**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

# EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO EN PLÁNTULAS DE CEDRO (*Cedrela odorata*) USANDO DIFERENTES SUSTRATOS, LA UNIÓN, OLANCHO

POR:

**KAREN JULISSA GARCÍA TEJEDA**

**TESIS**

CATACAMAS, OLANCHO HONDURAS, C.A.

JUNIO 2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

# EVALUACIÖN DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO EN PLÁNTULAS DE CEDRO (*Cedrela odorata*) USANDO DIFERENTES SUSTRATOS, LA UNIÓN, OLANCHO


POR:

**KAREN JULISSA GARCÍA TEJEDA**

**GERARDO JAIR LAGOS HERNÁNDEZ, M.SC.**
Asesor Principal


**TESIS**

PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

LICENCIADA EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE


CATACAMAS, OLANCHO HONDURAS, C.A.

JUNIO 2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE**

**PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA**

Reunidos en el Salón del Sistema de Información Geográfica, adscrita a la Facultad de Ciencias de la Tierra y la Conservación de la Universidad Nacional de Agricultura la: **M Sc. GERARDO JAIR LAGOS HERNÁNDEZ, M Sc. SELVIN ANTONIO SARAVIA MALDONADO y el M Sc. HÉCTOR ANTONIO DÍAZ ANTÚNEZ,** miembros del Jurado Examinador de Trabajos de P.P.S.

La estudiante **KAREN JULISSA GARCÍA TEJEDA** del IV Año de la Carrera de Recursos Naturales y Ambiente presentó su informe.

**"EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO EN PLÁNTULAS DE CEDRO (*Cedrela odorata*) USANDO DIFERENTES SUSTRATOS, LA UNIÓN, OLANCHO."**

El cual a criterio de los examinadores, aprobó este requisito para optar al título Licenciada en Recursos Naturales y Ambiente

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los cuatro días del mes de junio del año dos mil diecinueve.

**M Sc. GERARDO JAIR LAGOS HERNÁNDEZ**
Consejero Principal

**M Sc. SELVIN ANTONIO SARAVIA MALDONADO**
Examinador

**M Sc. HÉCTOR ANTONIO DÍAZ ANTÚNEZ**
Examinador

## DEDICATORIA

Dedico esta Tesis al **Divino Creador** por recibir su aliento de vida cada día y permitirme llegar a lograr mis metas profesionales.

A mis padres **Manases García Avila** y **Gloria Maria Tejeda**, los seres que Dios permitió fueran mi apoyo en este proceso llamado vida, por su amor incondicional y comprensión en toda circunstancia.

A mis hermanos **Wilmer Nahúm García** y **Osman Josué García** por apoyarme e incentivarme a llegar a la meta.

A mi hija **Natalia Alessandra García Tejeda** por ser hoy mi fuente de motivación e inspiración a salir adelante, ser mi mayor alegría y amor inigualable. Te amo mi pequeña.

A **Carlos Roberto Tejeda Aguilar** por ser unos de los seres que más me motivo a lograr mis sueños, su apoyo económico por creer en mí hasta el final y recordarme que sin importar las adversidades podía ser una mujer exitosa.

A mi **Tía Dajania Ortiz** por ser como una segunda madre para mí, me ha dado su amor y su apoyo a lo largo de mi carrera universitaria.

## AGRADECIMIENTO

Agradecer a **Dios** por otorgarme sabiduría, fortaleza y siempre estar conmigo en cada paso.

A mis **Padres, Manases García Ávila** y **Gloria María Tejeda**, que con mucho amor y sacrificio me han apoyado en mi formación Profesional y así hoy celebrar la culminación de mi etapa universitaria, este logro es nuestro, nunca podre compensar su amor y apoyo, los amo.

A mi hija **Natalia Alessandra García Tejeda**, por venir a llenar de alegría mi vida por enseñarme a amar sin condiciones, por inspirarme cada día a ser mejor mujer y mejor madre.

A mis bellos hermanitos **Wilmer García** y **Osman Josué García**, que son también fuente de inspiración y motivación, por estar conmigo en las buenas y en las malas y amarme tanto. Los amo.

A mis tios **Carlos Roberto Aguilar**, **Dajania Maritza Ortiz**, **Jorge Alberto Oseguera, Rosa Leticia Tejeda**, **Marcio Leonel Tejeda** y a todos mis seres queridos que me apoyaron en las diferentes dificultades a las que estuve expuesta a lo largo de mi carrera.

A mis primas **Leonela Tejeda, Mariela Oseguera** y **Estela Funez,** por amarme y apoyarme hasta el final.

A mis mejores amigas **Damary Banegas, Martha Alicia Norales, Mirtala Guerra Portillo,** por su amistad, apoyo y compartir momentos de alegría y tristeza a mi lado.

A mis asesores: **M.Sc. Gerardo Jair Lagos, MSc.Selvin Saravia y M.Sc.Hector Antonio Diaz;** por su apoyo, compresión y guiarme con sus conocimientos para alcanzar esta meta.

## CONTENIDO


Pág.

**LISTA DE CUADROS** ..... viii

**LISTA DE FIGURAS** ..... ix

**LISTA DE ANEXOS** ..... x

**RESUMEN** ..... 1

**I INTRODUCCIÓN** ..... 1

**II OBJETIVOS** ..... 2

2.1 General ..... 2

2.2 Específicos ..... 2

**IV REVISIÓN DE LITERATURA** ..... 3

4.1 Origen y distribución del género *Cedrela* ..... 3

4.2 Descripción fenológica del cedro ..... 3

4.2.1 Taxonomía de la especie ..... 3

4.2.2 Hábitat local ..... 4

4.2.3 Crecimiento ..... 4

4.2.4 Hojas ..... 4

4.2.5 Floración y fructificación ..... 5

4.2.6 Semilla ..... 5

4.2.7 Plagas ..... 5

4.2.8 Usos del cedro ..... 6

4.3 Sustratos y sus propiedades ..... 6

4.4 Parámetros considerados para el sustrato ..... 7

4.4.1 Color del suelo ..... 8

4.5 Arena ..... 8

4.6 Suelo franco ..... 9

4.7 Suelo descompuesto de pulpa de café ....9
4.7.1 Propiedades químicas, físicas y biológicas de la pulpa de café descompuesta ....9
4.7.2 Beneficios del uso de pulpa de café descompuesta ....10
4.7.3 La pulpa de café en Honduras ....10
**V METODOLOGÍA ....12**
5.1 Ubicación del sitio de estudio ....12
5.1.1 Condiciones climáticas del municipio de La Unión ....13
5.2 Materiales y equipo ....14
5.3 Manejo del experimento ....14
5.4 Preparación de sustratos ....15
5.4.1 Obtención del sustrato pulpa de café descompuesta ....15
5.4.2 Sustratos por tratamiento ....15
5.4.3 Llenado de bolsas ....16
5.4.4 Riego ....16
5.4.5 Descripción de tratamientos ....16
5.5 Diseño experimental ....18
5.5.1 Ubicación de los tratamientos ....18
5.6 Variables evaluadas ....19
5.6.1 Altura de planta ....19
5.6.2 Diámetro del tallo ....19
5.6.3 Número de folíolos ....19
5.6.4 Profundidad radical ....20
5.6.5 Biomasa foliar fresca ....20
5.6.6 Biomasa foliar seca ....20
5.6.7 Biomasa radical ....20
5.6.8 Biomasa radical seca ....21
5.7. Análisis estadístico ....21
**VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ....22**
6.1 Efecto de los sustratos en el crecimiento y desarrollo de las plántulas de cedro ....22
6.1.1 Altura de planta ....22
6.1.2 Diámetro de tallo ....24

6.1.3 Número de folíolos.....25
6.1.4 Profundidad radical .....27
6.1.5 Biomasa foliar fresca.....28
6.1.6 Biomasa foliar seca .....29
6.1.7 Biomasa radical Fresca.....30
6.1.8 Biomasa radical Seca.....32
**VII CONCLUSIONES .....33**
**IV RECOMENDACIONES.....34**
**VIII BIBLIOGRAFÍA.....35**
**ANEXOS.....53**

## LISTA DE CUADROS

**Pág.**

**Cuadro 1**. Descripción de los materiales y equipos utilizados en la investigación. .....14

**Cuadro 2.** Descripción de las proporciones de sustratos utilizados en cada tratamiento .....15

**Cuadro 3.** Descripción de los tratamientos utilizados en la investigación. .....17

**Cuadro 4.** Descripción de los tratamientos y repeticiones del experimento. .....18

## LISTA DE FIGURAS

**Pág.**

**Figura 1**. Ubicación geográfica del experimento, vivero forestal del ICF, La Unión, departamento Olancho. ..... 13

**Figura 2**. Comportamiento de la variable Altura de planta ..... 22

**Figura 3.** Comportamiento de la variable Diámetro de tallo. ..... 24

**Figura 4.**Gráfica del crecimiento y desarrollo de número de folíolos por tratamiento. ..... 25

**Figura 5**. Gráfica representativa de la profundidad radical por tratamiento. ..... 27

**Figura 6.**Comportamiento de la variable biomasa foliar fresca. ..... 28

**Figura 7**. Gráfica representativa de la Biomasa foliar seca por tratamientos. ..... 29

**Figura 8.** Grafica de la Biomasa radical fresca por tratamiento ..... 30

**Figura 9.** Grafica representativa de la Biomasa radical seca por tratamiento ..... 32

## LISTA DE ANEXOS

**Pág.**

**Anexo 1.** Análisis de datos del comportamiento mensual de la variable Altura según ANAVA con prueba de Tukey.....39

**Anexo 2.** Análisis de datos del comportamiento mensual de la variable Diámetro de tallo según ANAVA con prueba de Tukey. .....40

**Anexo 3.** Análisis de datos del comportamiento mensual de la variable Número de foliolos según ANAVA con prueba de Tukey. .....41

**Anexo 4**. ANAVA con prueba de Tukey de la variable Biomasa radical fresca y Biomasa radicular seca. .....42

**Anexo 5.** ANAVA con prueba de Tukey de la variable Biomasa foliar fresca y Biomasa foliar seca. .....43

**Anexo 6.** ANAVA de la variable Profundidad radicular con prueba de Tukey. .....44

**Garcia,Tejeda K. J. 2019.** Evaluación del crecimiento y desarrollo en plántulas de cedro (*Cedrela odorata*) usando diferentes sustratos, La Unión, Olancho. Tesis Lic. En Recursos Naturales y Ambiente. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras, C.A. 59 pág.

## RESUMEN

El trabajo experimental se realizó en el vivero forestal ubicado en las instalaciones de la Oficina Local del Instituto de Conservación Forestal (ICF) de la Unión, Olancho. El propósito de la presente investigación fue determinar el mejor sustrato para la producción de (*Cedrela odorata*), se utilizaron tres sustratos: suelo franco, arena y pulpa de café. Se definieron 6 tratamientos y cada uno constaba de 5 repeticiones. Dichos tratamientos se distribuyeron de la siguiente manera: T1 100% de pulpa, T2 100% de suelo franco (Testigo), T3 proporción de 50% suelo franco 50% de arena, T4 proporción de 70% suelo franco 30% pulpa, T5 proporción de 50% suelo franco 50% pulpa y, T6 proporción de 40% suelo franco 30% pulpa 30% arena. Las variables evaluadas fueron altura de la planta, diámetro de tallo, número de foliolos, profundidad radical, biomasa foliar, biomasa foliar seca, biomasa radical y biomasa radical seca. Para este estudio se utilizó un diseño experimental completamente al azar y se evaluó durante 12 semanas, realizando las mediciones de las variables altura, diámetro de tallo y número de foliolos cada semana, las demás variables se les realizó toma de datos al finalizar la investigación. El análisis de datos en las distintas variables evaluadas se encontró que presentan diferencia significativa en los tratamientos, la mayoría de las variables de crecimiento y desarrollo de las plantas fueron influenciadas por los sustratos aplicados, en el presente estudio se determinó que el T6 es el tratamiento que presentó mejores condiciones para la producción de plántulas de calidad.

**Palabra clave:** vivero, materia orgánica, pulpa, café, arena.

# I INTRODUCCIÓN

Honduras posee una extensión territorial de 112,492 $km^2$ de superficie, según análisis resumido de las cifras nacionales obtenidas a partir del mapa forestal y cobertura de la tierra del 2014, cuenta con 5,384,424.88 hectáreas que esto equivale al 48% de cobertura forestal (Duarte-Castañeda *et al.* 2014), uno de los bosques más aprovechados en Honduras es el húmedo, se extraen unas 24 especies, de las cuales 15 de estas alcanzan un 95% del volumen total reportado; y son especies de mayor demanda, como ser: caoba, cedro y redondo (Forestal 2007).

Según estudio de la Racionalización del Sistema de Áreas Protegidas realizado por el COHDEFOR ahora ICF, se emiten listados de especies endémicas y de preocupación especial, dentro de este se encuentra el cedro (*Cedrela odorata*). De acuerdo, al Anuario Estadístico Forestal de Honduras 2015, se estimaba la certificación existente de 110,348 plantas de dicha especie (Julio 2016). Dentro del país se han implementado una serie de programas de certificación para evitar la deforestación y el comercio ilegal forestal, así como también la protección de especies endémicas. Siendo necesario recuperar la pérdida de cobertura forestal, para lograrlo se plantean campañas sobre reforestación, esperando resultados satisfactorios; sin embargo, el éxito dependerá de la calidad de plantas utilizadas, siendo esto posible a través del cuidado que se brinde en la etapa de vivero.

En tal sentido, en el presente estudio desarrollado en el vivero forestal del Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) se evaluó la efectividad de seis tratamientos con diferentes proporciones de pulpa de café con el fin de mejorar el crecimiento y desarrollo de las plántulas de cedro (*Cedrela odorata)*. Estos resultados servirán para los interesados en la producción de plántulas de mejor calidad, con la utilización de pulpa de café como sustrato se mejoraría también el tratamiento de aguas mieles y reducción de contaminación que este produce al ambiente.

# II OBJETIVOS

## 2.1 General

Evaluar la efectividad de diferentes sustratos en el crecimiento y desarrollo de plántulas de *Cedrela odorata*, en el vivero forestal del Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF), municipio La Unión, Olancho.

## 2.2 Específicos

- Evaluar el crecimiento y desarrollo de las plántulas de cedro (*Cedrela odorata)* usando diferentes sustratos.

- Determinar la calidad de las plántulas de cedro *(Cedrela odorata)* producida bajo diferentes sustratos.

- Recomendar el mejor sustrato para asegurar la producción de plántulas de calidad.

# IV REVISIÓN DE LITERATURA

## 4.1 Origen y distribución del género *Cedrela*

Según (Inab 2017), es una especie neotropical nativa de México se extiende hasta el Caribe, el norte de la Amazonia (las Guayanas) y mucho más al sur en el bosque del Atlántico brasileño y Argentina. Debido a su amplia distribución en América tropical forma parte de la flora nativa de la mayoría de países latinoamericanos a excepción de Chile, se le encuentra desde el norte de México hasta Bolivia y el norte de Argentina, así como en las islas del Caribe. Se localiza primordialmente en ecosistemas húmedos (Gómez Díaz *et al.* 2007).

## 4.2 Descripción fenológica del cedro

### 4.2.1 Taxonomía de la especie

Nombre científico: *Cedrela odorata.*

Nombre común: Cedro

Familia: Meliaceae

Orden: Sapindales

Clase: Magnoliopsida

### 4.2.2 Hábitat local

Se encuentra en los bosques de las zonas de vida subtropical o tropical húmedas o estacionalmente secas, desde la latitud 26° N. Los árboles individuales se encuentran por lo general esparcidos en los bosques mixtos semi-siempreverdes o semi-caducifoliolos dominados por otras especies. El cedro se puede encontrar siempre de manera natural en los suelos bien drenados, a menudo pero no de manera exclusiva en piedra caliza y tolera una larga temporada seca pero no prospera en las áreas con una precipitación anual promedio mayor a 3,000 mm o en los sitios con suelos densos (Conabio 1983).

### 4.2.3 Crecimiento

El cedro, en buenas condiciones de sitio, luz, y en ausencia de daños por el barrenador (*Hypsipyla grandella*) el crecimiento medio anual en los primeros años es 1.3 – 1.6 m en altura y 1.3 - 1.6 cm en DAP, de acuerdo con experiencias de plantaciones en Nicaragua y Honduras. El crecimiento más rápido sucede cuando el árbol mide 15 - 35 cm de DAP, después lo hace de manera más lenta. Los árboles en plantaciones se pueden aprovechar cuando alcanzan 45 cm de DAP, lo cual corresponde a un volumen de 1.8 $m^3$ y un fuste comercial de 15 m. La edad a que se alcanzan típicamente estas dimensiones es a los 40 años (Boshier 2003).

### 4.2.4 Hojas

De acuerdo a Conabio (1983), el cedro posee hojas alternas, paripinnadas o imparipinnadas, de 15 a 50 cm, incluyendo el pecíolo, compuestas por 10 a 22 folíolos opuestos o alternos, de 4.5 a 14 cm de largo por 2 a 4.5 cm de ancho, lanceolados u oblongos, copa grande, redondeada, robusta y extendida o copa achatada.

### 4.2.5 Floración y fructificación

El cedro posee flores que dentro de la misma inflorescencia existen tanto masculinas como femeninas, colocadas en panículas terminales o axilares de 25 a 35 cm de largo; los pedicelos de 1 a 2 mm de largo, cáliz esparcidamente provisto de pelos finos, cortos y en poca cantidad. Los lóbulos agudos, pétalos oblongos de color crema verdoso, 5 a 6 mm de largo, agudos, obtusos y filamentos glabros. Los frutos son cápsulas leñosas con dehiscencia longitudinal septicida, se abre en cinco carpelos de 4 a 7 cm de largo; de color café oscuro, de superficie externa lenticelada y lisa; el fruto se desprende una vez liberadas las semillas; en estado inmaduro, poseen un color verde y al madurar se tornan café oscuro (Morales-Ortiz y Herrera-Tuz 2009).

### 4.2.6 Semilla

De acuerdo con Boshier (2003), la semillas deben recolectarse del árbol cuando cambian de color verde a marrón café antes de que el fruto se abra. La germinación con semilla fresca es normalmente del 70%, esta no debe ser expuesta al sol ya que pierde viabilidad rápidamente, pero puede almacenarse por años a 5°C herméticamente sellados y con bajo contenido de humedad, pudiendo lograrse una germinación del 90% después de 4 años. Se estima que cada kg contiene de 30,000-50,000 semillas.

### 4.2.7 Plagas

El cedro es atacado principalmente por el barrenador de brotes *Hypsipyla grandella*, el daño principal que causa es la perforación de los brotes nuevos especialmente el brote principal, el cual se bifurca, impidiendo formación de fustes rectos lo que disminuye el valor comercial del árbol; en la época de lluvia es donde se registran más ataques, el árbol es más susceptible durante los primeros dos y tres años después de su plantación (García 2014).

### 4.2.8 Usos del cedro

Según Promabos (2012), el cedro es una de las maderas más comerciales que se emplea para hacer muebles y artesanías. En medicina casera: la infusión de las hojas ayuda contra dolor de muelas y oídos, dolor de estómago, disentería, diarrea y para bajar la temperatura si alguien tiene fiebre, así como también, es una fuente primaria de polen y una fuente secundaria de néctar.

## 4.3 Sustratos y sus propiedades

De acuerdo a Dolz (1992), un sustrato de cultivo es un medio material en el que se desarrollan las raíces de las plantas, capaz de proporcionar el agua, los elementos nutritivos que demande, y a las raíces el oxígeno necesario para su respiración. Los sustratos se pueden utilizar solos o mezclados. Existen sustratos orgánicos e inorgánicos; dentro de los sustratos inorgánicos de origen natural, y que no sufren proceso alguno previo a su uso, se incluyen a las gravas, las arenas de distintas granulometrías y las tierras de origen volcánico.

Se entiende que las propiedades físicas son todas aquellas que se pueden apreciar a simple vista; probablemente, las más importantes son la densidad aparente y la retención de agua aparte están las que son a nivel de laboratorio como ser: granulometría, densidad real y porosidad, entre otras. Mientras que, las químicas se refieren a la composición elemental que forman al sustrato, como están fijados y su relación con el medio. Las propiedades biológicas se refieren a la cantidad de materia orgánica con la que cuenta, dicha propiedad le permite al sustrato actuar como un reservorio dosificador de nutrientes (Bur y Agr 2002).

### 4.4 Parámetros considerados para el sustrato

De acuerdo a CANAHUÍ (2013), las propiedades a tener en cuenta al momento de seleccionar los materiales utilizados para la elaboración de sustratos son:

-Granulometría: tamaño medio y distribución del tamaño de partículas. A partículas más grandes, mayor será el contenido de aire y menor el de agua para determinada succión.

-Relación óptima aire/agua: 3/1.

-Porosidad (mayor a 85 %).

-Capacidad de agua disponible (24 - 40 %).

-Densidad aparente (menor a 0.4 gr/cm3).

-Relación C/N y grado de estabilidad de la materia orgánica.

-Capacidad de intercambio de cationes (CIC): 6 - 15 meq / 100 gr (24 - 60 meq/litro).

-pH con efecto importante en la disponibilidad de nutrientes.

-Cantidad y disponibilidad de nutrientes.

-Concentración de sales en la solución acuosa. La salinidad dependerá del tipo de sustrato y del agua de riego. A menor volumen del recipiente, más riesgoso es la acumulación de sales a niveles de toxicidad.

-Conductividad eléctrica menor a 0.65 mmhos/cm.

-Libre de enfermedades, plagas y malezas.

-Ser fácilmente disponible.

-Bajo costo.

### 4.4.1 Color del suelo

El color del suelo, en sí, no influye en el crecimiento de las plantas. Sin embargo, es de suma importancia como indicador de características del suelo que pueden ser esenciales para el desarrollo de las mismas, la mayoría de los minerales del suelo (arenas, arcillas) son blanquecinos o de colores claros pero son "teñidos" por materia orgánica, compuestos de hierro y, ocasionalmente, por compuestos de manganeso y calcio (Tejeira 2010).

Los suelos negros, son partículas pequeñas, que provienen de la descomposición del material orgánico. Estas, mejoran la textura del suelo permitiéndole retener agua y proveen una buena circulación de aire, necesaria para el crecimiento de las raíces. El suelo se vuelve rico en nutrientes, en la medida en que los microbios descomponen la materia vegetal en unidades utilizables. Algunas bacterias captan el nitrógeno del aire y lo fijan al suelo, así queda disponible para las plantas, enriquece la textura del suelo; descomponiendo los suelos arcillosos permitiendo que el agua drene y añade propiedades de retención de agua a los suelos arenosos. Así se dan las condiciones óptimas para la supervivencia de insectos beneficiosos y gusanos, que también fomentan la aireación y previenen que el suelo se compacte (Richford 2017).

## 4.5 Arena

Según Infoagro (2017), la arena que proporcionan los mejores resultados es la arena de río. Su granulometría más adecuada oscila entre 0.5 y 2 mm de diámetro. Su densidad aparente es similar a la grava, su capacidad de retención del agua es media (20 % del peso y más del 35 % del volumen), está constituida de muchas partículas minerales y a diferencia de la arena de playa tiene un bajo contenido de sales, por lo que no van a quemar a las plantas que crecen sobre ella.

### 4.6 Suelo franco

Por su textura equilibrada, así como por mejores características físicas y químicas, este tipo de suelo es el más apto para el cultivo. La mayoría de las especies de plantas se desarrollan de manera adecuada en este tipo de terreno. Por ello un mantenimiento óptimo reduce al mínimo los inconvenientes que puedan surgir durante el crecimiento de los vegetales. Una de las maneras más fáciles de identificar es que se encuentra en las partes superficiales del terreno y estos son de elevada productividad agrícola (FAO *s.f.*).

### 4.7 Suelo descompuesto de pulpa de café

De acuerdo con Ampuero (2011), el abono de pulpa de café constituye una alternativa viable, en los últimos tiempos, se ha convertido en una de las opciones para el procesamiento de cierta porción orgánica de los residuos sólidos, tanto urbanos como agrícolas. La pulpa del café posee características idóneas para el proceso de abono, ya que contiene un alto contenido de azucares que son fuente energética. Sus componentes son: nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, hierro y magnesio. Las concentraciones de P, Ca y K están en mayor cantidad en la pulpa que en el propio grano de café. Procesado como abono orgánico, estos nutrientes se liberan paulatinamente.

#### 4.7.1 Propiedades químicas, físicas y biológicas de la pulpa de café descompuesta

La pulpa del café descompuesta es una fuente excelente de materia orgánica para el suelo, posee un alto contenido de azucares (fuente energética), una buena relación carbono, nitrógeno (25 – 30:1) y un tamaño de partícula adecuado. Se estima que en 100 kg de pulpa descompuesta de café se encuentran nutrientes como ser: 0.5 kg de nitrógeno, 0.1 kg de fosforo, 1.0 kg de potasio, 1.7 kg de calcio, 0.5 kg de magnesio, estos elementos que son fundamentales para el desarrollo y crecimiento de las plantas(Ampuero 2011).

La pulpa de café posee características físicas que actúan directamente sobre el suelo incrementando la permeabilidad celular, dentro de la pulpa de café se encuentran los géneros microorganismos:*Enterobacter, Staphylococcus, Serratia, Candida, Torulopsis, Rhodotorula, Escherichia, Citrobacter, Hafnia y Streptomyces.*(Bland y Rodr 1999).

### 4.7.2 Beneficios del uso de pulpa de café descompuesta

De acuerdo a Ampuero (2011), es fuente importante de micro y macro nutrientes, especialmente de N, P y S, siendo particularmente importante el fosforo orgánico en los suelos ácidos. Ayuda a la estabilización de la acidez del suelo, actúa como agente quelatante del aluminio, mejora la capacidad de intercambio del suelo, la cohesión y estabilidad de los agregados del suelo. Disminuye la densidad aparente, aumenta la capacidad del suelo para retener el agua, es fuente energética de los microorganismos, por sus compuestos de carbono. Estimula el desarrollo radicular y actividad de los macro y microorganismos.

### 4.7.3 La pulpa de café en Honduras

De acuerdo a Pro Honduras (2015), la industria cafetalera de Honduras inició a mediados del siglo XX, constituyéndose, desde entonces, en la actividad de mayor importancia económica y social del país. El 95% de la caficultura está en manos de pequeños productores, del ingreso que genera esta actividad depende la economía y calidad de vida familiar.

Pese a lo expuesto anteriormente, los desechos de la actividad de extracción y obtención del café para consumo resulta ser un problema, siendo este un factor de contaminación ambiental , basado en que las aguas de despulpe, aguas de lavado o aguas mieles y la pulpa, en la mayoría de los países productores de café no se ha resuelto de manera satisfactoria ya

que la mayoría busca desechar la pulpa de forma rápida y fácil arrojándola a ríos y quebradas que, en muchos casos, son fuente de abastecimiento de agua potable o de uso doméstico o agrícola representando un grave peligro para la salud humana y para el medio ambiente (Vallejos 2016).

Es necesario que se implementen estrategias que motiven al productor a darle el mantenimiento o manejo adecuado a los desechos del café, mismo que genere ingreso monetario como un incentivo y de una manera indirecta mejoramiento de condiciones ambientales.

# V METODOLOGÍA

## 5.1 Ubicación del sitio de estudio

El experimento se realizó en el campus de la oficina regional del Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF), con sede en el casco urbano del municipio, La Unión, departamento Olancho; específicamente a 70 km al norte del desvío de la carretera que conduce a Tegucigalpa desde Juticalpa, en el lugar denominado Limones.

Según datos del Instituto Geográfico de Honduras, el municipio cuenta con un área de 556.3 $Km^2$, conformado por 4 aldeas y 64 caseríos; ubicado en el grupo de los denominados "pueblos del norte de Olancho", y sus límites son: al Norte con el municipio de Olanchito (departamento de Yoro) y el municipio de Esquipulas del Norte (Olancho); al Sur, con los municipios El Rosario, Salamá y Yocón (Olancho); al Este, con el municipio Jano, y al Oeste con el municipio de Mangulile (ambos de Olancho), y con coordenadas de referencia X: 531283, Y: 1660377 (Figura 1).

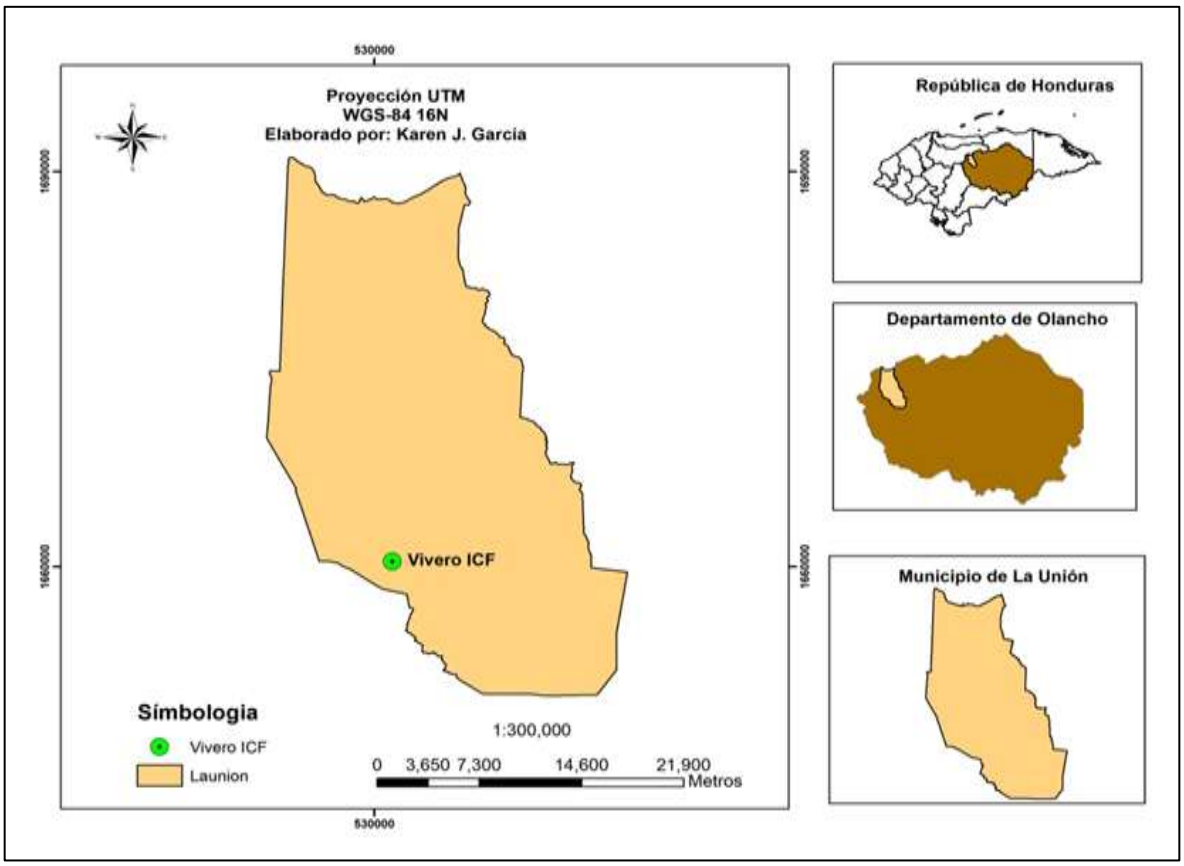



**Figura 1.** Ubicación geográfica del experimento, vivero forestal del ICF, La Unión, departamento Olancho.

### 5.1.1 Condiciones climáticas del municipio de La Unión

De acuerdo con Climate-data.org (*s.f.*), el municipio La Unión posee una altitud media de 834 msnm, tiene un clima tropical. En comparación con el invierno, los veranos tienen más lluvia. Este clima es considerado Aw según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura media anual es 23°C, el mes más caluroso del año con un promedio de 25.1°C es mayo, hasta llegar a alcanzar los 20.6°C, enero es el mes más frío del año, la humedad relativa varía de los 13% a 23%, la precipitación media es 1,515 mm.

La diferencia en la precipitación es de 217 mm entre el mes más seco y el más lluvioso; siendo marzo el mes con mayor sequía, estimándose una precipitación de 33 mm y el más lluvioso es septiembre con una precipitación que alcanza su pico con 250 mm.

## 5.2 Materiales y equipo

Para el desarrollo del experimento se necesitaron diferentes materiales y equipo, como pueden ser detallados en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Descripción de los materiales y equipos utilizados en la investigación.

| Descripción | Unidad de Medida | Cantidad |
|---|---|---|
| Plántulas de *cedrela odorata* | Semilla | 700 |
| Pulpa de café en descomposición | Litros | 378 |
| Arena | Litros | 144 |
| Suelo Franco | Litros | 558 |
| Bolsas polietileno | Paquete de 500 bolsas de 6"x 8" | 2 |
| Regla graduada en cm | Unidad | 1 |
| Pala | Unidad | 1 |
| Lápiz | Unidad | 1 |
| Libreta | Unidad | 1 |
| Computadora | Unidad | 1 |
| Pie de Rey | Unidad | 1 |
| Regadera | Unidad | 1 |
| Balanza Analítica | Unidad | 1 |
| Barril | Unidad | 1 |

## 5.3 Manejo del experimento

La duración del experimento fue de tres meses, en el transcurso de este tiempo se realizó la toma de datos (variables) por medio de revisiones semanales. El experimento fue establecido bajo un túnel con tela de sarán que sirvió de protección, evitando la incidencia y daño por plagas, así también como rompeviento y control de la cantidad de luz solar.

## 5.4 Preparación de sustratos

### 5.4.1 Obtención del sustrato pulpa de café descompuesta

Fue necesario recolectar pulpa de café ya descompuesta, proporcionada por un productor de café de la zona. Para dar inicio a la investigación se recolectó la cantidad de 400 Litros, misma que fue distribuida en los diferentes tratamientos evaluados.

### 5.4.2 Sustratos por tratamiento

**Cuadro 2**. Descripción de las proporciones de sustratos utilizados en cada tratamiento

| Tratamiento | Suelo Franco (%) | Arena (%)* | Pulpa de café (%)* | Proporción Real (Litros) | Proporción estimada |
|---|---|---|---|---|---|
| T 1 | 0% | 0% | 100% | 0:0:180 | 0:0:3 |
| T 2 (testigo) | 100% | 0% | 0% | 180:0:0 | 3:0:0 |
| T 3 | 50% | 50% | 0% | 90:90:0 | 1.5:1.5:0 |
| T 4 | 70% | 0% | 30% | 126:0:54 | 2.1:0:0.9 |
| T5 | 50% | 0% | 50% | 90:0:90 | 1.5:0:1.5 |
| T6 | 40% | 30% | 30% | 72:54:54 | 1.2:0.9:0.9 |

**Nota**: *Calculada a partir del volumen del sustrato utilizado en cada tratamiento ($m^3$), dicho volumen fue medido en un barril en el cual 180 litros representaban el 100%.

Los diferentes sustratos fueron preparados a partir de las mediciones de unidad de volumen realizadas con un barril de capacidad de 60 L, el cual se llenó con 30 paladas, a razón de 2 L/ palada. Se ocuparon 180 L (3 veces lleno el barril) para el llenado de 100 bolsas, representando esto el 100% del volumen requerido para poder definir los distintos tratamientos.

Los sustratos fueron preparados a partir de la combinación de suelo franco, arena de río y pulpa de café. Cada sustrato y sus combinaciones representaron un tratamiento, siendo el tratamiento T2 evaluado como testigo dado que es el que comúnmente se ha utilizado en varios viveros forestales.

### 5.4.3 Llenado de bolsas

Una vez preparado los sustratos, se procedió al llenado de las bolsas para conformar los diferentes tratamientos, tomando en cuenta que el sustrato dentro de la bolsa debe estar apelmazado adecuadamente para evitar cámaras de aire, la bolsa debe estar llena hasta la orilla por lo que rebaje con el riego previo a la siembra de la plántula.

### 5.4.4 Riego

El riego se realizó en un comienzo de manera manual, con regaderas, con el fin de no ocasionarle daños a las semillas que recientemente habían sido sembradas, dicha actividad se continuó realizando con mangueras ya instaladas en el ICF. El riego se realizo dos veces al día, la primera a las 7:00 am y la segunda a las 4:30 pm.

### 5.4.5 Descripción de tratamientos

Los tratamientos evaluados están basados en las diferentes proporciones en que se han utilizado los sustratos se establecen en unidad de volumen, al respecto el cuadro 3 los describe a continuación:

**Cuadro 3.** Descripción de los tratamientos utilizados en la investigación.

| Tratamiento | Proporción estimada | Descripción |
|---|---|---|
| **T 1** | 0:0:3 | 0 $m^3$, no se utilizó suelo franco.<br>0 $m^3$, no se utilizó arena<br>0.18 $m^3$ de pulpa de café, representa un 100% |
| **T 2 (testigo)** | 3:0:0 | 0.18 $m^3$ de suelo franco, representa un 100%<br>0 $m^3$, no se utilizó arena.<br>0 $m^3$, no se utilizó pulpa |
| **T 3** | 1.5:1.5:0 | 0.09 $m^3$ de suelo franco, representa un 50%<br>0.09 $m^3$ de arena que representa el 50%<br>0 $m^3$, no se utilizó pulpa |
| **T 4** | 2.1:0:0.9 | 0.126 $m^3$ de suelo franco, representa el 70%<br>0 $m^3$, no se utilizó arena.<br>0.054 $m^3$ de pulpa que representa el 30% |
| **T 5** | 1.5:0:1.5 | 0.09 $m^3$ de representa un 50%<br>0 $m^3$, no se utilizó arena<br>0.09 $m^3$ de pulpa que representa el 50% |
| **T 6** | 1.2:0.9:0.9 | 0.072 de suelo representa un 40 %<br>0.054 de arena que representa el 30%<br>0.054 de pulpa de café que representa el 30% |

El sustrato T1 fue una representación total de la efectividad del sustrato pulpa de café ya que estaba conformado de 0.18 $m^3$ (100%), al igual en el T2 fue en su totalidad 100% del sustrato suelo franco el cual fue utilizado como testigo ya que es el de uso común en los viveros, en cuanto al T3 demandó sustrato de suelo franco y arena de rio de una manera equitativa siendo un 0.9 $m^3$ de ambos sustratos. En el T4 se determino que el 70% del sustrato fuese conformado por suelo franco 0.126 $m^3$ y un 0.054 $m^3$ de pulpa de café representando un 30%. En el caso del T5 los sustratos fueron distribuidos de manera equitativa de un 0.9 $m^3$ de suelo franco y pulpa de café, para el tratamiento T6 se definió que el 0.072 $m^3$de suelo franco, el 0.054 $m^3$de arena y el 0.054 $m^3$de pulpa de café.

### 5.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), el experimento consistió en 6 tratamientos con 5 repeticiones, el tamaño de unidad experimental fue de 20 plántulas, siendo un total de 100 plántulas por tratamiento. En total el experimento requirió de 600 plántulas.

De las 20 unidades experimentales existente en cada repetición se evaluaron 10 semanalmente durante los tres primeros meses de vida de las plantas, siendo un total de 12 revisiones o levantamiento de datos.

**Cuadro 4 .** Descripción de los tratamientos y repeticiones del experimento.

| **Repeticiones** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **Plantas por tratamiento** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento 1 | $T_1R_1$ | $T_1R_2$ | $T_1R_3$ | $T_1R_4$ | $T_1R_5$ | 100 |
| Tratamiento 2 (testigo) | $T_2R_1$ | $T_2R_2$ | $T_2R_3$ | $T_2R_4$ | $T_2R_5$ | 100 |
| Tratamiento 3 | $T_3R_1$ | $T_3R_2$ | $T_3R_3$ | $T_3R_4$ | $T_3R_5$ | 100 |
| Tratamiento 4 | $T_4R_1$ | $T_4R_2$ | $T_4R_3$ | $T_4R_4$ | $T_4R_5$ | 100 |
| Tratamiento 5 | $T_5R_1$ | $T_5R_2$ | $T_5R_3$ | $T_5R_4$ | $T_5R_5$ | 100 |
| Tratamiento 6 | $T_6R_1$ | $T_6R_2$ | $T_6R_3$ | $T_6R_4$ | $T_6R_5$ | 100 |
| **Total** | | | | | | **600** |

#### 5.5.1 Ubicación de los tratamientos

Para determinar la ubicación de cada repetición de los tratamientos se realizó un sorteo, que permitiría estuvieran totalmente aleatorizados.

## 5.6 Variables evaluadas

### 5.6.1 Altura de planta

La altura de cada planta fue medida desde la base del tallo hasta el ápice. Se realizó la medición a la cantidad de 10 plántulas por tratamiento, siendo un total de 300 plántulas evaluadas, seleccionadas como muestra dentro de cada tratamiento. El instrumento utilizado fue una regla graduada en centímetros, la toma de datos se llevó a cabo cada 7 días, por tres meses siendo así un total de 11 mediciones, dado que la primera medición se llevó a cabo a los 14 días puesto que a los 7 días las plántulas estaban muy frágiles y se producían daños a las mismas.

### 5.6.2 Diámetro del tallo

Se realizó la medición de esta variable a la altura del nivel del suelo sin tocar este, utilizando el instrumento pie de rey, dicha medida fue reportada en milímetros (mm), de igual manera cada 7 días; en un total de 11 mediciones, dado que la primera medición se llevó a cabo a los 14 días puesto que a los 7 días las plántulas estaban muy frágiles y se podían dañar.

### 5.6.3 Número de folíolos

Las mediciones se fueron realizando según se observó el crecimiento de las hojas de las plántulas seleccionadas, se consideró la visibilidad de la nervadura de las hojas y el conteo de folíolos se realizó a los 7 días de germinadas las semillas. En total se realizaron 12 mediciones en tres meses.

### 5.6.4 Profundidad radical

Se necesitaron dos plántulas por repetición de cada tratamiento, en total 60 plántulas sacrificadas. Para determinar la profundidad que tenía cada una de estas, se lavaron las raíces solamente con agua y posteriormente se realizó la medición con una regla graduada en centímetros al final de los tres meses.

### 5.6.5 Biomasa foliar fresca

De las 60 plántulas utilizadas anteriormente, se tomaron solamente las hojas frescas para medir su peso en gramos en una balanza analítica.

### 5.6.6 Biomasa foliar seca

Las hojas que fueron pesadas anteriormente fueron expuestas al sol para poder ser deshidratadas o secas para obtener su peso seco en unidad de medida en gramos.

### 5.6.7 Biomasa radical

Se necesitó una muestra de 2 plantas de cada repetición; es decir, 10 por tratamiento siendo un total de 60 plántulas, de las cuales se realizó un corte en su raíz justo donde termina el tallo, luego se pesaron en una balanza analítica estando estas frescas. La unidad de medida fue en gramos. Las plantas fueron las mismas que fueron sacrificadas en la medición de las variables biomasa foliar y profundidad radicular.

### 5.6.8 Biomasa radical seca

De las 60 raíces evaluadas anteriormente se realizó la deshidratación de cada una a través de la exposición de estas al sol, para ser tomado su peso seco. La unidad de medida fue en gramos por medio de una balanza analítica.

## 5.7. Análisis estadístico

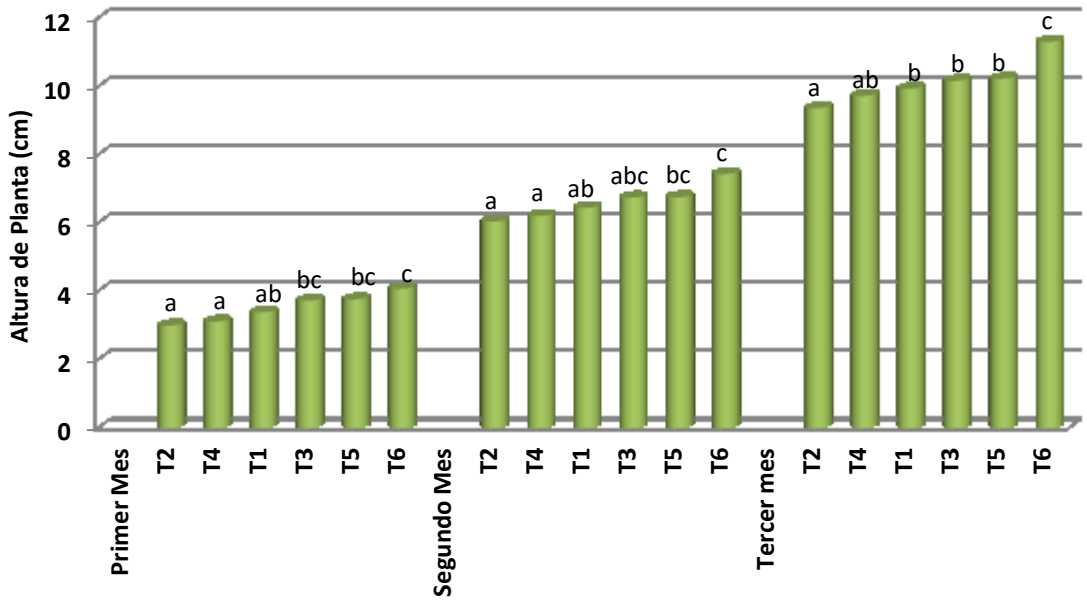
Se realizó un análisis de varianza para cada uno de las variables, fueron sometidos a la prueba de medias de Tukey con un nivel de significancia de 5% para determinar el sustrato que proveyó la mejor condición por cada una de las variables. Se utilizó el promedio de todas las variables para el análisis estadístico.

# VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestran los resultados obtenidos sobre la influencia de diferentes sustratos en el crecimiento y desarrollo de las plántulas de cedro (*Cedrela odorata*) a partir de la preparación considerando el testigo suelo franco, y la combinación de este con arena y pulpa de café descompuesta, en las variables altura de la planta, diámetro de tallo, número de foliolos y las variables evaluadas en la última etapa profundidad radical, biomasa foliar fresca, biomasa foliar seca, biomasa radical fresca y biomasa radical seca.

## 6.1 Efecto de los sustratos en el crecimiento y desarrollo de las plántulas de cedro

### 6.1.1 Altura de planta




*Medias con una letra común no son significativamente diferentes*

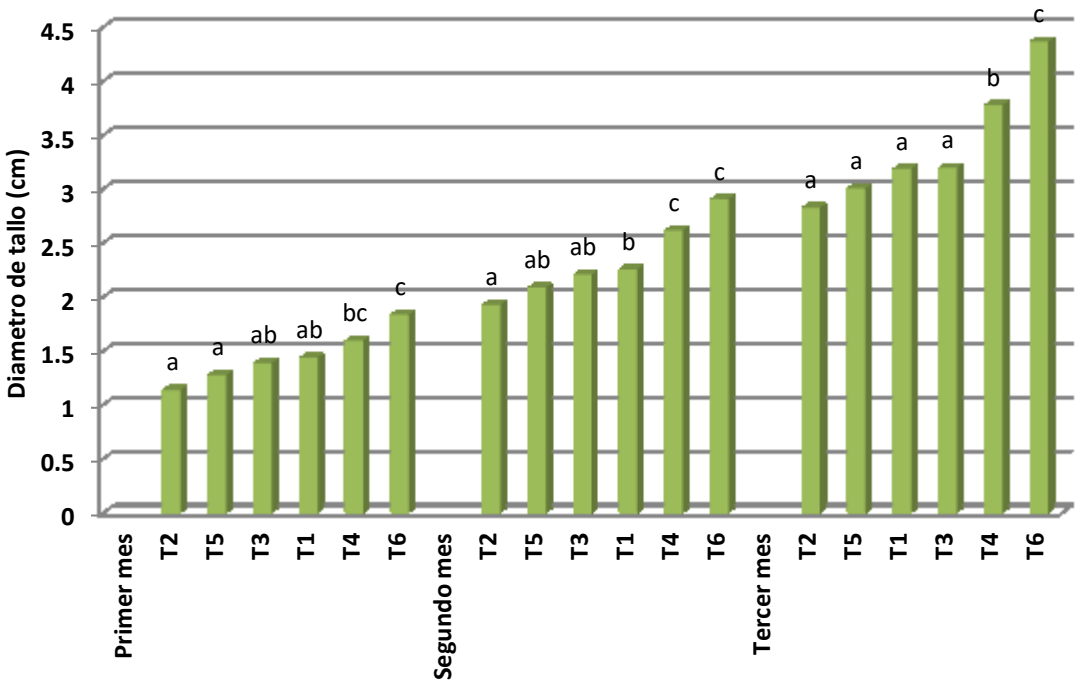
**Figura 2.** Comportamiento de la variable Altura de planta

Según (figura 2) que representa la medias de la variable altura de las plántulas de cedro evaluadas en el presente estudio durante su etapa de vivero en el cual el primer mes se registro un crecimiento y desarrollo mayor en el T6 40% suelo franco, 30% arena y 30% pulpa y con una diferencia estadística significativa en comparación con los demás tratamientos evaluados siendo el T2 100% suelo franco el que presentó menor crecimiento y desarrollo. Para el segundo y tercer mes el T6 continúo estando en primer lugar y con diferencias estadísticas significativas y el T2 fue el tratamiento con menor crecimiento durante toda la investigación, en el tercer mes el T1, T3 y T5 fueron estadísticamente iguales.

El tipo y la cantidad de sustrato de pulpa de café utilizado en las diferentes mezclas de tratamientos, incidió en la variable altura puesto que los tratamientos que carecían de este presentaron menor altura. De acuerdo a (Ricardo y Medina 2018) los tratamientos compuestos por pulpa de café poseen mayor rendimiento debido a que estos tiene un alto porcentaje de nitrógeno, además contenía sustrato de arena, este permitió la retención de agua, por consiguiente la planta será de mejor calidad.

Según estudio realizado por Tutsi (2014), el tratamiento conformado por lombricompost de pulpa y arena fue el obtuvo mayor rendimiento en la variable altura, de igual manera en esta investigación fue el T6 40% suelo franco, 30% Arena y 30% pulpa , esto se debe a que el sustrato arena tiene una capacidad media de retención de agua, sumándole a esto los nutrientes que aportan los diferentes sustratos como ser; nitrógeno, fosforo, potasio, calcio y magnesio.

### 6.1.2 Diámetro de tallo




*Medias con una letra común no son significativamente diferentes*

**Figura 3.** Comportamiento de la variable Diámetro de tallo.

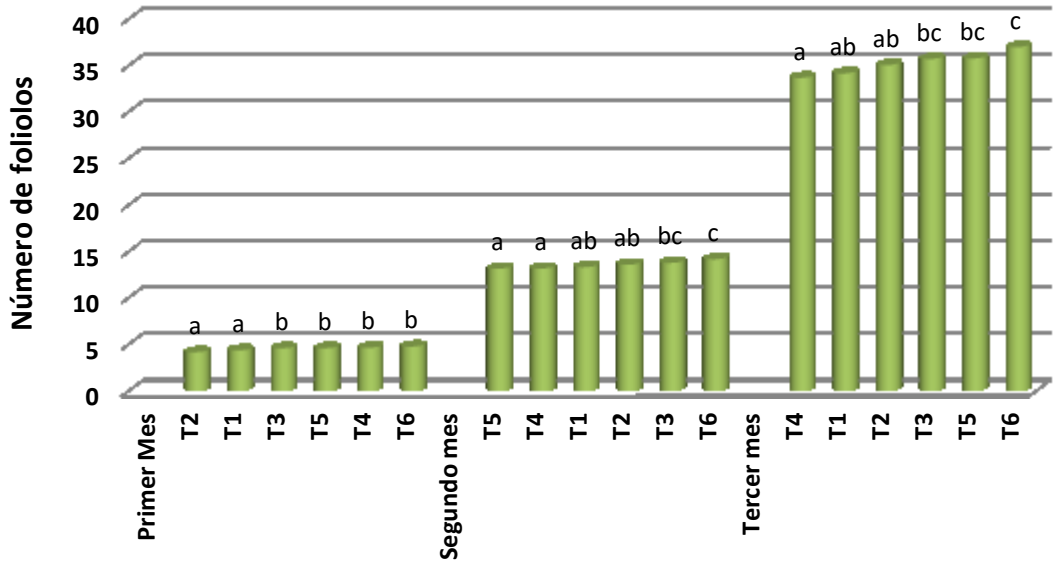
De acuerdo a la (figura 3) el T6 con proporción de 40% suelo franco, 30% arena y un 30% pulpa presentó mayor diámetro de tallo durante el primer mes de evaluación del crecimiento y desarrollo de las plántulas de cedro en etapa de vivero, dicho tratamiento presentó una diferencia significativa en comparación con los demás tratamientos evaluados.

En el segundo mes de evaluación en la variable diámetro de tallo se pudo apreciar que el T4 y T6 fueron los que obtuvieron un crecimiento y desarrollo mayor, ambos tratamientos no tuvieron diferencia significativa (ver figura 3) y para el tercer mes en las plántulas de cedro la tendencia de crecimiento y desarrollo continuo como los meses anteriores. Los tratamientos T4 y T6 obtuvieron diámetros de mayor grosor. Estadísticamente los tratamientos T2, T5, T1, T3 no presentaron diferencia significativa y los tratamientos T4 y

T6 presentaron diferencia significativa. En el estudio se determinó que el tratamiento con menor crecimiento y desarrollo de diámetro de tallo es el T2 100% suelo franco, a lo cual se deduce que en el sustrato de pulpa de café contribuye a obtener plántulas con diámetros con mayor grosor. Las condiciones climáticas no fueron las óptimas para el crecimiento y desarrollo de las plántulas pues existía bastante sombra a lo que las plántulas no tuvieron suficiente energía para poder realizar las diferentes funciones. Sumándole a esto existía un sarán que proporcionaba una sombra mayor del 50%.

De acuerdo a (Cadillo 2017), el tallo es el encargado del trasporte de sales minerales a las diferentes partes de la planta así como también es el soporte estructural, debido a esto es de suma importancia obtener plantas robustas para reducción de riesgo de pérdidas al momento de realizar el trasplante en campo.

### 6.1.3 Número de folíolos




*Medias con una letra común no son significativamente diferentes.*

**Figura 4.**Gráfica del crecimiento y desarrollo de número de folíolos por tratamiento**.**

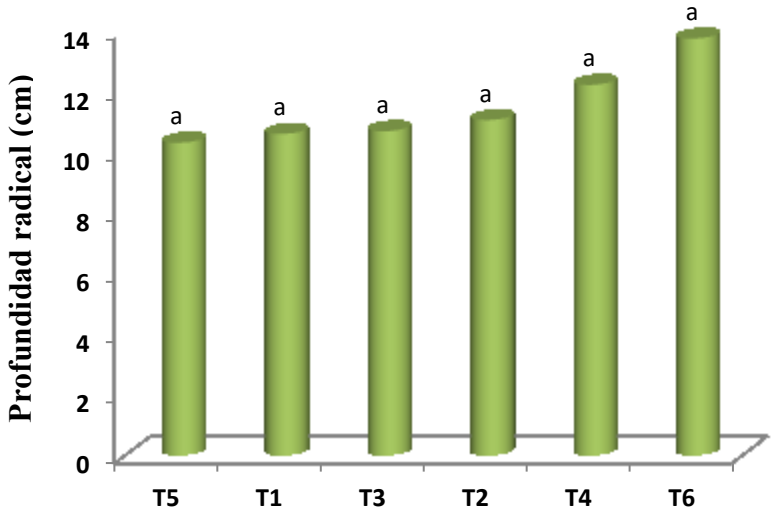
Según el resultado de la comparación de medias de Tukey (figura 4) en el primer mes los tratamientos se pueden clasificar en dos grupos ¨a¨ y ¨b¨ donde ¨a¨ son T2, T1 con las medias más bajas y el grupo ¨b¨ es T3, T5, T4, y T6 con las medias más altas, los cuales no presentan diferencia estadística significativa.

En el segundo mes de investigación el T6 presentó la media mayor este tenía asignada una letra en particular, lo cual determinó que el tratamiento tiene diferencia estadísticamente significativa en comparación con los demás tratamientos. El T2 y el T1 son los tratamientos con media más baja estadísticamente son iguales.

En el último mes de investigación el T6 también obtuvo la media más alta en la variable número de folíolos, estadísticamente era diferente a los demás tratamientos evaluados. El T4, T1, T2, T3, T5 y T6 eran estadísticamente iguales.

La importancia de estudiar esta variable radica en que es la encargada de realizar la fotosíntesis, durante este proceso la materia inorgánica se transforma en materia orgánica (glúcidos, lípidos, proteínas), así como también realiza el intercambio gaseoso: y a través de los estomas entra el oxígeno, necesario para la respiración celular (Jimenez 2015), debido a que el T6 presentan mayor cantidad de nutrientes tiene mayor número de foliolos y esto ayuda a que sean plantas de mejor calidad.

### 6.1.4 Profundidad radical




*Medias con una letra común no son significativamente diferentes*

**Figura 5** Gráfica representativa de la profundidad radical por tratamiento**.**

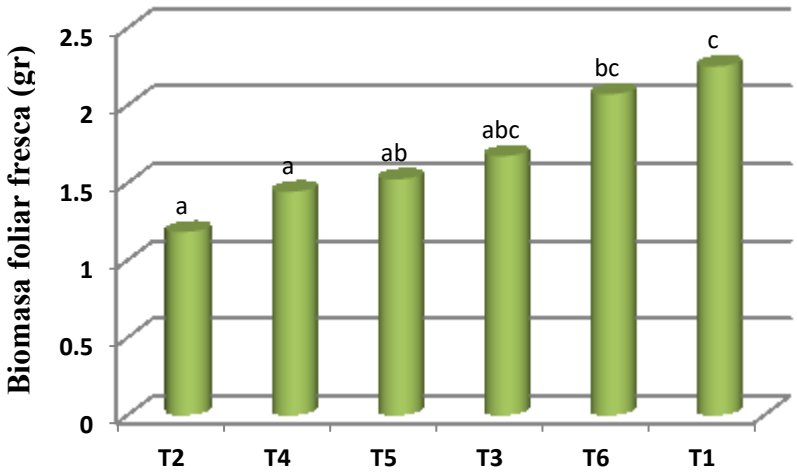
De acuerdo con la (figura 5) , que representa los datos obtenidos de la evaluación de la variable profundidad radical, el tratamiento que presentó la mayor profundidad radical es el T6 que tiene una proporción de 40% suelo franco, 30% arena y un 30% pulpa con 13.76 ± cm de profundidad, seguidamente se encuentra el tratamiento T4 cuyas proporciones son 70% suelo franco y 30% pulpa de café descompuesta con una altura radicular de 12.23 ± cm, luego de esta se encuentra el T2 que tenía una proporción única que era 100% suelo franco cuya profundidad radicular media alcanzo los 11.07 ± cm, estos tres tratamientos mencionados anteriormente son los que presentaron mayor profundidad radicular,

Seguidamente, se mencionan los que presentaron menor profundidad radicular, el T3 con proporciones equitativas: 50% suelo franco y 50% arena, cuya profundidad radicular media es 11.07± cm, seguidamente se encuentra el T1 cuya proporción es del 100% pulpa de café descompuesta con una profundidad radicular de 10.61± cm, y el menor es el T5 que

contenía las proporciones de 50% suelo franco y 50% pulpa de café con la menor profundidad radicular de 10.32± cm. El T6 tenía algunas características interesantes como ser contenía mas raíces secundaria, eran más delgadas esto se debe a que la arena permitía a la raíz pudiera extenderse con facilidad y esta estar en continua búsqueda de agua y nutrientes. Estadísticamente no existe diferencia significativa en los tratamientos para esta variable según pruebas de media.

El estudio realizado por (Matute 2014) la profundidad promedio fue de 18.29± a diferencia del presente estudio que fue de.13.76±, se le atribuye esta diferencia a las condiciones climáticas de los sitios donde se realizaron las investigaciones.

### 6.1.5 Biomasa foliar fresca




*Medias con una letra común no son significativamente diferentes.*

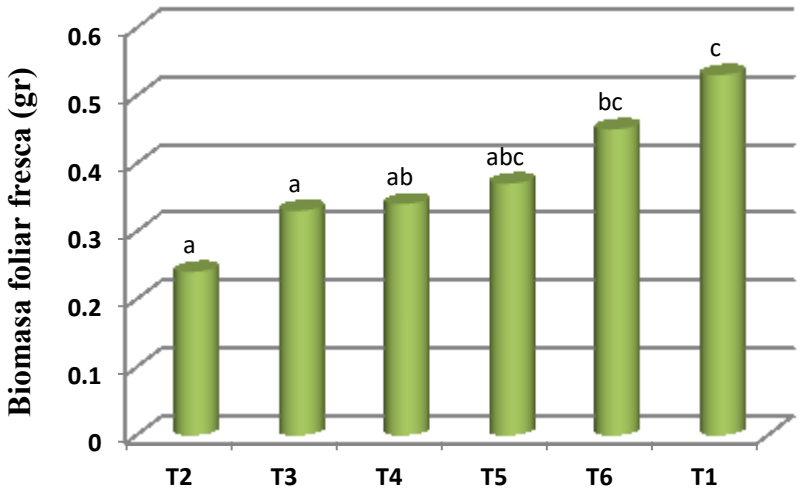
**Figura 6.**Comportamiento de la variable biomasa foliar fresca.

El resultado de la comparación de media de Tukey, en donde se observa dos hallazgos importantes: En primer lugar, se observa que el T1100% pulpa de café es el que presenta

mayor biomasa foliar y es estadísticamente diferente, por otro lado, el tratamiento 2 (testigo) es el que presenta menor biomasa foliar, lo que indica que la adición de pulpa de café incide en el crecimiento y crecimiento de foliolos en las plantas, es por eso el tratamiento T1 obtuvo mayor biomasa foliar. Estadísticamente los presentan diferencias significativas en cuanto a su letra de clasificación.

Se obtuvo la media global de biomasa foliar la cual dio como resultado 87.87± gr, se realizó también la evaluación de esta biomasa después de pasar por una deshidratación natural y presentó un peso de 22.56± gr, a lo cual mostró una deshidratación o pérdida de agua del 78.75± gr.

### 6.1.6 Biomasa foliar seca




*Medias con una letra común no son significativamente diferentes*

**Figura 7** Gráfica representativa de la Biomasa foliar seca por tratamientos.

El tratamiento que obtuvo mayor biomasa foliar es el T1 100% pulpa, estadísticamente tiene diferencia significativa con los demás tratamiento, el T2 100% suelo franco fue el tratamiento que presentó el peso más bajo. Se determina que la pulpa de café es excelente para el crecimiento de las hojas debido a que contiene nutrientes como nitrógeno que estimulan el crecimiento.

Dicha variable es de suma importancia para la planta por medio de esta se realiza la actividad fotosintética y absorción de agua, a lo cual debe atribuirse el buen crecimiento y desarrollo de las plantas. Según en la investigación planteada por (Matute 2014) no existen diferencias significativas en la biomasa foliar de las plántulas de los tratamientos que realizaba sus evaluaciones, más sin embargo en el presente estudio es todo lo contrario existen diferencias significativas esto se le podría atribuir a que los estudios fueron realizados en diferentes zonas por ende influyeron sus diferentes factores climáticos como ser la luz solar, así como también los nutrientes existentes en cada sustrato.

### 6.1.7 Biomasa radical Fresca

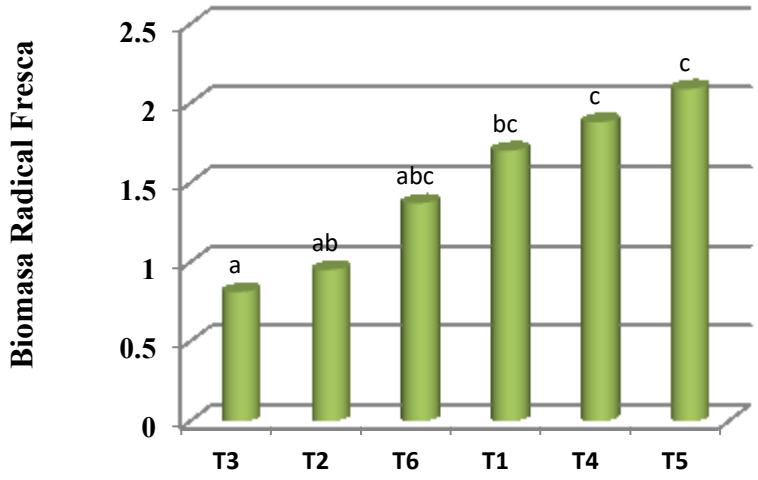



**Figura 8.** Grafica de la Biomasa radical fresca por tratamiento

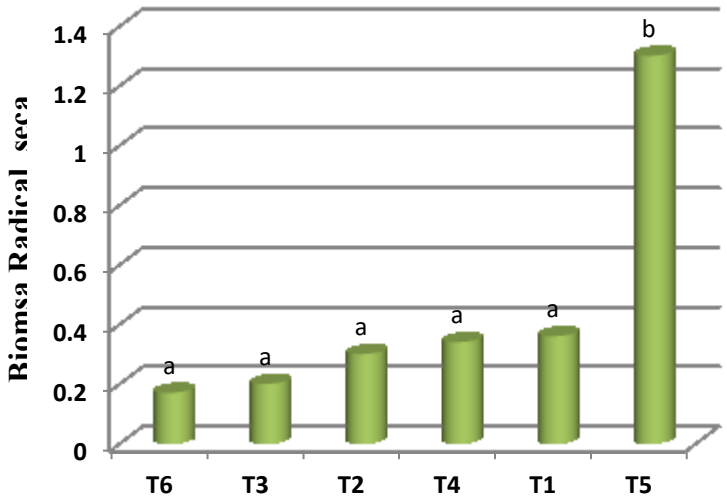
El tratamiento que presentó mayor biomasa radical fresca fue el T5 el cual estaba conformado de 50% pulpa de café y 50% de suelo franco con un peso medio de 2.09± gr, el segundo tratamiento con mayor peso fue el T4 con proporciones de 70% suelo franco y 30% pulpa de café con peso medio de 1.88± gr, prosiguió el T1 el cual contaba con una proporción del 100% pulpa de café descompuesta la cual tenía un peso radicular medio de 1.37± gr, luego se encontraba el T6 con proporciones de 40%suelo franco, 30% arena y 30% pulpa de café descompuesta, con un peso de 1.37± gr, continuamente, está el T2 con una proporción del 100% de suelo franco y tenía un peso de biomasa radicular de 0.95± gr, el T3 con proporciones de 50% suelo franco y 50% arena fue el que presento menor promedio de peso radical fresco de 0.81± gr.

Estadísticamente no existe diferencia significativa entre el T4 70% suelo franco, 30% pulpa y T5 50% suelo franco y 50% pulpa en esta variable, ambos tratamientos debido a su estructura la infiltración de agua es lenta por esa razón las raíces lograron ser de mayor grosor, debido a esto la raíz no tuvo que extenderse a buscar agua es por eso era de poca profundidad pero de mayor grosor por lo tanto de peso promedio.

Según estudio realizado por Matute (2014), el mejor tratamiento fue el T4 y este contenía arena , a lo cual podemos deducir que las diferencias de la efectividad de estos sustratos se debe a que las condiciones climáticas difieren en cada sitio de estudio.

Las raíces son de gran importancia ya que su función en las plantas son varias; permite el anclaje o fijación de la planta al suelo a través de esta se la absorción del agua, nutrientes y minerales para luego ser transportados a todas las plantas.

### 6.1.8 Biomasa radical Seca




*Medias con una letra común no son significativamente diferentes*

**Figura 9.** Grafica representativa de la Biomasa radical seca por tratamiento

De acuerdo al resultado del análisis (Figura 9), existen claramente dos grupos: Los tratamientos 6, 3,2,4,1 su promedio es bajo a lo cual su clasificación es ¨a¨, siendo el tratamiento 5 el que presenta más alto peso promedio de 1.3 gr de todos los tratamientos tanto en estado seco como fresco (figura 8 y 9). Por lo tanto, existen diferencias significativas entres estos dos grupos.

# VII CONCLUSIONES

Se determina que en todas las variables hay diferencia significativa por consiguiente, el desarrollo, el crecimiento y calidad de las plántulas dependió del sustrato que fue aplicado a cada una de ellas.

El sustrato que presentó mejor calidad en cuanto a las variables evaluadas, es el tratamiento T6, dado que posee las mejores condiciones físicas y químicas para el desarrollo y crecimiento de las plántulas.

La pulpa de café es una alternativa excelente para utilizarla como sustrato en producción de plántulas, mejora su desarrollo y crecimiento; además contribuye a la disminución de contaminación ambiental, generada por el mal manejo de los subproductos del café.

# IV RECOMENDACIONES

Aplicar sustrato de pulpa de café para mejorar el crecimiento y desarrollo de las plántulas de cedro.

Se recomienda utilizar el tratamiento T6 con 40% suelo franco, 30% arena, 30% pulpa, dado que posee las mejores condiciones físicas y químicas para el desarrollo y crecimiento de las plántulas.

Utilizar pulpa de café para una producción de calidad y al mismo tiempo reducción de la contaminación ambiental por el déficit de tratamiento de los sub productos del café.

Realizar estudios similares con periodos de tiempo más extensos y verificar condiciones apropiadas.

# VIII BIBLIOGRAFÍA


Ampuero, CT. 2011. “Uso de pulpa de café en la elaboración de abonos para incrementar la productividad de café. s.l., s.e. .

Bland, G; Rodr, N. 1999. Caracterización Microbiológica Y Físico-Química De La Pulpa De Café Sola Y Con Mucílago ,. 50(1):5-23.Boshier, Dc Y Dh. 2003. Cedrela Odorata. s.l., s.e. p. 450.

Bur, S; Agr, I. 2002. Sustratos : propiedades físicas , químicas y biológicas Los contendores tienen cada vez más importancia tanto con fines revista. :70-78.

Cadillo, H. 2017. Funciones del tallo (en línea, sitio web). Disponible en www.academia.edu/9080537/Funciones_Del_Tallo.

CANAHUÍ, RCP. 2013. Evaluación De Sustratos Alternativos Para La Producción De Pilones Del Cultivo De Tomate Lycopersicon Esculentum Mill. S.L., Universidad De San Carlos De Guatemala Centro Universitario De Oriente Agronomía. .

Climate-data.org. CLIMA: CATACAMAS (en línea, sitio web). Disponible en https://es.climate-data.org/location/3785/.

Conabio. 1983. Cedrela odorata (en línea). Sierra (1759):386-389. Disponible en http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/36-melia2m.pdf.
Dolz, FJ. 1992. Compendio de horticultura. :163.

Duarte-Castañeda, E; Díaz-Orellana, O; Maradiaga, I; Casco, F; Danhy, F; Jiménez-Galo, A; Emanueli-Avilés, P; Milla-Araneda, F. 2014. Mapa forestal y de Cobertura de la Tierra de Honduras: Análisis de cifras nacionales (en línea). :28. Disponible en

www.reddccadgiz.org/documentos/doc_1697518440.pdf.

FAO. el suelo, diferencias según su aspecto físico y químico (en línea, sitio web). Disponible en http://www.fao.org/3/ah645s/AH645S04.htm.

Forestal, C. 2007. Promoción Y Manejo Sostenible De Especies Maderables Menos Utilizadas (Emmus) Del Bosque Húmedo En Los Departamentos De Atlántida, Colon Y El Norte De Olancho En La Republica De Honduras. s.l., s.e., vol.544. p. 0-23.

García, Abs. 2014. Evaluación Química De Subproductos De Cedrela Odorata L. (Cedro) Y Propuesta De Gestión Para Su Aprovechamiento Tesis. :8.

Gómez Díaz, J; Monterroso Rivas, A; Tinoco Rueda, J. 2007. Distribución del cedro rojo ( Cedrela odorata L . ) en el estado de Hidalgo , bajo condiciones actuales y escenarios de cambio climático. Madera y Bosques 13(2):29-49. DOI: https://doi.org/10.21829/myb.2007.1321227.

Inab. 2017. Cedro (Cedrela odorata) paquete tecnologico forestal. .

Infoagro. 2017. arena infoagro (en línea, sitio web). Disponible en https://infoagro.com/mexico/tipos-de-sustratos-de-cultivo/.

Jimenez, M. 2015. Funciones , Estructura Y Morfología De Las Hojas. :1-10.

Julio, VA. 2016. anuario estadístico forestal (en línea). :0-139. Disponible en estadisticas@icf.gob.hn.

Matute, NRT. 2014. Evaluación de la efectividad de cuatro sustratos en el crecimiento de cedro en etapa de vivero en la Universidad Nacional de Agricultura. s.l., s.e. .

Morales-Ortiz, E; Herrera-Tuz, LG. 2009. Cedro ( Cedrela odorata L .) Protocolo para su Colecta , Beneficio y Almacenaje. :23.

Pro/Honduras. 2015. Café hondureño. .Promabos. 2012. Cedro (en línea). Árboles Melíferos Para Reforestar :1-2. Disponible en Http://Www.Bio.Uu.Nl/Promabos/Arbolesmeliferos/Pdf_Files/Cedro.PDF.

Ricardo, D; Medina, R. 2018. Evaluación de abonos orgánicos a base de pulpa de café , en el cultivo de lechuga cv. Kristine y Versai. .

Richford, N. 2017. Qué es la tierra negra (en línea, sitio web). Disponible en http://www.ehowenespanol.com/tierra-negra-sobre_337191/.

Tejeira, R. 2010. El color del suelo (en línea). Universidad de Panamá, Provincia de Panamá (Dirección de Informática):2. Disponible en http://www.up.ac.pa/ftp/2010/f_agropecuaria/documentos/PPT1.pdf.

Tutsi, MO. 2014. Evaluación de cinco sustratos para la producción en vivero de Palo Blanco (Tabebuia Donnell-Smithii Rose). S.L., UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR. .
Vallejos, BJJR. 2016. Producción del Hongo comestible Pleurotus ostreatus en pulpa de Café. s.l., Universidad Nacional ¨Pedro Ruiz Gallo¨. .

# ANEXOS

**Anexo 1**. Análisis de datos del comportamiento mensual de la variable Altura según ANAVA con prueba de Tukey

| Primer mes Altura | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fv** | **Gl** | **SC** | **CM** | **FE** | **Pr>f** |
| **Tratamiento** | 5 | 4.3 | 0.86 | 13.26 | <0.0001 |
| **Error** | 24 | 1.56 | 0.06 | | |
| **Total** | 29 | 5.86 | | - | - |
| | | | | | |
| | | **$R^{2=}$**0.73 | **CV**=7.25 | | |

| Segundo mes Altura | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fv** | **Gl** | **SC** | **CM** | **FE** | **Pr>f** |
| **Tratamiento** | 5 | 6.21 | 1.24 | 9.36 | <0.0001 |
| **Error** | 24 | 3.18 | 0.13 | | |
| **Total** | 29 | 9.4 | | - | - |
| | | | | | |
| | | **$R^{2=}$**0.66 | **CV**=5.51 | | |

| Tercer mes Altura | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fv** | **Gl** | **SC** | **CM** | **FE** | **Pr>f** |
| **Tratamiento** | 5 | 10.87 | 2.17 | 26.03 | <0.0001 |
| **Error** | 24 | 2 | 0.08 | | |
| **Total** | 29 | 12.87 | | - | - |
| | | | | | |
| | | **$R^{2=}$**0.84 | **CV**=2.85 | | |

**Anexo 2.** Análisis de datos del comportamiento mensual de la variable Diámetro de tallo según ANAVA con prueba de Tukey.

| Primer mes Diámetro tallo | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fv** | **Gl** | **SC** | **CM** | **FE** | **Pr>f** |
| **Tratamiento** | 5 | 1.52 | 0.3 | 11.89 | <0.0001 |
| **Error** | 24 | 0.61 | 0.03 | | |
| **Total** | 29 | 2.13 | | - | - |
| | | | | | |
| | | **$R^{2=}$**0.71 | **CV**=11.03 | | |

| Segundo mes Diámetro tallo | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fv** | **Gl** | **SC** | **CM** | **FE** | **Pr>f** |
| **Tratamiento** | 5 | 3.27 | 0.65 | 23.43 | <0.0001 |
| **Error** | 24 | 0.67 | 0.03 | | |
| **Total** | 29 | 3.94 | | - | - |
| | | | | | |
| | | **$R^{2=}$**0.83 | **CV**=7.16 | | |

| Tercer mes Diámetro tallo | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fv** | **Gl** | **SC** | **CM** | **FE** | **Pr>f** |
| **Tratamiento** | 5 | 8.24 | 1.65 | 38.5 | <0.0001 |
| **Error** | 24 | 1.03 | 0.04 | | |
| **Total** | 29 | 9.27 | | | - |
| | | | | | |
| | | **$R^{2=}$**0.89 | **CV**=6.09 | | |

**Anexo 3.** Análisis de datos del comportamiento mensual de la variable Número de foliolos según ANAVA con prueba de Tukey.

| Primer mes número de foliolos | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fv** | **Gl** | **SC** | **CM** | **FE** | **Pr>f** |
| **Tratamiento** | 5 | 1.18 | 0.24 | 18.67 | <0.0001 |
| **Error** | 24 | 0.3 | 0.01 | | |
| **Total** | 29 | 1.48 | | | - |
| | | | | | |
| | | **$R^{2=}$**0.80 | **CV**=2.49 | | |

| Segundo mes número de foliolos | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fv** | **Gl** | **SC** | **CM** | **FE** | **Pr>f** |
| **Tratamiento** | 5 | 4 | 0.8 | 9.61 | <0.0001 |
| **Error** | 24 | 2 | 0.08 | | |
| **Total** | 29 | 6 | | | - |
| | | | | | |
| | | **$R^{2=}$**0.67 | **CV**=2.13 | | |

| Tercer mes número de foliolos | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fv** | **Gl** | **SC** | **CM** | **FE** | **Pr>f** |
| **Tratamiento** | 5 | 36.19 | 7.24 | 8.54 | <0.0001 |
| **Error** | 24 | 20.34 | 0.85 | | |
| **Total** | 29 | 56.53 | | | - |
| | | | | | |
| | | **$R^{2=}$**0.64 | **CV**=2.61 | | |

**Anexo 4.** ANAVA con prueba de Tukey de la variable Biomasa radical fresca y Biomasa radicular seca.

| Biomasa foliar fresca | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fv** | **Gl** | **SC** | **CM** | **FE** | **Pr>f** |
| **Tratamiento** | 5 | 8.13 | 1.63 | 18.27 | <0.0001 |
| **Error** | 54 | 10.63 | 0.2 | | |
| **Total** | 59 | 18.76 | | | - |
| | | | | | |
| | | **$R^{2=}$**0.43 | **CV**=26.27 | | |

| Biomasa foliar seca | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fv** | **Gl** | **SC** | **CM** | **FE** | **Pr>f** |
| **Tratamiento** | 5 | 0.51 | 0.1 | 22.91 | <0.0001 |
| **Error** | 54 | 0.24 | 4.5 | | |
| **Total** | 59 | 0.76 | | | - |
| | | | | | |
| | | **$R^{2=}$**0.68 | **CV**=17.80 | | |

**Anexo 5** ANAVA con prueba de Tukey de la variable Biomasa foliar fresca y Biomasa foliar seca.

| Biomasa radical fresca | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fv** | **Gl** | **SC** | **CM** | **FE** | **Pr>f** |
| **Tratamiento** | 5 | 13.09 | 2.62 | 7.04 | <0.0001 |
| **Error** | 54 | 20.09 | 0.37 | | |
| **Total** | 59 | 33.17 | | | - |
| | | | | | |
| | | **$R^{2=}$**0.39 | **CV**=41.60 | | |

| Biomasa radical seca | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fv** | **Gl** | **SC** | **CM** | **FE** | **Pr>f** |
| **Tratamiento** | 5 | 9.03 | 1.81 | 3.71 | <0.0001 |
| **Error** | 54 | 26.3 | 0.49 | | |
| **Total** | 59 | 35.33 | | | - |
| | | | | | |
| | | **$R^{2=}$**0.26 | **CV**=157.60 | | |

**Anexo 6.** ANAVA de la variable Profundidad radical con prueba de Tukey.

| Profundidad radical | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fv** | **Gl** | **SC** | **CM** | **FE** | **Pr>f** |
| **Tratamiento** | 5 | 86.32 | 17.26 | 1.74 | <0.01420 |
| **Error** | 54 | 536.93 | 9.94 | | |
| **Total** | 59 | 623.26 | | | - |
| | | | | | |
| | | **$R^{2=}$**0.14 | **CV**=27.54 | | |