

Evaluación de germinación y desarrollo de *Cedrela montana* bajo diferentes tipos de sustratos en Málaga  
Santander

Juan Pablo Vega Martínez, Mariam Lissdet Yoorley Mojica Espinel

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero(a) Forestal

Director

Ronald Alfonso Montañez Valencia

MSc Sustainable Forest Management Research

Codirector

Rubén Carvajal Caballero

Ingeniero Agrónomo

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia- IPRED

Programa de Ingeniería Forestal

Bucaramanga

2020

### **Dedicatoria**

*Dedico el presente trabajo de investigación primeramente a Dios, por ser la luz que guía mi camino, por su infinita bondad y por haberme permitido culminar este proyecto. A mi familia por ser esa fuente de apoyo incondicional en especial a mi madre Luz Stella Espinel por su amor, cariño y comprensión, por haberme inculcado grandes valores que me han permitido formarme como persona de bien; a mi nona Virginia Nova de Espinel a quien le debo todo en vida, por su cariño incondicional, por haberme infundido valores de superación y perseverancia, impulsándome a cumplir mis sueños a lo largo de mi vida; a la familia Espinel Anaya por su gran apoyo a lo largo de mi carrera y en la culminación del presente trabajo de grado; y un agradecimiento especial a los hermanos Vera Ortiz (Omar y Milton) por su colaboración e interés en el desarrollo y ejecución del proyecto.*

**Mariam Lissdet Mojica Espinel**

*Dedico de manera especial a Dios por darme la salud e iluminarme en mi camino durante todo el proceso de formación de la carrera, a mi madre Dora Martínez por acompañarme y ser mi motivación en este proceso y acompañarme siempre y apoyarme en todo paso que doy en mi vida, a mi padre Julio Vega por todo lo que ha hecho por mí y los sacrificios que ha hecho para apoyarme en todas las decisiones para mi vida y a mis hermanos David Vega y Andrea Vega por apoyar todo este proceso de formación. En especial a estas personas y Dios por ser mi motivación siempre.*

**Juan Pablo Vega Martínez**

**|Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	12
1. Objetivos .....	15
1.1 Objetivo General .....	15
1.2 Objetivos Específicos.....	15
2. Antecedentes .....	16
3. Marco Referencial.....	17
3.1 Marco Teórico.....	17
3.1.1 Generalidades de <i>Cedrela montana</i> .....	17
3.1.2 Hábitat y distribución geográfica.....	19
3.1.3 Taxonomía .....	19
3.1.4 Morfología .....	20
3.1.5 Importancia de <i>Cedrela montana</i> . .....	21
3.1.6 Estructura de la semilla de <i>Cedrela montana</i> . .....	21
3.1.7 Germinación. } .....	22
3.1.8 Tipos de germinación.....	23
3.1.8.1 Germinación epígea. S .....	23
3.1.9 Factores que afectan la germinación.....	23
3.1.10 Sustratos .....	24

---

3.2 Marco Conceptual.....	24
3.3 Marco Legal.....	26
4. Metodología.....	29
4.1 Tipo de estudio.....	29
4.2 Localización.....	29
4.3 Etapa 1: Fase de germinación.....	30
4.3.1 Propagación del material vegetal.....	30
4.3.2 Tratamiento pre germinativo.....	31
4.3.3 Sustratos.....	31
4.3.4 Siembra.....	32
4.4 Fenología.....	33
4.5 Etapa 2 de crecimiento.....	33
4.5.1 Sustratos.....	33
4.6 Actividades complementarias.....	35
4.7 Variables.....	35
4.8 Análisis estadístico.....	36
4.9 Hipótesis.....	37
5. Resultados.....	37
5.1 Etapa 1 de germinación.....	37
5.2 Fases Fenológicas.....	41
5.3 Etapa 2 de crecimiento.....	44
5.4 Supervivencia.....	50
6. Conclusiones.....	51

---

7. Recomendaciones .....	53
Referencias.....	54
Apéndices.....	61

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. <i>Taxonomía Cedrela montana</i> .....	20
Tabla 2. <i>Descripción del empaque de la semilla de Cedrela montana</i> .....	31
Tabla 3. <i>Sustratos, área y volumen de las bandejas</i> .....	32
Tabla 4. <i>Estadios fenológicos BBCH</i> .....	33
Tabla 5. <i>Porcentaje de Sustratos</i> .....	34
Tabla 6. <i>Porcentaje de germinación por sustrato</i> .....	38
Tabla 7. <i>Clasificación de los estadios de germinación para la especie arbórea Cedrela montana.</i> .....	41
Tabla 8. <i>Valores correspondientes a la correlación estadística por prueba de Pearson</i> .....	49
Tabla 9. <i>Valores correspondientes a la correlación estadística por prueba de Spearman</i> .....	50

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
<i>Figura 1.</i> Anatomía externa e interna de las semillas de <i>Cedrela montana</i> .....	22
<i>Figura 2.</i> Ubicación geográfica del área de estudio. ....	30
<i>Figura 3.</i> Porcentaje de germinación por sustratos .....	39
<i>Figura 4.</i> Viabilidad.....	40
<i>Figura 5.</i> Comportamiento de la altura de plántula después del trasplante.....	45
<i>Figura 6.</i> Comportamiento semanal de la variable de crecimiento primario (altura en cm).....	46
<i>Figura 7.</i> Blox-plot Altura en cada sustrato .....	47
<i>Figura 9.</i> Supervivencia de <i>Cedrela montana</i> . ....	51

**Lista de apéndices**

	<b>Pág.</b>
Apéndice A. A) Empaque de las semillas de <i>C. montana</i> . B). Selección de las semillas que tienen el embrión desarrollado. C). Inmersión de las semillas en agua a temperatura ambiente. ....	61
Apéndice B. A) Sustratos. B) Siembra de las semillas de <i>C. montana</i> . ....	62
Apéndice C. Germinación de <i>C. montana</i> A). Emergencia de la plúmula. B). Emergencia de los cotiledones del suelo por el crecimiento del hipocótilo. C). El hipocótilo con cotiledones rompiendo el tegumento seminal. ....	63
Apéndice D. El hipocótilo con cotiledones rompiendo el tegumento seminal. ....	64
Apéndice E. Ataque del Hongo Damping Off. ....	65
Apéndice F. Desinfección de los sustratos. ....	66
Apéndice G. Trasplante y ubicación de las plántulas en el vivero municipal de Málaga, Santander .....	67
Apéndice H. Desarrollo radicular A) Desarrollo radicular de una plántula en Turba. B) Desarrollo radicular de una plántula en Arena. C) Plántula desarrollada en el sustrato de tierra más residuo de <i>Escallonia pendula</i> . D) Enrollamiento de la raíz. ....	68
Apéndice I. Estado fitosanitario, en la primera semana del trasplante. ....	69
Apéndice J. Medición de altura y diámetro de plántulas. ....	70

Apéndice K. Crecimiento de <i>Cedrela montana</i> . A). Plántula en proceso de crecimiento B). Desarrollo de la segunda hoja verdadera del tallo principal. C). Segunda hoja verdadera del tallo principal, desplegada. D). Tercera hoja verdadera del tallo principal, desplegada. E). Cuarta hoja verdadera del tallo principal. F). Cuarta hoja verdadera del tallo principal, desplegada. G). Séptima hoja verdadera del tallo principal, desplegada. H). Decima hoja verdadera del tallo principal, desplegada.....	71
Apéndice L. Índice de esbeltez por tratamiento de <i>Cedrela montana</i> . .....	72
Apéndice M. ANOVA .....	73
Apéndice N. Prueba de Tukey .....	74
Apéndice O. Cartera de campo .....	75
Apéndice P. Cartera de campo.....	76

## Resumen

**Título:** Evaluación de germinación y desarrollo de *Cedrela montana* bajo diferentes tipos de sustratos en Málaga Santander\*

**Autores:** Juan Pablo Vega Martínez, Mariam Lissdet Yoorley Mojica Espinel\*\*

**Palabras Claves:** Especie Forestales, Vivero, Propagación, Servicios Ecosistémicos

### Descripción:

El *Cedrela montana* es una especie nativa de los bosques andinos, la cual posee ciertas características importantes para la industria maderera, por esta razón se ha catalogado como una especie casi amenazada de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), debido a su tala indiscriminada. Con el fin de generar plántulas viables a nivel de vivero, el estudio se enfocó en la evaluación de la germinación y desarrollo del *Cedrela montana* en diferentes sustratos. En la etapa de germinación se utilizaron cuatro sustratos: turba (100%), arena (100%), aserrín (100%) y tierra mezclada con residuo de *Escallonia pendula* (70%, 30%) en donde se evaluó el porcentaje de germinación. En la etapa de crecimiento se utilizaron nueve sustratos: T1) 100% tierra; T2) 100% Turba; T3) Tierra, arena, compost (3:1:1); T4) Tierra, cascarilla de arroz, compost (3:1:1); T5) Tierra, arena, compost (2:2:1); T6) Tierra, cascarilla de arroz, compost (2:2:1); T7) Tierra, arena, cascarilla de arroz, compost (2:1:1:1); T8) Tierra, arena, cascarilla de arroz, compost (1:2:1:1) y T9) Tierra, arena, cascarilla de arroz, compost (1:1:2:1).

En esta etapa se evaluó el crecimiento de las plántulas, las variables de crecimiento evaluadas fueron: Altura, diámetro, relación altura/diámetro, número de hojas, temperatura y precipitación. Se realizó un análisis de varianza y la comparación de media a través de la prueba de Tukey con un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 5%, correlación de Pearson y Sperman por medio del software R estudio.

Los resultados evidencian que el mejor sustrato para la germinación de *Cedrela montana* es turba, el cual obtuvo un porcentaje de germinación de 65,5%, así mismo, se observó que el sustrato con menor porcentaje de germinación fue arena con 31,1%. En el crecimiento de *Cedrela montana* el sustrato T3 presentó los mejores resultados, con mayor crecimiento en altura (15,98 cm), la prueba Tukey resalto que T3 y T7 son iguales y no presentaron diferencias significativas, estos dos tratamientos presentaron diferencias significativas en comparación con los demás.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia- IPRED. Programa de Ingeniería Forestal. Director: Ronald Alfonso Montañez Valencia, MSc Sustainable Forest Management Research. Codirector: Rubén Carvajal Caballero, Ingeniero Agrónomo

## Summary

**Title:** Evaluation of germination and development of *Cedrela montana* under different types of substrates in Málaga Santander\*

**Authors:** Juan Pablo Vega Martínez, Mariam Lissdet Yoorley Mojica Espinel\*\*

**Keywords:** Forest Species, Nursery, Propagation, Ecosystem Services

### Description:

The *Cedrela montana* is a native species of the Andean forests, which has certain important characteristics for the timber industry, for this reason it has been classified as an almost threatened species by the International Union for the Conservation of Nature (IUCN), due to its indiscriminate felling. In order to generate viable seedlings at the nursery level, the study focused on the evaluation of the germination and development of *Cedrela montana* in different substrates. In the germination stage, four substrates were used: peat (100%), sand (100%), sawdust (100%) and soil mixed with residue from *Escallonia pendula* (70%, 30%) where the germination percentage was evaluated. In the growth stage, nine substrates were used: T1) 100% soil; T2) 100% Peat; T3) Earth, sand, compost (3: 1: 1); T4) Soil, rice husk, compost (3: 1: 1); T5) Earth, sand, compost (2: 2: 1); T6) Soil, rice husk, compost (2: 2: 1); T7) Soil, sand, rice husk, compost (2: 1: 1: 1); T8) Soil, sand, rice husk, compost (1: 2: 1: 1) and T9) Soil, sand, rice husk, compost (1: 1: 2: 1).

In this stage the growth of the seedlings was evaluated, the growth variables evaluated were: Height, diameter, height / diameter ratio, number of leaves, temperature and precipitation. An analysis of variance and the comparison of the mean were performed through the Tukey test with a significance level ( $\alpha$ ) of 5%, Pearson and Sperman correlation using the R study software.

The results show that the best substrate for the germination of *Cedrela montana* is peat, which obtained a germination percentage of 65.5%, likewise, it was observed that the substrate with the lowest germination percentage was sand with 31.1%. In the growth of *Cedrela montana*, the substrate T3 presented the best results, with greater growth in height (15.98 cm), the Tukey test highlighted that T3 and T7 are the same and did not present significant differences, these two treatments presented significant differences in comparison with the rest.

---

\* Degree work

\*\* Institute for Regional Projection and Distance Education - IPRED. Forest Engineering Program. Director: Ronald Alfonso Montañez Valencia, MSc Sustainable Forest Management Research. Co-director: Rubén Carvajal Caballero, Agronomist Engineer

## Introducción

La propagación vegetal controlada desde los viveros forestales ha sido desde hace décadas una herramienta utilizada para disminuir las pérdidas generadas por la fragilidad que presentan las plantas en sus primeros estadios de desarrollo (Ministerio de Agricultura, 2020). Cuando se habla de viveros, se relaciona directamente con la producción de plántulas de árboles, pero en la actualidad, con la generación de materiales por diversas técnicas como clones, esquejes, varetas o estacas y el manejo de variedades en especies agrícolas y forestales de alta productividad y producción, han permitido tener individuos idénticos (clonados), características deseables (alta productividad, tolerancia a insectos y enfermedades, mayor calidad entre otros), acortamiento de la etapa vegetativa por lo que las plantas pueden entrar más rápido a la etapa productiva (fructificación), por esto se ha popularizado el empleo de estas herramientas incluso en muchas de las explotaciones de tipo forestal (García, 2013).

Los viveros no solo funcionan como una fuente para la propagación y producción vegetal, también como áreas de investigación donde se llevan a cabo experimentos con especies forestales catalogadas como introducidas y endémicas de interés, esto permite diseñar técnicas más sencillas para la propagación masiva de especies. En este orden de ideas, la propagación vegetal se traduce en alternativas para la recuperación de coberturas vegetales, que registren un alto grado de deterioro en especial áreas degradadas por actividades antrópicas, como la deforestación.

Los bosques montanos de los Andes tropicales representan una prioridad global de conservación debido a su gran biodiversidad (Pennington, 2010). Los Andes constituyen la cadena montañosa más larga del planeta, con un área de aproximadamente 1.542.644 km<sup>2</sup> en Colombia,

Venezuela, Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y Chile (Josse, 2009). Es una región única, con una enorme heterogeneidad ambiental y complejos patrones de diversidad de especies y ecosistemas (Young, 2009). La especie *Cedrela montana* Moritz ex Turcz., se convierte en una alternativa para dicha problemática la cual provee servicios ambientales tales como captura de carbono, regulación del clima y sombra, mitigación de efectos del cambio climático, esta especie tiene potencial para la rehabilitación de sitios donde hubo explotación minera (Andrade, 2004).

Los ejercicios prácticos de propagación del *C. montana* evidencian que esta especie alberga avifauna de la familia Thraupidae y pequeños mamíferos como la ardilla (*Sciurus vulgaris*) que no solo lo habitan sino que se alimentan de las semillas de esta especie, permitiendo así la propagación ex situ de *C. montana*.

La región Andina registra una reducción poblacional por la fragmentación del hábitat de la especie de *C. montana* por esto se cataloga como especie casi amenazada (NT) dentro de la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en el 2006 lo cual conlleva a satisfacer los criterios cuantitativos de especie amenazada en Colombia, por lo tanto fue incluida en la Convención sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora silvestres (CITES) (Cárdenas & Salinas, 2007).

Finalmente, las técnicas de propagación vegetal en *C. montana*, por semilla conllevan a generar los siguientes interrogantes ¿Cómo es el proceso de germinación y crecimiento del *C. montana* bajo diferentes tipos de sustratos? ¿Cómo es la adaptación de las plántulas en los diferentes tipos de sustratos?, los cuales fundamentan el desarrollo del presente estudio.

Es necesario generar estudios que permitan determinar alternativas para acelerar la germinación de las semillas y generar plántulas viables a nivel de vivero para así fomentar el

enriquecimiento florístico, recuperación de coberturas boscosas, restauración ecológica y dinámica poblacional de la especie.

## 1. Objetivos

### 1.1 Objetivo General

Evaluar la germinación y desarrollo en plántulas de *C. montana* bajo diferentes tipos de sustratos en Málaga Santander.

### 1.2 Objetivos Específicos

- Comparar la germinación de semillas de *C. montana* entre diferentes tipos de sustratos.
- Monitorear el crecimiento de plántulas de *C. montana* para diferentes tipos de sustratos en la fase de vivero forestal temporal.
- Evaluar el proceso de adaptabilidad de las plántulas del *C. montana* en los diferentes tipos de sustratos.

## 2. Antecedentes

El CATIE (2000) en el estudio del género *Cedrela* se observó la germinación de algunas especies que presentaban similitud, tal es el caso de la especie *Cedrela odorata*, posee una pureza del 40 al 70% con una germinación del 85% la cual inicia a los doce días.

CORANTIOQUIA (2007) presentó la germinación del *C. montana* dando como resultado que la potencia germinativa no tiene diferencias significativas entre el sustrato y la intensidad lumínica. Es decir, que a plena exposición se obtiene un 86% cuando se utiliza arena como sustrato y 87% cuando se emplea una mezcla de tierra + arena en proporción 2:1. Bajo estas condiciones el tiempo medio de germinación oscila entre 25 y 31 días, respectivamente. En semillas puestas a germinar en la oscuridad la potencia germinativa alcanzada fue de 80% con el empleo de arena como sustrato y de 91% cuando se siembra en tierra más arena.

La propagación puede realizarse en un sustrato de tierra más arena en proporción 2:1 (Cárdenas & Salinas, 2007). Teniendo en cuenta que el repique a bolsa debe efectuarse una vez la planta alcance entre 7 y 10 cm de altura y ya presente hojas verdaderas (CORANTIOQUIA, 2007). Lo anterior concuerda con dicho método y recomienda después del trasplante es necesario colocar sombra y reducirla gradualmente, ya que en sus primeros estadios de desarrollo presenta mayor crecimiento bajo una sombra cercana al 90%. Cuando las plántulas alcancen de 20 a 30 cm de altura se considera que están listas para la plantación, esto es pasados cuatro a cinco meses de permanencia en el vivero.

Maldonado (2010) realizó un estudio denominado “Producción de *Pinus greggii engelm* en mezclas de sustrato con hidrogel y riego en vivero”, como resultado obtuvieron que las plantas

desarrolladas en el sustrato 20% de corteza + 80% aserrín y 4 g/l, de hidrogel presentaron los valores más altos para el diámetro a nivel del cuello de la raíz, lo cual se asocia con la calidad de planta y supervivencia en campo.

En su estudio Reyes (2005) dedujo que las plántulas que se desarrollaron en el sustrato compuesto por las mezclas de aserrín con peat moss (material obtenido de la descomposición de residuos vegetales en zonas pantanosas, como musgo o juncos) presentaron los valores más altos para las variables evaluadas, por lo que el aserrín crudo de pino, mezclado en un 80%, con otros materiales como el peat moss, la corteza de pino y la tierra de monte, es un subproducto forestal que se puede utilizar satisfactoriamente como medio de crecimiento para producir especies forestales utilizando el sistema de producción tradicional. El aserrín crudo de *Pinus teocote* puede sustituir hasta en un 90% la mezcla de peat moss, agrolita y vermiculita, generando plantas de buena calidad.

### **3. Marco Referencial**

#### **3.1 Marco Teórico**

##### ***3.1.1 Generalidades de Cedrela montana.***

*Cedrela montana* conocido comúnmente como cedro andino o cedro de montaña, son árboles caducifolios, que crecen en bosque húmedo montano bajo (bh-MB) entre los 1800-3200 m. s. n. m., (Prado, 2000). Con temperaturas media anual entre 10 y 20 °C y precipitaciones anuales

de 500 a 2000 mm, además los individuos arbóreos de dicha registran una altura de 25 m con diámetros a la altura del pecho (DAP) de 35 cm (Rodríguez, 2003).

Por otra parte, el proceso fenológico (floración y fructificación), inicia en el mes de junio extendiéndose hasta el mes de noviembre.

Esta duración de feno - fase se debe principalmente a que no todos los árboles de cedro florecen al mismo tiempo. El mayor pico de fructificación alcanza en la estación más lluviosa del año (Ligia, Restrepo, Toro, & Murillo, 2007).

El *C. montana* presenta un periodo de floración al año. En estudios realizados en Antioquia los árboles inician la floración en el mes de junio y finaliza cinco meses después, es decir en noviembre. El mayor pico de floración se da entre agosto y septiembre coincidiendo con la segunda estación lluviosa del año (CORANTIOQUIA, 2007).

La formación de frutos y recolección inician en el mes de septiembre, los cuales tardan entre seis y ocho meses para completar su desarrollo. En algunos casos a pesar que la floración es abundante no se llegan a formar frutos o permanecen verdes y sufren descomposición (CORANTIOQUIA, 2007).

En los municipios del Departamento de Antioquia se ha encontrado que los frutos inician su maduración en el mes de marzo. La recolección se puede llevar a cabo especialmente entre los meses de mayo y julio, mientras que en el municipio de Jardín la madurez de los frutos inicia en el mes de diciembre y la recolección se realiza entre los meses de enero y febrero.

El *C. montana* es una especie caducifolia cuya pérdida y brote de hojas está muy asociada con el evento reproductivo. La pérdida de follaje es una clara señal de que la floración está cerca. En esta especie el cambio de follaje está asociado a las épocas de mayor precipitación. (CORANTIOQUIA, 2007).

### 3.1.2 Hábitat y distribución geográfica.

La familia Meliaceae distribuye su flora entre América, África y Asia, reportándose en estos continentes alrededor de 50 géneros, con más de 641 especies. En el Neo trópico se ha identificado hasta la fecha ocho géneros: *Cabranea*, *Carapa*, *Cedrela*, *Guarea*, *Ruegea*, *Schmardea*, *Swietenia*, y *Trichilia*, siendo *Swietenia* y *Cedrela* los más importantes desde el punto de vista forestal (Jessieu, 2020).

El género *Cedrela* alberga siete especies, ubicada en la cuenca amazónica desde el primer grado norte en Colombia hasta once grados sur en el Perú y de bosque húmedo montano (bh-M) (Carvajal, Ariza, Caro, & Valero, 2014). En Colombia la especie *C. montana* se encuentra en los departamentos de Cundinamarca, Huila, Valle del Cauca, Putumayo, Quindío y Risaralda (Bernal, Gradstein, & Celis, 2020). Distribuyéndose altitudinalmente entre los 1600 a 2800 m. s. n. m., dicha localización corresponde al bosque alto andino en los tres ramales de la cordillera de los Andes y la Sierra Nevada de Santa Marta (Toro, 2013). Se presenta en zonas de vida de bosque muy húmedo premontano (bh-PM), bosque húmedo montano bajo (bh-MB), bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) y en el bosque seco montano bajo (bs-MB) y fisiográficamente se destacan en paisajes de colinas (Mahecha, Ovalle, Carmelo, & Rozo, 2004).

### 3.1.3 Taxonomía

**Nombre científico:** *Cedrela montana*

Borja y Lasso en 1990, describen al cedro en la siguiente taxonomía (Tabla 1):

Tabla 1.

*Taxonomía Cedrela montana*

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Sapindales
Familia	Meliaceae
Género	<i>Cedrela</i>
Especie	<i>Montana</i>

**3.1.4 Morfología**

Según CORANTIOQUIA (2007) “Es un árbol semi-caducifolio de gran porte que alcanza hasta 25 m de altura y 60 cm de diámetro y su morfología es la siguiente”:

**La copa:** Es extendida y redondeada; posee el tronco recto y la corteza fisurada longitudinalmente de color marrón.

**La madera:** Es blanda de color rosad, con olor agradable y sabor amargo.

**Las hojas:** Posee hojas compuestas, paripinnadas, alternas, espiraladas, agrupadas al final de las ramas; miden de 30 a 60 cm de longitud, tienen de 7 a 11 pares de folíolos opuestos, elíptico lanceolados, base redondeada e inequilátera, ápice acuminado, borde entero, consistencia coriácea, haz verde lustroso, envés amarillento.

**Las flores:** Son blancas, pequeñas, con el cáliz regular y profundamente lobulado en cinco partes. Se disponen en panículas terminales.

**El fruto:** Es una cápsula leñosa de elipsoide a oblonga, de 55 a 65 mm de largo por 20 a 28 mm de diámetro, de color pardo verduzco cuando está inmaduro y posteriormente marrón oscuro, con numerosas lenticelas de color blanco; se abre en cinco carpelos liberando entre 28 y 46 semillas aladas.

**La semilla:** Es una sámara, de color café oscuro a claro, con un ala papirácea, cuyas dimensiones van de 31 a 37 mm de largo por 10 a 15 mm de ancho.

### ***3.1.5 Importancia de Cedrela montana.***

El *C. montana* al igual que otras especies es muy importante en los ecosistemas ya que este permite alojar una variedad de especies entre flora y fauna al ser una planta de gran tamaño, permite capturar el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con lo cual se mejora la calidad del aire y permite dar un equilibrio gaseoso en las zonas donde se encuentran plantados, además al tener sombríos de este forestal en los bosques permite mejorar el suelo (Guerra, 2009).

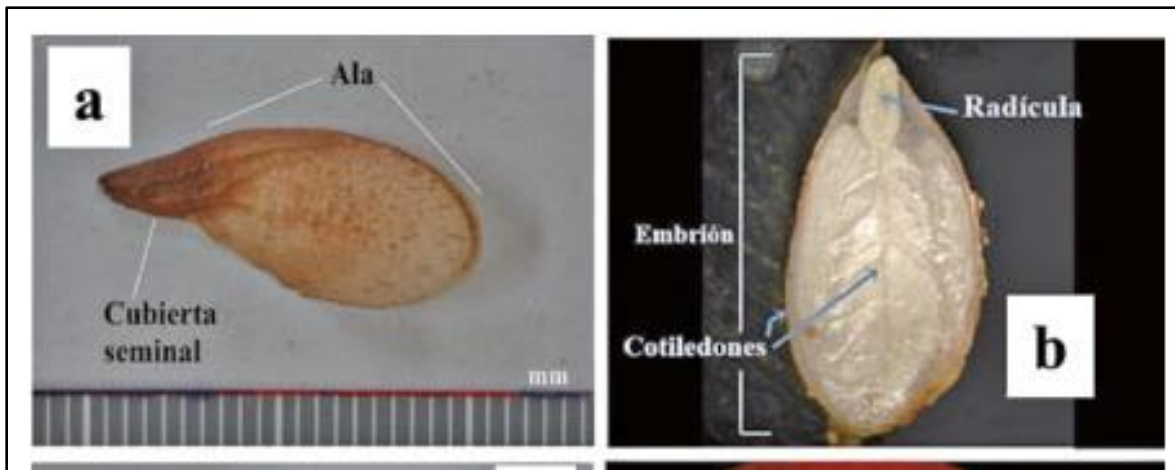
El aprovechamiento maderable de *C. montana*, tiene uso en la construcción de viviendas, para ebanistería, carpintería, instrumentos musicales y empaques finos, la parte que se utiliza proviene del fuste. Maderable al igual que todas las especies del género *Cedrela*, no se reportan propiedades medicinales. En la Quinta de Bolívar, de Bogotá, hay un árbol muy antiguo, del cual los turistas llevan sus frutos como recuerdo; al parecer las personas confunden el fruto con una flor, de donde deriva el nombre inapropiado de “flores de palo” (Cárdenas & Salinas, 2007).

### ***3.1.6 Estructura de la semilla de Cedrela montana.***

La semilla de *C. montana* es una sámara de color café oscuro o claro (Figura 1), cuyas dimensiones van de 31 a 37 mm de largo por 10 a 15,5 mm de ancho (Ligia, Restrepo, Toro, & Murillo, 2007).

Son aladas, aplanadas y lisas, poseen una lámina que les sirve para ser dispersas por acción del viento y su embrión se localiza en uno de sus extremos (Cárdenas & Salinas, 2007).

Figura 1. Anatomía externa e interna de las semillas de *Cedrela montana*



Adaptada de (Montiel, Espitia, & Araméndiz, 2014).

### 3.1.7 Germinación.}

Desde la perspectiva botánica, la idea de germinación está vinculada al desarrollo de una planta desde la semilla: es decir, desde la parte del fruto que alberga el embrión de un nuevo ejemplar. La germinación, por lo tanto, es un proceso que se inicia con el desarrollo del embrión y llega hasta el nacimiento de una planta (Gardey, Pérez , & Porto, 2019).

Para que la germinación pueda producirse, se necesitan ciertas condiciones de temperatura, disponibilidad de agua y de nutrientes, entre otros aspectos. La semilla, además, debe encontrarse en el medio adecuado. Una vez que el proceso se desencadena, si se despliega con éxito culminará en la aparición de la plúmula y originar una nueva planta (Pérez Porto & Gardey, 2019).

### **3.1.8 Tipos de germinación.**

Las semillas de *C. montana* debido a su posición de los cotiledones respecto a la superficie del sustrato pueden diferenciarse en la forma de germinar, es por ello que se distinguen dos tipos de germinación (Mauseth, 2003).

**3.1.8.1 Germinación epígea.** Se trata de germinación epígea cuando los cotiledones emergen del suelo debido a un considerable crecimiento del hipocótilo. En sus cotiledones se diferencian cloroplastos, transformándolos en órganos fotosintéticos y actúan como hojas. Finalmente, se desarrolla el epicótilo (porción del eje comprendida entre el punto de inserción de los cotiledones y las primeras hojas) (Mauseth, 2003).

### **3.1.9 Factores que afectan la germinación**

Los factores que afectan la germinación son:

**Humedad:** la disponibilidad del agua para la rehidratación, lo cual le permite el crecimiento del embrión, al aumentar la humedad se provoca el aumento de enfermedades como la proliferación bacteriana o fúngica en las semillas provocando un menor consumo de oxígeno y la latencia de la semilla (Martínez, Bou, & Maier, 2012).

**Temperatura:** es un factor importante en el proceso de la germinación, ya que influencia la ruptura de latencia de las semillas, al aumentar la temperatura menor será la absorción de oxígeno por parte de la semilla (Martínez, Bou, & Maier, 2012).

**Luz:** tiene efectos múltiples en las semillas tanto su calidad como su intensidad afectan según la especie. Mediante los fotorreceptores como los fitocromos, las semillas perciben las condiciones de luz (Martínez, Bou, & Maier, 2012).

### **3.1.10 Sustratos**

Un sustrato es todo material sólido diferente del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, situado en un contenedor, permite el anclaje del sistema radicular de la planta (Ansorena, 1994). De esta manera, un buen sustrato es fundamental para la producción de plantas de alta calidad, dado que el volumen de un contenedor es limitado, el sustrato y sus componentes deben poseer propiedades físicas y químicas que, combinadas con un programa integral de manejo, permitan un crecimiento óptimo (Cabrera, 1999). Uno de los objetivos del uso de los sustratos es mejorar las condiciones de crecimiento de la planta (Rosales, Sigala , & Busatamante, 2013).

El sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta allí localizada. Esto último, clasifica a los sustratos en químicamente inertes (perlita, lana de roca, roca volcánica, etc.) y químicamente activos (turbas, corteza de pino, arena, cascarilla de arroz, etc.) (Pastor & Narciso, 2015).

## **3.2 Marco Conceptual**

**Plantas vasculares:** Tipos de plantas que poseen raíz, tallo y hojas que son alimentadas gracias a un sistema vascular el cual es el encargado de distribuir el agua y los nutrientes para el

desarrollo y crecimiento de la misma. El sistema está conformado por xilema y floema (Fernández, 2018).

**Tratamiento pre germinativo:** Los tratamientos pre germinativos, son todos aquellos procedimientos necesarios para romper la latencia de las semillas, esto es, el estado en que se encuentran algunas tal que, estando vivas, no son capaces de germinar sino hasta que las condiciones del medio sean las adecuadas para ello (Abbott, 1988).

**Fase fenológica:** Una fase fenológica consiste en el período durante el cual aparecen, se transforman o desaparecen los órganos de las plantas. También puede entenderse como el tiempo de una manifestación biológica (Hernandez & Loracnis, 2010).

**Germinación:** se denomina germinación al conjunto de procesos que se generan en la semilla desde que el embrión comienza a crecer hasta formar una pequeña planta que puede vivir por sí misma, independiente del alimento almacenado en la semilla (Varela, 2011).

**Suelo:** El suelo es, desde el punto de vista del agricultor, el sitio para ubicar sus semillas y producir sus cosechas (Worthen, 1949).

**Sustrato:** Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta, función final del sustrato es soportar a la planta en posición vertical, este soporte está en función de la densidad y rigidez del mismo (Iglesias, Gutiérrez, Alarcón, & Bustamante, 1994).

**Vivero:** El vivero es un conjunto de instalaciones que tiene como propósito fundamental la producción de plantas. Como hemos visto, la producción de material vegetativo en estos sitios

constituye el mejor medio para seleccionar, producir y propagar masivamente especies útiles al hombre (Biblioteca digital, 2019).

### 3.3 Marco Legal

**Resolución 000970 del 10 de marzo del 2010:** Por medio de la cual establece los requisitos para la producción, acondicionamiento, importación, exportación, almacenamiento, comercialización y/o uso de semillas para siembra en el país, su control y se dictan otras disposiciones (ICA, 2018).

**Resolución 3168 de 2015:** “Por medio de la cual se reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto del mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como el registro de las unidades de evaluación agronómica y/o unidades de investigación en fitomejoramiento y se dictan otras disposiciones” (ICA, 2018).

**Decreto 2811 de 1974:** La flora constituye prioridad dentro de la política, la conservación, la protección, propagación, la investigación, el conocimiento y el uso sostenible de la flora colombiana.

Para proteger la flora silvestre colombiana se podrán tomar las medidas tendientes a: Intervenir en el manejo, aprovechamiento, transporte y comercialización de especies e individuos de la flora silvestre y sus productos primarios, de propiedad pública o privada. Fomentar y restaurar las especies que conforman la flora silvestre. Controlar las especies o individuos de la flora silvestre, mediante prácticas de orden ecológico.

**Ley 99 de 1993:** Se establece dentro de los principios generales ambientales que la “biodiversidad del país por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible. La acción para la protección y la recuperación ambiental del país es una tarea conjunta y coordinada entre el estado, la comunidad, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado.

“Se regula la adquisición de las áreas o ecosistemas estratégicos para la conservación, preservación y recuperación de los recursos naturales”. Con los procesos de descentralización de las funciones del estado, los municipios se convierten en actores fundamentales para la protección de patrimonio ecológico local, puesto que poseen facultades y herramientas que les permite el ordenamiento del territorio y destinar áreas para distintos tipos de conservación, y sus limitantes se fijan en el artículo 10 de la Ley 388 de 1997 y demás normas en materia de grupos étnicos.

**Ley 165 de 1994:** Mediante la cual se aprueba el convenio sobre la Diversidad Biológica (rio de Janeiro de 5 de junio de 1992), el cual brinda lineamientos operativos para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad vegetal, la conservación sobre el comercio internacional de las especies amenazadas de flora silvestre.

**Ley 299 de 26 de julio de 1996:** Por la cual se protege la flora colombiana, se reglamenta los jardines botánicos y se dictan otras disposiciones.

Artículo 1. La flora colombiana: La conservación, la protección, la propagación, la investigación, el conocimiento y el uso sostenible de los recursos de la flora colombiana son estratégicos para el país y constituyen prioridades dentro de la política ambiental.

Son de interés público y beneficio social y tendrán prelación en la asignación de recursos en los planes y programas de desarrollo y en el presupuesto general de la Nación y en los presupuestos de las entidades territoriales y de las corporaciones autóctonas regionales.

**Decreto 1791 de 1996:** Por medio de la cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal.

Artículo 4: las de conservaciones y protección, tanto de la flora silvestre, como de los bosques naturales y de otros recursos naturales renovables relacionados con estos, mediante la declaración de las reservas de que trata el artículo 47 del Decreto – Ley 2811 de 1974, en aquellas regiones donde sea imprescindible adelantar programas de restauración, conservación o preservación de estos recursos. Artículo 10: El inventario estadístico para todas las especies a partir de diez centímetros (10 cm) de diámetro a la altura del pecho (DAP), con una intensidad de muestreo de forma tal que el error no sea superior al quince por ciento (15%) con una probabilidad del noventa y cinco por ciento (95%).

**Decreto 391 de 1996: biodiversidad.**

Artículo 8: Mediante la cual se propone: Fortalece el establecimiento de programas de capacitación científica y técnica, así como el desarrollo de programas de investigación que fomenten la identificación, registro, caracterización, conservación y utilización sostenible de la biodiversidad.

**Decreto 309 de 2000:** Por la cual se reglamenta la investigación científica sobre diversidad biológica.

**Resolución 584 de 2002:** Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se adoptan otras disposiciones.

**Resolución 0192 de 2014:** Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana que se encuentra en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones.

## 4. Metodología

### 4.1 Tipo de estudio

Se define este proyecto de carácter experimental con un diseño en bloques completamente al azar el cual permite dar respuesta a la evaluación de germinación y crecimiento del *C. montana* bajo diferentes sustratos y determinación de la influencia de la mezcla de los sustratos óptimos para la propagación de esta especie.

### 4.2 Localización

El área de estudio se localiza en el municipio de Málaga en el departamento de Santander, la cual registra geológicamente estribaciones del macizo Santander, en la parte sur del páramo del Almorzadero. El municipio registra una altitud promedio de 2237 m s. n. m., con una temperatura promedio anual de 13°C y una precipitación media anual de 1641 mm (Málaga, 2020).

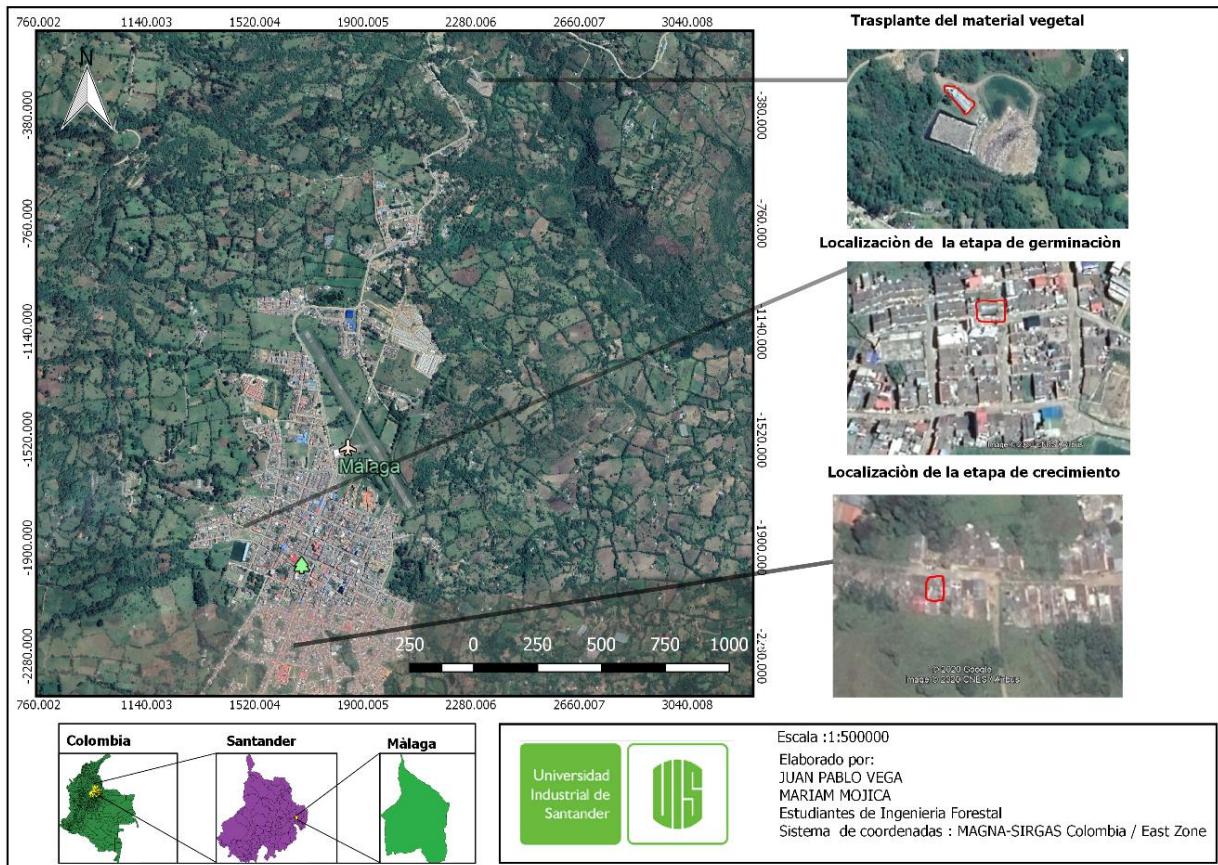
El desarrollo de las actividades fueron planteadas por etapas:

Etapas 1: Germinación: la cual se llevó a cabo en el barrio Santa María, a una altitud de 2236 m. s. n. m., con coordenadas latitud 6°42'9,3" N y una longitud 72°44'12,6" W.

Etapas 2: Crecimiento: área localizada en el barrio Laureano Gómez con referencia espacial en las coordenadas en latitud 6°42'12,3" N y una longitud 72°44'13,5" W. con una altitud de 2239 m. s. n. m..

El trasplante del material vegetal se realizó en el vivero municipal (Figura 2) establecido en el relleno sanitario del municipio de Málaga Santander, kilómetro 1 vía Concepción troncal central del norte, con coordenadas latitud: 6°43'20,35" N y longitud: 72°43'35,42" W.

Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio.



### 4.3 Etapa 1: Fase de germinación

#### 4.3.1 Propagación del material vegetal.

Las semillas fueron adquiridas de la casa comercial El Semillero, Cundinamarca. Dichas semillas fueron recolectadas de la plantación localizada en el departamento de Cundinamarca en el municipio de la Calera, se detalla la información correspondiente a los lotes de semillas adquiridos en la Tabla 2.

Tabla 2.

*Descripción del empaque de la semilla de Cedrela montana*

Lote	104 Cedro de altura	105 Cedro de altura
Semillas x kg	100 g	100 g
No. Plántulas	1000	1000
% Pureza	75	75
Densidad de siembra	80	80
Fecha de recolección	Febrero-19	Septiembre-19
% de germinación	79	79
Procedencia	La Calera- Cundinamarca	La Calera- Cundinamarca
Tratamiento pre germinativo	Ninguno	Ninguno

**4.3.2 Tratamiento pre germinativo.**

En el presente estudio las semillas *C. montana* fueron sumergidas en recipientes con agua a temperatura ambiente durante 24 horas antes de la siembra, permitiendo el ensanchamiento del embrión (Gómez & Toro, 2008).

**4.3.3 Sustratos**

Los sustratos utilizados para la germinación fueron cuatro en total: arena, aserrín, turba y mezcla de tierra más residuo de *Escallonia pendula*, para la desinfección de estos se mezclaron cinco gramos de oxiclورو de cobre al 35 % por cada 10 l de agua, esta mezcla fue aplicada al material hasta humedecer completamente el sustrato al finalizar este procedimiento se cubrió con un plástico de color negro de calibre de 0,6 mm aproximadamente de 4 m de ancho durante 48 h, posterior a ello se realizó la desinfección de las bandejas con lavado superficial de la mezcla de oxiclورو de cobre (Tabla 3).

Tabla 3.

*Sustratos, área y volumen de las bandejas*

Sustrato	N.º. Bandejas -N.º.	Área Bandeja	Volumen Bandeja
	Alveolos	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>3</sup> )
Aserrín de pino 100%	1 B-50	20,4	87
	2 B-128	11	25
Turba 100%	1 B-50	20,4	87
	2 B-72	16,775	52
	2 B-128	11	25
Arena de río 100%	1 B-50	20,4	87
	2 B-128	11	25
Mezcla de tierra 70%, residuo de <i>Escallonia pendula</i> 30%	1 B-50	20,4	87
	2 B-128	11	25

**4.3.4 Siembra**

La siembra se realizó a una profundidad de 0,5 a 1,0 cm en las bandejas de germinación (Edgar, 2009). Para ello se empleó un punzón de cinco mm de radio marcado a un cm para la apertura del sustrato y depósito de la semilla. Se sembraron 720 semillas en las 6 B- 128 alveolos, 144 semillas en las 2 B -72 y 200 semillas en las 4 B-50, en total se sembraron 1064 semillas de *C. montana*, una por alveolo; posteriormente se humedecieron (Anexo 2, ilustración B).

Las bandejas se cubrieron con un plástico transparente, favoreciendo el proceso germinativo y desarrollo de las plántulas, dicho plástico fue ubicado a una altura de cinco cm de las bandejas.

## 4.4 Fenología

La descripción del crecimiento fenológico, se fundamentó en la escala extendida de BBCH la cual fue propuesta por Hack (1992) y adaptada para plantas forestales por Moreno (2005), esta herramienta es de gran utilidad para la identificación de los estadios de germinación (Tabla 4).

Tabla 4.

### *Estadios fenológicos BBCH*

<b>Estadio principal 0: germinación</b>	
0	Semilla seca
1	Comienzo de la imbibición de la semilla
3	Imbibición de la semilla, terminada
5	La radícula (raíz embrionaria) sale de la semilla
7	El hipocotílo con cotiledones rompiendo el tegumento seminal
9	Emergencia: los cotiledones rompen la superficie de suelo
<b>Estadio principal 1: desarrollo de las hojas (tallo principal)</b>	
10	Cotiledones desplegados completamente
11	Primera hoja verdadera del tallo principal, desplegada
12	La segunda hoja verdadera del tallo principal, desplegada
13	La tercera hoja verdadera del tallo principal, desplegada

## 4.5 Etapa 2 de crecimiento

### 4.5.1 Sustratos

Para la desinfección de los sustratos se mezcló cinco gramos de oxiclورو de cobre en 10 l de agua, para mayor eficiencia fueron cubiertos con un plástico de color negro de calibre 0,6 mm

aproximadamente ocho m de ancho durante tres días, transcurrido este tiempo se procede al llenado de bolsas negras de 7 x 14 cm, al día siguiente en horas de la mañana se realizó el trasplante de las plántulas de *C. montana*, se trasplantaron plántulas de 20 días en bandeja, la selección de las plántulas desde las bandejas a las bolsas fueron al azar. Se establecieron nueve tratamientos con diferentes mezclas de sustratos a base turba, tierra, arena, cascarilla de arroz y Compost, teniendo en cuenta que el sustrato turba por su composición fue establecido como el tratamiento testigo (Tabla 5).

Tabla 5.

*Porcentaje de Sustratos*

Tratamiento	Sustratos					Total
	Tierra	Arena	Cascarilla de Arroz	Turba	Compost	
T1	100%					100%
T2				100%		100%
T3	60%	20%			20%	100%
T4	60%		20%		20%	100%
T5	40%	40%			20%	100%
T6	40%		40%		20%	100%
T7	40%	20%	20%		20%	100%
T8	20%	40%	20%		20%	100%
T9	20%	20%	40%		20%	100%

#### 4.6 Actividades complementarias

La limpieza de malezas en las bolsas se realizó una vez por semana durante la etapa de crecimiento, para evitar la competencia por aprovechamiento de nutrientes y agua de plantulas *C. montana* con otras especies, durante los primeros 15 días se aplicó un riego en la mañana (7:00 a. m.) antes de la aparición del sol y en la tarde después de ocultarse el sol (5:00 p. m.), con una fumigadora con capacidad de 500 ml, usando 1,5 l/m<sup>3</sup> de agua. A partir del día 16, se aplicó solo un riego en horas de la mañana empleando 5 l/m<sup>3</sup> de agua.

#### 4.7 Variables

La germinación se evaluó, la cual se registró semanalmente a través de la emergencia de la plúmula por cada sustrato, una vez las plántulas alcanzaron cinco cm de altura se trasladaron a bolsas de polietileno y posteriormente se midieron la altura con un Pie de Rey en unidades de centímetros y precisión al milímetro, desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja superior y se realizó el conteo de hojas totalmente extendidas, las mediciones se efectuaron cada ocho días en un periodo de cuatro meses. Adicional a esto, se evaluó la supervivencia de las plántulas para cada factor de la especie.

**Porcentaje de germinación:** para los cálculos de esta variable se utilizó la ecuación 1. (Carvajal y Cardona, 2012).

Ecuación 1. Porcentaje de germinación

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

**Porcentaje de supervivencia:** Esta variable se evaluó a través de los parámetros utilizados por Rivera, Peñuela, Jiménez y Vargas (2013). Ecuación 2.

Ecuación 2 Porcentaje de supervivencia

$$\begin{aligned} & \textit{Porcentaje de supervivencia} \\ & = \frac{\textit{número de plantas vivas}}{\textit{número total de plantas transplantadas a bolsas}} \times 100\% \end{aligned}$$

**Índice de esbeltez:** las variables morfológicas constituyen una herramienta útil para evaluar la calidad de un lote de plantas en un vivero (Sigala, 2013). En la ecuación 3 se muestran dos de las variables morfológicas utilizadas para la evaluación de la calidad de las plantas.

Ecuación 3. Índice de esbeltez

$$\textit{Indice de esbeltez} = \frac{\textit{Altura (cm)}}{\textit{Diámetro (mm)}}$$

#### 4.8 Análisis estadístico

Las variables evaluadas de *C. montana* se analizaron mediante un análisis de varianza con un nivel de confianza del 95% con el fin de determinar las diferencias significativas entre tratamientos y compararlas a través de la prueba de Tukey  $p < 0,05$ . Se utilizó el software R 4.0.2 versión libre 2016.

#### 4.9 Hipótesis

Las hipótesis que se probaron en la especie *C. montana* fueron las siguientes:

$H_0$ = El efecto de todos los tratamientos sobre la germinación y la calidad de la planta en el crecimiento inicial de la especie vegetal es el mismo.

$H_a$ = Al menos uno de los tratamientos sobre la germinación y la calidad de la planta en el crecimiento inicial de la especie vegetal es diferente.

### 5. Resultados

#### 5.1 Etapa 1 de germinación

La germinación de *C. montana* comenzó ocho días posteriores a la siembra y se extendió hasta el día 15, evidencio una germinación epígea. Además hubo diferencias de germinación por tipo de sustrato, mientras que el sustrato de turba presentó el porcentaje más alto (65,5%), debido a sus propiedades físicas y químicas, en las cuales se destacó la retención de humedad que promueven el crecimiento y desarrollo de semillas y plántulas, el sustrato de arena registro menor porcentaje de germinación (31,1%), posiblemente a su poca capacidad de retención de agua haciendo que el proceso de germinación sea más lento, la Tabla 6 muestra los sustratos utilizados para la germinación y su efectividad.

Tabla 6.

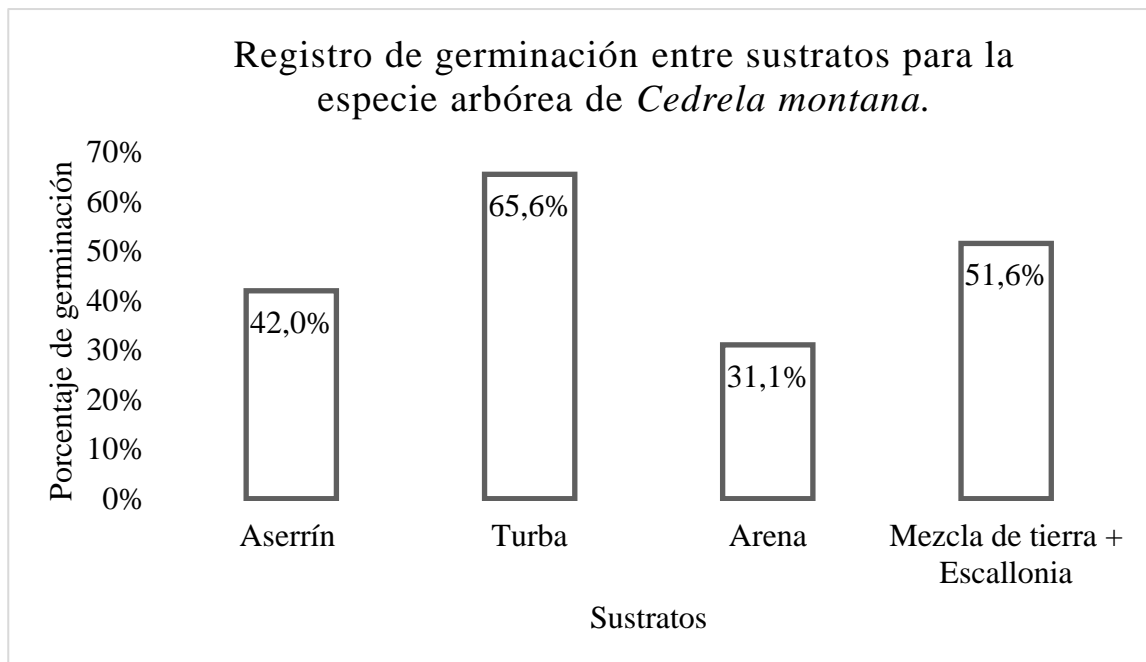
*Porcentaje de germinación por sustrato*

Sustrato	No. de semillas sembradas	No. de semillas germinadas	% de germinación	% no germinado	Total
Aserrín	290	98	42,00%	58,00%	100%
Turba	290	187	65,60%	34,40%	100%
Arena	290	91	31,10%	68,90%	100%
Mezcla de tierra + <i>Escallonia</i>	290	134	51,60%	48,40%	100%

Los efectos de germinación entre Mezcla de tierra + *Escallonia* y aserrín posiblemente generaron dichos porcentajes como consecuencia del nivel de humedad de los sustratos. Los sustratos de arena y aserrín, registró la enfermedad *Damping off*, síntomas presentados por un grupo de enfermedades con diversa etiología, los cuales consisten principalmente en una pudrición del tallo a nivel o bajo la superficie del suelo, que ocasiona muchas veces el volcamiento de las plántulas, sin embargo, generalmente se habla de *Damping off* como de una sola enfermedad, precisamente por la común sintomatología que muestran todas las enfermedades incluidas bajo este término (Seminis, 2020).

La germinación de las semillas en turba presentó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los sustratos de aserrín (42%), arena (31,10%), y mezcla de tierra + residuo de *Escallonia pendula* (51,69%), aceptando la hipótesis alternativa siendo los sustratos diferentes e infieren en la germinación de *C. montana* (Figura 3).

Figura 3. Porcentaje de germinación por sustratos

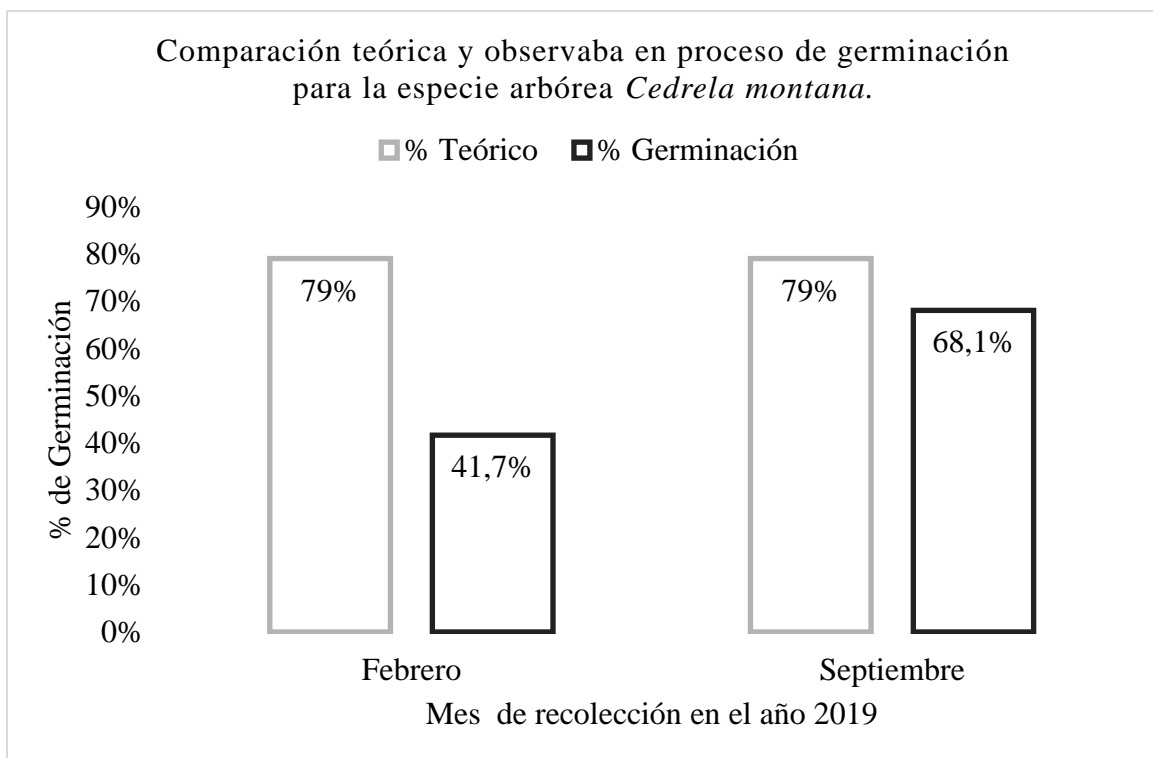


*Viabilidad de la semilla:* la conservación de las semillas en condiciones adecuadas de temperatura y humedad hicieron que su viabilidad presentara mayor porcentaje en la germinación, se tuvo en cuenta que las semillas fueron colectadas en campo (Plantaciones forestales) (Semillero, 2020). En septiembre de 2019, con mejores resultados de germinación (68,1 %), mientras que las semillas colectadas en febrero del mismo año, obtuvieron un 41,7 % de germinación. Otras especies del género *Cedrela* como por ejemplo el cedro (*Cedrela odorata* L.), conocido como cedro amargo, en condiciones óptimas de conservación, sus semillas registran mayor viabilidad, tanto así que, pierden viabilidad rápidamente después de un mes. Las semillas almacenadas en bolsas de polietileno a 5°C de temperatura y 7% de contenido de humedad, mantienen un porcentaje de germinación de 50 a 60%, a los 2 años (Díaz, Brenes, Cascante, & Ovares, 2010). Por su resistencia al almacenamiento se considera una especie ortodoxa. La semilla se conserva bien por lo menos nueve meses a una temperatura de 2 a 3°C, esté o no herméticamente envasada.

El mejor registro de almacenamiento muestra el 86% de viabilidad de las semillas después de 304 días de estar almacenadas a 2°C de temperatura y 4% de contenido de humedad (Díaz, Brenes, Cascante, & Ovares, 2010).

El porcentaje teórico en las semillas del 02-2019 presentaron un valor más alto que el valor registrado en este estudio debido al tiempo de almacenamiento, condiciones de humedad y temperatura para la conservación de la semilla, opuesto al resultado obtenido con las semillas colectadas en el mes de septiembre, las cuales presentaron valores superiores al teórico, posiblemente por la hidratación aplicada a la semilla durante 24 horas en el tratamiento pre germinativo y tiempo de colección.

Figura 4. Viabilidad



## 5.2 Fases Fenológicas

La codificación de los estadios fenológicos, el sustrato con mayor uniformidad fue la turba, debido a que germinaron 187 semillas que alcanzaron dicho proceso fenológico en comparación a los sustratos arena y aserrín que presentaron 91 y 98 semillas germinadas respectivamente, las plántulas alcanzaron el estadio nueve los cotiledones rompen el suelo de la escala BBCH, pasando rápidamente al estadio principal 1 desarrollo de las hojas (tallo principal) (Tabla 7).

Tabla 7.

*Clasificación de los estadios de germinación para la especie arbórea Cedrela montana.*

*Estadio principal 0: germinación*










Código	Descripción	Evidencia fotográfica
0	Semilla seca	
1	Comienzo de la imbibición de la semilla	

Tabla 7. (Continuación)

Código	Descripción	Evidencia fotográfica
3	Imbibición de la semilla, terminada	
5	La radícula (raíz embrionaria) sale de la semilla	
7	El hipocotilo con cotiledones rompiendo el tegumento seminal	
9	Emergencia: los cotiledones rompen la superficie de suelo	

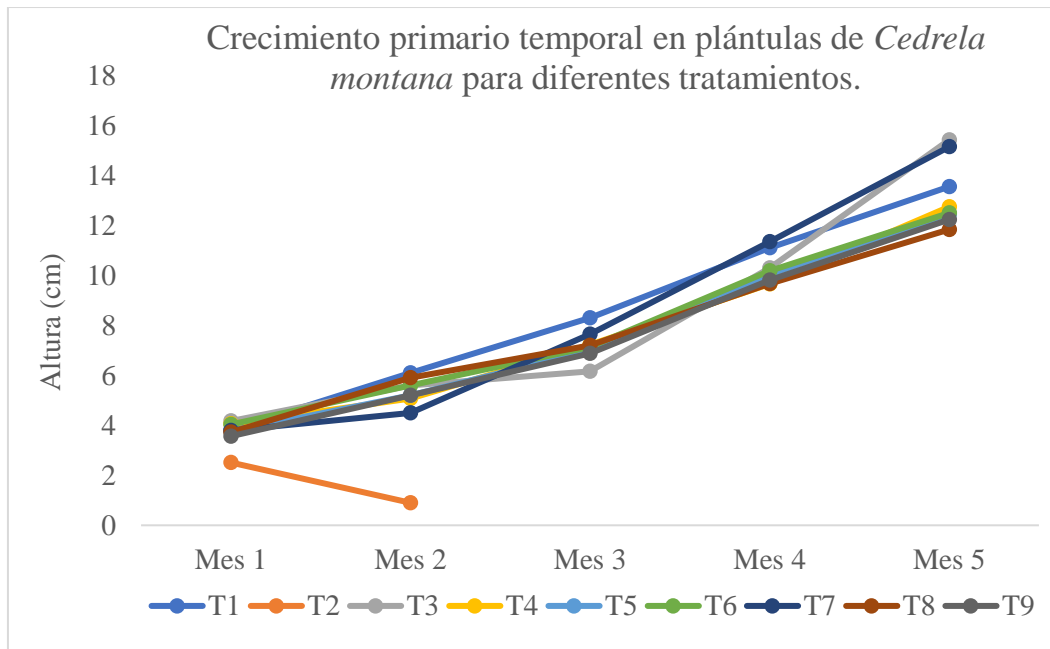
*Estadio principal 1: desarrollo de las hojas (tallo principal)*

Código	Descripción	Evidencia fotográfica
10	Cotiledones desplegados completamente	
11	Primera hoja verdadera del tallo principal, desplegada	
12	La segunda hoja verdadera del tallo principal, desplegada	
13	La tercera hoja verdadera del tallo principal, desplegada	

### 5.3 Etapa 2 de crecimiento

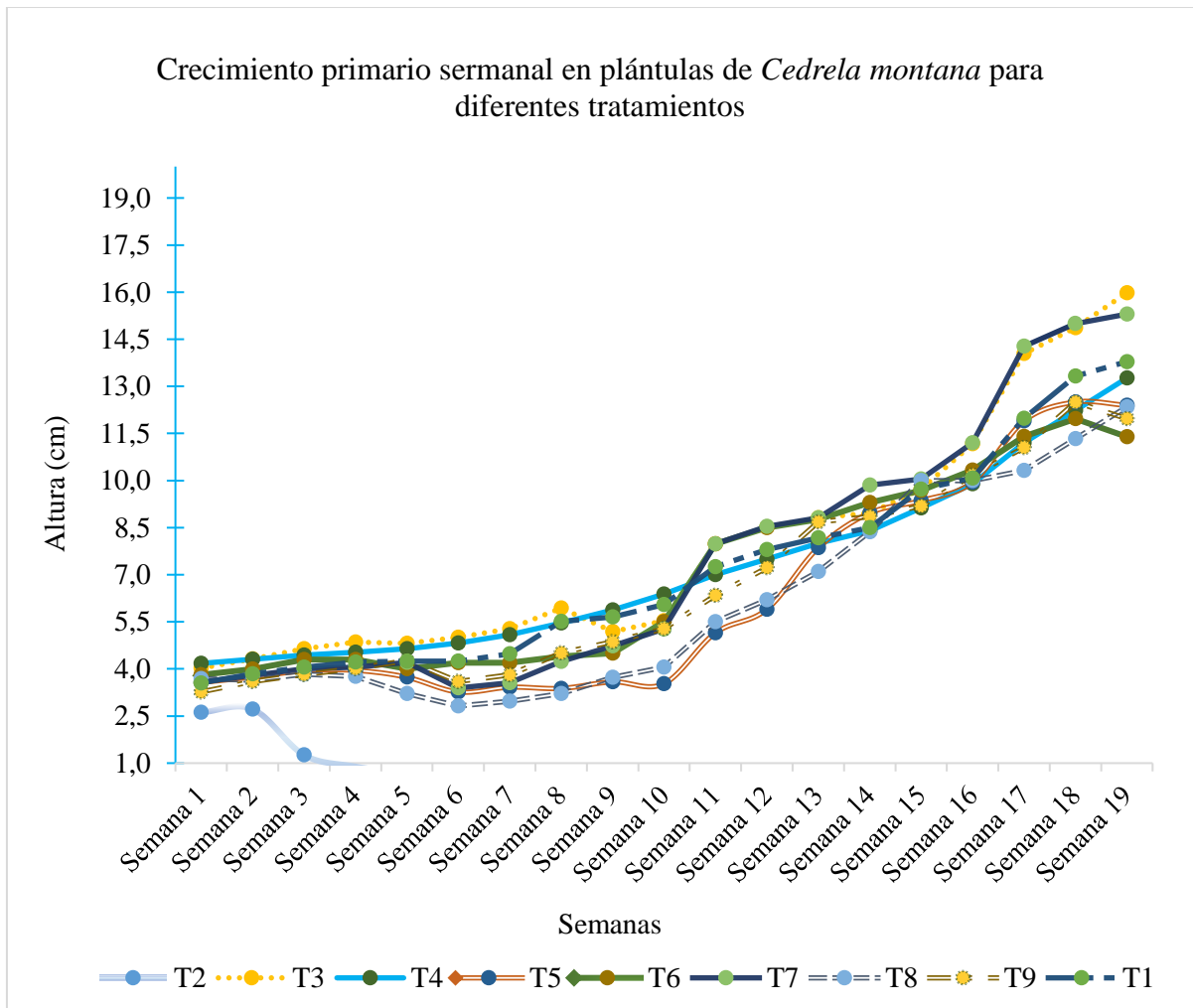
*Altura de plántulas por tratamientos:* Los tratamientos aplicados en el presente estudio, generaron diferentes comportamientos de crecimiento en altura, en ese orden de ideas los tratamientos 3 y 7, los cuales correspondieron a Tierra, arena, compost (3:1:1) y Tierra, cascarilla de arroz, compost (3:1:1) respectivamente, registraron en promedio valores entre 15,9 y 15,4 cm. Dicho registro permite comparar las métricas con estudios como los de Cuasapud (2012), los cuales presentaron una altura de 19,46 cm en el T3 (SN+SG), en contraste, el tratamiento T2 registro 0,9 cm de altura promedio en la variable de crecimiento, inferior a los resultados exhibidos por los tratamientos. T1 y T4, con 13,7 cm, 13,2 cm, respectivamente. El T5 registró una altura de 12,2 cm, El T6 registró una altura de 11,3 cm, El T8 registro una altura de 12,3 cm y El T9 registro una altura de 11,9 cm en el mes cinco. Los anteriores registros en altura indican la importancia del análisis temporal en el crecimiento requerido (Altura mínima de 30 cm, esto es pasados cuatro a cinco meses de permanencia en el vivero) para actividades de repoblación y enriquecimiento florístico, así como procesos de rehabilitación con dominancia de la especie *C. montana*, en áreas degradadas por actividades antrópicas (CORANTIOQUIA, 2007).

Figura 5. Comportamiento de la altura de plántula después del trasplante.



*Altura de plántulas en los tratamientos semanales.:* La respuesta de plántulas *C. montana* según crecimiento en altura fue creciente, para los tratamientos aplicados. Sin embargo, el tratamiento 2 correspondiente a 100% turba, presentó decrecimiento durante las semanas dos y tres, con evidencia de marchitez. Por otra parte, la viabilidad de las plántulas fue significativa desde la semana uno, para los T1 y T7, incluso a partir de la décima semana, se registraron crecimientos superiores en dichos tratamientos frente a los restantes. Los análisis de varianza muestran diferencias significativas entre tratamientos (Figura 6).

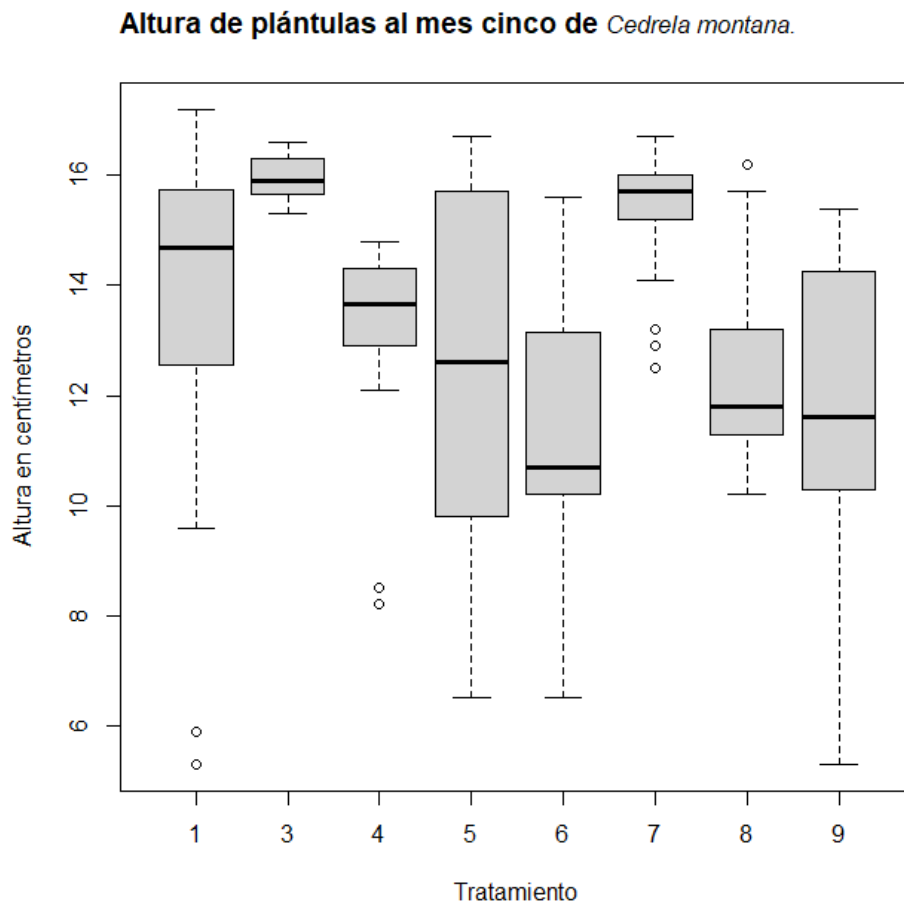
Figura 6. Comportamiento semanal de la variable de crecimiento primario (altura en cm)



*Análisis de varianza:* Existen diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%. Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los nueve tratamientos producen diferencias significativas. Los T3 y T7 presentaron diferencias significativas respecto a los otros tratamientos, la altura media del T3 fue de: 15,9 cm y la del T7:15,3 cm. El análisis de la influencia de los sustratos para *C. montana* en cuanto a los parámetros morfológicos de crecimiento, mostró que la mayor altura la presentó el tratamiento T3 con 15,4 cm mientras que el tratamiento con

menor altura fue T2 con 0,9 cm, mostrando diferencias significativas en cuanto a crecimiento a lo largo del tiempo de observación y monitoreo (Figura 7).

Figura 7. Blox-plot Altura en cada sustrato



En cuanto al diámetro del cuello de la raíz, en la especie *C. montana* se registraron en los nueve tratamientos valores diferentes, T3 registró como promedio 4 mm; el tratamiento que obtuvo menor valor fue T5 con 2,7 mm, transcurrido cinco meses. Concerniente al índice de esbeltez, se observa que el mejor comportamiento para esta variable se aprecia en T9 (Tierra, arena, cascarilla de arroz, compost; 1:1:2:1) con 5,51 en diferencia con T2 (100% Turba) con 0 (Anexo 12), este

registro permite comparar las métricas con estudios como los de Daza y Salguero (2015) los cuales obtuvieron para la variable de índice de esbeltez (IE) que el valor más alto lo presentó el Pino 30% y Cedro 50% con un valor de 2,88, en contraste con Pino 50% con 2,44.

*Prueba Tukey LSD:* La variable altura presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos, por lo tanto, se rechaza la hipótesis, concluyendo que el efecto de los tratamientos en la altura de *C. montana* fueron diferentes, mientras que la combinación entre los tratamientos T3 (Tierra, arena, compost; 3:1:1) y T7 (Tierra, arena, cascarilla de arroz, compost; 2:1:1:1) son estadísticamente iguales y estos son estadísticamente diferentes a los T1 (100% tierra), T4 (Tierra, cascarilla de arroz, compost; 3:1:1), T5 (Tierra, arena, compost; 2:2:1), T6 (Tierra, cascarilla de arroz, compost; 2:2:1), T8 (Tierra, arena, cascarilla de arroz, compost; 1:2:1:1) y T9 (Tierra, arena, cascarilla de arroz, compost; 1:1:2:1). Siendo el T3 el mejor tratamiento, el cual registró una altura promedio al final del estudio (Quinto mes) de 15,9 cm.

*Correlación de Pearson:* Se observó una correlación débil de 0,12 para la variable altura y temperatura, no existen linealidad ni normalidad en los datos de estas variables los datos tomados desde el mes uno hasta el mes cinco. Lo anterior, posiblemente por reporte semanal en variabilidad de temperatura y precipitación, evidenciando que se requiere análisis diarios e incluir la variable humedad y tomar datos durante más tiempo para relacionar la viabilidad de las plántulas frente a diferentes condiciones ambientales (Yepes, Silveira, & Buckeridge, 2011).

El valor de significancia de la correlación de Pearson para la variable altura y temperatura indica que no hay correlación entre las variables, el valor de la correlación entre altura y precipitación es de 0,1 indicando que hay una relación muy baja entre las variables, todos los valores entre las variables son entre 0,1 y 0,3, se acepta  $H_0$  que no existe correlación lineal entre las variables altura y temperatura, altura y precipitación (Tabla 8).

Tabla 8.

*Valores correspondientes a la correlación estadística por prueba de Pearson*

	<b>Altura</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Precipitación</b>
Altura	1,00	0,12	0,10
Temperatura	0,12	1,00	-0,20
Precipitación	0,10	-0,20	1,00

*Correlación de Spearman:* arrojó valores de correlación entre 0,03 de la variable altura y temperatura y valor de 0,07 para la variable precipitación, indicando una mínima correlación entre variables altura – temperatura y altura – precipitación, lo cual sugiere que las variables temperatura y precipitación no se correlacionan con la variable altura. Por lo anterior, las variables climáticas precipitación y temperatura, no ofrecen incidencia en el desarrollo primario de la especie *C. montana*, la precipitación es un proceso bioclimático zonal, con afectaciones por exceso o déficit, sobre los procesos morfofisiológicos en las especies arbóreas del bosque alto andino. En áreas con precipitaciones media anual inferior a 2500 mm, los tallos crecieron de manera curva y en menor tamaño de altura (Vázquez, Batis, & Sanchez, 1999).

Las variables climáticas afectan directamente el ecosistema del género *Cedrela* como se evidenció en el estudio realizado por (Gómez Díaz, Monterroso Rivas, & Tinoco Rueda, 2007) quienes afirmaron posibles cambios en el comportamiento de la especie (Tabla 9).

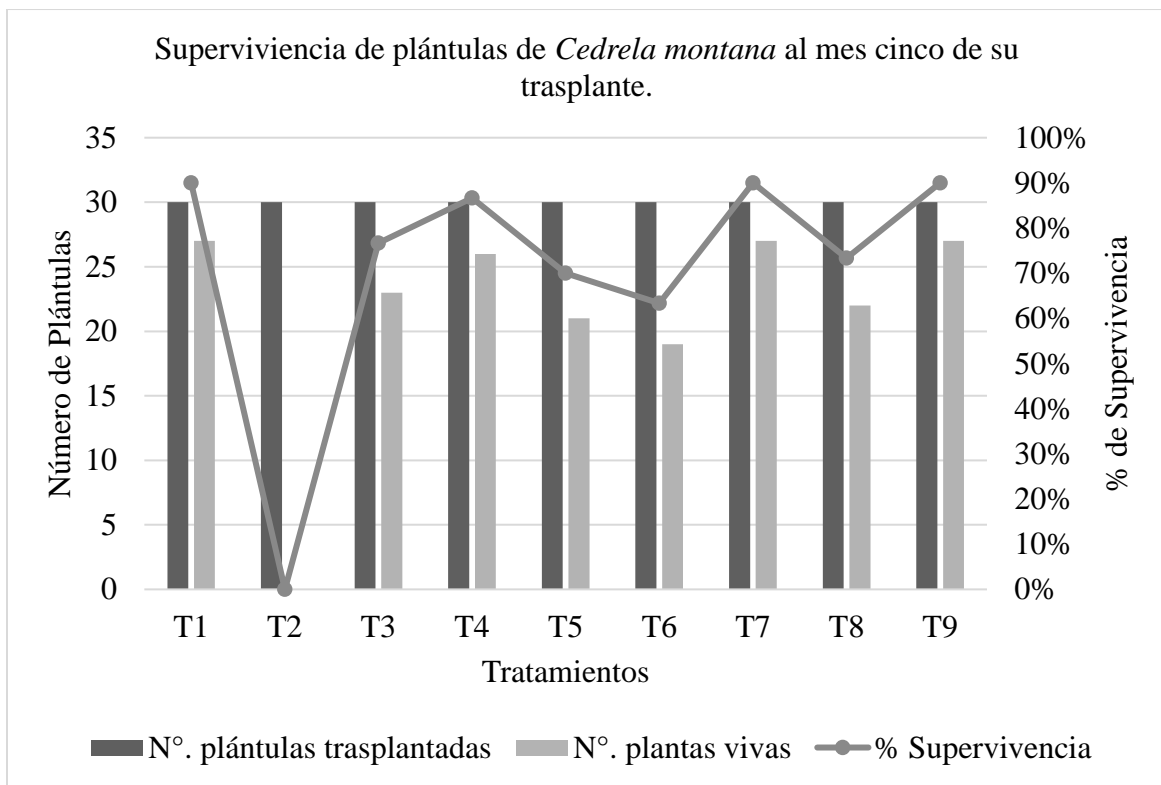
Tabla 9.

*Valores correspondientes a la correlación estadística por prueba de Spearman*

	<b>Altura</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Precipitación</b>
Altura	1	0,03	0,07
Temperatura	0,03	1	0,01
Precipitación	0,07	0,01	1

#### 5.4 Supervivencia

Se trasplantaron 270 plantas, las cuales fueron divididas en nueve tratamientos, con 30 plántulas cada uno. Se propagaron en total 192 plántulas, determinando así, el 71% de supervivencia en los nueve tratamientos, los porcentajes relevantes en supervivencia fueron en los tratamientos T1 (100% tierra), T4 (Tierra, cascarilla de arroz, compost; 3:1:1), T7 (Tierra, arena, cascarilla de arroz, compost; 2:1:1:1) y T9 (Tierra, arena, cascarilla de arroz, compost; 1:1:2:1) con 90, 90, 87 y 90% respectivamente (Figura 9), estos resultados mostraron un aporte importante en la propagación *C. montana* en vivero, los mayores porcentajes de supervivencia se obtuvieron en los tratamientos compuestos por arena aluvial y cascarilla de arroz, debido a que en este medio se estimula el crecimiento radicular, lo que se relaciona con la absorción de nutrientes y la respiración de raíces de la planta. Por su parte, los tratamientos T2 (100% Turba), T5 (Tierra, arena, compost; 2:2:1), T6 (Tierra, cascarilla de arroz, compost; 2:2:1) y T8 (Tierra, arena, cascarilla de arroz, compost; 1:2:1:1) presentaron los más bajos valores de supervivencia, lo cual se debe al proceso de compactación que se presentó en estos tratamientos durante el estudio.

Figura 9. Supervivencia de *Cedrela montana*.

## 6. Conclusiones

El mejor comportamiento en la germinación de plántulas de *C. montana*, se registró en el sustrato Turba (100%) con 65,5%; en cuanto a los parámetros morfológicos de crecimiento al mes cinco, mostró que la mayor altura la presentó T3 (Tierra, arena, compost; 3:1:1) con 15,4 cm mientras que la menor la presentó T6 (Tierra, cascarilla de arroz, compost; 2.2.1) con 11,3 cm; presentando diferencias significativas con los tratamientos T3 y T7.

Bajo las condiciones de estudio, la especie *C. montana* responde bien al uso de los sustratos orgánicos mezclados, estimulando el proceso de crecimiento en altura de las plántulas.

El sustrato que mejor se comportó durante la fase de germinación de las semillas de *C. montana* fue turba (65,6%), porque este material puede absorber más agua que los demás sustratos, permitiendo a la semilla obtener mayor humedad y a la vez buen drenaje favoreciéndola en los requerimientos del proceso de imbibición.

Se concluye que la mezcla de Tierra, arena, compost (3:1:1) presentó un incremento en el rendimiento de la absorción de nutrientes de las plantas favoreciendo el crecimiento vegetal gracias al aporte de la materia orgánica, lo cual hace que la planta cuente con mejor retención de humedad y aireación, estimulando el crecimiento de la raíz.

El proceso de adaptabilidad de las plántulas de *C. montana* mostró mejor comportamiento en los tratamientos T1 (100% tierra), T4 (Tierra, cascarilla de arroz, compost; 3:1:1), T7 (Tierra, arena, cascarilla de arroz, compost; 2:1:1:1) y T9 (Tierra, arena, cascarilla de arroz, compost; 1:1:2:1) con 90,87,90,90 respectivamente, los porcentajes más bajos los presentaron el T5 (Tierra, arena ,compost;2,2,1) y el T6 (Tierra, cascarilla de arroz, compost ) este resultado está directamente relacionado con los sustratos escogidos para el estudio, debido a que algunos de ellos presentaron compactación, dificultando el libre desarrollo de las raíces de la plántula.

## 7. Recomendaciones

Se recomienda tener en cuenta las siguientes apreciaciones y lecciones aprendidas durante el desarrollo del presente estudio, buscando el mejoramiento de la propagación vegetal en semillas y plántulas de *C. montana*.

Analizar el índice de porosidad y contenidos de materia orgánica en diferentes sustratos y testigo turba para la germinación de semillas ortodoxas.

Comparar la incidencia de variables bioclimáticas en función de parámetros de crecimiento y su relación con biomasa (Peso fresco, peso seco, análisis foliar y longitud de raíz), construyendo así el índice de calidad de Dickson.

Tomar muestreos de suelo para el registro de aportes nutricionales y ciclo biogeoquímico de elementos menores en la relación suelo-plántula.

Aplicar diferentes tratamientos pre germinativos a la semilla, teniendo en cuenta tiempos y temperaturas diferentes para sumergir en agua.

Evaluar variables físico mecánicas en suelos y tipos de sustratos, tales como retención hídrica, compactación, evaporación y humedad, como variables por incorporar en modelos matemáticos polinomios explicativos de los procesos de crecimiento en semillas y plántulas tanto para *C. montana* como otras especies pertenecientes al género y familia taxonómica.

Establecer un área de investigación para la ejecución de pruebas pilotos *in situ*.

## Referencias

- Abbott. (1988). *Mejora de cultivos de propagación vegetativa*. Londres: Prensa académica.
- Aguirre, J. R. (2008). Métodos inductivos para maximizar la germinación de semilla de germoplasma nativo en vivero para sistemas silvopastoriles en Nayarit. Mexico.
- Andrade. (2004). *Capacidad morfogenética dediferentes explantes de cedro (Cedrela)*. México: Universidad Veracruzana.
- Ansorena. (1994). *Sustratos. Propiedades y caracterizacion*. Madrid: España.
- Añazco, Morales, Palacios, & Vega. (2010). *Sector Forestal Ecuatoriano: propuestas para una gestión forestal sostenible: Serie Investigación y Sistematización No. 8*. Quito.: ECOBONA-INTERCOOPERATION.
- Arnold. (1996). Manual de vivero forestal: Elaborado para algunas especies forestales nativas de la zona templada del Sur de Chile. *CONAF-DED*, 123.
- Bara, T. (1986). Fertilización Forestal, Departamento Forestal de Zonas Húmedas. Lourizán Pontevedra, España: Xunta de Galicia.
- Bernal, Gradstein, & Celis. (15 de 03 de 2020). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
- Biblioteca digital. (25 de 09 de 2019). *Los viveros*. Obtenido de [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec\\_7.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_7.htm)
- Bilderback. (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Bueno. *Manual de producción de cultivos de vivero*, 15.

- Borja, & Lasso. (1990). Taxonomía del Cedro. *Cedrela*, 12.
- Cabrera. (1999). Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Chapingo-Serie Horticultura.*, 5-11.
- Calderón, E. (2003). Plantas invasoras en Colombia: una visión preliminar. Instituto Programa de Biología de la Conservación, Línea 'Especies Focales'. *Alexander-Von-Humboldt.* , 1,7.
- Camacho, M. (1985). Determinación de los tipos de dormición de las semillas forestales. Tercera Reunión sobre Plantaciones Forestales. México.
- Camacho, M. V. (1985). Observaciones acerca de La germinación Del capulín (*Prunus capulí*) Resúmenes Del Primer Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. México: SOMECH .
- Cárdenas, & Salinas. (2007). *Libro Rojo de plantas de colombia. Especies maderables amenazadas: Primera parte. Serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia.* Colombia: UINC.
- Carvajal, Ariza , Caro, & Valero. (2014). *Especies Forestales Representativas del Sur Oriente de Boyacá.* Bogotá D.C.
- Carvajal, & Cardona. (2012). *Evaluación de germinación, vigor y calidad fisiológica.* México: CONACYT-CIQA.
- CORANTIOQUIA. (14 de Septiembre de 2007). *Manejo de semillas y la propagación de forestales del bosque andino.* Obtenido de <http://corantioquia.gov.co/sitios/ExtranetCorantioquia/SiteAssets/Lists/Administra>
- Cuasapud, A. (2012). *Métodos de reproducción de tres especies forestales en cuatro proporciones de sustratos en vivero, en la comuna Tesalia, provincia Carchi.* Ibarra.: Universidad Técnica del norte.

- Daza Triana, V. A., & Salguero Abril, A. M. (2015). Evaluación del efecto de 10 sustratos a base de aserrín crudo en la germinación y la calidad de la planta en el crecimiento inicial de *Quercus humboldtii* Bonpl Y *Cedrela montana* Moritz ex Turcz. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD*, 113.
- Díaz, & Pérez. (26 de Noviembre de 2011). *Lista roja de especies amenazadas: Cedrela montana*. Obtenido de UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza): <http://www.iucnredlist.org/details/32292/0>
- Díaz, A., Brenes, Cascante, D., & Ovares, C. (2010). Plagas y enfermedades forestales en cedro amargo (*Cedrela odorata*). *Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional de Costa Rica*, 3.
- Edgar. (2009). Protocolo para su Colecta, Beneficio y Almacenaje. *COMISIÓN NACIONAL FORESTAL*, 23.
- Fernández, G. (26 de Mayo de 2018). *Botanipedia*. Obtenido de [https://www.botanipedia.org/index.php?title=PLANTAS\\_VASCULARES](https://www.botanipedia.org/index.php?title=PLANTAS_VASCULARES)
- Fonteno, W., & p., C. H. (2000). Procedimientos para determinar las propiedades físicas de los sustratos de horticultura utilizados en NCSU. Horticultural Substrate Laboratory. *North Carolina State University*, 26.
- García, R. (2013). Módulo de estudio para el curso académico de viveros. Bogotá, Colombia.
- Gardey, J., Pérez, & Porto. (2019). *Definición de Germinación*. Obtenido de <https://definicion.de/germinacion/>
- Garzón. (2005). Uso de aserrín y acículas como sustrato de germinación y crecimiento de *Quercus humboldtii* (roble).

- Gómez Díaz, J. D., Monterroso Rivas, A. I., & Tinoco Rueda, J. A. (2007). *Distribucion del credo rojo (Cedrela odorataL.) en el estado de Hidalgo, bajo condiciones actales y escenarios del cambio climatico*. Xalapa, Mexico: Instituto de ecologia AC.
- Gómez, M., & Toro, J. (2008). *CORANTIOQUIA. Medellín: CORANTIOQUIA. (Boletín Técnico Biodiversidad*. Obtenido de Manejo de las semillas y la propagación de diez especies forestales del bosque seco tropical: [http://www.corantioquia.gov.co/sitios/ExtranetCorantioquia/SiteAssets/Lists/Administrar%20Contenidos/EditForm/boletin\\_semillas\\_bosque\\_secotropical.pdf](http://www.corantioquia.gov.co/sitios/ExtranetCorantioquia/SiteAssets/Lists/Administrar%20Contenidos/EditForm/boletin_semillas_bosque_secotropical.pdf)
- Guerra, D. (2009). Crecimiento inicial de cuatro especies forestales: *Cedrela montana* Moritz ex Turcz, *Alnus acuminata* Kuntz, *Croton* spp, y *Pinus radiata* D. Don, en y sin asocio con cultivos agrícolas, en el cantón Otavalo periodo 2008-2009. *Facultad de ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Técnica del Norte*.
- Gutiérrez, Torres , & Diaz. (2014). Capacidad germinativa del *Cedrela montana* Motriz ex Turcz. Hernandez, & Loracnis. (30 de 01 de 2010). *Scielo*. Obtenido de Scielo: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362010000100008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100008)
- ICA. (2018). Resolución 000970 del 10 de marzo del 2010 .
- Iglesias, Gutiérrez, Alarcón, & Bustamante. (1994). Preparación de sustratos artificiales para la producción de plántula en vivero. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. *Campo experimental Sierra de Chihuahua.*, 31.
- ISTA. (2014). International Rules for seed testing. *International Rules for seed testing. Rules and annexes.*, 3–177.
- Jessieu. (25 de 08 de 2020). *Angiosperm Phylogeny Website*. Obtenido de Angiosperm Phylogeny Website: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>

- Josse, C. (2009). Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela.
- Ligia, M., Restrepo, J., Toro, & Murillo. (2007). *Manejo de las semillas y la propagación de diez especies forestales del Bosque Andino. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia- Corantioquia.*
- Mahecha, G., Ovalle, A., Carmelo, D., & Rozo, A. (2004). *Vegetación del Territorio CAR. 450 especies de sus llanuras y montañas . Bogotá: CAR.*
- Málaga, A. (16 de Junio de 2020). *Alcaldía Málaga .* Obtenido de Alcaldía Málaga: <http://www.colombiaturismoweb.com/DEPARTAMENTOS/SANTANDER/MUNICIPIOS/MALAGA/MALAGA.htm>
- Maldonado, B. &. (2010). *Sustratos alternativos para la producción de Pinus greggii Engelm en vivero. Institucion de enseñanza e investigacion en ciencias agricolas.* Obtenido de <http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/79>
- Martínez, Bou, D., & Maier, C. (2012). *El mundo de las plantas, Botanical on line.*
- Mauseth, J. (2003). *Botánica e introducción a la biología vegetal.* Massachusetts.: Nueva Inglaterra.
- Ministerio de Agricultura, A. y. (27 de Junio de 2020). *Ministerio de Agricultura, Alimentacion y Medio Ambiente.* Obtenido de ICA: <http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/tema/medios-de-prduccion/>
- Montiel, J., Espitia, & Araméndiz. (2014). *Secado, tolerancia a la desecación y viabilidad de semillas de cinco especies forestales nativas en Córdoba.* Colombia.
- Pastor , S., & Narciso. (2015). *Utilización de sustratos en viveros Terra Latinoamericana.* Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317307>

- Pennington. (2010). Procedimientos de la Academia Nacional de Ciencias. *Diversificación de plantas contrastantes*, 10.
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2019). *Definición de germinación*. Obtenido de <https://definicion.de/germinacion/>
- Prado, L. V. (2000). Contribución a la fenología de especies forestales nativas Andinas de Bolivia y Ecuador. Fosefor. Quito- Ecuador. Programa Andino de fomento de semillas forestales Cosude/Intercooperation. . 62-64.
- Reyes, A. C. (2005). *Producción de plántulas de Pinus pseudostrabusvar Apulcensis en sustratos a base de aserrín*. Montecillo, Texcoco Estado de México,.
- Rivera, M., Peñuela, M., Jiménez, R., & Vargas, J. (2013). *Ecología y Silvicultura de Especies Útiles Amazónicas: Abarco (Cariniana micrantha Ducke), Quinilla (Manilkara bidentata (A. DC.) A. Chev.) y Violeta (Pelto aniculata Benth.)*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/36632/6/9789587616347.pdf>
- Rodríguez, J. N. (2003). *Cedrela montana Moritz ex Turcz. Corporación Nacional de Investigación Forestal*. Bogotá.
- Rojas. (1997). Dasometria. *Dasometria*, 12.
- Rosales, Sigala , & Busatamante. (2013). *Producción y trasplante de Agave en vivero, Durango, Dgo. Inifap: Instituto Nacional de Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias*. Obtenido de [http://www.researchgate.net/profile/Sergio\\_Rosales-Mata/publication/273727453\\_Produccion\\_y\\_trasplante\\_de\\_planta\\_de\\_Agave\\_en\\_vivero/links/5509c62c0cf20f127f90a9d3.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Sergio_Rosales-Mata/publication/273727453_Produccion_y_trasplante_de_planta_de_Agave_en_vivero/links/5509c62c0cf20f127f90a9d3.pdf)

- Santamaría, A. (2012). *Establecimiento de un protocolo para la germinación in vitro e inducción a callo embriogénico de cedro (Cedrela montana) a partir de embriones zigóticos*. Sangolguí.: Escuela Politécnica del Ejército.
- Santiago , O., Sánchez , M., & Monroy , C. (2007). Manual de producción de especies forestales tropicales en contenedor. *INIFAP CIRGOC*, 73.
- Semillero. (24 de Julio de 2020). *El semillero*. Obtenido de El semillero: <http://el-semillero.net/catalogo-el-semillero/>
- Seminis. (17 de Julio de 2020). *Semillas*. Obtenido de Hongo en semillas: <https://www.seminis.mx/blog-en-que-consiste-el-damping-off/>
- Sigala, J. (2013). Factores que influyen en la supervivencia y crecimiento de una reforestación con *Pinus pseudostrobus* Lindl. *México: Universidad Autónoma de Nuevo León*.
- Toro. (2013). Árboles de las montañas de Antioquia. . *CORANTIOQUIA*, 112.
- Varela. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos. *Grupo de Ecología Forestal, INTA EEA Bariloche*, 3-5.
- Vázquez, Batis, & Sanchez. (1999). *Arboles y arbutos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. México: Instituto de ecología, UNAM.
- Worthen. (1949). Suelos agrícolas: Su conservación y fertilización. . *U.T.E.H.A. México*, 43.
- Yepes, Silveira , & Buckeridge. (2011). Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global. *Colombia Forestal*, 213-232.
- Young. (2009). Uso del suelo andino y biodiversidad: paisajes humanizados en tiempos de cambio. *Annals of the Missouri*, 10

## Apéndices

Apéndice A. A) Empaque de las semillas de *C. montana*. B). Selección de las semillas que tienen el embrión desarrollado. C). Inmersión de las semillas en agua a temperatura ambiente.



Apéndice B. A) Sustratos. B) Siembra de las semillas de *C. montana*.



**Apéndice C. Germinación de *C. montana* A). Emergencia de la plúmula. B). Emergencia de los cotiledones del suelo por el crecimiento del hipocótilo. C). El hipocótilo con cotiledones rompiendo el tegumento seminal.**



**Apéndice D. El hipocotilo con cotiledones rompiendo el tegumento seminal.**



**Apéndice E. Ataque del Hongo Damping Off.**



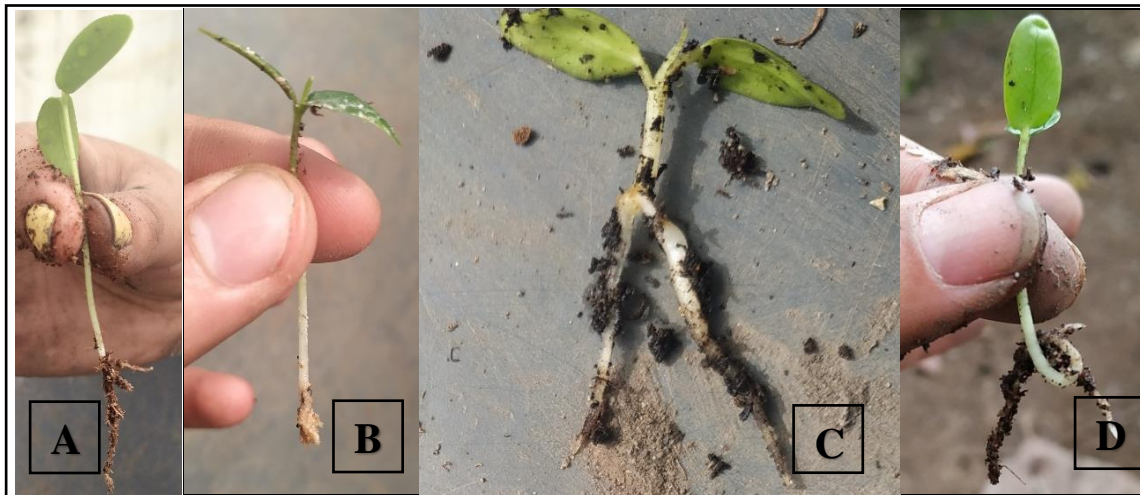
**Apéndice F. Desinfección de los sustratos.**



**Apéndice G. Trasplante y ubicación de las plántulas en el vivero municipal de Málaga,  
Santander**



**Apéndice H. Desarrollo radicular A) Desarrollo radicular de una plántula en Turba. B) Desarrollo radicular de una plántula en Arena. C) Plántula desarrollada en el sustrato de tierra más residuo de *Escallonia pendula*. D) Enrollamiento de la raíz.**



**Apéndice I. Estado fitosanitario, en la primera semana del trasplante.**



**Apéndice J. Medición de altura y diámetro de plántulas.**



**Apéndice K. Crecimiento de *Cedrela montana*. A). Plántula en proceso de crecimiento B). Desarrollo de la segunda hoja verdadera del tallo principal. C). Segunda hoja verdadera del tallo principal, desplegada. D). Tercera hoja verdadera del tallo principal, desplegada. E). Cuarta hoja verdadera del tallo principal. F). Cuarta hoja verdadera del tallo principal, desplegada. G). Séptima hoja verdadera del tallo principal, desplegada. H). Decima hoja verdadera del tallo principal, desplegada.**



**Apéndice L. Índice de esbeltez por tratamiento de *Cedrela montana*.**

Tratamiento	Altura	Diámetro	Índice de Esbeltez
T1	13,785185	3,4814815	3,9472222
T2	0	0	0
T3	15,982609	4	3,9956522
T4	13,265385	3,8461538	3,4769231
T1	12,228571	2,6666667	4,5746032
T2	11,394737	3,0526316	3,8157895
T3	15,3	3,7777778	4,0731481
T4	12,345455	3,1818182	3,880303
T1	12,0	2,7	5,5

**Apéndice M. ANOVA**

Coefficients:	Estimates	Std, Error	t value	Pr (> t)
(Intercept)	13,7852	0,4242	32,494	<2e-16
Tratamiento3	2,1974	0,6255	3,513	0,000557
Tratamiento4	-0,5198	0,6057	-0,858	0,391911
Tratamiento5	-1,5566	0,6414	-2,427	0,016190
Tratamiento6	-2,3904	0,6601	-3,621	0,000379
Tratamiento7	1,5148	0,6000	2,525	0,012419
Tratamiento8	-1,4397	0,6331	-2,274	0,024122
Tratamiento9	-1,8111	0,6000	-3,019	0,002899

## Apéndice N. Prueba de Tukey

Tratamientos	Estimate	Std, Error	t value	Pr(> t )
3 - 1	2,1974	0,6255	3,513	0,0129 *
4 - 1	-0,5198	0,6057	-0,858	0,9892
5 - 1	-1,5566	0,6414	-2,427	0,2337
6 - 1	-2,3904	0,6601	-3,621	0,0091 **
7 - 1	1,5148	0,6000	2,525	0,1911
8 - 1	-1,4397	0,6331	-2,274	0,3128
9 - 1	-1,8111	0,6000	-3,019	0,0565 ,
4 - 3	-2,7172	0,6310	-4,306	<0,001 ***
5 - 3	-3,7540	0,6653	-5,642	<0,001 ***
6 - 3	-4,5879	0,6834	-6,713	<0,001 ***
7 - 3	-0,6826	0,6255	-1,091	0,9578
8 - 3	-3,6372	0,6574	-5,533	<0,001 ***
9 - 3	-4,0085	0,6255	-6,408	<0,001 ***
5 - 4	-1,0368	0,6468	-1,603	0,7472
6 - 4	-1,8706	0,6653	-2,812	0,0981 ,
7 - 4	2,0346	0,6057	3,359	0,0207 *
8 - 4	-0,9199	0,6386	-1,441	0,8365
9 - 4	-1,2913	0,6057	-2,132	0,3978
6 - 5	-0,8338	0,6980	-1,195	0,9324
7 - 5	3,0714	0,6414	4,789	<0,001 ***
8 - 5	0,1169	0,6725	0,174	1,0000
9 - 5	-0,2545	0,6414	-0,397	0,9999
7 - 6	3,9053	0,6601	5,916	<0,001 ***
8 - 6	0,9507	0,6904	1,377	0,8662
9 - 6	0,5793	0,6601	0,878	0,9877
8 - 7	-2,9545	0,6331	-4,667	<0,001 ***
9 - 7	-3,3259	0,6000	-5,544	<0,001 ***
9 - 8	-0,3714	0,6331	-0,587	0,9990



