



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS**  
**AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**TEMA:**

**“Crecimiento de *Cedrela spp.* en vivero, aplicando diferentes sustratos,  
en el Campus Yuyucocha, Ibarra-Ecuador”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título en Ingeniero Forestal

**Línea de investigación:** Desarrollo agropecuario y forestal sostenible

**AUTOR:**

Skarleth Daniela Tulcán Pomaquiza

**DIRECTOR:**

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, MSc.

**Ibarra – Ecuador 2025**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100341867-8		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Tulcán Pomaquiza Skarleth Daniela		
DIRECCIÓN:	San Antonio de Ibarra		
EMAIL:	<a href="mailto:sdtulcanp@utn.edu.ec">sdtulcanp@utn.edu.ec</a> / <a href="mailto:tulcan.scarjs@gmail.com">tulcan.scarjs@gmail.com</a>		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0983513801

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Crecimiento de <i>Cedrela spp.</i> en vivero, aplicando diferentes sustratos, en el Campus Yuyucocha, Ibarra-Ecuador
AUTOR (ES):	Skarleth Daniela Tulcán Pomaquiza
FECHA: DD/MM/AAAA	20/10/2025
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Forestal
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, MSc.

#### 1. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 20 días del mes de octubre de 2025

#### EL AUTOR:

.....  
Skarleth Daniela Tulcán Pomaquiza



## CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 16 de octubre de 2025

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



HUGO VINICIO  
VALLEJOS ALVAREZ

Ø .....  
Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, MSc.  
C.C.: 1002018941



## APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del Trabajo de Integración Curricular “Crecimiento de *Cedrela spp.* en vivero, aplicando diferentes sustratos, en el Campus Yuyucocha, Ibarra- Ecuador” elaborado por Tulcán Pomaquiza Skarleth Daniela, previo a la obtención del título del Ingeniero Forestal, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



HUGO VINICIO VALLEJOS ALVAREZ  
ALICIA BELLOMORA DE TORRES

(f):.....  
Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, MSc.  
C.C.: 1002018941



LENIN ALIRIO PASPUEL REVELO  
ALICIA BELLOMORA DE TORRES

(f):.....  
Ing. Lenin Alirio Paspuel Revelo, MSc.  
C.C.: 0400733424



## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por brindarme la sabiduría, la salud y la fortaleza necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mis padres Vicente y Luz, por su amor incondicional, por ser ejemplo de esfuerzo, perseverancia y compromiso; su apoyo constante ha sido fundamental en cada paso de este proceso.

A mis abuelos Gilberto y Marcela, por su cariño, sus palabras de aliento y por creer siempre en mí.

A mi hermano Sebastián, por ser una fuente constante de motivación e inspiración para seguir adelante con determinación.

A mis amigos Jenifer y Carlos, por su amistad sincera, por acompañarme con ánimo y comprensión en los momentos más desafiantes, y por celebrar conmigo cada logro alcanzado.



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme vivir esta hermosa travesía de la vida, por darme la fuerza y la sabiduría para seguir adelante. A mi familia, gracias por su amor incondicional, por ser mi refugio y mi impulso en los momentos difíciles. Cada palabra de aliento, cada gesto de apoyo y cada abrazo han sido fundamentales para alcanzar esta meta. Este logro también es suyo.

Con cariño y gratitud,

Skarleth Daniela Tulcán P.



## RESUMEN

El presente estudio se realizó en el Campus Yuyucocha, Ibarra-Ecuador, con el fin de evaluar el crecimiento de *Cedrela spp.* en vivero, aplicando diferentes sustratos para identificar el más adecuado para su desarrollo. La investigación se fundamenta en la importancia ecológica y económica de esta especie nativa andina, cuya producción en vivero aún presenta vacíos técnicos, especialmente en lo relacionado con la fenología, calidad de semilla y respuesta al sustrato. Se inició con la fenología de la especie, observándose picos de brotación foliar en agosto (66.25 %) y diciembre (70.63 %), mientras que la presencia de hojas adultas se registró en noviembre (93.1%). La floración joven fue más intensa en agosto (36.88%) y diciembre (55.63 %), y los frutos maduros se concentraron en abril (65 %) y junio (43.75 %). Se aplicó el diseño experimental irrestricto al azar, con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. El tratamiento T2 (suelo de sitio, humus y pomina), mostró los mejores resultados en incrementos, con medias en altura (3.12 cm), diámetro de copa (2.99 cm), diámetro basal (0.46 mm) y un estado fitosanitario calificado como “Bueno” (Valor 3). Por otro lado, el tratamiento T3 (suelo de sitio, humus y cascarilla), presentó incrementos bajos con medias en altura (1.77 cm), en diámetro de copa (1.95 cm), en diámetro basal (0.36 mm) y un estado fitosanitario calificado como “Regular”. Se concluye que el T2 es el más recomendable para la producción de *Cedrela spp.* en etapa de vivero.

**Palabras clave:** Sustratos, vivero, crecimiento, fenología, calidad de planta.



## ABSTRACT

This study was conducted at the Yuyucocha Campus in Ibarra, Ecuador, with the aim of evaluating the growth of *Cedrela spp.* in a nursery setting by applying different substrates to identify the most suitable one for its development. The research is based on the ecological and economic importance of this native Andean species, whose nursery production still presents technical gaps, particularly regarding phenology, seed quality, and substrate response. The study began with the observation of the species' phenology, showing peaks of leaf sprouting in August (66.25%) and December (70.63%), while the presence of mature leaves was recorded in November (93.1%). Young flowering was more intense in August (36.88%) and December (55.63%), and mature fruits were concentrated in April (65%) and June (43.75%). A completely randomized design was used, with four treatments and five replications. Treatment T2 (site soil, humus, and pumice) showed the best growth results, with average increases in height (3.12 cm), crown diameter (2.99 cm), basal diameter (0.46 mm), and a phytosanitary condition rated as "Good" (Value 3). On the other hand, treatment T3 (site soil, humus, and rice husk) presented lower increments with mean height (1.77 cm), crown diameter (1.95 cm), basal diameter (0.36 mm), and a phytosanitary condition rated as "Regular." It is concluded that T2 is the most suitable treatment for the nursery production of *Cedrela spp.*

**Keywords:** Substrates, nursery, growth, phenology, plant quality.



## **LISTA DE SIGLAS**

**MAE.** Ministerio del Ambiente del Ecuador.

**ISTA.** Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	2
CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR .....	3
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR.....	4
DEDICATORIA .....	5
AGRADECIMIENTO .....	6
RESUMEN EJECUTIVO.....	7
LISTA DE SIGLAS.....	9
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	10
ÍNDICE DE TABLAS .....	13
ÍNDICE DE FIGURAS .....	14
INTRODUCCIÓN.....	15
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos .....	17
Hipótesis y preguntas de investigación.....	17
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO .....	18
Familia Meliaceae .....	18
Genero Cedrela .....	18
Descripción Taxonómica .....	19
Características Edafoclimáticas .....	19
Hojas .....	20
Inflorescencia.....	20
Flor.....	20
Fruto.....	21
Semillas.....	21



Fenofases .....	22
Fase vegetativa.....	22
Foliación .....	22
Defoliación .....	23
Fase Reproductiva .....	23
Floración.....	23
Fructificación.....	24
Importancia de la fenología en especie forestales .....	24
Características físicas de las semillas .....	25
Calidad de semillas .....	25
Clasificación sustratos .....	26
Materiales orgánicos.....	27
Materiales inorgánicos.....	28
Componentes utilizados en los sustratos .....	29
Calidad de la planta .....	30
<b>CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>
2.1.Tipo de investigación según los siguientes criterios:.....	32
2.2.Ubicación del lugar.....	33
2.3.Caracterización edafoclimática del lugar.....	34
2.4.Materiales, equipos y software .....	34
2.5. Métodos, técnicas e instrumentos. ....	36
2.6. Instalación del experimento.....	39
2.7. Variables de estudio.....	41
Objetivo 1 .....	41
-Fenología.....	41
Objetivo 2 .....	42



-Caracterización de semillas .....	42
-Calidad de semillas.....	42
Objetivo 3 .....	44
-Altura de plántula .....	44
-Diámetro basal.....	44
-Diámetro de copa.....	44
-Estado fitosanitario.....	45
2.8. Procedimiento y análisis de datos.....	45
CAPÍTULO III.....	47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	47
3.1 Determinación de la fenología en 10 árboles de <i>Cedrela spp</i> .....	47
3.1.1 Fase Vegetativa.....	47
3.1.2 Fase Reproductiva .....	48
3.2. Análisis de calidad de semilla.....	50
3.2.1. Caracterización de semillas .....	50
3.2.2. Calidad de semilla.....	53
3.3. Efecto de los sustratos en el crecimiento de plántulas de <i>Cedrela spp.</i> en vivero .....	56
3.3.1. Altura .....	56
3.3.2. Diámetro de copa .....	58
3.3.3. Diámetro Basal .....	59
3.3.4. Estado fitosanitario .....	61
CAPÍTULO IV .....	64
Conclusiones y recomendaciones .....	64
Recomendaciones .....	65
Referencias Bibliográficas .....	66



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Materiales, equipos y software empleados en la investigación</i> .....	36
Tabla 2. <i>Esquema del Diseño Irrestringido al Azar (DIA)</i> .....	38
Tabla 3. <i>Matriz de registro de datos fenológicos</i> .....	40
Tabla 4. <i>Matriz de registro de datos de análisis de semilla</i> .....	40
Tabla 5. <i>Matriz de registro de datos de crecimiento para plantas en vivero</i> .....	40
Tabla 6. <i>Escala de valoración fenológica</i> .....	43
Tabla 7. <i>Evaluación de estado fitosanitario para plantas</i> .....	47
Tabla 8. <i>Tamaño de semillas de Cedrela spp</i> .....	52
Tabla 9. <i>Color de semillas de Cedrela spp. según la tabla Munsel</i> .....	53
Tabla 10. <i>Textura de semillas de Cedrela spp</i> .....	54
Tabla 11. <i>Porcentaje de pureza de semillas de Cedrela spp</i> .....	55
Tabla 12. <i>Porcentaje de contenido de humedad de semilla de Cedrela spp</i> .....	55
Tabla 13. <i>Peso de 8 repeticiones de semillas de Cedrela spp</i> .....	56
Tabla 14. <i>Porcentaje de germinación de semillas de Cedrela spp con 4 repeticiones</i> .....	56



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ubicación del Campus Yuyucocha</i> .....	35
Figura 2. <i>Representación gráfica de la fase vegetativa de 10 individuos de Cedrela spp</i> .....	50
Figura 3. <i>Representación gráfica de la fase reproductiva de 10 individuos de Cedrela spp</i> .....	51
Figura 4. <i>Incremento mensual de las plantas de Cedrela spp en altura</i> .....	58
Figura 5. <i>Incremento mensual de las plantas de Cedrela spp en diámetro de copa</i> .....	59
Figura 6. <i>Incremento mensual de las plantas de Cedrela spp. en diámetro basal</i> .....	61
Figura 7. <i>Representación gráfica de las plantas de Cedrela spp. con el Estado fitosanitario</i> ...	62



## INTRODUCCIÓN

### Problema de investigación

- Problemática a investigar

Esta investigación se centra en la evaluación del crecimiento de *Cedrela spp* en vivero aplicando diferentes sustratos, en el Campus Yuyucocha, Ibarra- Ecuador. Se sabe que el cedro es una especie nativa andina cuya dinámica de crecimiento de plántulas en etapa de vivero es poco conocida. La poca de información disponible se vuelve crítica, donde los patrones climáticos están en constante modificación y, por lo tanto, impactan en el ciclo biológico de las especies vegetales. A pesar de la importancia ecológica y económica, se desconoce un manejo silvicultural específico de dicha especie en el país, limita la capacidad de manejo y conservación de la especie, así como su aprovechamiento sostenible en reforestación y producción de madera.

Además, es esencial evaluar la fenología de la especie y la calidad de semillas, para garantizar su viabilidad. Por otro lado, observar el comportamiento de las plántulas en sustratos en la etapa de vivero permite obtener datos importantes para mejorar y maximizar la productividad de esta especie en plantaciones, garantizando así su preservación en un entorno cambiante.

- Formulación del problema de investigación.

La limitada información técnica sobre la influencia de los sustratos en el crecimiento de plántulas bajo las condiciones de vivero en el Campus Yuyucocha, y el desconocimiento sobre la fenología y calidad de semilla de *Cedrela spp*.



## Justificación

La investigación sobre el crecimiento de *Cedrela spp* en vivero aplicando diferentes sustratos, en el Campus Yuyucocha, Ibarra- Ecuador, es importante para la conservación de esta especie nativa andina, que es reconocida por su relevancia ecológica y económica. Esta especie enfrenta desafíos significativos debido a la falta de información sobre su fenología y el crecimiento de plantas en sustratos. Por lo tanto, evaluar su fenología, realizar un análisis de semillas para luego seguir con el crecimiento de plantas en vivero no solo contribuye a su manejo y conservación, sino que también facilita la optimización de técnicas de manejo con diferentes sustratos. Con los datos de la investigación se busca ayudar a la propagación de esta especie, porque se va a conocer la etapa de floración, fructificación y cuál es el mejor sustrato para la producción de plantas en vivero.

A nivel local, esta investigación beneficia a comunidades locales y grupos ambientalistas interesados en la reforestación y la conservación de esta especie nativa. Al proporcionar datos sobre floración y fructificación se puede mejorar la planificación y ejecución de programas de reforestación, aumentando la tasa de éxito de estas iniciativas. Además, los viveros pueden optimizar sus prácticas de cultivo al contar con información específica sobre el comportamiento de las plántulas sometidas a diferentes sustratos. Además, a nivel regional y nacional, la investigación aporta conocimientos valiosos que pueden ser utilizados por instituciones académicas, promoviendo una mayor comprensión de esta especie nativa andina y como es su adaptación a diferentes cambios ambientales.

La factibilidad del proyecto está respaldada por la disponibilidad de personas con formación académica y experiencia en estudios fenológicos y manejo de sustratos para el



crecimiento de plantas. Además, se cuenta con el acceso a áreas de estudio adecuadas y herramientas necesarias para llevar a cabo la investigación de manera efectiva.

## Objetivos

### Objetivo general

Evaluar el crecimiento de *Cedrela spp* en vivero, aplicando diferentes sustratos, en el Campus Yuyucocha, Ibarra-Ecuador.

### Objetivos específicos

- Determinar la fenología de *Cedrela spp*.
- Analizar la calidad de semillas.
- Valorar el efecto de los sustratos en el crecimiento de plántulas de *Cedrela spp*. en vivero.

### Hipótesis y preguntas de investigación

#### Ho

Todos los sustratos presentan un efecto estadísticamente similar en el crecimiento de plántulas en etapa de vivero.

#### Ha

Al menos un sustrato presenta un efecto estadísticamente diferente con el crecimiento de plántulas en etapa de vivero.



# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Descripción general de *Cedrela spp.*

#### Familia Meliaceae

La familia Meliácea abarca tanto árboles como arbustos y cuenta con aproximadamente con 500 especies distribuidas en 51 géneros a nivel mundial (Córdova, 2020). Esta familia contiene varias especies maderables altamente valoradas y cotizadas en el mercado internacional principalmente de los géneros *Cedrela* P. Browne, *Swietenia* Jacq., *Khaya* A. Juss. y *Entandrophragma* C. DC. (Burelo, 2020). Sus principales características incluyen hojas compuestas que pueden ser imparipinnadas, paripinnadas, trifoliadas o unifoliadas, con disposición alterna y savia incolora. Sus flores son pequeñas, regulares y presentan un ovario súpero, además su inflorescencia puede ser axilares, terminales o extra axilares. Las flores poseen de 2 a 6 sépalos, los cuales pueden estar separados o unidos, y de 5 a 13 estambres cuyos filamentos forman un tubo. El ovario puede ser súpero o semi inferior (González, 2011).

#### Genero *Cedrela*

Dentro de las maderas más valiosas e importantes del nuevo mundo, destaca la de los árboles de cedro, que pertenece al género o grupo botánico *Cedrela* (MINAM, 2018). Existen 19 especies de Cedro en la región tropical del continente americano, de las cuales siete se registran en Ecuador: *odorata*, *angustifolia*, *fissilis*, *montana*, *nebulosa*, *kuelapensis* y *domatifolia* (MAATE, 2020). Es una especie amenazada a nivel global, sus poblaciones se han visto afectadas por ser una de las maderas de alta demanda comercial y valor estético.



## Descripción Taxonómica

Para Remache (2011), el cedro se clasifica de la siguiente forma:

- **Familia:** MELIACEAE
- **Género:** *Cedrela*
- **Nombre común:** Cedro

## Características Edafoclimáticas

Se encuentra principalmente a altitudes que varían entre los 1.600 y 2.800 msnm, en áreas con precipitaciones anuales de 500 a 2.000 mm y temperaturas que oscilan entre los 10 y 20 °C. Su desarrollo es óptimo en suelos de textura franca a franco-arenosa, ubicados en las laderas, que sean húmedos, pero con buen drenaje. También se le puede observar en fragmentos de bosque, especialmente en zonas escarpadas de difícil acceso (Gómez, 2010).

### 1.2 Características morfológicas y fisiológicas

En el género *Cedrela* la especie *Cedrela montana* Moritz ex., es un árbol que alcanza entre 40 y 100 cm de diámetro y una altura de 18 a 30 m, con un tronco cilíndrico que se ramifica en su último tercio. La base del tronco es recta o presenta raíces tablares. La corteza externa está agrietada, de color marrón claro a rojizo, y se desprende en placas que se elevan hacia afuera y hacia arriba. La corteza interna es irregularmente exfoliable, de color rosado blanquecino, y desprende un olor fuerte, similar al de los ajos. Las ramitas terminales, de sección circular y un diámetro de 6 a 12 mm, tienen un color marrón claro al secarse, están cubiertas de numerosas lenticelas y son glabras (Kometter *et al.*, 2023).



## Hojas

Las hojas son compuestas, con un arreglo paripinnado y alterno, y tienden a agruparse en las puntas de las ramitas. Miden entre 20 y 25 cm de largo, con un raquis redondeado y cubierto de una densa pubescencia. Los folíolos, de 3 a 4 pares, son opuestos, de forma ampliamente ovalada, con una longitud de 5 a 8 cm y un ancho de 3,5 a 6 cm. Tienen los bordes enteros y un ápice agudo, ligeramente acuminado, con una perspicacia de hasta 4 mm. La base de los folíolos suele ser asimétrica, ya sea obtusa o truncada. Presentan entre 12 y 14 pares de nervios secundarios, que se aprecian claramente en el haz. La superficie de los folíolos está densamente cubierta por una pubescencia de textura aterciopelada, que se torna (Kometter *et al.*, 2023).

## Inflorescencia

La inflorescencia del cedro (*Cedrela spp.*) se caracteriza por ser una panícula axilar, es decir, una estructura ramificada que emerge de la axila de las hojas. Estas panículas tienen una longitud que varía entre 25 y 50 cm, lo que las hace prominentes y visibles. Las flores, dispuestas en esta panícula, son pequeñas, actinomorfas (con simetría radial) y hermafroditas, lo que significa que poseen tanto órganos reproductores masculinos como femeninos en la misma flor (Kometter *et al.*, 2023).

## Flor

Las flores tienen un cáliz en forma de copa con 5 lóbulos profundos y regulares. Los pétalos, en el número de 5, son elípticos y se disponen de forma libre desde la base, midiendo aproximadamente entre 6 y 7 mm de longitud. Los estambres también son 5 y están fusionados en un androginóforo, una estructura que eleva el ovario y conecta los filamentos de los estambres. El ovario es globoso, de tamaño pequeño (2-3 mm de diámetro), y está rematado por un estilo alargado y un estigma en forma de disco (Kometter *et al.*, 2023). Según Gómez



(2010), las flores son de color blanco, de tamaño pequeño, con el cáliz regular dividido en cinco partes, que se organizan en panículas terminales.

### **Fruto**

El fruto es una cápsula leñosa con forma que varía de elipsoide a oblonga, con una longitud de 55 a 65 mm y un diámetro de 20 a 28 mm. Cuando está inmaduro, presenta un color pardo verdoso que cambia a marrón oscuro al madurar, además de contar con numerosas lenticelas blancas. Este fruto se abre en cinco carpelos, liberando entre 28 y 46 semillas aladas. (Gómez, 2010).

### **Semillas**

La semilla presenta un color que varía entre café oscuro y claro. Está acompañado por un ala papirácea que le proporciona una estructura delgada y ligera. Las dimensiones de la semilla oscilan entre 31 y 37 mm de largo, mientras que su ancho varía de 10 a 15,5 mm. Esta combinación de tamaño y forma permite que la semilla se distribuya eficientemente en su entorno, favoreciendo su dispersión (Gómez, 2010).

## **1.3 Fenología de especie forestales**

La fenología vegetal es el estudio de eventos recurrentes en el ciclo de vida vegetativo (brotación y caída de hojas) y reproductivo (floración, fructificación y dispersión de semillas), y la influencia de factores climáticos sobre estos (Morissette *et al.*, 2009 ; Urrego y del Valle, 2001). Por otro lado, la fenología es la ciencia que estudia los fenómenos biológicos de la vida vegetal o animal, relacionados con el clima y las variaciones anuales del tiempo en un lugar determinado (De Cara y Mestre, 2006; Casas, 2012). En cambio, Fournier y Charpantier (1978) describen la fenología como el estudio de los fenómenos biológicos acomodados a cierto ritmo periódico como la brotación, la maduración de los frutos y otros.



Los cambios fenológicos pueden ser, por tanto, manifestaciones momentáneas en respuesta a eventos o cambios temporales recurrentes (Gómez, 2010).

### **Fenofases**

Las fenofases de un árbol no son independientes entre sí, aunque la polinización de las flores, la dispersión de los frutos y la germinación de semillas sean asuntos que habitualmente se tratan por separado. La floración, por supuesto, antecede el desarrollo y dispersión de los frutos y la germinación de las semillas. De modo semejante, la foliación y la floración pueden estar correlacionadas (Costa, 2010).

### **Fase vegetativa**

Los árboles son clasificados como deciduos o caducifolios cuando se quedan sin hojas en alguna época del año, o como siempre verdes o perennifolios si nunca quedan defoliados por abscisión. Las especies que tienen una amplia distribución geográfica pueden comportarse como caducifolias en un hábitat y como perennifolias en otro. Así mismo, los árboles perennifolios pueden cambiar hojas continuamente o hacerlo sólo durante ciertas épocas del año (IBGE, 1992).

Las hojas son una unidad útil para estudiar el crecimiento vegetativo debido a su importancia y facilidad de identificación, incluso en algunos casos, se pueden contar. En algunos estudios fenológicos, se registra el cambio de hojas de forma cualitativa, como presencia o ausencia, o se clasifica su frecuencia en categorías como "jóvenes", "adultas" o "envejecidas". Este enfoque es útil cuando los árboles son muy altos o tienen muchas hojas, lo que hace difícil su cuantificación y complica el análisis de los patrones de sustitución foliar, especialmente en especies perennifolias (Alvarez y Martínez, 1992).

### **Foliación**

Es la etapa de brotación o emergencia de las yemas foliares, que da lugar al desarrollo



y crecimiento de las hojas de la planta. Esta fase también está vinculada al crecimiento floral, comenzando desde la apertura del capullo hasta su marchitez (Torres, 2008).

### **Defoliación**

La caída o pérdida de las hojas en los árboles y plantas, conocida como abscisión foliar, ocurre generalmente en la región fructífera de las ramas. Este proceso tiene lugar durante el ciclo de cosecha evolutiva, cuando las plantas completan su fase de producción y maduración de frutos. Es una respuesta natural que permite a la planta dirigir sus recursos hacia la producción y dispersión de semillas, mientras se deshace de las hojas que ya han cumplido su función (Almaguer, 1998).

### **Fase Reproductiva**

En la parte reproductiva de un árbol, las fenofases están interconectadas, a pesar de que la polinización de las flores, la dispersión de los frutos y la germinación de las semillas suelen ser estudiadas por separado. La fase reproductiva comienza con la floración, la cual precede al desarrollo y dispersión de los frutos y la germinación de las semillas. A su vez, la foliación y la floración pueden estar relacionadas, ya que ambas forman parte del ciclo vital del árbol, donde el crecimiento vegetativo y la reproducción se complementan (Costa, 2002).

### **Floración**

Es el proceso en el que se inicia el desarrollo y separación de los sépalos y pétalos de la flor, lo que permite que los estigmas y estambres queden expuestos y accesibles. Esta fase es crucial para la polinización, ya que su éxito depende del momento preciso en que ocurra. Por ello, es fundamental que se realicen bajo condiciones óptimas, que aseguren una floración eficiente y el posterior desarrollo de los frutos. Factores como temperatura, humedad y la presencia de polinizadores pueden influir en su efectividad, y su éxito es clave para la continuidad del ciclo reproductivo de la planta (Facena, 2022).



## **Fructificación**

La fructificación es el proceso de crecimiento dentro del ciclo reproductivo de la planta, que comienza con la formación inicial del fruto y se extiende hasta que alcanza su madurez, momento en el cual el fruto está completamente desarrollado y listo para la dispersión de sus semillas. Este proceso incluye varios estadios, desde la aparición del fruto, su crecimiento y desarrollo, hasta su retención en la planta, asegurando que las condiciones para su maduración sean las adecuadas. La fructificación es esencial para la perpetuación de la especie, ya que facilita la producción de semillas que permitirán la futura regeneración de la planta (Urbina, 2002).

### **Importancia de la fenología en especie forestales**

Para Granados (2020), comprender la fenología es fundamental porque permite entender las necesidades climáticas de una especie vegetal. Conocer las condiciones ambientales es clave para identificar las posibilidades de introducir y fomentar un cultivo en una determinada área, además de ser esencial para el manejo y estudio agroforestal y silvícola que se pueda.

#### **1.3 Análisis de semillas**

El análisis de semillas forestales consiste en una serie de pruebas realizadas a un lote para evaluar su calidad. Este análisis incluye pruebas de germinación, pureza, contenido de humedad, peso, vigor y viabilidad. A través de estas pruebas, se determina la capacidad de germinación del lote, su limpieza, el contenido de agua, la cantidad de semillas por unidad de peso, la energía para germinar y la proporción de semillas vivas (Trejo y Mendoza, 2016). Según las normas internacionales de la ISTA (International Seed Testing Association), estas pruebas son esenciales para garantizar la calidad de las semillas (Bonner et al., 1994).



## **Características físicas de las semillas**

Se recomienda realizar análisis de las semillas en laboratorio para determinar su calidad y asegurar la viabilidad y potencial de germinación para producciones posteriores (Morales *et al.*, 2017). Los análisis más frecuentes son: pureza, número de semillas por kilogramo, viabilidad inicial y capacidad germinativa. Para Celis, *et al.*, (2010) el color de la semilla, el tamaño y el hábito de crecimiento están relacionados con la eficiencia en la asignación de biomasa al grano en el ambiente de crecimiento, pero además depende de otras características de la semilla, como el vigor. Existen una serie de procedimientos indicados por las Normas ISTA (2016), para realizar los análisis.

## **Calidad de semillas**

Las semillas son la unidad de reproducción sexual de las plantas y tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen, siendo uno de los elementos más eficaces para que esta se disperse en tiempo y espacio (Doria, 2010). La calidad fisiológica de la semilla abarca la suma de todas las propiedades o características, las cuales determinan el nivel potencial del comportamiento de las semillas y el establecimiento del cultivo (García, 2016). Los componentes de la calidad de la semilla incluyen los aspectos genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios (microorganismos e insectos) (Velázquez, 2014).

### **1.4 Sustratos**

Un sustrato se refiere a cualquier tipo de material sólido presente en el suelo, que puede ser de origen natural o artificial, y que puede ser mineral, orgánico o residual (Pastor, 1999). Este material, cuando se coloca en un contenedor, ya sea en forma pura o en una mezcla, cumple una función fundamental al proporcionar un medio adecuado para el anclaje de las raíces de las plantas. Además de brindar soporte físico, el sustrato tiene la capacidad de retener



agua y nutrientes esenciales, lo que permite el crecimiento saludable de las plantas (López, 2016).

Un sustrato está conformado por partículas sólidas y espacios libres, denominados poros, que conforman el espacio poroso total (Mixquititla, 2022). También facilita el intercambio de gases entre las raíces y el ambiente, lo cual es crucial para que las raíces puedan realizar sus funciones metabólicas de manera eficiente (Goyosso, 2016). Es decir, el sustrato no solo actúa como un soporte estructural, sino también como un medio dinámico que contribuye al desarrollo y la salud de las plantas, proporcionando los recursos necesarios para su adecuada nutrición y respiración (Terés, 2001; Pire y Pereira, 2003; Quesada y Méndez, 2005).

### **Clasificación sustratos**

El sustrato puede tener un impacto mayor o menor en el proceso complejo de nutrición mineral de las plantas. En la producción de especies forestales se ha utilizado por muchos años el sustrato compuesto por turba de musgo, vermiculita y perlita debido a que presenta características físicas y químicas adecuadas en la producción de planta (Haase,2016)).

Los sustratos activos, como las turbas, la corteza de pino y otros materiales orgánicos, tienen la capacidad de participar directamente en el suministro de nutrientes minerales a las plantas, ya sea a través de su descomposición o por la liberación de compuestos que faciliten la absorción de nutrientes. En cambio, los sustratos inertes, como la perlita, la lana de roca y la roca volcánica, no interactúan químicamente con las plantas ni contribuyen significativamente a su nutrición mineral (Pastor, 2020; Abad *et al*, 2005). Sin embargo, estos materiales inertes juegan un rol importante en el desarrollo del sistema radicular al



proporcionar un medio aireado que favorece el crecimiento de las raíces y facilita el drenaje del exceso de agua (Terés, 2001; Urrestarazu, 2004; Cadahía, 2005).

## **Materiales orgánicos**

Los sustratos orgánicos se pueden clasificar en tres grupos principales según su origen:

### **- Naturales**

Estos materiales provienen directamente de fuentes biológicas y tienen la capacidad de descomponerse mediante procesos naturales (Martínez, 2011). Suelen ser ricos en materia orgánica y nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas. Ejemplos comunes incluyen la turba, que es altamente valorada por su capacidad de retención de agua y aireación, y la tierra de monte, reconocida por su fertilidad y abundancia de microorganismos beneficiosos (Bunt, 1988; Burés, 1997).

### **- Sintéticos**

Este grupo incluye materiales fabricados artificialmente mediante procesos químicos, diseñados para imitar o mejorar ciertas propiedades físicas de los sustratos naturales. Aunque no son biodegradables, se utilizan por su durabilidad, estabilidad estructural y capacidad para cumplir funciones específicas en sistemas de cultivo. Algunos ejemplos destacados son la espuma de poliuretano, empleada por su ligereza y buena retención de agua, el poliestireno, usado por su capacidad aislante, y las resinas fenólicas, apreciadas por su resistencia química (Bunt, 1988; Burés, 1997).

### **- Residuos y subproductos**

Este grupo está compuesto por materiales derivados de diversas actividades humanas,



como la producción agrícola o industrial, así como el consumo doméstico. Antes de utilizarlos como sustratos, requieren ser sometidos a procesos de estabilización o maduración que reduzcan la presencia de compuestos nocivos. Algunos ejemplos son las cortezas de árboles, el aserrín, la viruta de madera, residuos sólidos urbanos, lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales, estiércol, cascarilla de arroz, paja de cereales y polvo de coco (Bunt, 1988; Burés, 1997).

### **Materiales inorgánicos**

Los materiales inorgánicos se dividen en tres categorías principales:

#### **- De origen natural**

Estos materiales son obtenidos directamente de rocas o minerales que pueden ser de origen ígneo, metamórfico o sedimentario. Se caracterizan por no ser biodegradables y son ampliamente utilizados en la construcción y otros sectores. Ejemplos comunes incluyen arena, grava, roca volcánica, zeolita y tezontle.

#### **- Transformados o tratados industrialmente**

Esta categoría incluye materiales derivados de rocas o minerales que han sido sometidos a procesos químicos o físicos con el propósito de modificar sus propiedades. Por lo general, se busca obtener productos como fibras o gránulos ligeros y altamente porosos. Ejemplos de estos materiales son la perlita, la lana de roca, la vermiculita y las arcillas expandidas (Bunt, 1988; Hitchon et al., 1990).

#### **- Residuos y subproductos industriales**



Son materiales generados como resultado de diversas actividades industriales. Proviene de procesos como la combustión, actividades mineras o la obtención de carbón. Ejemplos incluyen escorias de hornos y subproductos del carbón (Burés, 1997).

### **Componentes utilizados en los sustratos**

#### **- Suelo de sitio**

El color negro oscuro de este material proviene de la revisión de materia orgánica, que ocurre con la ayuda de microorganismos. Se genera a partir de residuos de animales o de hojarasca, y es absorbido por las raíces de las plantas como fuente de nutrientes (Pérez Fernández et al., 2018).

#### **- Cascarilla de arroz**

La cascarilla de arroz es un subproducto generado en las fábricas de molienda, disponible en grandes cantidades en distintas regiones productoras de arroz en ciertos países. Su uso como parte de un sustrato aporta propiedades beneficiosas (Monsalve *et al.*, 2021). Este componente tiene ciertas propiedades fisicoquímicas positivas para un sustrato orgánico ya que su tasa de descomposición es baja, es ligero, permite un buen drenaje y correcta circulación de aire (Cabascango, 2011).

#### **- Pomina**

Originada de rocas silíceas o ácidas, este material destaca por su buena capacidad de retención de agua y su estabilidad química, ya que es altamente inerte y no interactúa con ningún elemento (Sánchez, 2017).



La pomina, por su parte, es una roca volcánica de tonalidades gris o blanca, formada a partir de emisiones volcánicas, lo que le confiere una estructura porosa y esponjosa. Desde el punto de vista químico, contiene pequeñas cantidades de hierro, calcio, magnesio y sodio en forma de óxidos, siendo un material inerte y de reacción neutra (Chisaguano, 2022).

#### - **Abono orgánico**

Los abonos orgánicos constituyen un elemento crucial para la regulación de muchos procesos relacionados con la productividad agrícola; son bien conocidas sus principales funciones, como sustrato o medio de cultivo, cobertura o mulch, mantenimiento de los niveles originales de materia orgánica del suelo y complemento o reemplazo de los fertilizantes de síntesis (Medina *et al.*, 2010).

El abono orgánico es el material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, los cuales digieren los materiales, transformándolos en otros benéficos que aportan nutrimentos al suelo y, por tanto, a las plantas que crecen en él. Es un proceso controlado y acelerado de descomposición de los residuos, que puede ser aeróbico o anaerobio, dando lugar a un producto estable de alto valor como mejorador del suelo (Libreros, 2015). Los abonos orgánicos tienen altos contenidos de nitrógeno mineral y cantidades significativas de otros elementos nutritivos para las plantas (Cegarra, 1993).

#### **Calidad de la planta**

La calidad morfológica de una planta está dada por un conjunto de caracteres o atributos en estándares establecidos, tanto de naturaleza cualitativa como cuantitativa (Ureta *et al.*, 2019). La morfología es el resultado de las características genéticas, las condiciones ambientales del vivero y las prácticas de cultivo empleadas, como la fecha de siembra, la



densidad de cultivo, el grado de sombreado, el régimen de fertilización y riego, las podas aéreas (Grossnickle, *et al.*, 2018). En este sentido, García et al. (2001) señalan que la calidad de las plántulas obtenidas dependerá del tipo de sustrato a utilizar y de sus características físico - químicas, ya que el desarrollo y funcionamiento de las raíces están determinadas por las condiciones de aireación y el contenido de agua, además de la influencia que estos factores tienen sobre el suministro de los nutrientes necesarios.



## CAPÍTULO II

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1. Tipo de investigación según los siguientes criterios:

La presente investigación combinó enfoques cualitativos y cuantitativos para garantizar un análisis integral de *Cedrela spp.*. En el enfoque cualitativo, se analizó fase vegetativa y fase reproductiva de 10 árboles. Por su parte, en el enfoque cuantitativo se examinó variables de crecimiento de *Cedrela spp.*, donde se analizaron variables específicas como altura, diámetro de copa, diámetro basal y estado fitosanitario lo que permitió obtener datos numéricos precisos.

En cuanto al objetivo de la investigación, esta se clasificó en aplicada, ya que parte de teorías previamente establecidas sobre fenología y crecimiento de plántulas en etapa de vivero. En relación con el alcance, la investigación fue de tipo explicativo, pues buscó identificar cuál de los de los árboles presentó mejor las fases vegetativas, reproductivas, y cuál de los sustratos utilizados tubo un mayor efecto sobre el crecimiento y desarrollo de las plántulas.

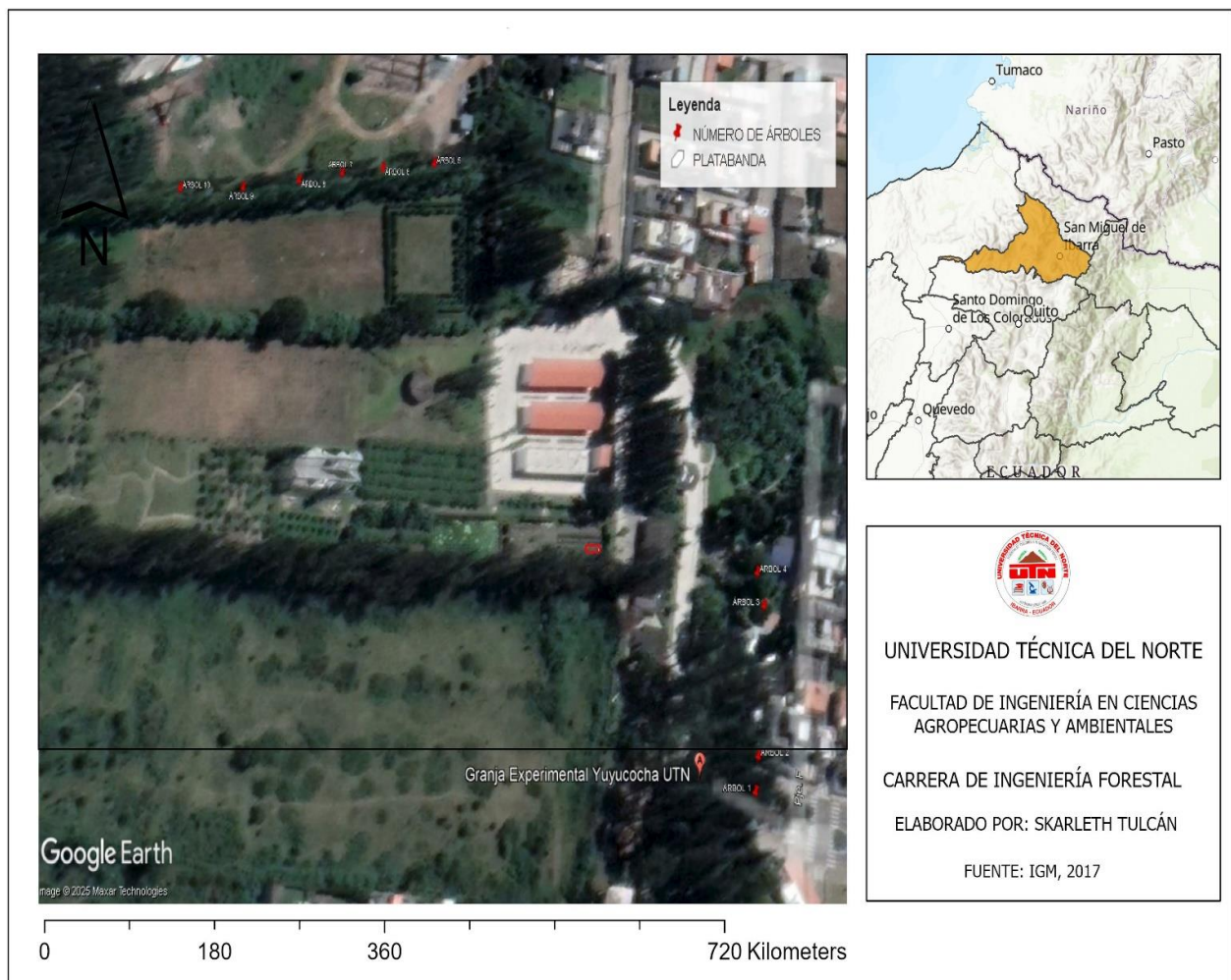
El diseño de la investigación fue experimental, ya que se manipularon las plántulas al someterlas a diferentes sustratos para evaluar su respuesta. Además, el enfoque temporal fue transversal o sincrónico, ya que el estudio se desarrolló a lo largo de un año, tiempo suficiente para observar los eventos fenológicos de los árboles seleccionados y medir el crecimiento de las plántulas. Por último, el lugar de desarrollo fue en el campo, un entorno natural adecuado para la investigación, donde se llevó a cabo todo el proceso fenológico y el crecimiento de plántulas en diferentes sustratos.

## 2.2. Ubicación del lugar

Este estudio se llevó a cabo en el Campus Experimental “Yuyucocha”, que está ubicado en la parroquia de Caranqui, en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura (Figura 1).

**Figura 1**

*Mapa de Ubicación del Campus Yuyucocha*



Fuente: ArcGis, 2024

- Coordenadas Campus Experimental “Yuyucocha”

Latitud N: 00° - 21' - 53''



Latitud W: 78° - 06' - 32''

Altitud: 2228 msnm.

- Límites

La Granja Experimental Yuyucocha, ubicada en la provincia de Imbabura, el área limita al norte con viviendas en la calle Armando Hidrobo, al este con la Av. Cap. José Espinoza de los Monteros y la calle Hno. Miguel, al sur con la calle Flores Rúaes y al oeste con una quebrada seca (Guevara & Pozo, 2019).

### 2.3. Caracterización edafoclimática del lugar

Los suelos de la Granja Experimental Yuyucocha son franco – arenoso, porosos que contiene un pH neutro y de topografía plana (Enríquez, 2015). Con respecto al clima esta presenta una temperatura promedio de aproximadamente 17,70 °C y, una precipitación promedio anual de 745,40 mm y un 72% de humedad relativa (Vélez, 2017).

### 2.4. Materiales, equipos y software

**Tabla 1**

*Materiales, equipos y software empleados en la investigación.*

<b>Materiales de campo</b>	<b>Equipos</b>	<b>Software</b>
Plántulas	Flexómetro	Office 365
Carretilla	Binoculares	Infostat (versión libre de acceso a estudiantes)
Sustrato	Balanza	ArcGIS Pro
Tamizador	Horno	



Pala

Tijeras aéreas

Azadón

Calibrador

Bomba de fumigar

Manguera

Fundas de papel

Fundas de polietileno

---

*Nota.* La selección de estas herramientas y software respondió a la necesidad de medir parámetros clave como fenología, análisis de calidad de semilla, crecimiento, y análisis estadístico.



## 2.5. Métodos, técnicas e instrumentos.

### 2.5.1. Diseño experimental

El factor de estudio en esta investigación fue el tipo de sustratos para el crecimiento de las plántulas de *Cedrela spp* en etapa de vivero.

- Niveles de factor

#### **Factor**

- **Tratamiento (T1):** Suelo de sitio (50%), pomina (40%) y cascarilla (10 %).
- **Tratamiento (T2):** Suelo de sitio (50%), humus (40%) y pomina (10%).
- **Tratamiento (T3):** Suelo de sitio (50%), humus (40%) y cascarilla (10%).
- **Tratamiento (T4):** Suelo de sitio (100 %).

- Diseño experimental

El diseño experimental que se empleó fue el Diseño Irrestringido al Azar (DIA).

- Esquema

#### **Tabla 2**

*Esquema del Diseño Irrestringido al Azar (DIA)*

Variable	Cantidad
N° de tratamientos	4
N° de repeticiones	5
N° de unidades experimentales	20
N° de plántulas por unidad experimental	20
N° de plántulas por tratamiento	100
N° total de plantas	400

*Nota.* Este diseño permitió la asignación completamente aleatoria de los tratamientos, minimizando sesgos y asegurando resultados representativos.



- Distribución de los tratamientos en la platabanda

<b>T 3 – R 1</b>	<b>T 2 – R 3</b>	<b>T 4 – R 3</b>	<b>T 3 – R3</b>	<b>T 1 – R 2</b>
<b>T 2 – R 1</b>	<b>T 1 – R 4</b>	<b>T 1 – R 3</b>	<b>T 4 – R 1</b>	<b>T 3 – R 4</b>
<b>T 3 – R 5</b>	<b>T 1 – R 5</b>	<b>T 2 – R 2</b>	<b>T 4 – R 5</b>	<b>T 2 – R 4</b>
<b>T 4 – R 2</b>	<b>T 2 – R 5</b>	<b>T 4 – R 4</b>	<b>T 1 – R 1</b>	<b>T 3 – R 2</b>

- Modelo estadístico del experimento.

En esta investigación se analizaron cuatro tipos de sustratos para el crecimiento de plantas de *Cedrela spp.* donde se utilizó un Diseño Irrestricto al Azar. Cada observación estuvo representada por la media, sumada el efecto del tratamiento y al error experimental. Es importante destacar que el error experimental debe ser menor que el efecto del tratamiento para garantizar la validez de los resultados.

La ecuación que se utilizará en este modelo estadístico es la siguiente:

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

**Donde:**

**$Y_{ij}$**  = observación individual

**$\mu$**  = media

**$\tau_i$**  = efecto de tratamiento



$\epsilon_{ij}$  = error experimental

2.5.2. Diseño de matrices para el registro de datos primarios

**Fenología**

**Tabla 3**

*Matriz para registro de datos fenológicos*

Fecha de registro:								
Número de árbol	Fase Vegetativa			Fase Reproductiva				
	Hoja Joven (%)	Hoja Madura (%)	Defoliación (%)	Botón Floral (%)	Flor Joven (%)	Flor Adulta (%)	Fruto Joven (%)	Fruto Maduro (%)

Fuente: El autor

**Análisis de semillas**

**Tabla 4**

*Matriz para registro de datos de análisis de semillas.*

Fecha de registro:								
Caracterización de semillas				Calidad de semilla				
Tamaño (cm)	Color	Textura	Pureza (%)	Contenido de humedad (%)	Peso (gr)	Porcentaje de germinación (%)		

Fuente: El autor

**Crecimiento de plantas en vivero**

**Tabla 5**

*Matriz de registro de datos de crecimiento para plantas en vivero*

Fecha de registro:		
Tratamiento	Repetición	Altura (cm)



Número de plantas	Diámetro de copa (cm)	Diámetro basal (cm)	Estado Fitosanitario
----------------------	-----------------------------	------------------------	-------------------------

---

Fuente: El autor

## 2.6 Instalación del experimento.

### - Selección de individuos:

Se seleccionaron diez individuos de *Cedrela spp* existentes en el Campus Yuyucocha, que presentaron las mejores características fenotípicas, según Ordoñez (2021).

### - Evaluación de fenología:

Se evaluó la fase vegetativa (hoja joven, adulta y defoliación), y reproductiva (botón floral, flor joven, flor adulta, fruto joven y fruto maduro) de cada individuo siguiendo la metodología de Fournier (1975).

### - Recolección de frutos:

Se recolectaron frutos de la parte media de la copa de todos los individuos, donde se utilizaron herramientas como tijeras aéreas y podadoras. Posteriormente, se procedió a secar los frutos en el Banco de Semillas para obtener las semillas.

### - Análisis de la calidad de semillas:

Se realizó un análisis de semillas, donde se evaluó la caracterización y calidad semillas según lo establecido por las normas ISTA (2016).

### - Preparación de la platabanda:

En el vivero ubicado en el campus Yuyucocha se preparó una platabanda con las siguientes dimensiones: 1 metro de ancho por 7 metros de largo (1 x 7 m).

### - Preparación de los sustratos:

Cada sustrato se preparó de acuerdo con los tratamientos establecidos para el estudio. Previamente, se realizó una desinfección donde se utilizó un fungicida químico (Oxi cloruro



de Cobre).

- **Enfundado:**

Para el estudio se utilizaron fundas de polietileno que tenían las siguientes dimensiones: 12 x 20 centímetros (cm)

- **Siembra de las plantas:**

Las plantas fueron trasplantadas con un tamaño de 3 a 4 centímetros y con 3 pares de hojas verdaderas.

- **Riego:**

Se programó un riego automático 3 veces por día con un tiempo de 5 minutos en época de verano y en época de invierno 1 vez al día con un tiempo de 3 minutos.

- **Limpieza:**

Se realizó una limpieza de las plantas 1 vez por mes.

- **Toma de datos cualitativos de crecimiento:**

Se evaluaron las siguientes variables: altura, diámetro de copa, diámetro basal y estado fitosanitario en cada una de las plantas.



## 2.7 Variables de estudio

### Objetivo 1

#### - Fenología

La fase vegetativa corresponde a la identificación del desarrollo foliar de una especie y la fase reproductiva se refiere al análisis y monitoreo del ciclo reproductivo de los árboles. La recolección de datos se registró siguiendo la metodología propuesta por Fournier y Charpantier (1975), la cual consiste en evaluar a cada individuo utilizando una escala de 0 al 4, con intervalos de 25 % entre categorías:

**Tabla 6**

*Escala de valoración fenológica*

Estado	Escala	Porcentaje
Ausencia de la fenofase	0	0%
Inicio de la fenofase	1	1-25%
Manifestación baja de la fenofase	2	26-50%
Manifestación media de la fenofase	3	51-75%
Manifestación alta de la fenofase	4	76-100%

Fuente: (Fournier y Charpantier, 1975)

Esta metodología se realizó dividiendo la copa del árbol en cuatro cuadrantes. Para la fase vegetativa se observó el porcentaje de hojas jóvenes, hojas maduras y defoliación, mientras que para la fase reproductiva se observó el porcentaje de botón floral, flor joven, flor adulta, fruto joven y fruto maduro. Para esta técnica se utilizaron binoculares, que permitieron una visualización detallada de cada cuadrante. Las observaciones se realizaron cada 15 días durante el periodo de un año, los cuales arrojarán un calendario fenológico.



**Nota:** Para el calendario fenológico aún no se realiza debido a que se observaron los datos obtenidos esta semana

## Objetivo 2

### - Caracterización de semillas

Para la caracterización de las semillas se evaluaron conforme lo menciona las normas ISTA (2016):

### Tamaño:

El tamaño se determinó midiendo el largo y el ancho de las semillas con la ayuda de papel milimetrado. Se recomienda seleccionar al azar 15 semillas para este análisis.

### Formulas:

$$\text{Largo} : \frac{\text{Largo semilla 1} + \text{Largo semilla 2} + \text{Largo semilla 3} + \dots}{N^{\circ} \text{ de semillas (15)}}$$

$$\text{Ancho} : \frac{\text{Ancho semilla 1} + \text{Ancho semilla 2} + \text{Ancho semilla 3} + \dots}{N^{\circ} \text{ de semillas (15)}}$$

### Color:

El color de la semilla se evaluó utilizando la Tabla de Munsell (2000), aquí se comparó con su gama de colores. Se analizaron 15 semillas.

### Textura:

La textura de la semilla puede ser lisa, rugosa, porosa o con líneas de fractura, se evaluó mediante el tacto y la vista en una muestra de 15 semillas seleccionadas al azar.

### - Calidad de semillas:



## Pureza



Primero se pesó la muestra con impurezas, para luego retirar las impurezas y volver a pesar la muestra purificada. Se recomienda tomar dos muestras de semillas.

### Formula:

$$\% \text{ de puerza} = \frac{\text{peso de semillas puras}}{\text{peso de semillas originales}} * 100$$

## Contenido de humedad

Se calculó tomando 2 muestras de 5 gramos de semillas. Estas fueron secadas en un horno a 103 °C durante 17 horas, y luego se determinó el contenido de humedad.

### Formula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso seco}}{\text{peso inicial}} * 100$$

## Peso

Para determinar el peso de las semillas, se tomó ocho repeticiones de 100 semillas, cada repetición se pesó y luego se calculó el promedio.

### Formula:

$$\text{Peso} = \frac{\text{Repeticion 1} + \text{Repeticion 2} + \text{Repeticion 3} + \dots}{\text{Numero total de repeticiones}}$$

## Porcentaje de germinación

Se evaluaron 400 semillas puras en 4 repeticiones de 100 semillas cada una por un período de 30 días. Cada día se observó y registró el número de semillas germinadas.

### Formula

$$\% \text{ de germinación} = \frac{\text{número de semillas germinadas}}{\text{número de semillas sembradas}} * 100$$



### Objetivo 3

#### - **Altura de plántula**

La altura se midió desde la base hasta el ápice de la planta, la unidad de medida para la evaluación fue en centímetros (cm). Para tomar estos datos, se empleó un flexómetro, que permitió obtener una medición precisa y fácil de la altura de la planta. Hay que tomar en cuenta que, para tomar la altura de la planta se lo realizó de un mismo lado, por todo el periodo de evaluación. La frecuencia de observación fue cada 30 días por 6 meses, lo que permitió hacer un seguimiento periódico del desarrollo de las plantas a lo largo del tiempo de estudio. Este dato no necesitó el uso de una fórmula, ya que se trató de una medición directa de la altura en cada momento de observación.

#### - **Diámetro basal**

La unidad de medida aplicada fue el milímetro (mm), para tomar estos datos, se emplearon hojas de campo para registrar los datos y un calibrador como instrumento de medición donde se midió el grosor del tallo de la planta a nivel de la base, específicamente en el punto donde el tallo comienza a despegarse del suelo, lo que garantizó una evaluación precisa del diámetro basal. La frecuencia de observación fue cada 30 días durante un periodo de 6 meses, lo que permitió un seguimiento detallado del crecimiento del tallo.

#### - **Diámetro de copa**

En el diámetro de copa se observó la longitud horizontal de la copa de la planta, medida en dos direcciones perpendiculares, lo que permitió obtener una representación más precisa del diámetro de la copa. La unidad de medida utilizada fue el centímetro (cm). Para tomar estas mediciones, se emplearon hojas de campo para registrar los datos y un flexómetro como instrumento de medición. La frecuencia de observación fue cada 30 días durante un período de 6 meses, lo que permitió realizar un seguimiento continuo del desarrollo de la copa. Para calcular el promedio del diámetro de copa, se sumaron los valores de las mediciones y se



dividieron entre dos, obteniendo así un valor representativo del diámetro de la copa en cada observación.

#### - Estado fitosanitario

La técnica que se tomó para realizar esta observación fue directamente con las plantas, identificando lesiones de plagas. Esto se ubicó con una puntuación del 4 al 1, donde se clasificaron en plantas excelentes, plantas buenas, plantas regulares y plantas malas. La toma de datos fue una vez cada 30 días por un periodo de 6 meses. A continuación, se muestra la evaluación del estado fitosanitario que se realizó con las plantas en vivero.

**Tabla 7**

*Evaluación de estado fitosanitario para plantas*

<b>Clasificación</b>	<b>Estado</b>	<b>Puntaje</b>
Excelentes	Sin lesiones de plagas y enfermedades	4
Bueno	Lesiones en un 25 % del área foliar	3
Regular	Lesiones en un 50% del área foliar	2
Malo	Lesiones en un 75% del área foliar	1

Fuente: (Erazo, 2010)

## 2.8 Procedimiento y análisis de datos.

Se comprobaron los supuesto estadísticos de Normalidad y Homocedasticidad. La Normalidad se determinó a través de la prueba de Shapiro- Wilk y la homocedasticidad mediante la prueba de Levene.

Al cumplirse el supuesto se utilizó la prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos. En este caso de cumplieron los supuestos y no se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.



El Análisis de Varianza (ANOVA) determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó la prueba de Dunnett para identificar que tratamientos presentaron un efecto diferente al sustrato testigo. No se cumplieron los supuestos estadísticos, por lo que no se recurrió a la prueba de Dunn para realizar esta comparación.



## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Determinación de la fenología en 10 árboles de *Cedrela spp*

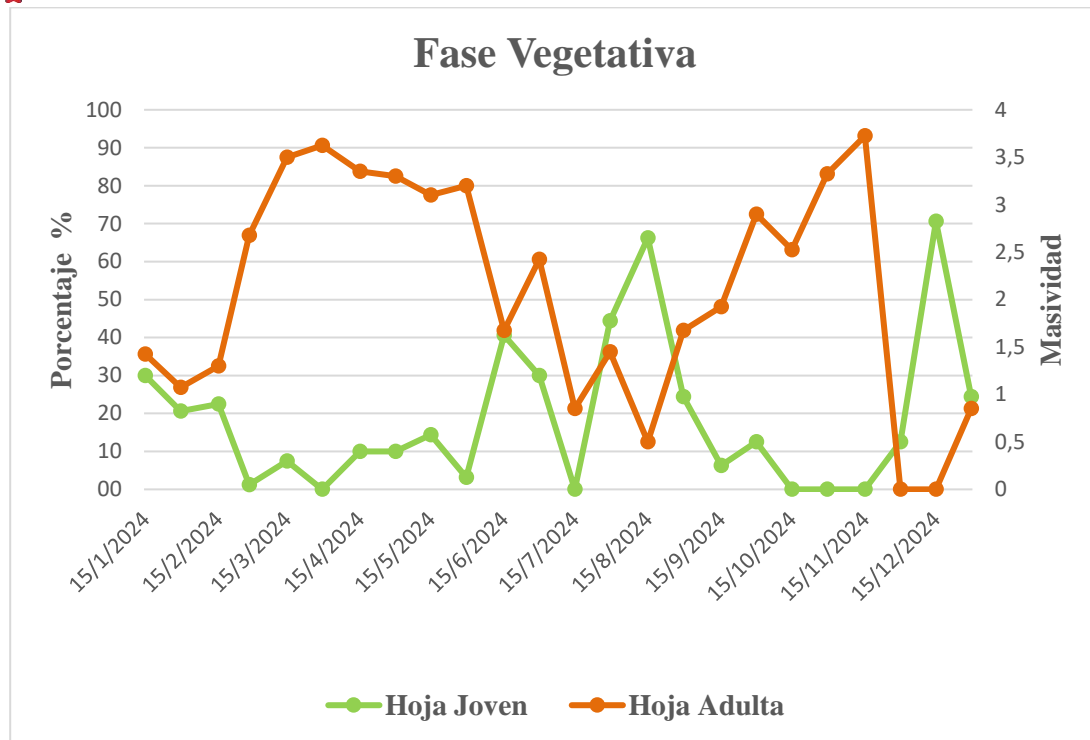
##### 3.1.1 Fase Vegetativa

Durante la fase vegetativa del ciclo fenológico, se observaron patrones diferenciados en el desarrollo de hojas jóvenes y adultas. La presencia de hoja joven mostró una dinámica variable a lo largo del año, con picos de aparición superiores en los meses de agosto con un 66.25 % y diciembre con un 70.63%. En estos periodos, la masividad fue alta, indicando una producción intensa de nuevo follaje. En contraste, durante los meses de octubre y noviembre la presencia de hoja joven fue nula, lo que refleja una pausa en la brotación.

Por otro lado, la hoja adulta presentó una cobertura más constante y elevada durante la mayor parte del año, alcanzando su punto máximo en noviembre, con un porcentaje del 93,1 %. La masividad en este caso también fue alta, lo que sugiere una fase de madurez foliar consolidada. Esta estabilidad en la presencia de hojas adultas indica que la planta mantiene una estructura foliar funcional durante gran parte del ciclo anual, posiblemente como estrategia para sostener procesos fisiológicos clave (Figura 2).

#### **Figura 2**

*Representación gráfica de la fase vegetativa de 10 individuos de Cedrela spp.*



Los resultados obtenidos en la fase vegetativa del presente estudio muestran una marcada estacionalidad en la aparición de hojas jóvenes y adultas, con picos de brotación foliar en los meses de agosto y diciembre, y una cobertura foliar adulta sostenida durante gran parte del año. Este patrón coincide con lo reportado por Calzada Valencia *et al.* (2021), quienes observaron que en *Cedrela odorata* la brotación foliar se incrementa a partir de diciembre, mientras que la caída de follaje alcanza su punto máximo en marzo, disminuyendo progresivamente en los meses siguientes. Esta dinámica sugiere una estrategia adaptativa que permite a la especie mantener su funcionalidad fisiológica a lo largo del año, incluso en condiciones climáticas variables.

### 3.1.2 Fase Reproductiva

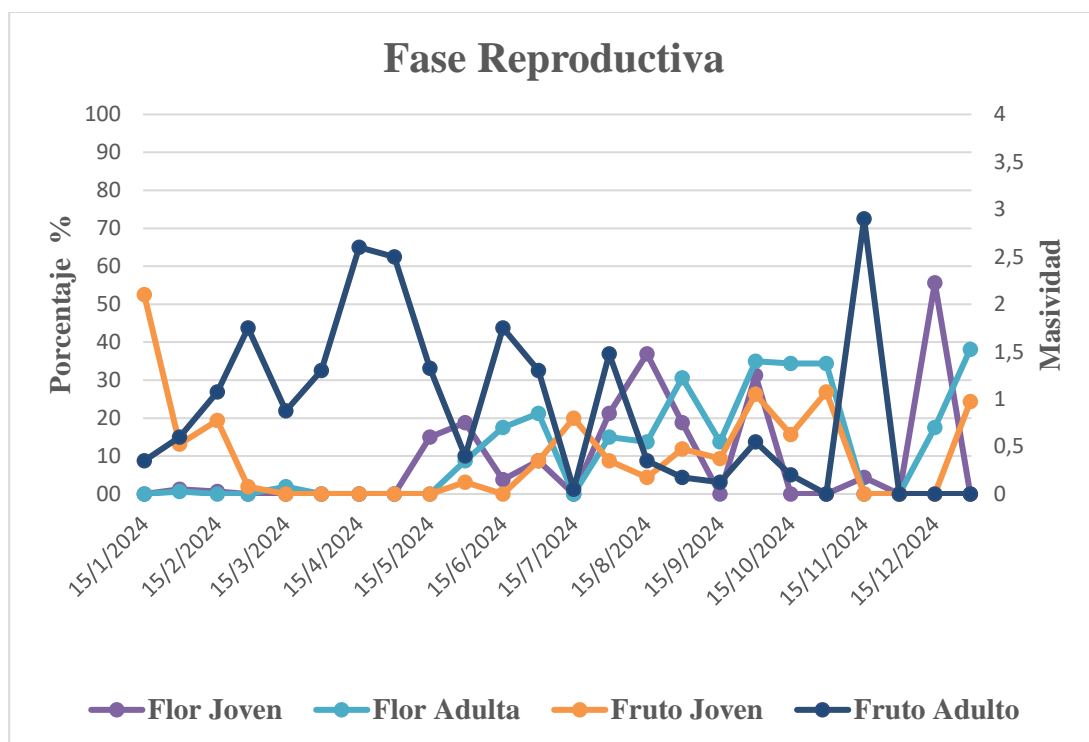
A lo largo del ciclo anual, la fase reproductiva mostró una secuencia clara en la aparición y desarrollo de estructuras florales y frutales. La presencia de flores jóvenes fue evidente en varios momentos del año, con picos destacados en agosto (36.88 %) y diciembre (55.63%), donde se alcanzaron porcentajes superiores al 50 %, lo que indica una masividad

moderada a alta. Posteriormente, las flores adultas alcanzaron su mayor expresión en los meses de septiembre, octubre y diciembre, con valores cercanos al 35 %, reflejando una transición efectiva hacia la madurez floral.

En cuanto al desarrollo de frutos, se observó que los frutos jóvenes fueron más abundantes en enero, septiembre y octubre, con porcentajes superiores al 40 %. Por su parte, los frutos maduros alcanzaron su mayor presencia en abril y noviembre, superando el 60 %, lo que representa una masividad alta y señala los periodos de mayor actividad reproductiva y posible dispersión de semillas (Figura 3).

**Figura 3**

*Representación gráfica de la fase reproductiva de 10 individuos de Cedrela spp.*



Los resultados obtenidos en la fase reproductiva de *Cedrela spp.* revelan una secuencia fenológica bien definida, con la aparición de flores jóvenes en junio, agosto y diciembre, seguidas por flores adultas en agosto, octubre, noviembre y diciembre, culminando



con frutos jóvenes en los meses de enero y octubre, y frutos maduros en los meses de abril y noviembre. Esta progresión indica una estrategia reproductiva continua, con momentos de mayor intensidad que podrían estar influenciados por factores climáticos como la temperatura.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Gálvez López *et al.* (2020), quienes destacan que *Cedrela odorata* presenta una alta sensibilidad a factores abióticos, especialmente la temperatura, que influye directamente en la floración y fructificación. Además, señalan que la fragmentación del hábitat y la presión por aprovechamiento han afectado la sincronía reproductiva entre individuos, lo cual puede comprometer la eficiencia de la polinización y la producción de semillas viables.

En este contexto, la presencia simultánea de flores y frutos en distintos estados fenológicos observada en este estudio podría interpretarse como una estrategia adaptativa frente a condiciones ambientales variables, permitiendo a la especie asegurar su reproducción a lo largo del año.

### 3.2. Análisis de calidad de semilla

#### 3.2.1. Caracterización de semillas

##### 3.2.1.1. Tamaño

En la Tabla 8, las semillas analizadas presentaron un largo promedio de 3,5 cm y un ancho promedio de 1,2 cm, con ligeras variaciones entre muestras individuales. Estos valores fueron obtenidos a partir de la medición de 15 semillas seleccionadas al azar.

**Tabla 8**

*Tamaño de semillas de Cedrela spp.*

N° de semillas	Largo	Ancho
1	3,5	1,2
2	3,7	1
3	3,5	1,1
4	3,8	1,5



5	3,4	1
6	3,8	1,1
7	3,6	1,5
8	3,9	1,4
9	2,9	1
10	3,1	1,5
11	3	1,3
12	3,9	1
13	3,4	1,1
14	3,7	1,1
15	3,6	1,3
<b>PROMEDIO</b>	<b>3,5</b>	<b>1,2</b>


El tamaño de la semilla es un parámetro clave en la evaluación de su calidad fisiológica y su potencial de germinación. En el caso de *Cedrela spp.*, los valores obtenidos son consistentes con lo reportado por López y Montero (2005), quienes describen semillas de esta especie con dimensiones similares en estudios realizados en bosques tropicales húmedos.

### 3.2.1.2. Color

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 9, las semillas de *Cedrela spp.* presentaron un color uniforme en todas las muestras observadas (6/6). El color fue evaluado visualmente y comparado con la tabla de Munsell, identificándose dentro de una categoría marrón claro, correspondiente a un valor aproximado de 10YR 5/4 (matiz amarillo-rojo, valor medio, croma moderado).

**Tabla 9**

*Color de semillas de Cedrela spp.*

Especie	Color	Fotografía
<i>Cedrela spp.</i>	6/6	




---


La uniformidad en el color de las semillas sugiere una buena madurez y sanidad, ya que colores homogéneos suelen estar asociados a semillas fisiológicamente viables. Según el sistema Munsell, el color 10YR 5/4 es común en semillas maduras de especies tropicales, y su presencia puede estar relacionada con la acumulación de compuestos fenólicos o lignina en la cubierta seminal.

### 3.2.1.3. Textura

Las semillas evaluadas presentaron una textura lisa de forma uniforme en todas las muestras observadas como se presenta en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Textura de semillas de Cedrela spp.*

Especie	Textura	Fotografía
<i>Cedrela spp.</i>	Lisa	

La textura lisa observada en las semillas de *Cedrela odorata* es un indicador de madurez fisiológica y sanidad superficial. Este tipo de textura facilita la manipulación, el almacenamiento y la siembra, ya que reduce la fricción entre semillas y minimiza el riesgo de daño mecánico. Según Prado y Valdebenito (2000), las semillas con superficies lisas tienden



a tener una mejor respuesta en procesos de germinación, ya que presentan menor resistencia a la absorción de agua durante la imbibición.

### 3.2.2. Calidad de semillas

#### 3.2.2.1. Pureza

El análisis de pureza arrojó un valor de 85 %, calculado a partir del peso de semillas puras (1,7 g) respecto al peso total de la muestra (2,0 g), como se observa en la Tabla 11.

**Tabla 11**

*Porcentaje de pureza de semillas de Cedrela spp.*

<b>Peso de semillas puras</b>	<b>Peso de semillas originales</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1,7	2	85

Un porcentaje de pureza del 85 % indica que la muestra contiene una proporción alta de semillas viables y libres de impurezas. Según la Dirección de Manejo y Restauración de Bosques, Departamento de Semillas y Recursos Genéticos Forestales (2021), valores superiores al 80 % son considerados aceptables para fines de propagación forestal, lo cual respalda la calidad del lote evaluado.

#### 3.2.2.2. Contenido de humedad

El contenido de humedad promedio fue de 16,05 %, calculado a partir de dos muestras con pesos iniciales y secos registrados, como se muestra en la Tabla 12.

**Tabla 12**

*Porcentaje del contenido de humedad de semillas de Cedrela spp.*



<b>Muestra</b>	<b>Peso inicial (gr)</b>	<b>Peso seco (gr)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1	6,1	5,15	15,57
2	6,05	5,05	16,53

Este nivel de humedad se encuentra dentro del rango recomendado para el almacenamiento y siembra de semillas forestales tropicales. De acuerdo con Aguilar y Fernández (2024), un contenido de humedad entre 10 % y 18 % es ideal para mantener la viabilidad sin riesgo de deterioro por hongos o fermentación.

### 3.2.2.3. Peso

De acuerdo con los datos registrados en la Tabla 13, el peso promedio de las semillas fue de 2,1 gr, con ligeras variaciones entre repeticiones y el número de semillas por kilogramo fue de 47619 kg.

**Tabla 13**

*Peso de 8 repeticiones de semillas y número de semillas por kilogramo de Cedrela spp.*

<b>Repeticiones</b>	<b>Peso</b>	<b>Número de semillas/ Kg</b>
1	2,1	47619
2	2,1	
3	1,6	
4	2,6	
5	1,9	
6	1,7	
7	2,3	
8	2,3	
<b>Total</b>	<b>2,1</b>	<b>47.619</b>

El peso de la semilla es un indicador indirecto de su contenido nutricional y potencial de germinación. Desde un punto de vista práctico para Pennington y Muellner (2010), el alto número de semillas por kilogramo (47.619) indica que *Cedrela spp.* produce semillas livianas



lo que podría facilitar su dispersión natural por viento. Sin embargo, semillas más livianas podrían tener menores reservas energéticas, lo que podría reducir las tasas de germinación o el crecimiento inicial de las plántulas en condiciones de campo, especialmente en suelos degradados. Para Aguilar y Fernández (2024) es importante complementar estos datos con ensayos de germinación.

#### 3.2.2.4. Porcentaje de germinación

En la Tabla 14 se presentan los resultados del proceso de germinación que inició a partir del día 6 y alcanzó un porcentaje final del 73 % al día 30. La germinación acumulada mostró un incremento sostenido, especialmente entre los días 10 y 20.

**Tabla 14**

*Porcentaje de germinación de semillas de Cedrela spp. con 4 repeticón*

Día	Repeticiones				Número total de semillas geminadas
	1	2	3	4	
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	1	0	1	0	2
7	2	2	3	1	8
8	4	4	5	2	15
9	5	6	5	3	19
10	9	10	8	6	33
11	15	15	13	10	53
12	15	15	14	12	56
13	16	17	16	15	64
14	18	18	19	18	73
15	20	21	21	20	82
16	24	23	24	23	94
17	28	26	27	25	106
18	30	30	31	29	120
19	35	36	34	35	140
20	38	40	39	40	157
21	43	46	45	44	178
22	47	50	50	50	197



23	52	54	55	56	217
24	54	58	59	60	231
25	60	65	65	67	257
26	65	70	70	70	275
27	70	72	73	75	290
28	70	72	73	75	290
29	70	73	74	75	292
30	70	73	74	75	292
<b>Porcentaje %</b>					<b>73</b>

Una tasa de germinación del 73 % es considerada alta para especies forestales tropicales. Por ejemplo, Torres *et al.* (2018) reportan tasas de germinación de *Cedrela odorata* L. entre el 60% y 80% en condiciones controladas, dependiendo del tratamiento pregerminativo y la calidad de las semillas. El valor obtenido en este estudio se encuentra dentro de este rango, para Aguilar & Fernández (2024), en un estudio sobre *Bernoullia flammea*, reportaron tasas de germinación de hasta el 85% en condiciones similares, lo que sugiere que factores específicos como el peso de las semillas o su procedencia de *Cedrela spp.*, influyeron el resultado.

### **3.3. Efecto de los sustratos en el crecimiento de plántulas de *Cedrela spp.* en vivero**

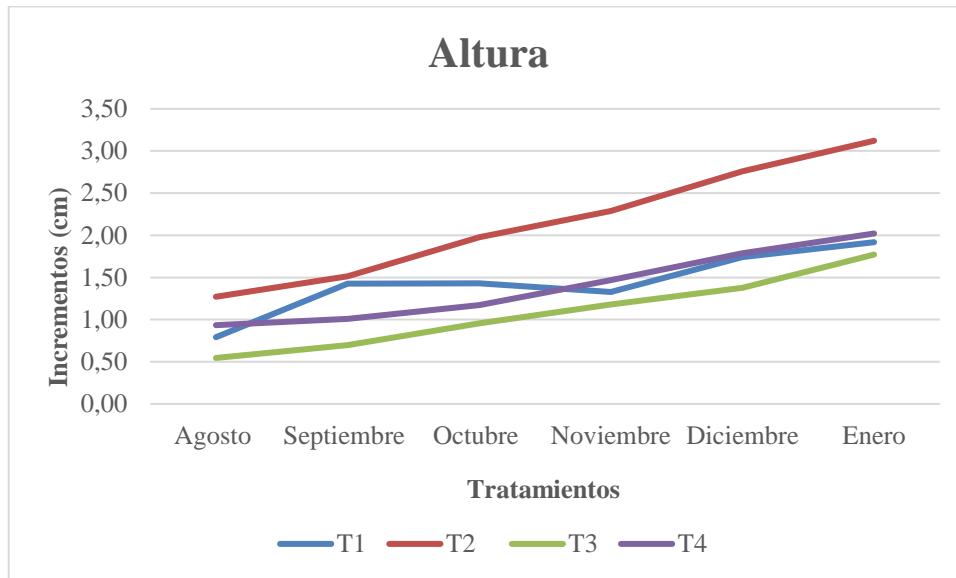
#### **3.3.1. Altura**

El análisis del incremento mensual en altura de *Cedrela spp.* mostró diferencias notables entre los tratamientos evaluados, los cuales corresponden a distintos tipos de sustrato. Aunque el análisis estadístico arrojó diferencias significativas con un p-valor 0,0636 (ver en el anexo 1, tabla 1), los valores promedio mensuales permiten identificar tendencias claras. El tratamiento T2 presentó el mayor incremento promedio en altura, especialmente entre los meses diciembre y enero con un promedio de 3 cm, lo que sugiere que este sustrato favoreció un desarrollo más constante y vigoroso en las plantas. En contraste, el tratamiento T3 mostró los incrementos más bajos con un promedio en el mes de enero de 1.75 cm, lo que indica una menor eficiencia del sustrato en el crecimiento de las

plantas (Figura 4).

### Figura 4

*Incremento mensual de las plantas de Cedrela spp. en altura*



Estos resultados coinciden con lo reportado por Guigues (2018), quien evaluó el crecimiento inicial de *Cedrela odorata* en vivero bajo diferentes sustratos y encontró que el tratamiento con mezcla de aserrín, gallinaza, tierra natural y arena (30:30:30:10) presentó el mayor incremento en altura (14,2 cm en seis meses), así como la mayor sobrevivencia de plántulas. Este tipo de sustrato, rico en materia orgánica y con buena aireación, podría estar relacionado con un comportamiento similar al observado en el tratamiento T2 de este estudio.

Asimismo, Basave Villalobos *et al.* (2016) señalaron que la calidad de planta de *Cedrela odorata* en vivero está fuertemente influenciada por las características del sustrato y el volumen del envase. En su estudio, las plántulas producidas con sustratos enriquecidos y en envases de mayor volumen mostraron mejor desempeño en campo, lo que refuerza la importancia de seleccionar adecuadamente el medio de crecimiento desde la etapa de vivero.

En conjunto, aunque no se detectaron diferencias estadísticas, los resultados sugieren que el sustrato correspondiente al tratamiento T2 fue el más favorable para el crecimiento en

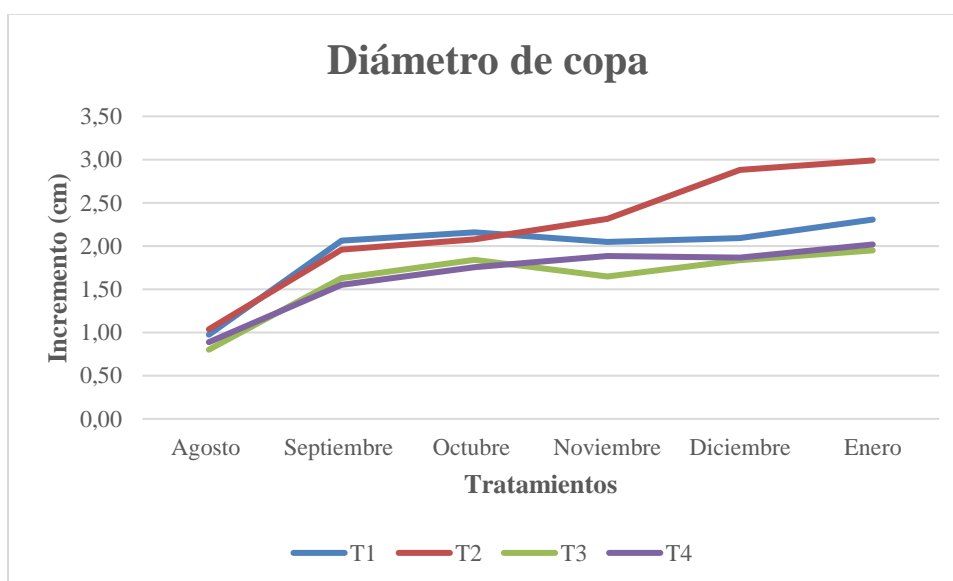
altura de *Cedrela spp.*, mientras que T3 fue el menos efectivo.

### 3.3.2. Diámetro de copa

Durante el periodo de evaluación de agosto a enero, se observaron diferencias significativas con un p -valor de 0.1110 (ver en el anexo 1, tabla 2) en el incremento promedio mensual del diámetro de copa del cedro entre los tratamientos aplicados. El tratamiento T2 mostró un comportamiento más estable y con incrementos positivos en todos los meses, destacándose especialmente en noviembre y diciembre con un incremento de 2.50 cm, donde superó consistentemente a los demás tratamientos. Por su parte, el tratamiento T2 no se evidencio incrementos significativos entre los meses de septiembre y octubre (Figura 5).

**Figura 5**

*Incremento mensual de las plantas de Cedrela spp. en diámetro de copa*



Los resultados obtenidos indican que el tratamiento T2 fue el más favorable para el desarrollo del diámetro de copa del cedro, lo cual sugiere que el sustrato utilizado en este tratamiento proporcionó mejores condiciones físicas y nutricionales para el crecimiento lateral



de la planta. Este comportamiento coincide con lo reportado por Calzada et al. (2023), quienes observaron que el desarrollo vegetativo de *Cedrela odorata*, incluyendo la expansión de copa, está estrechamente relacionado con la disponibilidad de nutrientes y la estructura del sustrato en vivero.

Asimismo, estudios como el de Pinedo (2015) han demostrado que sustratos enriquecidos con materia orgánica, como mezclas de tierra negra, compost y arena, favorecen significativamente el crecimiento en diámetro de copa en especies forestales tropicales. En contraste, sustratos con baja capacidad de retención de humedad o pobre en nutrientes pueden limitar el desarrollo de la copa, como se evidenció en el tratamiento T3, que presentó incrementos bajos.

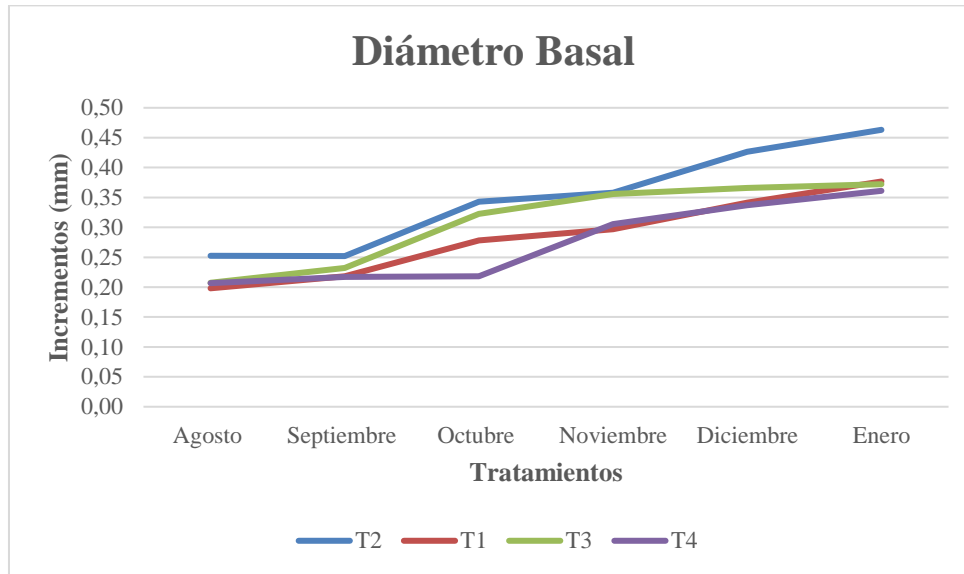
Estos hallazgos refuerzan la importancia de seleccionar adecuadamente el sustrato en la etapa de vivero, ya que influye directamente en la arquitectura de la planta y su capacidad de adaptación al trasplante. Aunque no se realizó un análisis estadístico específico para esta variable, las tendencias observadas permiten concluir que el sustrato correspondiente al tratamiento T2 promueve un crecimiento más equilibrado y vigoroso de *Cedrela spp.*

### 3.3.3. Diámetro Basal

Los resultados obtenidos muestran que se encontraron diferencias significativas entre tratamientos con un p valor de 0,0952 (ver anexo 1, tabla 3), el tratamiento T2 presentó un efecto estadísticamente diferente en cuanto al incremento del diámetro basal y con la media más alta de (0,46 mm), mientras que los tratamientos T1 (0,38 mm), T3 (0,37 mm) y T4 (0,36 mm) no tienen diferencias significativas. El tratamiento T4 reportó una media baja, lo que indica un desempeño más bajo entre los demás sustratos (Figura 6).

#### **Figura 6**

*Incremento mensual de las plantas de Cedrela spp. en diámetro basal*



Estas tendencias sugieren que el sustrato utilizado en T2 podría haber ofrecido condiciones más favorables para el engrosamiento del tallo, lo cual es fundamental para la estabilidad y vigor de la planta. Este hallazgo coincide con lo reportado por Guigues (2018), quienes observaron que *Cedrela odorata* mostró un mayor crecimiento en diámetro basal cuando se cultivó en sustratos con buena estructura física y capacidad de retención de agua, incluso bajo condiciones de estrés hídrico.

Asimismo, Aldrete *et al.* (2023) destacan que el desarrollo del diámetro basal está estrechamente vinculado a la arquitectura radicular y a la disponibilidad de nutrientes, factores que dependen directamente de la calidad del sustrato. Esto refuerza la idea de que un sustrato bien balanceado, como el utilizado en T2, puede favorecer un crecimiento más vigoroso.

Por otro lado, Rodríguez *et al.* (2016) señalan que el diámetro del tallo es un indicador clave del vigor de la planta y su capacidad de adaptación al trasplante. En este contexto, el comportamiento más estable de T2 y T1 podría traducirse en una mejor preparación de las plantas para su establecimiento en campo.

En contraste, el tratamiento T4 mostró los incrementos más irregulares en algunos meses, lo



que podría estar relacionado con deficiencias en la composición del sustrato, como baja capacidad de retención de humedad o escasa disponibilidad de nutrientes. Esto concuerda con lo observado por Aguirre *et al.* (2018), quien advierte que sustratos pobres en materia orgánica pueden limitar el desarrollo basal en especies forestales tropicales.

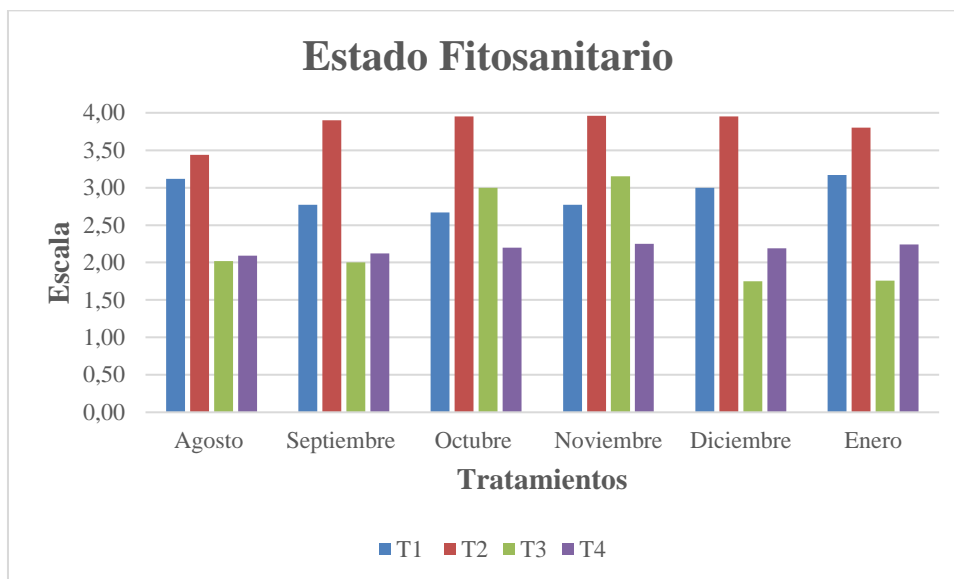
#### 3.3.4. Estado fitosanitario

El análisis del estado fitosanitario de las plantas desde el mes de agosto hasta enero del 2023 -2024, evaluado mediante la escala de Erazo (2010), reveló diferencias notables entre los tratamientos. Esta escala clasifica el estado de las plantas en cuatro niveles: Excelente (4 puntos), Bueno (3 puntos), Regular (2 puntos) y Malo (1 punto), en función del porcentaje de área foliar afectada por plagas o enfermedades.

El tratamiento T2 se destacó por mantener un estado fitosanitario consistentemente alto a lo largo del periodo evaluado, con promedios mensuales cercanos o superiores a 3 puntos, lo que lo ubica dentro de la categoría “Bueno” y en ocasiones rozando el nivel “Excelente”. Esta estabilidad sugiere que el sustrato y manejo aplicados en T2 proporcionaron condiciones adecuadas para la salud vegetal, posiblemente gracias a una mejor estructura física del sustrato, adecuada aireación y disponibilidad de nutrientes (Figura 7).

#### Figura 7

*Representación gráfica de las plantas de Cedrela spp. con el Estado Fitosanitario*



Los resultados muestran que el tratamiento T2 mantuvo un estado fitosanitario promedio dentro de la categoría “bueno” durante todo el periodo, e incluso alcanzó niveles cercanos a “excelente” en enero. Este comportamiento sugiere que el sustrato y manejo asociados a T2 ofrecieron condiciones favorables para el desarrollo saludable de las plantas. Esto coincide con lo reportado por Altimira *et al.* (2016), quienes encontraron que *Cedrela odorata* cultivada en sustratos con buena estructura física y capacidad de retención de agua mostró menor incidencia de enfermedades foliares.

En contraste, el tratamiento T3 presentó los valores más bajos en los meses de diciembre y enero, manteniéndose en la categoría “regular” e incluso acercándose a “malo”. Este patrón podría estar relacionado con deficiencias nutricionales o una mayor susceptibilidad a patógenos, como lo señalan Cobos *et al.* (2013), quienes destacan que un sustrato pobre en nutrientes puede debilitar las defensas naturales de las plantas, haciéndolas más vulnerables a ataques bióticos.

El tratamiento T1, aunque inició con valores altos, no mostró diferencias significativas entre los meses de septiembre, octubre y noviembre, lo que indica que se mantuvo sanidad sin mejoras y deterioros en las plantas durante esos meses. Este tipo de comportamiento ha sido



documentado por Daubresse *et al.* (2010), quienes explican que la salud foliar está estrechamente ligada a la dinámica de nutrientes en el suelo y a la interacción con microorganismos benéficos.



## CAPÍTULO IV

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

- El estudio fenológico de *Cedrela spp.* permitió identificar patrones claros en sus fases vegetativas y reproductivas, evidenciando una brotación foliar intensa en los meses de agosto y diciembre, la floración destaca en mayo, agosto y diciembre. La fructificación se concentró entre enero y junio, lo que sugiere una estrategia reproductiva prolongada. Estos resultados son fundamentales para establecer calendarios óptimos de recolección de frutos y planificación de viveros.
- El análisis de calidad de semillas de *Cedrela spp.* permitió identificar características físicas y la calidad de la semilla que influye directamente en su viabilidad. Las semillas presentaron un alto porcentaje de pureza, un contenido de humedad adecuado y una tasa de germinación alta, lo que indica una buena calidad fisiológica. Estos resultados reflejan que, bajo condiciones controladas y con una adecuada selección de frutos, es posible obtener semillas con alto potencial para la producción en vivero.
- El tratamiento T2, compuesto por suelo de sitio, humus y pomina, demostró ser el más eficiente para promover un crecimiento vigoroso y saludable, con resultados superiores en altura, diámetro basal, diámetro de copa y estado fitosanitario, lo que lo convierte en una alternativa viable para los viveros forestales.



## Recomendaciones

- Se recomienda a los Gobiernos Autónomos Descentralizados y al Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica considerar los resultados de esta investigación para mejorar sus programas de reforestación con especies nativas. Se sugiere implementar capacitaciones técnicas en viveros forestales sobre la importancia de la fenología y la calidad del sustrato, con el fin de mejorar la eficiencia en la producción de plantas y aumentar la tasa de éxito en campo.
- Es importante dar continuidad a esta línea de investigación, ampliando el estudio a otras regiones y condiciones climáticas para validar y adaptar los resultados obtenidos. Se recomienda establecer un sistema de monitoreo fenológico permanente para *Cedrela spp.* por parte de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, que permita actualizar periódicamente los calendarios de floración y fructificación.



## Referencias Bibliográficas

- Abad, M. B., Noguera, P. M., & Carrión, C. B. (2005). Sustratos en los cultivos sin suelo y fertirrigación. En C. L. Cadahía (Ed.), *Fertirrigación: Cultivos hortícolas y ornamentales* (pp. 299–352). Mundi-Prensa.  
[https://www.researchgate.net/publication/259286607\\_Los\\_sustratos\\_en\\_los\\_cultivos\\_sin\\_suelo](https://www.researchgate.net/publication/259286607_Los_sustratos_en_los_cultivos_sin_suelo)
- Altimira, J., Arnal, A., Boada, M., Casanova, C., Herrero, J., Boada, M., & Ruiz, V. (2016). Evaluación de parámetros de crecimiento en plántulas de *Cedrela odorata* bajo diferentes condiciones hídricas y su adaptación en sustratos degradados. *Revista Científica Estelí*, (14), 86-96. <https://doi.org/10.5377/farem.v0i14.2585>
- Aguilar Sandi, D., & Fernández Otárola, M. (2024). Germinación de semillas del árbol neotropical *Bernoullia flammea* (Malvaceae, Bombacoideae) y descripción de su plántula. *Acta Botanica Mexicana*, (131), e2330.  
<https://www.redalyc.org/journal/574/57478628051/html/>
- Aguirre Forero, S.E., Piraneque Gambasica, N. V., & Barrios, N. (2018). Análisis del efecto del sustrato sobre la calidad de plántulas en cinco especies forestales adaptadas a Santa Marta – Colombia. *Revista Espacios*, 39(47), 33.  
<https://www.revistaespacios.com/a18v39n47/a18v39n47p33.pdf>
- Aldrete, A., Sánchez-Velázquez, J.R., Aguilera-Rodríguez, M., Cibrián-Tovar, D., & García-Díaz, S.E. (Eds.). (2023). *Manual de buenas prácticas para el manejo de la salud de planta en viveros forestales*. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México, México. 244p.  
[https://www.researchgate.net/publication/379911701\\_Calidad\\_de\\_planta\\_en\\_viveros\\_forestales](https://www.researchgate.net/publication/379911701_Calidad_de_planta_en_viveros_forestales)



- Almaguer. (1998). Diccionario panhispánico. Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española. Obtenido de Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española
- Alvarez-Buylla, E. R., & Martinez-Ramos, M. (1992). Demography and allometry of *Cecropia obtusifolia*, a neotropical pioneer tree: An evaluation of the climax-pioneer paradigm for tropical rain forests. *Journal of Ecology*, 80(2), 275-290.  
<https://www.jstor.org/stable/2261011>
- Basave Villalobos, E., et al. (2016). Calidad de planta de *Cedrela odorata* L. asociada con prácticas culturales de vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 7(36), 65-80.  
<https://www.redalyc.org/pdf/634/63449186006.pdf>
- Bonner, F. T. (1985). *Glosario de términos sobre germinación de semillas para especialistas en árboles semilleros* (General Technical Report SO-55). USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station.  
[https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/gtr/gtr\\_so55.pdf](https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/gtr/gtr_so55.pdf)
- Bunt, A. C. (1988). *Media and mixes for container-grown plants* (2nd ed.). Unwin Hyman.  
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-011-7904-1>
- Burés, S. (1997). *Sustratos*. Ediciones Agrotécnicas S.L.  
<https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-UAAAN:30053/Description>
- Burelo, C., Córdova, D., Campos, M., Morales, N., Álvarez, W., Muñiz, N., y Beauregard, G. (2020). Meliaceae (Sapindales): Riqueza y distribución en el estado de Tabasco, México. *Acta Botánica Mexicana*, 127, 1-16.  
<https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1741>
- Calzada Valencia, A. L., Angulo Cabezas, K. D., Yela Lara, S. del M., & Ordoñez Jurado, H. R. (2023). *Estudio fenológico de las especies forestales Cedrela odorata L (Meliaceae) y Cordia alliodora (Ruiz & Pav.) Oken (Boraginaceae) en el municipio*



de Tumaco, Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 17(2), 55–

70. <https://doi.org/10.18359/rfcb.5606>

Cabascango, M. V. (2011). Evaluación de cuatro tipos de sustratos y tres niveles de humus en la obtención de plántulas de nogal (*Juglans neotrópica*) en la zona de Otavalo, Provincia de Imbabura. [Tesis de pre-grado, Universidad Técnica de Babahoyo].

<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/128>

Candahía, C. (2005). *Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales* (3.ª ed.). Mundi-Prensa.

<https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484762478/fertirrigacion--cultivos-hortícolas--frutales-y-ornamentales->

Casas Flores, R. (2012). *El suelo de cultivo y las condiciones climáticas* [Libro electrónico].

Ediciones Paraninfo, S.A. [El suelo de cultivo y las condiciones climáticas - Google Books](#)

Celis-Velázquez, R., Peña-Valdivia, C. B., Luna, M. C., Aguirre, J. R., Carballo, A., & Trejo, C. (2008). Variabilidad morfológica seminal y del vigor inicial de germoplasma mejorado de frijol. *Agronomía Mesoamericana*, 19(2), 179-193.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43711425003>

Cegarra, JA, Roig, AF, Navarro, MP, Bernal, M., Abad, M., Climent, D., & Aragón, P. (1993).

Características, compostaje y uso agrícola de residuos sólidos urbanos. En *Memorias Jornadas de Recogidas Selectivas en Origen y Reciclaje* (págs. 46–55). Córdoba,

España: Ed Mundi-Prensa. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193232493007.pdf>

Córdova-Córdova, D., Burelo-Ramos, C. M., Campos-Díaz, M. J., Meled Morales-Rodríguez,

N. E., Álvarez-Jiménez, W., Beauregard Solís, G., Muñoz-Chavarría, N., & Ortega-

Ramírez, M. E. (2020). Meliaceae (Sapindales): Riqueza y distribución en el estado de



Tabasco, México. *Acta Botánica Mexicana*, 127, 1-16.

<https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1741>

Chisaguano Chicaiza, M. A. (2022). Evaluación de dos sustratos para la producción de campanas de Irlanda (*Molucella laevis*), en invernadero. [ Tesis de pre grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17414>

Costa, F. (2010). *Fenología de árboles tropicales: Una revisión*.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25009.07526>

Cobos Suárez, P., Martínez Saavedra, G., Gutiérrez Tejada, G. Á., Miguel Martínez, F. J., &

Cobos Suárez, J. M. (2013). Estado fitosanitario de las masas de *Abies pinsapo* Boiss.

En J. López Quintanilla (Coord.), *Los pinsapares en Andalucía (Abies pinsapo Boiss.):*

*conservación y sostenibilidad en el siglo XXI* (pp. 415–441). Editorial: Junta de

Andalucía. ISBN 9788499271378.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4520070>

De Cara, J. A., y Mestre, A. (2006). La observación fenológica en agrometeorología y climatología. *Revista del Aficionado a la Meteorología*, (45).

<https://www.meteored.com/ram/2764/la-observacin-fenolgica-en-agrometeorologa-y-climatologa/#more-2764>

Dirección de Manejo y Restauración de Bosques, Departamento de Semillas y Recursos

Genéticos Forestales. (2021). Guía técnica de frutos y semillas forestales (Serie técnica

GT-0.46). Instituto Nacional de Bosques (INAB).

[https://www.inab.gob.gt/images/documentos/tecnicos/guia\\_tecnica\\_semillas\\_final.pdf](https://www.inab.gob.gt/images/documentos/tecnicos/guia_tecnica_semillas_final.pdf)

Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: Su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 1-12.



[https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362010000100011](https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011)

Masclaux-Daubresse, C., Daniel-Vedele, F., Dechorgnat, J., Chardon, F., Gaufichon, L., & Suzuki, A. (2010). Captación, asimilación y removilización de nitrógeno en las plantas: desafíos para una agricultura sostenible y productiva. *Anales de Botánica*, 105(7), 1141–1157. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq028>

Facena. (2022). *Fisiología de la floración* (TESCAM, Ed.) <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/floracion%20fructificacion%20germinacion.pdf>

Fournier, L. A., y Charpantier, C. (1978). El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Cespedesia*, Suplemento 2(7), 25-26. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5678816.pdf>

Gayosso, S., Borges, L., Villanueva, E., Estrada, M., y Garruña, R. (2016). Sustratos para producción de flores. *Agrociencia*, 50(5), Fotociencia. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952016000500617#:~:text=Los%20sustratos%20se%20clasifican%20en,et%20al.%2C%202005](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000500617#:~:text=Los%20sustratos%20se%20clasifican%20en,et%20al.%2C%202005).

García C., O., Alcántar G., G., Cabrera, R. I., Gavi R., F., & Volke H., V. (2001). Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra Latinoamericana*, 19(3), 249-258. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57319306.pdf>

García-López, J. I., Ruiz-Torres, N. A., Lira-Saldivar, R. H., Vera-Reyes, I., & Méndez-Argüello, B. (2016). *Técnicas para evaluar germinación, vigor y calidad fisiológica de semillas sometidas a dosis de nanopartículas*. [Revista/Conferencia]. Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, Coahuila.



<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/334/1/T%C3%A9nicas%20Para%20Evaluar%20Germinaci%C3%B3n,%20Vigor%20y%20Calidad%20Fisiol%C3%B3gica%20de%20Semillas%20Sometidas%20a%20Dosis%20de%20Nanopart%C3%ADculas.pdf>

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

Gómez, L. (2010). Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de Corantioquia, un paso hacia su conservación. Medellín, Colombia: Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia Corantioquia.  
<https://www.corantioquia.gov.co/wpcontent/uploads/2022/01/fenologia.pdf>

González, L. (2011). *Flora de Costa Rica I: Guía práctica*. Editorial Universidad Estatal a Distancia. <https://editorial.uned.ac.cr/gpd-flora-de-costa-rica-i-9789968318310.html>

Granados, G. M. (2020, Agosto). El Estudio Fenológico Como Herramienta Tecnológica En El Manejo De Cultivos Agrícola. Obtenido de [https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA/memorias2020/verpdf/Extenso4\\_paper2020.pdf](https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA/memorias2020/verpdf/Extenso4_paper2020.pdf)

Grossnickle, S., y MacDonald, J. (2018). Seedling quality: History, application, and plant attributes. *Forests*, 9(5), 1-18. <https://doi.org/10.3390/f9050189>

Guigues, A. (2018). *Evaluación de crecimiento de Cedrela odorata y Grevillea robusta en diferentes sustratos durante su fase de propagación* [Tesis de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina].  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31450.90563>



- Haase, D. L., Castillo Dumroese, R., Wilkinson, K. M., & Landis, T. D. (2016). Conceptos y prácticas de viveros tropicales. En *Manual de silvicultura tropical* (pp. 1005–1041). [https://doi.org/10.1007/978-3-642-54601-3\\_142](https://doi.org/10.1007/978-3-642-54601-3_142)
- IBGE. (1992). *Manual técnico da vegetação brasileira* (n. 1). IBGE. <https://biblioteca.ibge.gov.br/pt/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=223267>
- International Seed Testing Association (ISTA). (2016). *Reglas internacionales para el análisis de las semillas* 2016. Bassersdorf, Suiza: ISTA. [https://vri.umayor.cl/images/ISTA\\_Rules\\_2016\\_Spanish.pdf](https://vri.umayor.cl/images/ISTA_Rules_2016_Spanish.pdf)
- Kometter, R., Rodríguez, C. R., & Chavesta, M. (2023, mayo). *Caracterización dendrológica y anatómica de las especies del género Cedrela* [Informe técnico]. GFA Consulting Group GmbH. [https://www.researchgate.net/publication/370865923\\_CHARACTERIZACION\\_DEN\\_DROLOGICA\\_Y\\_ANATOMICA\\_DE\\_LAS\\_ESPECIES\\_DEL\\_GENERO\\_CEDRELA](https://www.researchgate.net/publication/370865923_CHARACTERIZACION_DEN_DROLOGICA_Y_ANATOMICA_DE_LAS_ESPECIES_DEL_GENERO_CEDRELA)
- Libreros, SS (2012). La caña de azúcar fuente de energía: Compostaje de residuos industriales en Colombia. *Tecnicaña*, 28, 13–14. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362014000400007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000400007)
- López, G., Lira, R., y Méndez, B. (2015). Medición de intercambio gaseoso, área foliar e índice de clorofila en plantas elicidadas con nanopartículas. [Revista/Conferencia]. Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, Coahuila, México. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/338/1/Medici%C3%B3n%20de%20Intercambio%20Gaseoso%2C%20C3%81rea%20Foliar%20e%20C3%8Dndice%20de%20Clorofila%20en%20Plantas%20Elicidadas%20con%20Nanopart%20C3%ADculas.pdf>
- López Camacho, R., & Montero González, M.I. (2005). *Manual de identificación de especies*



*forestales en bosques naturales con manejo certificable por comunidades.* Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI y Fundación Chemonics-Colombia.

[https://www.researchgate.net/publication/326811461\\_Manual\\_de\\_identificacion\\_de\\_especies\\_forestales\\_en\\_bosques\\_naturales\\_con\\_manejo\\_certificable\\_por\\_comunidades](https://www.researchgate.net/publication/326811461_Manual_de_identificacion_de_especies_forestales_en_bosques_naturales_con_manejo_certificable_por_comunidades)

Martínez, P. F., & Roca, D. (2011). Sustratos para el cultivo sin suelo: Materiales, propiedades y manejo. En V. J. Flórez (Ed.), *Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo* (pp. 37-77). Editorial Universidad Nacional de Colombia. [https://www.researchgate.net/profile/Dolors\\_Roca/publication/237100771\\_Sustratos\\_para\\_el\\_cultivo\\_sin\\_suelo\\_Materiales\\_propiedades\\_y\\_manejo/links/0deec51b8657d36d7e000000/Sustratos-para-el-cultivo-sin-suelo-Materiales-propiedades-y-manejo.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Dolors_Roca/publication/237100771_Sustratos_para_el_cultivo_sin_suelo_Materiales_propiedades_y_manejo/links/0deec51b8657d36d7e000000/Sustratos-para-el-cultivo-sin-suelo-Materiales-propiedades-y-manejo.pdf)

Masclaux-Daubresse, C., Daniel-Vedele, F., Dechorgnat, J., Chardon, F., Gaufichon, L., & Suzuki, A. (2010), Captación, asimilación y removilización de nitrógeno en las plantas: desafíos para una agricultura sostenible y productiva. *Annals of Botany*, 105(7), 1141-1157. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq028>

Medina, LA, Monsalve, Ó. I. y Forero, AF (2010). Aspectos prácticos para utilizar materia orgánica en cultivos hortícolas. *Ciencias Hortícolas*, 4 (1), 109–125. [https://www.researchgate.net/publication/275256231\\_Aspectos\\_practicos\\_para\\_utilizar\\_materiaorganica\\_en\\_cultivos\\_horticolos](https://www.researchgate.net/publication/275256231_Aspectos_practicos_para_utilizar_materiaorganica_en_cultivos_horticolos)

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2020). *Ecuador fortalece las acciones para la conservación del cedro*. Recuperado el [10 de enero del 2025], de <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-fortalece-las-acciones-para-la-conservacion-del-cedro/>



MINAM. (2018). *Evaluación dendrológica y anatómica de las especies del género Cedrela.*

Dirección de Conservación Sostenible de Ecosistemas y Especies.

[https://cites.org/sites/default/files/timber\\_id\\_materials/files/Peru\\_cedrela\\_2023.pdf](https://cites.org/sites/default/files/timber_id_materials/files/Peru_cedrela_2023.pdf)

Mixquititla, G., Villegas, O., Andrade, M., y Sotelo, H. (2022). Propiedades físicas y químicas de sustratos en función de su granulometría y componente orgánico-mineral. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 8, e0081007. <https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081007>

Morales, M., Peña, C., García, A., Aguilar, G., y Kohashi, J. (2017). Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie. *Agrociencia*, 51(1), 1-12. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952017000100043](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000100043)

Morisette, J., Richardson, A., Knapp, A., et al. (2009). Tracking the rhythm of the seasons in the face of global change: Phenological research in the 21st century. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(5), 253-260. <https://doi.org/10.1890/070217>

Monsalve Camacho, O. I., Henao Toro, M. C., & Gutiérrez Díaz, J. (Enero de 2021). Caracterización de materiales con uso potencial como sustratos en sistemas de cultivo sin suelo. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(1). [http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v22n1/es\\_0122-8706-ccta-22-01-1977.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v22n1/es_0122-8706-ccta-22-01-1977.pdf)

Rodríguez Laguna, R., Bello Gonzáles, J. M., & Sánchez Martínez, G. (2016). *Manual de prácticas de viveros forestales.* Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias. [https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icap/LI\\_IntGenAmb/Rodri\\_Laguna/2.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icap/LI_IntGenAmb/Rodri_Laguna/2.pdf)

Rojas-Rodríguez, F., & Torres-Córdoba, G. (2018). Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción Grosella. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 15(37), 67–69. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v15i37.3602>



Pastor, J. (1999). Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 231-235.

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.

<https://www.redalyc.org/pdf/573/57317307.pdf>

Prado, R. L. & Valdebenito, M. (2000). Contribución a la fenología de especies forestales nativas de Bolivia y Ecuador. Quito - Ecuador. Intercooperation. Pág. 186.

<https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2019->

[12/ESTUDIO%20FENOLOGICO%20Y%20ANALISIS%20DE](https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2019-12/ESTUDIO%20FENOLOGICO%20Y%20ANALISIS%20DE)

[%20CALIDAD%20DE%20SEMILLAS%20DE%20ALGARROBO.pdf](https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2019-12/ESTUDIO%20FENOLOGICO%20Y%20ANALISIS%20DE%20CALIDAD%20DE%20SEMILLAS%20DE%20ALGARROBO.pdf)

Pennington, T.D., & Muellner, A.N. (2010). *A monograph of Cedrela (Meliaceae)*. DH Books.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21622412/>

Pérez Fernández, A. R., Ruiz Morales, M., Lobato Calleros, M. O., Pérez Valera, E., &

Rodríguez Salinas, P. (2018). Sustrato Biofísico Para Agricultura Protegida Y Urbana

A Partir De Compost Y Agregados Provenientes De Los Residuos Sólidos Urbanos.

SciELO, 34(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.20937/rica.2018.34.03.02>

Pinedo, M. J. (2015). *Morfología y biomasa de plantas de Cedro colorado (Cedrela odorata L.)*

*empleando diferentes dosis de abonos orgánicos en fase de vivero* [Tesis de Ingeniería

Forestal, Universidad Nacional Agraria de la Selva].

[https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4c7a6841-d361-4765-965e-](https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4c7a6841-d361-4765-965e-0f42221141f7/content)

[0f42221141f7/content](https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4c7a6841-d361-4765-965e-0f42221141f7/content)

Pire, R., & Pereira, A. (2003). Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común

en la horticultura del estado Lara, Venezuela: Propuesta metodológica. *Biagro*, 15(1),

5563. [https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S131633612003000100007&script=sci\\_ab](https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S131633612003000100007&script=sci_abstract)

[stract](https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S131633612003000100007&script=sci_abstract)

Quezada, R. G., & Méndez, S. C. (2005). Análisis fisicoquímico de materias primas y sustratos

de uso potencial en almácigos de hortalizas. *Revista Agricultura Tropical*, 35, 1-13.



[https://www.researchgate.net/publication/228815623\\_ANALISIS\\_FISICOQUIMICO\\_DE\\_MATERIAS\\_PRIMAS\\_Y\\_SUSTRATOS\\_DE\\_USO\\_POTENCIAL\\_EN\\_ALMACIGOS\\_DE\\_HORTALIZAS1](https://www.researchgate.net/publication/228815623_ANALISIS_FISICOQUIMICO_DE_MATERIAS_PRIMAS_Y_SUSTRATOS_DE_USO_POTENCIAL_EN_ALMACIGOS_DE_HORTALIZAS1)

Remache, L. (2011). *Desarrollo de una técnica de micropropagación in vitro de cedro (Cedrela montana) a partir de ápices, hojas y entrenudos: Trabajo de grado*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Rodríguez Trejo, D. A., & Mendoza Ángeles, G. (2016). *Análisis de semillas forestales*. Recuperado de [https://rngr.net/publications/semillas-de-especies-forestales/algunos-temas/analisis-de-semillas-forestales/at\\_download/file](https://rngr.net/publications/semillas-de-especies-forestales/algunos-temas/analisis-de-semillas-forestales/at_download/file)

Sánchez Quintero, S. N. (2017). *Sustratos, tamaño de recipiente y ambiente de cultivo en el crecimiento inicial de Cariniana pyriformis Miers*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34056>

Terés, T. V. (2001). *Relaciones aire-agua en sustratos de cultivo como base para el control de riego: Metodología de laboratorio y modelización* (Tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, España). <https://oa.upm.es/869/>

Torres-Torres, J. J., Medina Arroyo, H. H., & Martínez Guardia, M. (2018). Germinación y crecimiento inicial de *Cedrela odorata* L. (Sapindales: Meliaceae), empleando semillas silvestres en el departamento del Chocó, Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical* 8(1), 22-28. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7399030.pdf>

Torres, W. (2008). *Fenología de cinco especies forestales en el bosque natural del cantón Mocache y parcelas establecidas en la represa Daule-Peripa*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/04e6c43d-9c3c-47fd-ac66-907207e6d54f>



Urbina, V. (2002). *La fructificación de frutales* (1ª ed.). (Copitec, Ed.).

<https://repositori.udl.cat/server/api/core/bitstreams/00bf359a-14a1-4d6f-8269-0b1d9f10bfa8/content>

Ureta Leones, D. A., Ocaña Martínez, M. M., Medina Gahona, A. G., Yunga García, W. V., García Quintana, Y., & Arteaga Crespo, Y. (2019). Indicadores de calidad de semillas y plántulas de dos especies del género *Cedrela* cultivadas en vivero con fines de restauración en condiciones amazónicas. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 2(3), 193-202. <https://doi.org/10.46380/rias.v2i3.67>

Urrestarazu, M. (2004). *Tratado de cultivo sin suelo* (3.ª ed.). Mundi-Prensa. [https://www.researchgate.net/publication/259286675\\_Tratado\\_de\\_cultivo\\_sin\\_suelo](https://www.researchgate.net/publication/259286675_Tratado_de_cultivo_sin_suelo)

Urrego, L., & Del Valle, J. (2001). Relación fenología-clima de algunas especies de los humedales forestales (guandales) del Pacífico sur colombiano. *Interciencia*, 26(4), 150-156. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33905504.pdf>

Vargas-Simón, G., Pire, R., & Lázaro Dzul, M. (2018). Crecimiento plantular en condiciones de invernadero de la especie forestal *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith. *Colombia Forestal*, 21(1), 58–68. <https://doi.org/10.14483/2256201X.11491>

Velázquez, H. (2014). *Estudio fisiológico en familias prolíficas de un lote de producción de semilla de la variedad de maíz JAGUAN*. Tesis de maestría profesional, especialidad en granos y semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. <https://www.semanticscholar.org/paper/Estudio-fisiol%C3%B3gico-en-familias-prol%C3%ADficas-de-un-de-Reyes-Hugo/f578a3fd4d08db73697ed7089945d81937e0c7fb>



## ANEXOS

### Anexo 1. Tablas estadísticas

**Tabla 1**

*Altura*

<b>Análisis de Varianza</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Enero	20	0.36	0.24	36.25	

<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	5.73	3	1.91	2.96	0.0636	
Tratamiento	5.73	3	1.91	2.96	0.0636	
Error	10.32	16	0.65			
Total	16.05	19				

**Tabla 2**

*Diámetro de Copa*

<b>Análisis de Varianza</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Enero	20	0.31	0.18	29.94	

<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	3.39	3	1.13	2.35	0.111	
Tratamiento	3.39	3	1.13	2.35	0.111	
Error	7.7	16	0.48			
Total	11.09	19				



**Tabla 3**

*Diámetro Basal*

---

**Análisis de Varianza**

---

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Enero	20	0.32	0.19	15.71

---

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	23	0.01	2.52	0.0952
Tratamiento	0.01	3	0.01	2.52	0.0952
Error	0.01	16	0.01		
Total	0.01	19			

---



## Anexo 2. Fotografías



Árbol de *Cedrela spp.* en fase vegetativa



Selección de frutos de *Cedrela spp.*



Germinación de semillas de *Cedrela spp.*



Llenado de fundas con los diferentes sustratos



Plantas de *Cedrela spp.* en etapa inicial de vivero.



Plantas de *Cedrela spp.* en etapa final de vivero.