistente en el entierro temporal en suelo dentro de mallas por algunos días seguido de un secado breve, en comparación con las semillas testigo. En esta especie, el hidropriming (remojo en agua) no superó los resultados del priming natural, aunque fue más efectivo en otras especies. Asimismo, las pruebas de germinación realizadas a 25 °C y 25/35 °C demostraron que el priming natural redujo el tiempo de latencia y mejoró las variables de establecimiento en vivero y campo (Peraza et al., 2025).

De forma complementaria, Chan-Quijano et al. (2012), evaluaron la germinación de varias especies forestales en suelos contaminados, incluyendo *C. odorata*, comparando periodos de remojo en agua de 6, 12, 24 y 34 horas frente a un control sin tratamiento. En el caso del cedro, las semillas remojadas por 6 horas alcanzaron un 100 % de germinación, las de 12 horas un 96 %, 24 horas un 90 %, mientras que el remojo prolongado de 34 horas redujo el porcentaje a 73 %, con inicio de germinación entre los días 4 y 6. Estos resultados sugieren que periodos cortos de hidratación (6–12 h) optimizan el porcentaje de germinación y aceleran la emergencia, mientras que remojos excesivos tienden a reducirla.

Asimismo, Peraza-Villarreal et al. (2018), compararon los efectos del hidropriming y el priming natural en cuatro especies forestales, entre ellas *C. odorata*. Los resultados demostraron que el entierro de las semillas durante 48 horas en macetas bajo sombra fue suficiente para inducir el priming y mejorar la germinación y el desempeño de las plántulas respecto al control, recomendando este método por su bajo costo, simplicidad y efectividad en programas de reforestación.

Por otro lado, *C. odorata*, especie de alto valor para la industria forestal latinoamericana, presenta limitaciones derivadas de plagas, escasez de semillas y baja viabilidad en almacenamiento. Con el fin de optimizar su propagación, Sampayo-Maldonado et al. (2017) evaluaron la germinación in vitro de semillas provenientes de nueve familias genéticas, analizando el efecto de la escarificación y distintos medios de cultivo (MS, WPM, B5, SH y agua destilada), con y sin carbón activado. Los resultados indicaron que la escarificación alcanzó un 52,8 % de germinación con menor contaminación, mientras que el medio MS suplementado con carbón activado logró el valor más alto (59,5 %). Se registraron diferencias significativas entre familias, confirmando que la combinación de pretratamiento físico y medio MS enriquecido favorece la germinación y el vigor inicial, consolidándose como una herramienta eficaz para la propagación masiva y el mejoramiento genético de la especie (Sampayo-Maldonado et al., 2017).



## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DE LA PROPUESTA

#### 3.1 Descripción del sistema

Se implementaron dos estructuras tipo macrotúnel de control ambiental, diseñadas con dimensiones de 9 m × 9 m (81 m<sup>2</sup>) cada una, destinadas al establecimiento de plántulas forestales de *C odorata* en condiciones diferenciadas de cobertura. La construcción se efectuó sobre una base nivelada, con cimentación puntual en concreto simple, asegurando estabilidad estructural y correcta distribución de cargas.

Cada macrotúnel se conformó por arcos metálicos galvanizados de 2" de diámetro, ensamblados mediante codos de 45° y unidos longitudinalmente por correas estructurales. El anclaje inferior se fijó con cemento Portland y mezcla de arena fina y ripio, garantizando firmeza ante cargas de viento y tensión del material de cobertura.

El primer módulo se cubrió con malla sarán 70 % de sombra, fabricada en polietileno de alta densidad con aditivo UV, la cual permitió el paso controlado de radiación solar y favoreció la ventilación natural transversal, manteniendo un microclima estable para las plántulas en crecimiento.

El segundo módulo utilizó lámina plástica infralene transparente calibre 7, de la marca Plastilene®, con tratamiento anti-UV y espesor de 200 micras, instalada con abrazaderas metálicas y cables acerados para asegurar tensión homogénea. Esta cobertura favoreció la retención térmica y el efecto invernadero, elevando la temperatura interna promedio en comparación con el módulo de malla.

El conjunto experimental se ubicó en un sector de exposición directa al sol, con una temperatura ambiente promedio de  $30 \pm 2$  °C, y su disposición espacial permitió realizar comparaciones microclimáticas entre los dos tipos de cubierta. Las estructuras fueron construidas con materiales de larga durabilidad y bajo mantenimiento, lo que permitió asegurar una adecuada estabilidad estructural y resistencia frente a factores ambientales, garantizando así condiciones homogéneas, controladas y uniformes para el desarrollo vegetativo de *C. odorata* durante todo el periodo de evaluación.

**Tabla 3.** *Desglose de gastos de implementación de los macrotúneles*

| Ítem                            | Especificación                                | Cantidad | Costo unitario (USD) | Subtotal (USD) |
|---------------------------------|-----------------------------------------------|----------|----------------------|----------------|
| Tubo galvanizado 2" (6 m)       | Arcos + correas + arriostres                  | 24       | 9,5                  | 228            |
| Codos galvanizados 45°          | Uniones de tubo                               | 10       | 3                    | 30             |
| Abrazaderas metálicas           | Fijación de cobertura                         | 120      | 0,4                  | 48             |
| Cable acerado 3/16"             | Tensado y amarres                             | 46       | 0,75                 | 34,5           |
| Tornillos + tuerca galvanizados | Ensamble estructural                          | 80       | 0,15                 | 12             |
| Cemento Portland (50 kg)        | Anclajes de base                              | 2        | 8,5                  | 17             |
| Arena fina                      | Mezcla de anclaje                             | 0,3      | 22                   | 6,6            |
| Malla sarán 70 %                | 89,1 m <sup>2</sup> × 1,85 USD/m <sup>2</sup> | 89,1     | 1,85                 | 164,84         |
| Mano de obra                    | Montaje (3 jornales)                          | 3        | 30                   | 90             |
| Transporte                      | Flete local                                   | 1        | 25                   | 25             |
| <b>Subtotal</b>                 |                                               |          |                      | <b>655,94</b>  |
| <b>IVA 15 %</b>                 |                                               |          |                      | <b>98,39</b>   |
| <b>TOTAL</b>                    |                                               |          |                      | <b>754,33</b>  |

El costo total estimado para la implementación del sistema estructural del macrotúnel con malla sarán fue de USD 754,33, evidenciándose que la mayor proporción del gasto correspondió a los componentes metálicos de soporte. Los tubos galvanizados representaron el 30,2 % del presupuesto total, seguidos por los elementos de unión y fijación codos, abrazaderas, tornillos y cable acerado que concentraron un 16,6 % adicional. La mano de obra especializada requerida para el ensamblaje y montaje estructural representó el 11,9 % del costo global, mientras que la malla sarán 70 %, empleada como material de cobertura principal, aportó el 21,8 % del total invertido.

Las obras de anclaje y cimentación, conformadas por la aplicación de cemento Portland, piedra ripio y arena fina, representaron el 3,1 %, en tanto que los gastos de transporte y logística correspondieron al 3,3 % restante. Los tubos galvanizados de 1" × 6 m y la malla sarán de polietileno de alta densidad con protección UV se identificaron como los insumos de mayor incidencia económica, debido a su resistencia estructural, durabilidad y capacidad para mantener un microclima controlado con bajo mantenimiento operativo.

Desde una perspectiva de inversión agroestructural, el sistema presenta un perfil de alto componente metálico y bajo consumo energético, lo cual refuerza su viabilidad técnica y

económica para condiciones tropicales. En este sentido, las estrategias de optimización deberán orientarse hacia la reducción de puntos de unión, la optimización del espaciamiento entre arcos y el ajuste de la tensión del material de cobertura, garantizando así un equilibrio entre estabilidad, funcionalidad y costo eficiente a largo plazo.

### 3.2 Diseño y selección de tecnologías a implementar

El diseño tecnológico se estructuró bajo criterios de eficiencia estructural, sostenibilidad ambiental y control microclimático, con el propósito de garantizar condiciones homogéneas para el desarrollo vegetativo de *C. odorata* en etapa de vivero. La selección de tecnologías respondió a las exigencias de un sistema agroambiental capaz de optimizar el uso del agua y la radiación solar, reduciendo pérdidas energéticas y mejorando la eficiencia del riego.

En la fase estructural, se optó por el uso de materiales galvanizados debido a su alta resistencia a la corrosión y prolongada vida útil, así como por su compatibilidad con cubiertas plásticas y mallas de polietileno. La elección de malla sarán 70 % se fundamentó en su capacidad para disminuir la radiación incidente sin comprometer la aireación, condición favorable para el endurecimiento de plántulas.

**Tabla 4.** *Materiales e insumos utilizados para la construcción del macrotúnel y establecimiento del vivero*

| <b>Categoría</b>          | <b>Material / Insumo</b>        | <b>Unidad</b>  | <b>Cantidad</b> |
|---------------------------|---------------------------------|----------------|-----------------|
| Estructura metálica       | Tubo galvanizado 2" (6 m)       | unid           | 24              |
|                           | Codos galvanizados 90°          | unid           | 10              |
|                           | Abrazaderas metálicas           | unid           | 120             |
|                           | Cable acerado 3/16"             | m              | 46              |
|                           | Tornillos + tuerca galvanizados | unid           | 80              |
| Base y anclaje            | Cemento Portland (50 kg)        | saco           | 2               |
|                           | Arena fina                      | m <sup>3</sup> | 0,3             |
| Mano de obra y montaje    | Mano de obra                    | jornal         | 3               |
| Coberturas del macrotúnel | Lámina infralene calibre 7      | m <sup>2</sup> | 89,1            |
|                           | Malla sarán 70 %                | m <sup>2</sup> | 89,1            |
| Implementos de vivero     | Semilla de cedro                | libra          | 2               |

#### 3.2.1 Sistema de riego por aspersión

El sistema de riego implementado se basó en el principio de distribución uniforme por aspersión, garantizando el suministro controlado de agua sobre la superficie del área de siembra

de vivero. Se seleccionó este método por su eficiencia en la cobertura, reducción de erosión del sustrato y su capacidad para mantener una humedad constante en la zona radicular.

El diseño hidráulico consideró una bomba centrífuga de 0,5 HP, adecuada para generar una presión operativa entre 25 y 30 psi, asegurando un caudal estable y homogéneo. La red de conducción se conformó con manguera de 1" y  $\frac{3}{4}$ ", acompañadas de acoples y válvulas de control para facilitar la regulación sectorizada del flujo. Los emisores tipo aspersor se dispusieron estratégicamente para lograr una lámina de riego uniforme de 3 a 4 mm por evento, optimizando la disponibilidad hídrica y minimizando pérdidas por escurrimiento o evaporación.

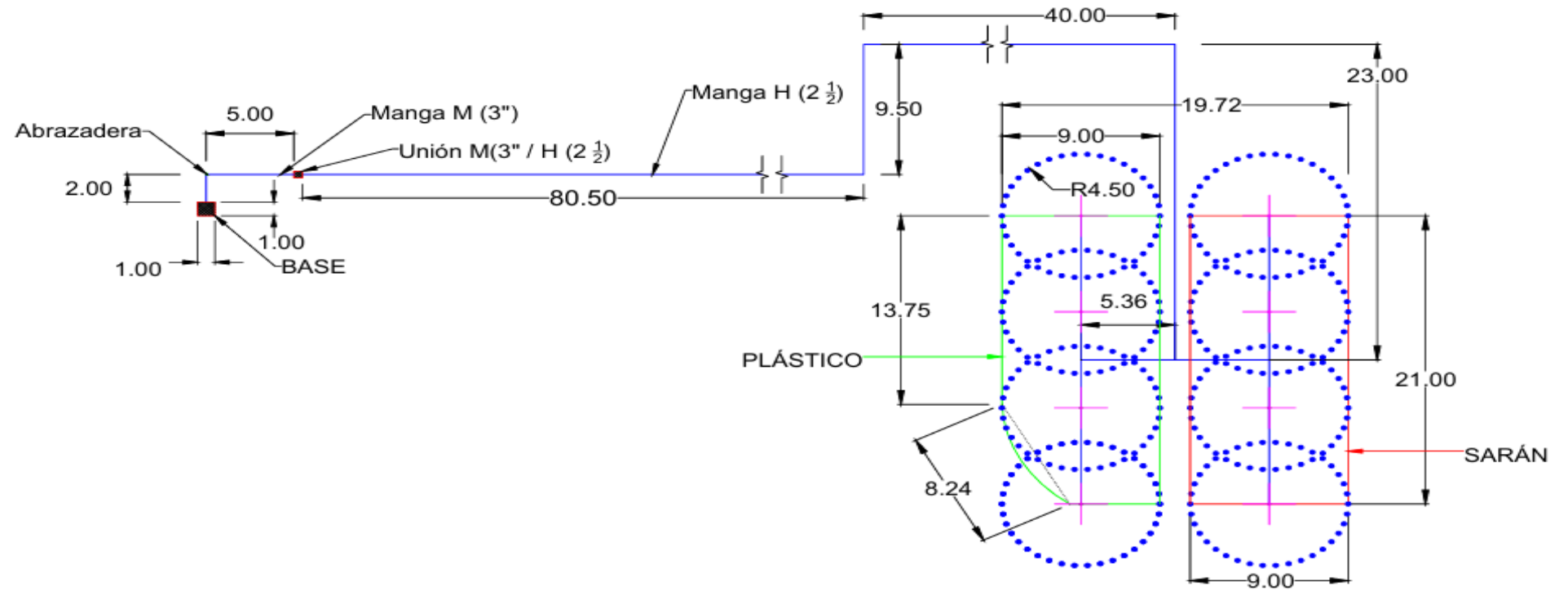
La selección del sistema respondió a su bajo consumo energético, su compatibilidad con ambientes semicerrados y su capacidad de simular lluvias finas, lo que favorece la transpiración controlada y el mantenimiento de la humedad relativa dentro de los macrotúneles. Además, su diseño modular permitió ajustar la frecuencia y duración del riego conforme a las necesidades fenológicas de las plántulas.

En conjunto, la integración del sistema de cobertura parcial (malla o plástico) con el riego por aspersión automatizado configuró un ambiente experimental eficiente y reproducible, capaz de ofrecer condiciones controladas para evaluar la influencia de la radiación y la disponibilidad de agua en el crecimiento vegetativo de *C. odorata*.

En el área de producción se implementó una derivación en forma de "L", diseñada para alimentar una línea principal desde la cual se distribuyen varias ramificaciones equipadas con aspersores de 360°. El croquis del sistema evidencia la disposición de los círculos de cobertura con solapamiento entre emisores, criterio hidráulico que permite evitar zonas secas o excesos de humedad en el área de riego.

Se optó por un solo modelo de aspersor, con el fin de mantener un caudal constante y una presión uniforme en todos los puntos del sistema. Además, el patrón de distribución del agua y las distancias entre emisores fueron calibrados cuidadosamente hasta lograr una uniformidad visual óptima sobre las mesas de cultivo (Figura 2).

**Figura 2.** *Croquis del sistema de riego del vivero*



### 3.3 Plan de implementación

| Descripción                 | Funcionamiento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Preparación del sustrato    | Se elaboró una mezcla de tierra, aserrín y humus de lombriz en proporción 2:1:1. El sustrato se apiló hasta un metro de altura y se cubrió con plástico durante una semana para reducir la proliferación de patógenos y estabilizar la humedad antes del llenado de fundas.                                                                                                                                                                     |
| Bolsas de polietileno       | Se llenaron 360 fundas con el sustrato preparado, compactando ligeramente para eliminar cavidades de aire y garantizar el buen desarrollo radicular.                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Estructuras tipo macrotúnel | Se construyeron dos macrotúneles de $9 \times 9$ m ( $81 \text{ m}^2$ ) cada uno, sobre base nivelada con cimentación de concreto. La estructura de arcos metálicos galvanizados de 2" se ensambló con codos de $45^\circ$ y correas, asegurando estabilidad mediante anclaje con cemento Portland, arena y ripio. El primer módulo se cubrió con malla sarán del 70 % de sombra, permitiendo control de radiación solar y ventilación natural. |
| Coberturas                  | El segundo módulo utilizó lámina plástica infralene transparente calibre 7, con tratamiento anti-UV y espesor de 200 micras, asegurada con abrazaderas metálicas y cables acerados para mantener tensión homogénea.                                                                                                                                                                                                                             |
| Siembra de semillas         | Se seleccionaron semillas viables de <i>Cedrela odorata</i> y se desinfectaron con agua oxigenada al 3 % durante 5 minutos. Posteriormente se sembraron a 1 cm de profundidad en las fundas, aplicando riego suave para favorecer la germinación.                                                                                                                                                                                               |
| Sistema de riego            | Se implementó un sistema de microaspersión con control de flujo mediante válvulas y filtros. Se garantizó humedad constante sin encharcamiento.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Mantenimiento y control     | Se realizaron riegos periódicos, control manual de malezas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Toma de datos               | Se evaluaron variables morfológicas: altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas, cada 7 días. Las mediciones se efectuaron con cinta métrica y vernier digital, registrando la información en fichas de campo, excel y procesándola mediante el software InfoStat.                                                                                                                                                                   |

### 3.4 Resultados y discusión

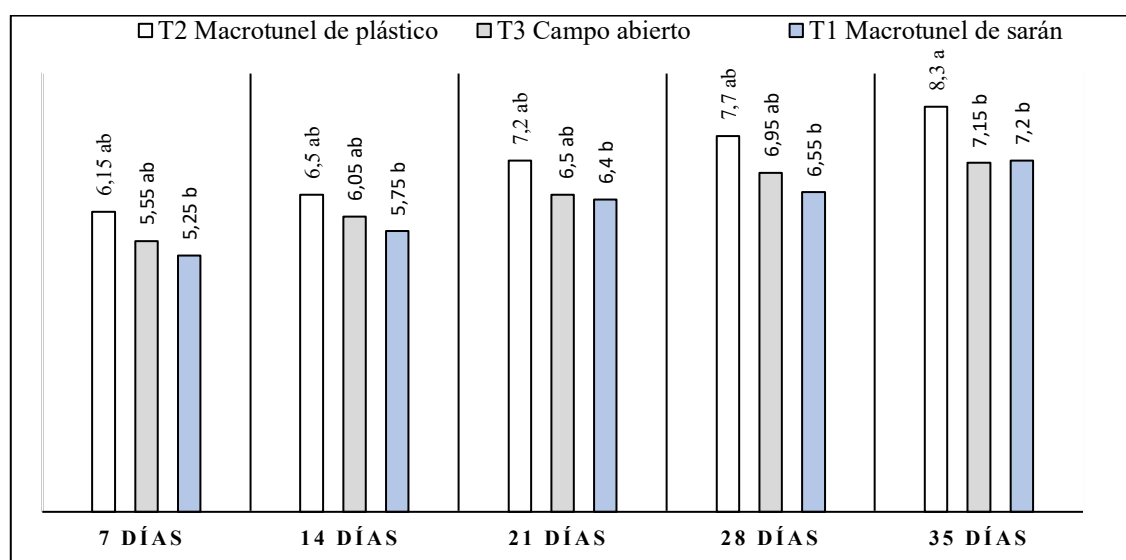
#### 3.4.1 Número de hojas

A los 7 días, el valor de significancia fue  $p = 0,0085$ , evidenciando efecto del tipo de cobertura sobre el desarrollo foliar. El macrotúnel de plástico (T2) presentó el mayor promedio ( $6,15 \pm 0,20$  hojas), seguido del campo abierto (T3) con  $5,55 \pm 0,20$  y del macrotúnel de sarán (T1) con  $5,25 \pm 0,20$ . A los 14 días, se mantuvo la diferencia significativa ( $p = 0,0365$ ). El tratamiento con plástico registró nuevamente el valor más alto ( $6,50 \pm 0,20$ ), superando al campo abierto ( $6,05 \pm 0,20$ ) y al sarán ( $5,75 \pm 0,20$ ). En la medición de 21 días, el resultado también fue significativo ( $p = 0,038$ ).

Las plántulas bajo plástico alcanzaron un promedio de  $7,20 \pm 0,23$  hojas, mientras que las de campo abierto y sarán mostraron  $6,50 \pm 0,23$  y  $6,40 \pm 0,23$ , respectivamente. A los 28 días, el análisis indicó diferencias altamente significativas ( $p = 0,0063$ ). El tratamiento T2 (macrotúnel de plástico) obtuvo  $7,70 \pm 0,25$  hojas, superando a T3 (campo abierto) con  $6,95 \pm 0,25$  y a T1 (sarán) con  $6,55 \pm 0,25$ .

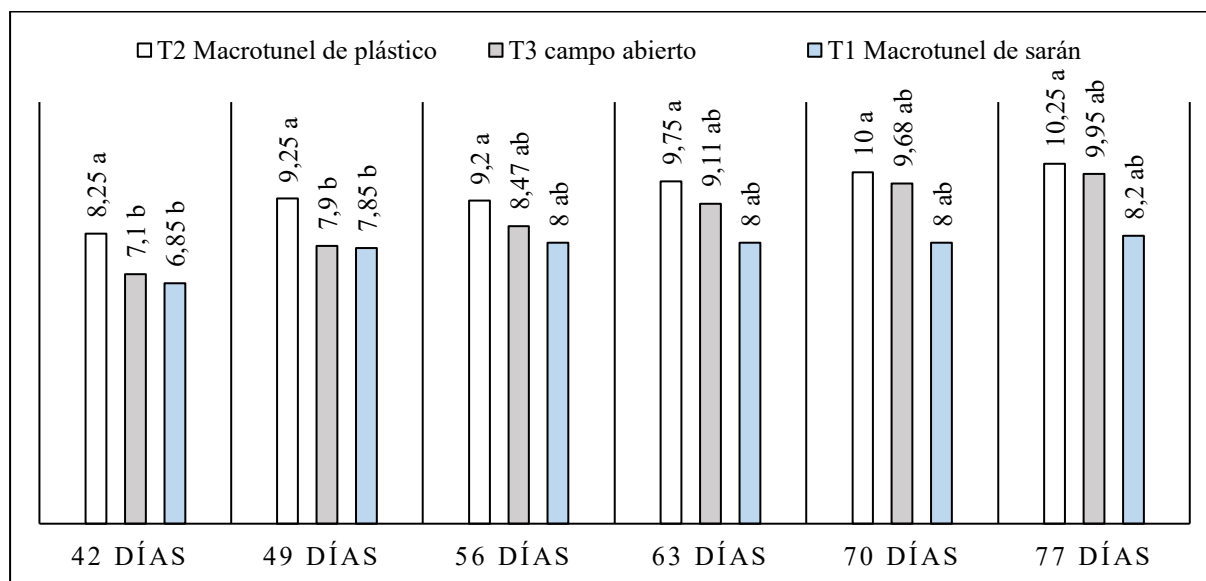
Finalmente, a los 35 días, se registró  $p = 0,007$ , confirmando que el tipo de cobertura continuó afectando el crecimiento foliar. El macrotúnel de plástico alcanzó el valor máximo ( $8,30 \pm 0,28$  hojas), mientras que el campo abierto y el macrotúnel de sarán mostraron  $7,15 \pm 0,28$  y  $7,20 \pm 0,28$ , respectivamente.

**Figura 3.** Efecto del tipo de cobertura sobre el número de hojas en plántulas de *Cedrela odorata* durante 35 días de crecimiento en vivero.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Figura 4.** Número de hojas de *Cedrela odorata* bajo diferentes coberturas durante 42 a 77 días de evaluación



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

En la evaluación de los 42 días, se observaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0,0046$ ), lo que evidenció un efecto temprano del tipo de cobertura sobre el número de hojas. El mayor promedio se registró en el macrotúnel de plástico (T2), con  $8,25 \pm 0,14$  hojas, seguido del tratamiento a cielo abierto (T3), con  $7,10 \pm 0,14$  hojas, mientras que la menor media correspondió al macrotúnel de sarán (T1), con  $6,85 \pm 0,14$  hojas.

A los 49 días, las diferencias continuaron siendo significativas ( $p = 0,0031$ ). El tratamiento T2 presentó el mayor número de hojas, con  $9,25 \pm 0,11$  hojas, seguido de T3, que alcanzó  $7,90 \pm 0,11$  hojas, mientras que T1 registró la menor media con  $7,85 \pm 0,11$  hojas.

En los 56 días, el análisis confirmó diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0,0053$ ). El mayor valor se observó en T2, con  $9,20 \pm 0,43$  hojas, seguido de T3, con  $8,47 \pm 0,43$  hojas, mientras que T1 presentó el menor número con  $8,00 \pm 0,43$  hojas. A los 63 días, las diferencias siguieron siendo significativas ( $p = 0,0078$ ). El tratamiento T2 registró nuevamente la mayor media con  $9,75 \pm 0,01$  hojas, mientras que T3 alcanzó  $9,11 \pm 0,01$  hojas y T1 mostró el menor valor con  $8,00 \pm 0,01$  hojas.

En la evaluación de los 70 días, se mantuvo la significancia estadística ( $p = 0,0064$ ). El macrotúnel de plástico (T2) obtuvo el mayor número de hojas con  $10,00 \pm 0,45$  hojas, seguido del tratamiento a cielo abierto (T3), con  $9,68 \pm 0,45$  hojas, mientras que T1 registró  $8,00 \pm 0,45$



hojas como el valor más bajo. Finalmente, a los 77 días, el análisis mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0,0009$ ). El tratamiento T2 reportó el mayor número de hojas con  $10,25 \pm 0,22$  hojas, seguido de T3, que alcanzó  $9,95 \pm 0,22$  hojas, mientras que T1 presentó la menor media con  $8,20 \pm 0,22$  hojas.

Rodríguez (2024), reportó valores similares en el número de hojas de *C. odorata* a los 60 días, con promedios de 37,09 en T1 (tierra negra + aserrín de balsa), 49,9 en T2 (tierra negra + cascarilla de arroz), 41,12 en T3 (tierra negra + arena) y 49,25 a en S4 (testigo con tierra negra), sin diferencias marcadas entre los tratamientos de mejor desempeño.

En contraste, en el presente estudio se evidenció un mayor número de hojas bajo macrotúnel de plástico, lo cual podría atribuirse a la intensidad y calidad de la luz transmitida por la cobertura, que favoreció una mayor actividad fotosintética.

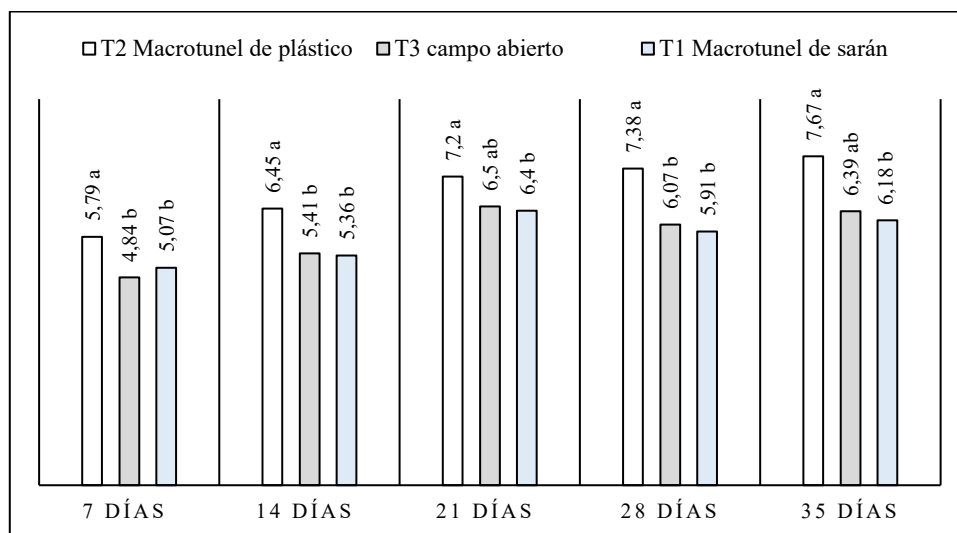
### **3.4.2 Altura de la planta**

En el análisis de la altura de planta, se observaron diferencias significativas entre tratamientos durante todo el periodo de evaluación, lo que evidencia la influencia del tipo de cobertura sobre el crecimiento vertical de *C. odorata*. A los 7 días, el valor de significancia fue  $p = 0,0333$ , indicando un efecto temprano de las coberturas. El macrotúnel de plástico (T2) presentó el mayor promedio ( $5,79 \pm 0,26$  cm), seguido del macrotúnel de sarán (T1) con  $5,07 \pm 0,26$  cm y el campo abierto (T3) con  $4,84 \pm 0,26$  cm.

A los 14 días, las diferencias siguieron siendo significativas ( $p = 0,0102$ ), con el tratamiento T2 mostrando una altura promedio de  $6,45 \pm 0,27$  cm, superando a T3 con  $5,41 \pm 0,27$  cm y a T1 con  $5,36 \pm 0,27$  cm. En la medición de 21 días, el análisis mantuvo la significancia ( $p = 0,0057$ ), registrándose el mayor crecimiento en T2 ( $7,20 \pm 0,30$  cm), mientras que T3 alcanzó  $6,50 \pm 0,30$  cm y T1  $6,40 \pm 0,30$  cm.

A los 28 días, las diferencias fueron altamente significativas ( $p = 0,0030$ ). El macrotúnel de plástico (T2) presentó una altura de  $7,38 \pm 0,32$  cm, seguido por campo abierto (T3) con  $6,07 \pm 0,32$  cm y macrotúnel de sarán (T1) con  $5,91 \pm 0,32$  cm. Finalmente, a los 35 días, se observó  $p = 0,0033$ , confirmando el efecto positivo del tipo de cobertura sobre la elongación de las plántulas. El tratamiento T2 (macrotúnel de plástico) alcanzó la mayor altura promedio ( $7,67 \pm 0,32$  cm), mientras que el campo abierto (T3) y el macrotúnel de sarán (T1) mostraron valores inferiores de  $6,39 \pm 0,32$  cm y  $6,18 \pm 0,32$  cm, respectivamente.

**Figura 5.** *Altura promedio de plántulas de C. odorata (cm) bajo diferentes tipos de cobertura parcial durante 35 días de evaluación*



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

En la evaluación de los 42 días, se observaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0,0022$ ), lo que confirmó un efecto temprano del tipo de cobertura sobre la altura de planta (cm). El mayor promedio se registró en el macrotúnel de plástico (T2), con  $8,29 \pm 0,37$  cm, seguido del tratamiento a cielo abierto (T3), que alcanzó  $6,93 \pm 0,37$  cm, mientras que el valor más bajo correspondió al macrotúnel de sarán (T1), con  $6,41 \pm 0,37$  cm.

A los 49 días persistieron diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0,0014$ ), evidenciando el efecto sostenido de las coberturas sobre la altura de planta (cm). El tratamiento T2 registró la mayor media con  $8,89 \pm 0,39$  cm, seguido de T3 con  $7,40 \pm 0,39$  cm, mientras que T1 presentó la menor altura con  $6,86 \pm 0,39$  cm.

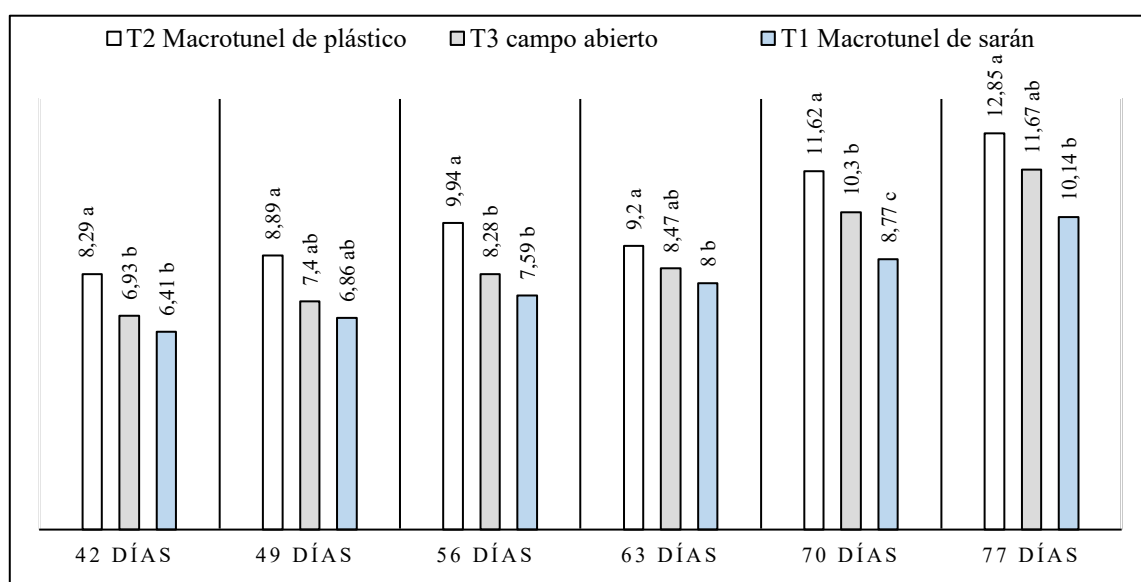
El análisis mantuvo la significancia a los 56 días ( $p = 0,0053$ ). La mayor altura correspondió al macrotúnel de plástico (T2), con  $9,94 \pm 0,47$  cm, seguido del tratamiento a cielo abierto (T3), con  $8,28 \pm 0,47$  cm. El valor más bajo se registró en el macrotúnel de sarán (T1), con  $7,59 \pm 0,47$  cm.

A los 63 días, se observaron diferencias significativas ( $p = 0,019$ ), indicando que las coberturas continuaron influyendo en la altura de planta (cm). T2 presentó la mayor media con  $9,20 \pm 0,41$  cm, seguido de T3 con  $8,47 \pm 0,41$  cm, mientras que la menor altura se registró en T1 con  $8,00 \pm 0,41$  cm. En la evaluación de los 70 días, las diferencias continuaron siendo significativas ( $p = 0,0087$ ). El tratamiento T2 alcanzó la mayor altura con  $11,62 \pm 0,57$  cm,

seguido de T3 con  $10,30 \pm 0,57$  cm, mientras que T1 presentó la menor media con  $8,77 \pm 0,57$  cm.

Finalmente, a los 77 días, se mantuvo la significancia estadística entre tratamientos ( $p = 0,0431$ ). El macrotúnel de plástico (T2) reportó la mayor altura con  $12,85 \pm 0,68$  cm, seguido de cielo abierto (T3) con  $11,67 \pm 0,68$  cm, mientras que la menor altura correspondió al macrotúnel de sarán (T1), con  $10,14 \pm 0,68$  cm.

**Figura 6.** Altura de planta (cm) de *C. odorata* en vivero bajo diferentes coberturas y sistema de riego durante 42 a 77 días de evaluación



Rodríguez (2025), reportó un incremento progresivo en la altura de las plántulas de *C. odorata*, alcanzando valores de 13,85 cm en S2 (tierra negra + cascarilla de arroz), 12,81 cm en S4 (tierra negra testigo), 11,11 cm en S3 (tierra negra + arena) y 8,51 cm en S1 (tierra negra + aserrín de balsa) a los 60 días. Estos resultados evidencian que los sustratos con mejor aireación y retención de humedad favorecen el crecimiento vertical de la planta.

En el presente estudio, las plántulas cultivadas bajo macrotúnel de plástico mostraron valores superiores de altura respecto a los tratamientos con malla sarán y campo abierto, lo que sugiere que la cobertura plástica generó un microclima con mayor temperatura y humedad relativa, condiciones que optimizan la actividad fotosintética y la elongación celular del tallo.

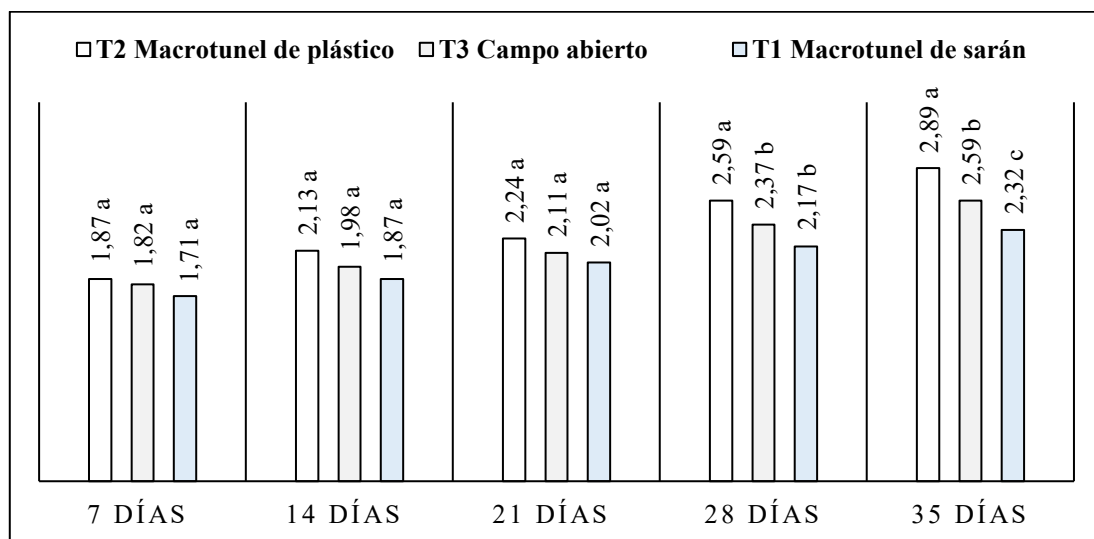
### 3.4.3 Diámetro del tallo

En el análisis del diámetro del tallo se determinaron diferencias significativas entre tratamientos en todas las fechas de evaluación, lo que evidencia el efecto del tipo de cobertura sobre el crecimiento estructural de las plántulas de *C. odorata*.

A los 7 días, el valor de significancia fue  $p = 0,3037$ , sin diferencias marcadas entre tratamientos. El macrotúnel de plástico (T2) presentó un promedio de  $1,87 \pm 0,07$  mm, seguido del campo abierto (T3) con  $1,82 \pm 0,07$  mm y del macrotúnel de sarán (T1) con  $1,71 \pm 0,07$  mm. A los 14 días, se registró  $p = 0,1004$ , con un ligero incremento del diámetro en todos los tratamientos. El macrotúnel de plástico (T2) mantuvo el mayor valor ( $2,13 \pm 0,08$  mm), seguido de campo abierto (T3) con  $1,98 \pm 0,08$  mm y sarán (T1) con  $1,87 \pm 0,08$  mm. En la medición de 21 días, las diferencias se hicieron más evidentes ( $p = 0,0711$ ). El tratamiento T2 alcanzó  $2,24 \pm 0,08$  mm, superando a T3 con  $2,11 \pm 0,08$  mm y a T1 con  $2,02 \pm 0,08$  mm.

A los 28 días, se observó  $p = 0,093$ , manteniendo la tendencia de mayor diámetro en el macrotúnel de plástico ( $2,59 \pm 0,01$  mm), mientras que el campo abierto y el sarán mostraron  $2,37 \pm 0,01$  mm y  $2,17 \pm 0,01$  mm, respectivamente. Finalmente, a los 35 días, el análisis indicó diferencias significativas ( $p = 0,0073$ ), donde el macrotúnel de plástico (T2) alcanzó el mayor diámetro promedio ( $2,89 \pm 0,12$  mm), seguido de campo abierto (T3) con  $2,59 \pm 0,12$  mm y sarán (T1) con  $2,32 \pm 0,12$  mm.

**Figura 7.** Altura promedio de plántulas de *Cedrela odorata* (cm) bajo diferentes tipos de cobertura parcial durante 35 días de evaluación



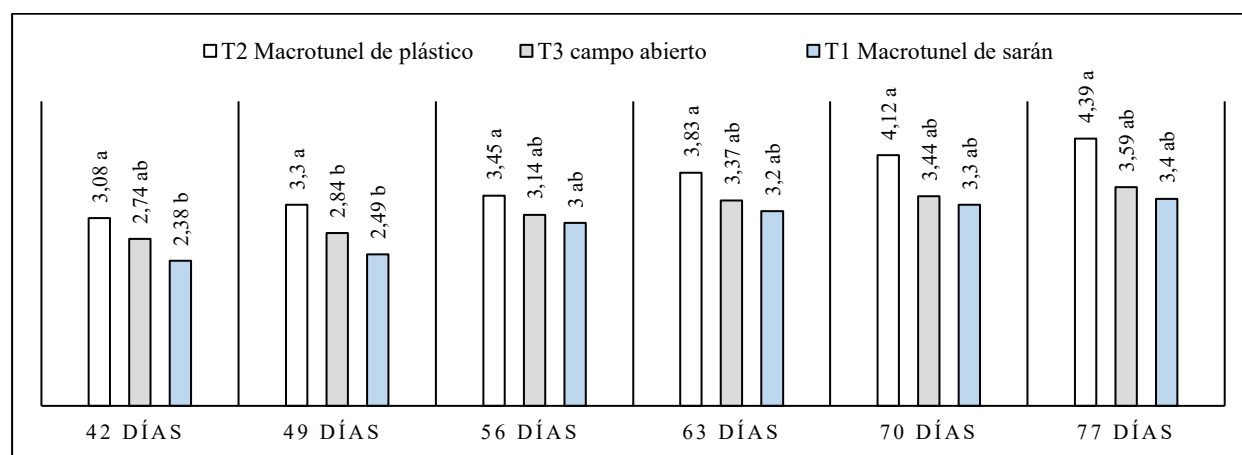
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

En la evaluación de los 42 días, se observaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0,0046$ ), lo que evidenció un efecto temprano de las coberturas sobre el diámetro del tallo (mm). El mayor valor se registró en el macrotúnel de plástico (T2), con  $3,08 \pm 0,14$  mm, seguido del tratamiento a cielo abierto (T3), con  $2,74 \pm 0,14$  mm, mientras que la menor media correspondió al macrotúnel de sarán (T1), con  $2,38 \pm 0,14$  mm.

A los 49 días, las diferencias continuaron siendo significativas ( $p = 0,0031$ ). El tratamiento T2 mostró el mayor diámetro con  $3,30 \pm 0,16$  mm, seguido del tratamiento a cielo abierto (T3), que alcanzó  $2,84 \pm 0,16$  mm, mientras que T1 presentó el menor valor con  $2,49 \pm 0,16$  mm. En los 56 días, el análisis reveló diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0,0053$ ). El tratamiento con mayor diámetro fue el macrotúnel de plástico (T2), con  $3,45 \pm 0,47$  mm, seguido del cielo abierto (T3), con  $3,14 \pm 0,47$  mm, mientras que el menor diámetro se registró en el macrotúnel de sarán (T1), con  $3,00 \pm 0,47$  mm.

A los 63 días, se mantuvieron las diferencias significativas ( $p = 0,0078$ ). El diámetro mayor se obtuvo en T2, con  $3,83 \pm 0,48$  mm, seguido del tratamiento T3, con  $3,37 \pm 0,48$  mm. En la evaluación de los 70 días, las diferencias siguieron siendo significativas ( $p = 0,0064$ ). El macrotúnel de plástico (T2) registró el mayor diámetro con  $4,12 \pm 0,22$  mm, seguido del tratamiento a cielo abierto (T3), con  $3,44 \pm 0,22$  mm, mientras que T1 alcanzó  $3,30 \pm 0,22$  mm como el menor valor. Finalmente, a los 77 días, el análisis mantuvo la significancia estadística ( $p = 0,0009$ ). El mayor diámetro correspondió al tratamiento T2, con  $4,39 \pm 0,22$  mm, seguido del cielo abierto (T3) con  $3,59 \pm 0,22$  mm, mientras que la menor media se observó en T1, con  $3,40 \pm 0,22$  mm.

**Figura 8.** Diámetro del tallo (mm) de *C odorata* en vivero bajo diferentes coberturas durante 42 a 77 días de evaluación



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Rodríguez (2025), reportó que el sustrato S2 (tierra negra 75 % + cascarilla de arroz 25 %) presentó el mayor diámetro de tallo con 4,7 mm, seguido de S4 (4,52 mm), S3 (4,17 mm) y S1 (3,19 mm), demostrando que los sustratos con mayor aireación y retención de humedad favorecen el engrosamiento del tallo. En el presente estudio, el macrotúnel de plástico mostró resultados similares, alcanzando el mayor diámetro promedio ( $2,89 \pm 0,12$  mm) respecto a la malla sarán y el campo abierto, lo que indica que tanto el microclima lumínico como la temperatura estable contribuyeron al desarrollo estructural de las plántulas.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **CONCLUSIONES**

- En relación con la viabilidad fisiológica de las semillas de *Cedrela odorata*, se comprobó que las condiciones controladas de humedad, temperatura y cobertura influyeron positivamente en la germinación y el establecimiento de plántulas vigorosas, lo que demuestra una alta capacidad adaptativa de la especie bajo condiciones de vivero con manejo adecuado.
- Respecto al desarrollo vegetativo, los resultados evidenciaron que el macrotúnel de plástico generó un ambiente más favorable para el crecimiento morfológico de las plántulas, reflejado en mayores valores de altura, diámetro del tallo y número de hojas en comparación con la malla sarán y el campo abierto. Estas diferencias se atribuyen a la mayor eficiencia fotosintética y a la estabilidad térmica que proporcionó la cobertura plástica durante el periodo de evaluación.

#### **RECOMENDACIONES**

- Implementar macrotúneles de plástico en viveros forestales para optimizar el microclima y favorecer el desarrollo morfológico de *C. odorata*.
- Utilizar sustratos aireados y ricos en materia orgánica, que mejoren la germinación y fortalezcan la estructura del tallo en la etapa inicial de crecimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, A. (2024, diciembre 17). La Importancia de las Cubiertas Plásticas en Invernaderos. *Hydro Environment - Inovación Agrícola en un click*. <https://hydroenv.com.mx/id400/>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (6ta ed.). Fidias G.
- Basave Villalobos, E., García Castillo, L. C., Castro Ríos, A., Calixto Valencia, C. G., Sigala Rodríguez, J. Á., García Pérez, J. L., Basave Villalobos, E., García Castillo, L. C., Castro Ríos, A., Calixto Valencia, C. G., Sigala Rodríguez, J. Á., & García Pérez, J. L. (2016). Calidad de planta de *Cedrela odorata* L. asociada con prácticas culturales de vivero. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7(36), 65-80.
- Bruggink, H. (2025). *Pre-germinación de semillas | Eficiencia de germinación | Interrupción de latencia | Incotec*. <https://www.incotec.com/es-mx/seed-technologies/seed-priming>
- Calvé Jarque, S., Murillo, O., Córdoba, D., & Salazar, L. (2020). Aporte económico de la madera de cedro (*Cedrela odorata* L.) como árbol de sombra en cafetales de Pérez Zeledón, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 17(41), 68-77.
- Cartes-Rodríguez, E., Acevedo Tapia, M., González Ortega, M., Álvarez, C., García Rivas, E., & Mena Marín, P. P. (2019). *Manual de manejo de riego y fertilización en viveros de plantas a raíz cubierta*. INFOR. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/29152>
- Casanova, J. (2015). *Producción y comercialización de viveros y su incidencia en el ingreso familiar del sector primero de mayo, cantón Quevedo, período 2007 – 2013* [Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal De Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/78ba6f99-4a0c-48d2-a080-43b6f1112c5d/content>
- Chan-Quijano, J. G., Ochoa-Gaona, S., Pérez-Hernández, I., Gutiérrez-Aguirre, M., & Saragos-Méndez, J. (2012). Germinación y sobrevivencia de especies arbóreas que crecen en suelos contaminados por hidrocarburos. *Teoría y praxis*, 12, 102-119.
- Chuquipoma Díaz, A. (2015). *Fenomenología de la especie forestal Cedro*. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/705>
- Correa, J. A. D., & Santamaría, J. M. V. (s. f.). *Implementación de un sistema automático de riego por goteo autocompensado para la producción de árboles ornamentales y nativos en el vivero forestal de la u.eia*.
- Cruz, D. E. C. (2024). *DR. LUIS ÁNGEL RODRÍGUEZ DEL BOSQUE*.
- Díaz, P., Torres, D., & Arévalo-López, L. (2013). Comportamiento morfológico de cedro



- (*Cedrela odorata*) Y CAOBA (*Swietenia macrophylla*) EN RESPUESTA AL TIPO DE SUSTRATO EN VIVERO. *Folia Amazónica*, 22(1-2), 25. <https://doi.org/10.24841/fa.v22i1-2.45>
- Espinosa, O., Quevedo Nolasco, A., Bauer Mengelberg, J. R., Valle Paniagua, D. H. del, Palacios Vélez, E., & Águila Marín, M. (2011). [Http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2007-09342011000500003&lng=es&nrm=iso&tlng=es](Http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-09342011000500003&lng=es&nrm=iso&tlng=es). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(5), 659-672.
- Espinoza, A. (2023). *Evaluación de cuatro sustratos para la propagación sexual de Cedrela odorata L. (Cedro) a nivel de vivero parroquia Cube provincia de Esmeraldas*. [Tesis de Grado, Escuela politécnica del Chimborazo]. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/941f04a1-781f-4b2f-9568-cab3cc20ac88>
- FAO. (2025). *Cobertura vegetal del suelo | Agricultura de conservación | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/soil-organic-cover/es/>
- Galarza, F. (2021). *Evaluación de enraizamiento de estacas de cedro (Cedrela odorata L.) con tres dosis de ácido naftalenacético en vivero, parroquia n Nueva Loja, provincia de Sucumbíos*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo]. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/d798cc76-547b-42e0-94b9-2115da5a4bc7>
- González-Luna, H. M., & Cruz-Castillo, J. B. (2021). Anatomía y propiedades físicas de dos especies forestales comerciales Cedro (*Cedrela odorata* L.) y Laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken) en Nicaragua. *La Calera*, 21(37). <https://doi.org/10.5377/calera.v21i37.12532>
- González-Rojas, M., Murillo-Cruz, R., De-Melo Virginio-Filho, E., Ávila-Arias, C., González-Rojas, M., Murillo-Cruz, R., De-Melo Virginio-Filho, E., & Ávila-Arias, C. (2018). Influencia de factores biofísicos y de manejo en el crecimiento de *Cedrela odorata* L. en asocio con café en Pérez Zeledón, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 15(36), 46-58. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v15i36.3420>
- Google Maps. (2025). 0°15'35.0"N 79°25'35.0"W. [https://www.google.com.ec/maps/@-0.2621007,-79.443577,2416m/data=!3m1!1e3?entry=tту&g\\_ep=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D](https://www.google.com.ec/maps/@-0.2621007,-79.443577,2416m/data=!3m1!1e3?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D)
- Guayasamin, J. M., Vandegrift, R., Policha, T., Encalada, A. C., Greene, N., Ríos-Touma, B., Endara, L., Cárdenas, R. E., Larreátegui, F., & Baquero, L. (2021). Biodiversity

- conservation: Local and global consequences of the application of “rights of nature” by Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 7(1), 541-545.
- Guerra, E., Herrera, M. Á., & Drake, F. (2010). Efecto de los sistemas de riego en la rentabilidad de plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus*). *Agrociencia*, 44(1), 99-107.
- Haas-Tzuc, J. E., Dzib-Castillo, B., Poot-Pool, W. S., Chiquini-Medina, R., Haas-Tzuc, J. E., Dzib-Castillo, B., Poot-Pool, W. S., & Chiquini-Medina, R. (2019a). Efecto de la sombra sobre la emergencia de plántulas de especies maderables nativas de la Península de Yucatán. *Acta universitaria*, 29. <https://doi.org/10.15174/au.2019.1832>
- Haas-Tzuc, J. E., Dzib-Castillo, B., Poot-Pool, W. S., Chiquini-Medina, R., Haas-Tzuc, J. E., Dzib-Castillo, B., Poot-Pool, W. S., & Chiquini-Medina, R. (2019b). Efecto de la sombra sobre la emergencia de plántulas de especies maderables nativas de la Península de Yucatán. *Acta universitaria*, 29. <https://doi.org/10.15174/au.2019.1832>
- Hidalgo, I. V. (2005). Tipos de estudio y métodos de investigación. *Recuperado el Noviembre de*, 20(1).
- INAMHI. (2022, abril 16). *Anuario meteorológico*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum\\_institucion/anuarios/meteorologicos/Am\\_2013.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf).
- Juanabrid. (2023, agosto 2). Guía Malla Sarán Polisombra: Usos y Recomendaciones | Fullcons. *Venta y Distribución de Acabados de Construcción*. <https://fullcons.com.ec/blog/guia-malla-saran-polisombra/>
- Lázaro, P. C. M. (2020). *Caracterización física y mecánica de la madera cedro (Cedrela odorata L.) Proveniente del departamento de córdoba colombia*.
- Márquez-Quiroz, C., Robledo-Torres, V., Benavides-Mendoza, A., & Ernesto, M. (2014). *Uso de mallas sombra: una alternativa para la producción de tomate cherry*.
- Moreira-Bravo, J. A. (2021). *Estudio del comportamiento de las especies Ochroma pyramidale y Cordia alliodora en vivero utilizando riego micropulverizado* [Tesis de Grado, Universidad Estatal Del Sur De Manabí]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2989>
- Moreno Ardila, S. (2020). *Evaluación de sustratos, para la germinación y desarrollo vegetativo de las especies (Theobroma cacao L), (Cedrela odorata L) y (Clathrotropis brunnea A), en el municipio de Girón Santander*. <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/35151>
- Negreros-Castillo, P., Apodaca-Martinez, M., & Mize, C. W. (2010a). Efecto de sustrato y densidad en la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble. *Madera y bosques*, 16(2),

7-18.

- Negreros-Castillo, P., Apodaca-Martinez, M., & Mize, C. W. (2010b). Efecto de sustrato y densidad en la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble. *Madera y bosques*, 16(2), 7-18.
- Ordoñez Huaman, Y. J., & Cieza Quispe, Y. D. (2024). Diseño de un sistema de control automatizado mediante tecnología Arduino para el riego del vivero de la Municipalidad Provincial de Jaén – Perú. *Universidad Nacional de Jaén||Repositorio Institucional - UNJ*. <http://repositorio.unj.edu.pe/jspui/handle/UNJ/662>
- Peck, M., Desselas, M., Bonilla-Bedoya, S., Redín, G., & Durango-Cordero, J. (2024). The conflict between Rights of Nature and mining in Ecuador: Implications of the Los Cedros Cloud Forest case for biodiversity conservation. *People and Nature*, 6(3), 1096-1115.
- Peña, S. V. (2014). *PRINCIPALES MADERAS TROPICALES UTILIZADAS EN ESPAÑA*.
- Peraza, H., Sanchez-Coronado, M., & Lindig, R. (2025). Seed Priming Effects on Germination and Seedling Establishment of Useful Tropical Trees for Ecological Restoration. *ResearchGate*, 4(3), 1-14. <https://doi.org/10.1177/1940082918817886>
- Peraza-Villarreal, H., . Sánchez-Coronado, M. E., Lindig-Cisneros, R., Tinoco-Ojanguren, C., Velázquez-Rosas, N., Cámara-Cabrales, L., & Orozco-Segovia, A. (2018). Seed priming effects on germination and seedling establishment of useful tropical trees for ecological restoration. *Tropical Conservation Science*, 11, 1940082918817886.
- Pinto, C. A. L., Paredes, S. R. Y., & Espinoza, E. S. (2013). *Los bosques y el cambio climático en el Perú: Situación y perspectivas*.
- Pozo-Vázquez, J. C., López-Seijas, T., Mora-Morales, I., & Rodríguez-García, M. R. (2020). Determinación de la evapotranspiración en plantaciones jóvenes de *Cedrela odorata* L. bajo riego. *Ingeniería Agrícola*, 10(3), Article 3. <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1263>
- Prieto Munoz, J. G. (2021). The Los Cedros Forest has rights: The Ecuadorian constitutional court affirms the rights of nature. *Verfassungsblog: On Matters Constitutional*, 10/12/2021.
- Quintero-García, O. D., & Jaramillo-Villegas, S. (2012). Rescate y germinación in vitro de embriones inmaduros de cedro negro (*Juglans neotropica* Diels). *Acta Agronómica*, 61(1), 52-60.
- Ramírez-García, C., Vera-Castillo, G., Carrillo-Anzures, F., & Magaña-Torres, O. S. (2008). El cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) como alternativa de reconversión de terrenos

- agrícolas en el sur de Tamaulipas. *Agricultura técnica en México*, 34(2), 243-250.
- Rodríguez, J. J. (2024). *Germinación de semillas y crecimiento inicial de plántulas de Cedrela odorata (L) (cedro) en tres tipos de sustratos* [Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal De Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/7889>
- Rodríguez Rendón, J. J. (2024). *Germinación de semillas y crecimiento inicial de plántulas de Cedrela odorata (L) (cedro) en tres tipos de sustratos*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/7889>
- Rojas-Rodríguez, F., & Torres-Córdoba, G. (2013). Árboles del Valle Central de Costa Rica: Reproducción Cedro amargo (*Cedrela odorata* L.). *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 11(26), Article 26. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v11i26.1593>
- Rueda-Sánchez, A., Benavides-Solorio, J. de D., Saenz-Reyez, J. T., Muñoz Flores, H. J., Prieto-Ruiz, J. Á., & Orozco Gutiérrez, G. (2014). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5(22), 58-73.
- Sampayo-Maldonado, S., Castillo-Martínez, C., Jiménez-Casas, M., Sánchez-Monsalvo, V., Jasso-Mata, J., & López-Upton, J. (2017). Germinación in vitro de semillas de *Cedrela odorata* L. de genotipos extintos. *Agro Productividad*, 10(8), 53-58.
- Santacruz de León, G., Santacruz de León, E. E., Santacruz de León, G., & Santacruz de León, E. E. (2020). Evaluación del desempeño del riego por aspersión en lotes con cultivo de banana en Chiapas, México. *Siembra*, 7(2), 1-13. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.1712>
- Sarzosa Guacho, V. H. (2017). *Caracterización morfológica del cedro (Cedrela odorata) en el bosque húmedo de La Maná*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4297>
- Torres Rojo, J. M. (2021). Factores ambientales y físicos que afectan la supervivencia de siete especies forestales en el Estado de México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 12(64), 66-91. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i64.831>
- Turrialba, C. R. (2001). *Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales*. Bib. Orton IICA / CATIE.
- Utello, M. J., Tarico, J. C., Demaestri, M. A., & Plevich, J. O. (2023). Evaluación de tratamientos pregerminativos en semillas de *Prosopis caldenia*. *Bosque (Valdivia)*, 44(1), 37-45.
- Vallejo Reyna, M. Á., Gálvez López, L., Méndez Espinoza, C., López Upton, J., Gálvez López, L., Vallejo Reyna, M. Á., Méndez Espinoza, C., & López Upton, J. (2020). *Cedrela odorata* L.: Oportunidades para su conservación y mejoramiento genético. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(58), 4-25.

<https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i58.622>

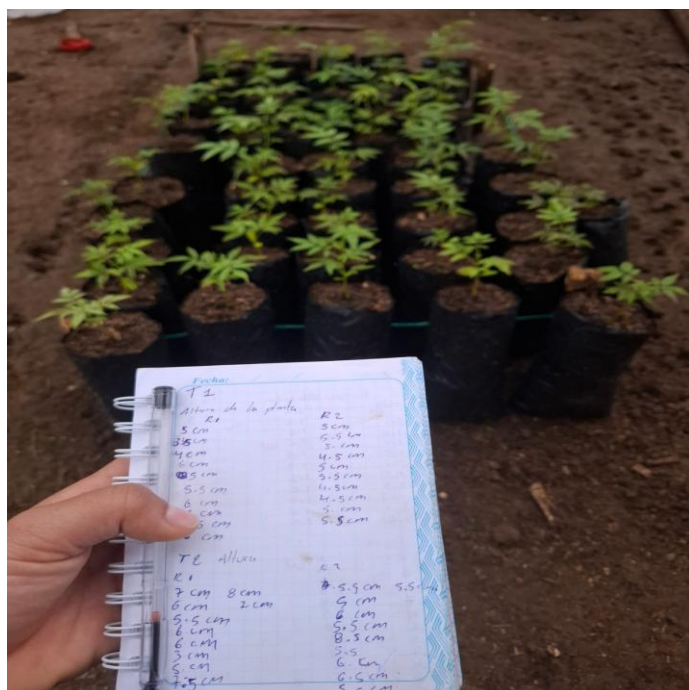
- Velasco-García, M. V., Hernández-Arroyo, D. G., Muñoz-Gutiérrez, L., Castillo-Martínez, C. R., Vallejo-Reyna, M. Á., García-Campusano, F., Velasco-García, M. V., Hernández-Arroyo, D. G., Muñoz-Gutiérrez, L., Castillo-Martínez, C. R., Vallejo-Reyna, M. Á., & García-Campusano, F. (2022). Crioconservación de semillas de *Cedrela odorata* L.: Germinación y establecimiento temprano en vivero. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 13(69), 31-55. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i69.1198>
- Villafuerte Paredes, S. M. (2017). *Propagación sexual y asexual de Cedrela odorata l. (Cedro) bajo invernadero en el Vivero de Corposucumbios del Consejo Provincial de Sucumbíos*. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/7e56c6c7-98dc-4fb4-b9d9-e540b645dbce>
- Villamar, A. I. E. (2023). *Evaluación de cuatro sustratos para la propagación sexual de Cedrela odorata L. (Cedro) A nivel de vivero parroquia cube provincia de esmeraldas*.
- Villaseñor-López, O. A. (2014). Variación en las medidas de contracción y dilatación de *Cedrela odorata* L. bajo diferentes dosis y frecuencias de riego en el Valle del Yaqui, Sonora. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 10(2), 60-67.
- Vinueza, M. (2025). *Ficha Técnica N° 5: CEDRO*. <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-5-cedro/>
- Wightman, K. E. (2003). *la cadena de la reforestación y la importancia en la calidad de las plantas*.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Registro de datos morfológicos de *Cedrela odorata* (altura y diámetro) en etapa de vivero mediante calibrador digital



**Anexo 2.** Medición de la altura de plántulas de *Cedrela odorata* establecidas en fundas bajo condiciones de cobertura parcial





### **Anexo 3.** *Preparación del sustrato*



### **Anexo 4.** *Observación del desarrollo de las plántulas en etapas de vivero.*



### **Anexo 5. Manejo y limpieza plántulas**



### **Anexo 6. Plántula del *Cedrela Odorata* (Cedro).**





**Anexo 7. Análisis de Varianza Número de hojas a los 77 días**

| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) |        |    |       |      |         |
|-------------------------------------------------|--------|----|-------|------|---------|
| F.V.                                            | SC     | gl | CM    | F    | p-valor |
| Modelo                                          | 50,84  | 3  | 16,95 | 5,16 | 0,0032  |
| Tratamientos                                    | 50,84  | 3  | 16,95 | 5,16 | 0,0032  |
| Error                                           | 183,9  | 56 | 3,28  |      |         |
| Total                                           | 234,73 | 59 |       |      |         |

**Anexo 8. Análisis de Varianza Altura de la planta a los 77 días**

| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) |        |    |       |     |         |
|-------------------------------------------------|--------|----|-------|-----|---------|
| F.V.                                            | SC     | gl | CM    | F   | p-valor |
| Modelo                                          | 79,85  | 3  | 26,62 | 2,9 | 0,0431  |
| Tratamientos                                    | 79,85  | 3  | 26,62 | 2,9 | 0,0431  |
| Error                                           | 514,72 | 56 | 9,19  |     |         |
| Total                                           | 594,57 | 59 |       |     |         |

**Anexo 9. Análisis de Varianza Diámetro del tallo de la planta a los 77 días**

| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) |       |    |      |      |         |
|-------------------------------------------------|-------|----|------|------|---------|
| F.V.                                            | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
| Modelo                                          | 18,19 | 3  | 6,06 | 6,29 | 0,0009  |
| Tratamientos                                    | 18,19 | 3  | 6,06 | 6,29 | 0,0009  |
| Error                                           | 53,97 | 56 | 0,96 |      |         |
| Total                                           | 72,16 | 59 |      |      |         |



# Bravo Andrea Tesis compilatio

5%  
Textos  
sospechosos

3% Similitudes

0% similitudes entre comillas  
0% entre las fuentes mencionadas

2% Idiomas no reconocidos

23% Textos potencialmente generados por la IA  
(ignorado)

Nombre del documento: Bravo Andrea Tesis compilatio.docx  
ID del documento: 197ab82147db2ff0100e1337a0b979f5f6372f36  
Tamaño del documento original: 2,02 MB

Depositante: Miguel Macay Anchundia  
Fecha de depósito: 1/2/2026  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 1/2/2026

Número de palabras: 9996  
Número de caracteres: 63.672

Ubicación de las similitudes en el documento:

## Fuentes principales detectadas

| N° | Descripciones                                                                                                                     | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales                     |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|---------------------------------------|
| 1  | PROYECTO DE INVESTIGACION ALEJANDRA VERA ZAMBRANO.docx   P... #5c586b<br>Viene de de mi grupo<br>13 fuentes similares             | 2%          |             | Palabras idénticas: 2% (224 palabras) |
| 2  | Amay Ana Iris Tesis compilatio.docx   Amay Ana Iris Tesis compilatio #bb57a0<br>Viene de de mi biblioteca<br>12 fuentes similares | 1%          |             | Palabras idénticas: 1% (103 palabras) |

## Fuentes con similitudes fortuitas

| N° | Descripciones                                                                                                                                 | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales                      |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|----------------------------------------|
| 1  | repositorio.uleam.edu.ec   Frecuencia de aplicación de riego en etapa de vivero ...<br>https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/8875 | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (34 palabras) |
| 2  | TESIS FINAL DINA LOOR.docx   TESIS FINAL DINA LOOR #11c1f0<br>Viene de de mi grupo                                                            | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (19 palabras) |
| 3  | www.camara.cl<br>https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmlD=17246&prmtIPO=INFORMEPLY                                                             | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (17 palabras) |
| 4  | bdigital.unal.edu.co   Relaciones fenéticas y clave taxonómica para diferenciar la...<br>http://bdigital.unal.edu.co/38401/                   | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (16 palabras) |
| 5  | Documento de otro usuario #854ad1<br>Viene de de otro grupo                                                                                   | < 1%        |             | Palabras idénticas: < 1% (10 palabras) |

## Fuentes ignoradas

Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

| N° | Descripciones                                                                                                 | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales                        |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|------------------------------------------|
| 1  | Bravo Andrea Tesis compilatio.docx   Bravo Andrea Tesis compilatio #e474a3<br>Viene de de mi biblioteca       | 100%        |             | Palabras idénticas: 100% (9976 palabras) |
| 2  | Bravo Andrea Tesis compilatio.docx   Bravo Andrea Tesis compilatio #cc0c61<br>Viene de de mi biblioteca       | 93%         |             | Palabras idénticas: 93% (9318 palabras)  |
| 3  | Almeida Ricardo Tesis compilatio.docx   Almeida Ricardo Tesis compila... #9bd9ea<br>Viene de de mi biblioteca | 4%          |             | Palabras idénticas: 4% (407 palabras)    |
| 4  | Zambrano Alexis tesis compilatio.docx   Zambrano Alexis tesis compila... #56fb9d<br>Viene de de mi biblioteca | 4%          |             | Palabras idénticas: 4% (387 palabras)    |
| 5  | Tesis Final_Cultivo de pepino (Cucumis sativus) en condiciones de ma... #32d79b<br>Viene de de mi grupo       | 3%          |             | Palabras idénticas: 3% (259 palabras)    |
| 6  | 07012026 Cultivo_de hortalizas_en condiciones_de macrotunel_de pl... #f0b92c<br>Viene de de mi grupo          | 2%          |             | Palabras idénticas: 2% (225 palabras)    |