

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN EN EL CARMEN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**  
Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**“Tratamientos pregerminativos y sustratos para la propagación sexual de  
guayacán (*Guaiacum officinale*)”**

**AUTOR: CEDEÑO ZAMBRANO JENIFFER DANIELA**

**TUTOR: ING. FRANCEL LÓPEZ, PhD.**

El Carmen, marzo del 2023

	<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO:</b> <b>CERTIFICADO DE TUTOR(A).</b>	<b>CÓDIGO: PAT-01-F-010</b>
	<b>PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO.</b>	<b>REVISIÓN: 1</b> Página i de 37

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, bajo la autoría del estudiante Cedeño Zambrano Jeniffer Daniela, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2021-2022, cumpliendo el total de 64 horas, bajo la opción de titulación de proyecto de investigación, cuyo tema del proyecto es “Tratamientos pregerminativos y sustratos para la propagación sexual de guayacán (*Guaiacum officinale*)”.

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

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

Lugar, 10 de enero de 2022

Lo certifico,

Ing. Francel López, PhD.

**Docente Tutor**

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

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

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TÍTULO:**

Tratamientos pregerminativos y sustratos para la propagación sexual de  
guayacán (*Guaiacum officinale*)

**AUTOR:** Cedeño Zambrano Jeniffer Daniela

**TUTOR:** Ing. Francel López, PhD.

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**  
**INGENIERA AGROPECUARIA**

**TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

**MIEMBRO.** Ing. Cedeño Zambrano José, Mg

**MIEMBRO.** Ing. González Dávila Ricardo Paul, Mg

**MIEMBRO.** Ing. Vivas Cedeño Jorge Sifrido, Mg

## DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a ustedes por su inquebrantable apoyo, comprensión y paciencia a lo largo de mi carrera universitaria. A todos aquellos que han sido una parte integral de mi camino académico y personal.

A mis padres, Ángel y Ana por su amor incondicional y por creer en mí desde el primer día. Por sus sacrificios y su apoyo constante que han sido la clave de mi éxito.

Gracias por estar siempre a mi lado, por alentarme a seguir adelante y por celebrar mis logros conmigo. No puedo expresar con palabras lo mucho que significan para mí.

También quiero dedicar este trabajo a todos aquellos que han sido fuente de inspiración para mí en mi campo de estudio. A los investigadores y profesionales que han allanado el camino para mí, gracias por su dedicación y compromiso con el avance del conocimiento. Espero que esta tesis contribuya de alguna manera a la continuidad de su legado y a la construcción de un futuro mejor para todos.

## AGRADECIMIENTOS

A mis amados padres (Ángel Cedeño y Ana Zambrano) quiero expresar mi profundo agradecimiento por el amor y apoyo incondicional que me han brindado durante todo mi camino académico. Gracias por ser mi roca, mi mayor motivación y por creer en mí incluso cuando yo mismo dudaba de mis capacidades.

Agradezco también a mis hermanos y compañero de vida y en especial a mi hijo Iker, quienes me han acompañado en este viaje y me han brindado su apoyo en momentos de duda y de incertidumbre. Gracias por compartir conmigo mis logros

## ÍNDICE

PORTADA .....	1
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE.....	v
TABLAS.....	vii
FIGURAS .....	viii
ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xi
CAPÍTULO I.....	xiii
1 MARCO TEÓRICO .....	xiii
1.1 Antecedentes.....	xiii
1.2 El árbol de guayacán ( <i>Guaiacum officinale</i> ) .....	xiii
1.3 Reproducción del guayacán .....	xiv
1.3.1 Propagación sexual o por semilla .....	xiv
1.4 Tratamientos pregerminativos .....	xv
1.5 Sustratos.....	xvi
CAPÍTULO II.....	xvii
2 INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	xvii
CAPÍTULO III .....	xviii
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	xviii
3.1 Ubicación del ensayo.....	xviii
3.2 Características meteorológicas de la zona. ....	xviii
3.3 Variables en estudio.....	xviii
3.3.1 Variables independientes.....	xviii
3.3.2 Variables dependientes .....	xviii

3.4	Característica de las Unidades Experimentales .....	xix
3.5	Tratamientos .....	xix
3.6	Diseño experimental .....	xx
3.7	Materiales e instrumentos .....	xx
3.7.1	Equipos de campo.....	xx
3.7.2	Materiales de oficina .....	xx
3.8	Manejo del Ensayo.....	xxi
3.8.1	Preparación del área de investigación .....	xxi
3.8.2	Selección de la semilla .....	xxi
3.8.3	Aplicación de tratamientos pregerminativos .....	xxi
3.8.4	Preparación del sustrato.....	xxi
3.8.5	Toma de datos.....	xxi
CAPÍTULO IV .....		xxii
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	xxii
4.1	Porcentaje de germinación y supervivencia.....	xxii
4.2	Diámetro de la hoja.....	xxiii
4.3	Grosor del tallo .....	xxvi
4.4	Altura de planta.....	xxvi
CAPÍTULO V .....		xxviii
CONCLUSIONES.....		xxviii
CAPÍTULO VI.....		xxix
RECOMENDACIONES .....		xxix
BIBLIOGRAFÍA .....		xxx

**TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Características meteorológicas presentadas en el ensayo. ....	xviii
<b>Tabla 2.</b> Descripción de la unidad experimental. ....	xix
<b>Tabla 3.</b> Disposición de los tratamientos. ....	xix
<b>Tabla 4.</b> Esquema del ADEVA .....	xx
<b>Tabla 5.</b> Tratamientos pregerminativos y tipos de sustratos en la germinación de la semilla de Guayacán. ....	xxii

## FIGURAS

- Figura 1.** Porcentaje de supervivencia de las plantas de guacán sembradas en vivero bajo tres tipos de sustrato y dos métodos pregerminativos. ....xxiii
- Figura 2.** Diámetro de la hoja de guayacán bajo el efecto de 3 sustratos y dos tratamientos pregerminativos. ....xxiv
- Figura 3.** Diámetro de la hoja de guayacán bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos. ....xxv
- Figura 4.** Diámetro de hoja de la planta de guacán sembradas en vivero bajo tres tipos de sustrato y dos métodos pregerminativos hasta los 45 días. ....xxv
- Figura 5.** Grosor del tallo de la planta de guacán sembradas en vivero bajo tres tipos de sustrato y dos métodos pregerminativos hasta los 45 días.....xxvi
- Figura 6.** Altura de planta de guacán sembradas en vivero bajo tres tipos de sustrato y dos métodos pregerminativos hasta los 45 días. ....xxvii

**ANEXOS**

<i>Anexo 1.</i> ADEVA del porcentaje de germinación de la semilla de guayacán. ....	xii
<i>Anexo 2.</i> ADEVA del diámetro de la hoja de la planta de guayacán. ....	xii
<i>Anexo 3.</i> ADEVA de la altura de planta de guayacán. ....	xii
<i>Anexo 4.</i> Planta de guayacán en germinación. ....	xiii
<i>Anexo 5.</i> Preparación del sustrato. ....	xiii
<i>Anexo 6.</i> Plantas con sustratos de aserrín. ....	xiv

## RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación se realizó en los predios de la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión El Carmen, ubicado en la vía Santo Domingo – El Carmen km 36 margen derecho, con el objetivo de evaluar dos tratamientos pregerminativos y tres sustratos en la propagación sexual de guayacán (*Guaiacum officinale*); para el desarrollo de esta investigación se estableció un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) en arreglo factorial  $A \times B + N$ ; distribuidos con 7 tratamientos y 3 repeticiones, los datos obtenidos fueron comparados con la prueba de tukey al 5% de probabilidad, mediante el programa informático InfoStat. El factor A estuvo formado por los sustratos (aserrín, cascarilla de arroz y arena) y el factor B los tratamientos pregerminativos (agua de coco y agua mineral), los datos tomados fueron el porcentaje de germinación, diámetro de hoja y altura de plantas. Los resultados obtenidos determinaron que el uso de sustratos y los tratamientos pregerminativos en la semilla de guayacán no inciden en el porcentaje de germinación de esta, el porcentaje de germinación promedio fue de 88,69%; para el caso del desarrollo de la planta, los tratamientos mostraron diferencias estadísticas en el diámetro de la hoja de la planta, de la misma manera se presentó diferencias en el factor tratamiento pregerminativo y la interacción de los factores siendo el sustrato aserrín y el agua de coco los mejores con un promedio de 2,46 cm de diámetro, sin embargo, en la altura de la planta, ninguno de los factores influyó en este parámetro.

Palabras claves: Guayacán, germinación, pregerminación, sustrato, diámetro.

## ABSTRACT

The following research work was carried out on the grounds of the agricultural engineering career of the Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, El Carmen extension, known as "Río Suma", located on the Santo Domingo - El Carmen road, km. 36 on the right margin, with the objective of evaluating two pre-germinative treatments and three substrates in the sexual propagation of guaiacum (*Guaiacum officinale*). The objective was to evaluate two pre-germinative treatments and three substrates in the sexual propagation of guaiacum (*Guaiacum officinale*); for the development of this research a completely randomized block design (DBCA) was established in factorial arrangement  $A \times B + N$ ; distributed with 7 treatments and 3 replications, the data obtained were compared with the tukey test at 5% probability, using the computer program InfoStat. Factor A was formed by the substrates (sawdust, husk and sand) and factor B by the pre-germinative treatments (coconut water and mineral water), the data taken were the germination percentage, leaf diameter and plant height. The results obtained determined that the use of substrates and pre-germinative treatments on guaiacum seed did not affect its germination percentage; the average germination percentage was 88.69%; In the case of plant development, the treatments showed statistical differences in the diameter of the plant leaf, as well as differences in the pregerminative treatment factor and the interaction of the factors, with the sawdust substrate and coconut water being the best with an average diameter of 2.46 cm; however, in the height of the plant, none of the factors influenced this parameter.

Key words: Guayacán, germination, pregermination, substrate, diameter.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques de condición secos se definen como un ecosistema de cobertura que se localizan hasta los 1000 metros sobre el nivel del mar, cuentan con una temperatura por encima de los 24 °C y lluvias anuales de entre los 700 hasta los 2000 mm en promedio (Espinal, 2009); en Ecuador este tipo de bosques se encuentran ampliamente en la región costa del país, especialmente en las provincias de Guayas y Manabí, sin embargo también se puede encontrar en ciertas partes de Esmeraldas, Loja y El Oro (Yáñez, 2007).

Grandes extensiones de bosques secos en el país han representado el hábitat no solo de animales y plantas, ya que en ellos se puede localizar una gran presencia humana, en provincias como Loja, más del 50% de la población rural ocupan este tipo de bosques; sin embargo, las extensiones de estos que ocupaban el 35% de la superficie equivalentes a 28 000 km<sup>2</sup> ha disminuido en un 50% (Aguirre y Kvist, 2005).

Esta disminución se debe a la constante intervención del ser humano en estos bosques durante los últimos años, con la finalidad de cortar los árboles con maderas de gran valor comercial y la ocupación de los terrenos como fuentes de producción agropecuaria (Aguirre, Gutiérrez y Merino, 2006); entre los inconvenientes para contrarrestar esta disminución sin control es el escaso manejo eficiente de los pobladores y agricultores en tratar de reforestar la vegetación, esto por el desconocimiento de las técnicas y métodos de manejo de los bosques (Velázquez, 1998).

Por estas razones uno de los principales problemas ambientales que enfrenta el mundo entero es la deforestación agresiva de los bosques, debido al uso de suelo, que en su mayoría se destinan a la producción de cultivos de ciclo corto o perennes de alto objetivo comercial, reduciendo la cobertura natural de los espacios verdes, la megadiversidad ambiental forestal y provocando erosión del suelo por sobreexplotación, esto a pesar de los intentos de parte de entidades gubernamentales en contrarrestar esta problemática (MAE, 2014).

El principal inconveniente en los programas de reforestación para alcanzar un equilibrio natural de especies forestales y mejorar el ambiente es la escasa información de investigación en la propagación de los árboles nativos en las diferentes zonas del país según Minchala *et al.*, (2013) en especial el guayacán, una especie arraigada en algunos sectores cercanos al cantón, sin embargo en pocos árboles dispersos, los cuales no se han aprovechado en su propagación, debido a la falta de información de técnicas para la multiplicación y escasos árboles que funcionen como semilleros (Meza, 2017).

Por estas razones es necesario empezar aplicar programas eficientes que ayuden a combatir la disminución agresiva de los bosques; una de las opciones que se plantean en este caso es la multiplicación de árboles y plantas nativas para la siembra de áreas perdidas, sin embargo, primero se deben conocer métodos y prácticas que sean efectivas en la reproducción de especies forestales nativas (Castillo y Peralta, 2007).

Una de las prácticas más recomendables para obtener información es estudiar los aspectos germinativos y de desarrollo inicial de las especies, ya que a partir de aquí se pueden escoger las plántulas más adecuadas para la siembra y la reforestación (Márquez, Xotla y González, 2005); el guayacán como una de las especies de mayor peligro en la deforestación, ha llamado la atención en relación al desarrollo de investigaciones en la germinación de semillas, sin embargo esta no es una tarea sencilla en un ambiente natural, por lo que se debe aplicar técnicas previas que mejoren la germinación (Espinoza y Orantes, 2014). Por esta razón se propone el siguiente trabajo de investigación con los siguientes objetivos:

**Objetivo General:**

Evaluar dos tratamientos pregerminativos y tres sustratos en la propagación sexual de guayacán (*Guaiacum officinale*).

**Objetivos Específicos:**

- Identificar la eficiencia de los dos tratamientos pregerminativos en la propagación sexual del guayacán (*Guaiacum officinale*).
- Establecer la incidencia de diferentes sustratos en la propagación sexual de guayacán (*Guaiacum officinale*).

**Hipótesis alternativa:**

Los tratamientos pregerminativos y diferentes sustratos inciden en la germinación y emergencia de las semillas de guayacán (*Guaiacum officinale*).

## CAPÍTULO I

### 1 MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Antecedentes

En Honduras se realizaron experimentos con las especies arbóreas del guayacán, en el que evaluaron la viabilidad de las semillas de este árbol después de la aplicación de dos tratamientos pregerminativos y dos pruebas de viabilidad, con la finalidad de analizar el porcentaje de viabilidad, los resultados encontrados mostraron que las pruebas de viabilidad presentan un mejor resultado en la germinación de las plantas que los tratamientos pregerminativos, la prueba con mayor respuesta fue la tetrazolio, que consiste en la mezcla de algunas sales para introducir las semillas en ella (Flores, Ferrufino y López, 2019).

En otra investigación realizada por Viera (2018) en la que se construyó un vivero de 100 m<sup>2</sup> con la finalidad de propagar diversas especies forestales, todas sometidas a tratamientos pregerminativos a base de sustratos en el que se utilizaron arena, tierra negra y tierra de sembrado, esto para evaluar la respuesta de porcentaje de germinación y de sobrevivencia; los resultados presentados indican que la especie guayacán tuvo los valores más altos con el 78% seguido del canelón con el 71% de sobrevivencia.

Por otra parte, considerando la dinámica de la propagación de algunas especies forestales entre las que se incluyó el guayacán, se planteó una investigación para determinar la respuesta de estas bajo protocolos de pregerminación en la reproducción sexual de las plantas y el porcentaje de germinación de las mismas; los resultados muestran que las especies tuvieron más del 90% de pureza, a excepción del guarapo que solo alcanzó un 42%, para el guayacán los porcentajes de germinación de los diferentes tratamientos fueron de 67, 62 y 52%, sin embargo, obtuvo el mayor valor en la sobrevivencia con un 95,98% (Quinapallo y Velez, 2013).

#### 1.2 El árbol de guayacán (*Guaiacum officinale*)

Conocido generalmente como guayacán en el habla hispana, mientras que en inglés se le conoce como lignum vitae y como bois de gaoac en el idioma francés; es un árbol de tamaño mediano o pequeño según las condiciones climáticas, que se localizan en bosques tropicales secos; morfológicamente cuenta con una copa densa de hojas, con una coloración verde oscuro, la corteza presenta la característica de ser lisa; posee una flor de apreciación agradable a la vista y es considerada en Jamaica como la flor nacional (Eras *et al.*, 2019).

Entre las características madereras más importante del guayacán podemos distinguir su alta densidad y contenido de resina, el cual era comercializado a gran escala en el pasado y se popularizó esta especie forestal en aquellos tiempos, sin embargo, por este motivo que hoy en día está considerado como escaso, que tan solo se lo utiliza para el tallado en madera y conseguir carbón, ésta escases es producto además del lento desarrollo que presenta en su hábitat natural (Molina *et al.*, 2015).

Otra de las cualidades del guayacán es el uso del extracto de madera y resina; los cuales poseen características medicinales como los estimulantes, laxantes, diuréticos y sudoríficos; estos eran utilizados en el pasado y exportados desde América hasta Europa en los siglos XVI, pero llegaba con otro nombre “Lignun vitae”, la resina obtenida del guayacán tiene una coloración marrón rojiza y se utiliza para mejorar la fortificación de las encías, además de la semilla se puede extraer un aceite que sirve de tipo analgésico para reducir o controlar el dolor de las muelas (CATIE, 2018).

El árbol de guayacán crece hasta los 10 metros de longitud, el proceso de floración tarda aproximadamente entre 2 a 3 meses, la fructificación se puede dar durante 4 meses en promedio, las frutas del guayacán tienen forma obcordiforme con un tamaño de 1,5 a 2 cm, con una coloración amarillo anaranjado en su fase de maduración; esta contiene semillas elipsoideas que presentan un color rojizo (Pérez, 2020).

### **1.3 Reproducción del guayacán**

La manera sexual de reproducción se produce por los frutos, estos tienen forma de una cápsula aplastada conformadas por dos secciones, en su interior se pueden encontrar dos semillas, que es la cantidad de semillas localizadas por fruto; este fruto tiene una coloración anaranjada en su estado de madurez, cuando alcanzan este estado, los frutos suelen partirse y muestran sus semillas de color rojas y de mucha carnosidad (Arbo y González, 2019).

#### **1.3.1 Propagación sexual o por semilla**

En los árboles la reproducción por vía sexual se da por medio de las semillas, esto ayuda en las características productivas y agronómicas de las futuras plantas, ya que entre ellas mejoran su diversidad genética; este beneficio se refleja en la adaptabilidad de las especies forestales a nuevas condiciones ambientales y a los cambios climáticos que puedan producirse en un determinado espacio de sembrío (UNLP, 2020).

La propagación de los árboles forestales y frutales de manera sexual o por siembra de semillas, ha sido la más utilizada en la multiplicación de plantas para fines de establecer nuevas plantaciones y de restablecer las áreas verdes, esto se debe porque las semillas se pueden almacenar de manera segura y germinar en las épocas adecuadas mediante viveros, lo que permitirá propagar en grandes cantidades (Quinapallo y Velez, 2013).

La semilla de guayacán botánicamente comienza desde la floración del árbol y termina con la germinación y madurez de esta, el guayacán pertenece a las semillas angiospermas, la cual se consideran como un óvulo maduro, el cual por dentro tiene el fruto o también llamado ovario, las tres partes que se pueden distinguir son la cubierta, los tejidos y por último el embrión (Palma, 2018).

#### **1.4 Tratamientos pregerminativos**

Los tratamientos pregerminativos se pueden definir como el uso de cualquier método o técnica ya sea este de forma química, mecánica o física que se les aplica a las semillas con la finalidad de que estas puedan germinar en el menor tiempo posible y en una cantidad considerable (Román *et al.*, 2012); El empleo de los tratamientos pregerminativos también ayudan a la semilla a preservarse de una manera más eficiente, además de que regula la germinación y estos métodos influyen positivamente en la cantidad de plantas que logren su desarrollo en la primera etapa (De Luca, 2010).

Existen algunos tratamientos pregerminativos que se utilizan en las semillas, en ellas las que aplicaron en Chile, donde se escogieron un total de 6 especies forestales nativas, para estudiar las cualidades germinativas de cada especie, los tratamientos a los que sometieron a las semillas fueron: semillas remojadas en agua fría (T1), semillas remojadas en agua caliente (T2) y por último estratificación fría (T3). Los resultados demostraron que en el tratamiento 3 las semillas germinaban en promedio a los 5 días con un 99% de capacidad, mientras que los tratamientos 2 y 1 tuvieron una capacidad germinativa de 91% y 83% a los 7 días como su máximo potencial (Doll *et al.*, 2013).

En otras investigaciones sobre la germinación y sobrevivencia de las semillas de especies forestales como el guayacán se emplearon dos tratamientos pregerminativos, el primero consistió en un corte mecánico con un cuchillo o navaja en la testa en uno de los extremos de las semillas, el segundo tratamiento se realizó mediante la inmersión de las semillas de guayacán durante un día entero en agua a temperatura ambiente, a este método se le conoce como lixiviación (Flores *et al.*, 2019).

Este último es uno de los métodos pregerminativos más empleados en la reforestación de bosques, sin embargo, existen otros tratamientos como los investigados por Viera (2018) en el que realizó una escarificación mecánica con arena a algunas semillas, en otras utilizó la inmersión en agua caliente, otro grupo de semillas se les realizó una escarificación mecánica con lija, en otros casos aplicó calor seco más agua caliente y fitohormonas; todo esto para determinar el desarrollo y crecimiento de las especies forestales.

## **1.5 Sustratos**

En la germinación de las plántulas provenientes de semillas el sustrato se convierte en un factor importante en los resultados finales del desarrollo de las especies forestales (Bravo *et al.*, 2006); la selección del sustrato se encuentra en el segundo lugar de importancia, después de la selección de semillas, ya que la calidad de las plantas y el desarrollo de estas está directamente relacionada a esta variable (Belloso y Mazariego, 2013).

Entre los parámetros más indispensables a considerar en los sustratos están la textura, el nivel de aireación, el porcentaje de humedad, la temperatura del sustrato, y la profundidad de siembra de la semilla (Meza, 2017); los materiales más frecuentes para la elaboración de sustratos son arena, tierra orgánica, perlita o limo entre otros, a partir de aquí las mezclas se pueden realizar en distintas proporciones acorde a las características físicas que se desea del sustrato (Varela *et al.*, 2013).

En Brasil se llevó a cabo una investigación en la germinación de semillas de 4 especies forestales diferentes al guayacán; en este estudio evaluaron la influencia de 4 sustratos diferentes los cuales fueron: mezcla de tierra orgánica con arena (T1), vermiculita (T2), vermiculita de tierra (T3) y un tratamiento testigo solo con tierra (T4); al finalizar el ensayo se demostró que los sustratos no influyeron en el desarrollo radicular de las plantas, mientras que en la germinación el T2 alcanzó un 100% de germinación, mientras que el T4 solo alcanzó un 92% (Gomes y Gonçalves, 2013).

## CAPÍTULO II

### 2 INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Flores *et al.*, (2019) realizaron una investigación en base a tratamientos pregerminativos con semillas de Guayacán obteniendo el siguiente resumen de investigación:

*Guaiacum sanctum* L. es una especie arbórea de crecimiento lento que pertenece a la familia Zygophyllaceae, habita en el bosque seco subtropical y tropical. El objetivo de este estudio fue analizar la viabilidad de semillas de guayacán, posterior a dos tratamientos pregerminativos. La colecta de semillas se realizó en las cercanías del estadio Carlos Miranda, en el departamento de Comayagua, Honduras. Una vez colectadas las semillas se empleó corte longitudinal en la testa y lixiviación, como tratamientos pregerminativos y posteriormente se aplicó pruebas de flotabilidad y de tetrazolio para el análisis de viabilidad. Se obtuvo como resultados un mayor número de semillas viables, registrando los porcentajes de viabilidad más altos, en aquellas a las que no se les aplicó tratamiento pregerminativo. En cuanto a las pruebas de viabilidad se demostró que la más efectiva es la de tetrazolio, ya que permite observar de forma directa el embrión y el estado de los tejidos embrionarios. El análisis de viabilidad contribuyó a conocer la posible influencia de dichos tratamientos en la viabilidad de las semillas. Estos son factores importantes ya que se encuentran relacionados con la germinación de esta especie vegetal de especial interés económico y forestal.

## CAPÍTULO III

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación del ensayo.

Este ensayo experimental de investigación se realizó en los predios de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión El Carmen, conocido como “Río Suma”, ubicado en la vía Santo Domingo – El Carmen km 36 margen derecho, en las coordenadas: 0°15'46,1" S y 79°25'41,6" W.

#### 3.2 Características meteorológicas de la zona.

*Tabla 1.* Características meteorológicas presentadas en el ensayo.

Características	ULEAM
Temperatura (°C)	24
Humedad Relativa (%)	86
Heliofanía (Horas luz año <sup>-1</sup> )	1 026,2
Precipitación media anual (mm)	2 806
Altitud (msnm)	260

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2018).

#### 3.3 Variables en estudio

##### 3.3.1 Variables independientes

- Tipo de sustrato
- Tratamientos pregerminativos

##### 3.3.2 Variables dependientes

**Porcentaje de emergencia:** Es la cantidad de semillas que emergen del sustrato, se calculó dividiendo el número de semillas germinadas sobre la cantidad de semillas plantadas.

**Altura de plantas:** Se midió en las plantas seleccionadas en cm, a los 15, 30 y 45 días después de la emergencia tomando desde la superficie del suelo hasta la punta donde emerge la última hoja en la parte superior.

**Diámetros de hoja:** Se tomó considerando las hojas intermedio de las plantas en cm, a los 15, 30 y 45 días después de la emergencia.

**Grosor del tallo:** Se evaluó a una altura considerable desde la superficie, a los 15, 30 y 45 días después de la emergencia, con una cinta métrica se midió alrededor del tallo.

**Número de hojas:** Se contabilizaron las hojas que emitieron las plantas de guayacán, a los 15, 30 y 45 días después de la emergencia.

### 3.4 Característica de las Unidades Experimentales

*Tabla 2.* Descripción de la unidad experimental.

<b>Características de las unidades experimentales</b>	
Superficie del ensayo	200 m <sup>2</sup>
Número de parcelas	21
Plantas por parcela	50
Plantas para evaluar	8
Población del ensayo	150

### 3.5 Tratamientos

Los tratamientos utilizados en la investigación se describen a continuación:

*Tabla 3.* Disposición de los tratamientos.

<b>Tratamientos</b>	<b>Sustrato</b>	<b>Tratamiento pregerminativo</b>
1	Aserrín	Agua de coco
2	Aserrín	Agua mineral
3	Cascarilla	Agua de coco
4	Cascarilla	Agua mineral
5	Arena	Agua de coco
6	Arena	Agua mineral
7	Testigo	

### 3.6 Diseño experimental

Para el desarrollo de esta investigación se estableció un diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) en arreglo factorial A x B + N; distribuidos con 7 tratamientos y 3 repeticiones, los datos obtenidos fueron comparados con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, mediante el programa informático InfoStat.

**Tabla 4.** Esquema del ADEVA

<b>F.V.</b>		<b>gL</b>
Total	$(t * r) - 1$	20
Tratamiento	$(a * b + n) - 1$	6
Factor A (Sustrato)	$(a - 1)$	2
Factor B (Pregerminación)	$(b - 1)$	1
A x B	$(a * b) - 1$	2
Tratamientos vs Testigos		1
Repetición	$r - 1$	2
Error Experimental	$(t - 1) (r - 1)$	12

### 3.7 Materiales e instrumentos

#### 3.7.1 Equipos de campo

- Hoyadora
- Machete
- Cuchillo
- Balanza
- Cinta métrica
- Carreta
- Fundas
- Machete
- Pala

#### 3.7.2 Materiales de oficina

- Cuaderno

- Lapiceros
- Lápiz
- Computadora
- Libreta
- Tablero
- Calculadora

### **3.8 Manejo del Ensayo**

#### **3.8.1 Preparación del área de investigación**

Se seleccionó y delimitó el área para el establecimiento del vivero de las semillas de guayacán, este se limpió y se adecuó de manera que estuviera idóneo para el establecimiento de la investigación, con la finalidad de llevar a cabo todos los procesos de manera ordenada y eficiente.

#### **3.8.2 Selección de la semilla**

Se recolectaron las semillas obtenidas de la planta de manera sexual, es decir a través del fruto del árbol de guayacán.

#### **3.8.3 Aplicación de tratamientos pregerminativos**

Las semillas fueron sometidas a los tratamientos pregerminativos establecidos, en las cuales se sometieron las mismas cantidades de semilla en cada unidad experimental.

#### **3.8.4 Preparación del sustrato**

Se establecieron los sustratos que se emplearon para las fundas donde se colocarán las semillas para la germinación; estos se prepararon con carretas y palas con tierra orgánica más los sustratos determinados (arena, aserrín y cascarilla).

#### **3.8.5 Toma de datos**

Una vez germinadas las semillas se contabilizaron las plantas para determinar el porcentaje de germinación, así mismo después de un tiempo, según los días establecidos se tomaron la altura de planta de algunas unidades y el grosor del tallo.

## CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los tratamientos aplicados en la investigación se obtuvieron los siguientes resultados:

#### 4.1 Porcentaje de germinación y supervivencia

En cuanto al porcentaje de germinación de las plantas de guayacán y el porcentaje de supervivencia el análisis de la varianza determinó que no existe diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos establecidos, esto indica que los sustratos utilizados y los tratamientos pregerminativos no inciden en el porcentaje de germinación de la semilla, el coeficiente de variación alcanzado para esta variable fue de 12,17%.

En los demás factores de estudios, factor A, Factor B, interacción de los factores A x B y el contraste de los tratamientos vs el testigo no mostraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los resultados obtenidos en el porcentaje de germinación de la semilla de guayacán, es decir, ninguna de las variables planteadas en la investigación incide en este parámetro productivo del árbol (Tabla 5)

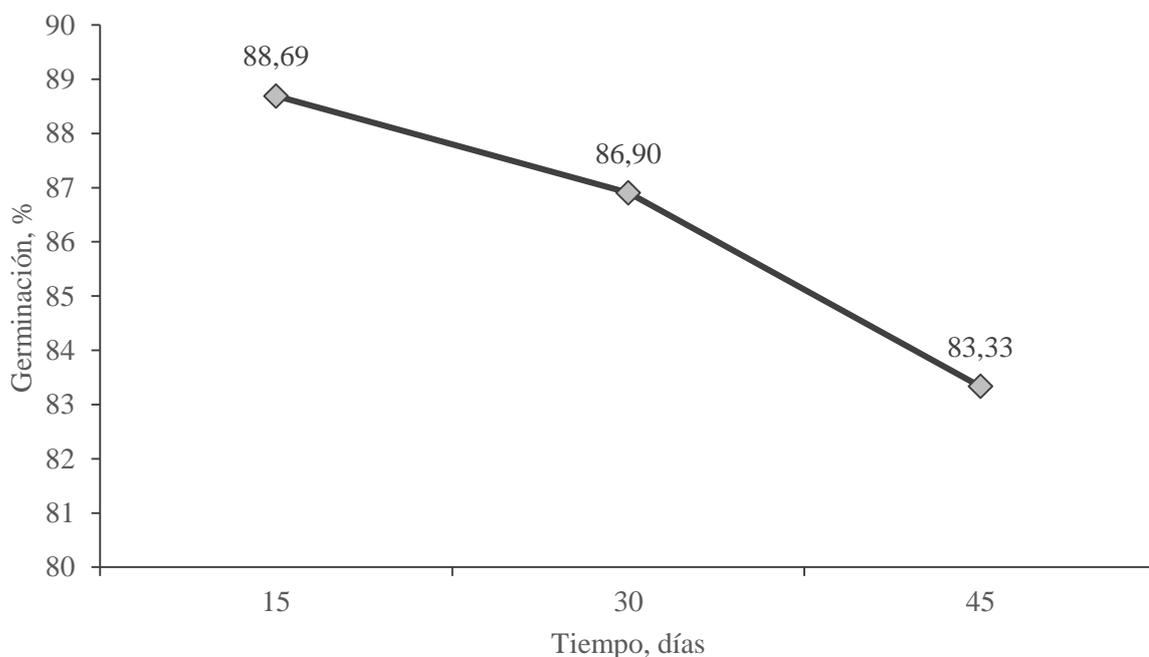
**Tabla 5.** Tratamientos pregerminativos y tipos de sustratos en la germinación de la semilla de Guayacán.

Sustrato	Pregerminación	Germinación
Aserrín	Agua de coco	95,83a
aserrín	Agua mineral	91,67a
Cascarilla	Agua de coco	83,33a
Cascarilla	Agua mineral	95,83a
Arena	Agua de coco	87,50a
Arena	Agua mineral	75,00a
Testigo	Testigo	91,67a

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

En promedio la investigación reportó una germinación que 88,69% entre todos los tratamientos evaluados; en la figura 1 se presenta el porcentaje de supervivencia de las plantas durante los primeros 45 días después de la siembra, comenzando con un porcentaje de 88,69% y dejando un total de 83,33% a los 45 días.

**Figura 1.** Porcentaje de supervivencia de las plantas de guacán sembradas en vivero bajo tres tipos de sustrato y dos métodos pregerminativos.



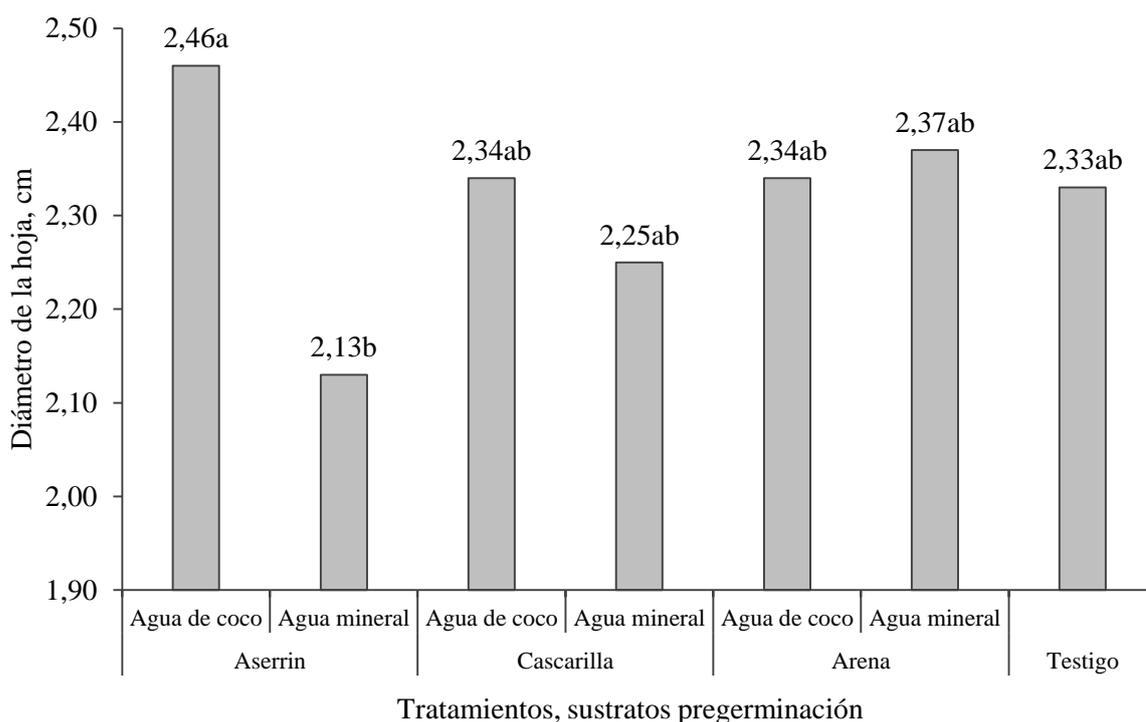
Este resultado encontrado en todos los días de evaluación es similar al reportado por Villacres, (2021) en el que no encontró diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los factores estudiados en esa investigación en cuanto al porcentaje de germinación y emergencia; los factores eran los mismo en este estudio, el promedio de germinación llegó a 85%, mientras que la emergencia tuvo en 86,64%, valores similares a los reportados en la figura 1.

#### 4.2 Diámetro de la hoja

En cuanto al diámetro de la hoja, el análisis de la varianza determinó que existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre la media de los tratamientos con el testigo a los 15 días, además en el factor B (tratamientos pregerminativos) y en la interacción de los factores, lo que indica que estos parámetros de evaluación inciden en el desarrollo de las hojas de guayacán, el coeficiente de variación para esta variable fue de 3,75%; para el caso del factor A correspondiente al tipo de sustratos y al contraste entre los tratamientos versus el testigo el análisis de la varianza no determinó diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ).

En los datos obtenidos a los 30 y 45 días después de la siembra en el diámetro de la hoja de la planta de guayacán, se estableció que no existen diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos establecidos, lo que indica que los sustratos y métodos pregerminativos no inciden en esta variable después de los 15 días pasada la siembra, las medias obtenidas entre estos días se encuentran en la figura

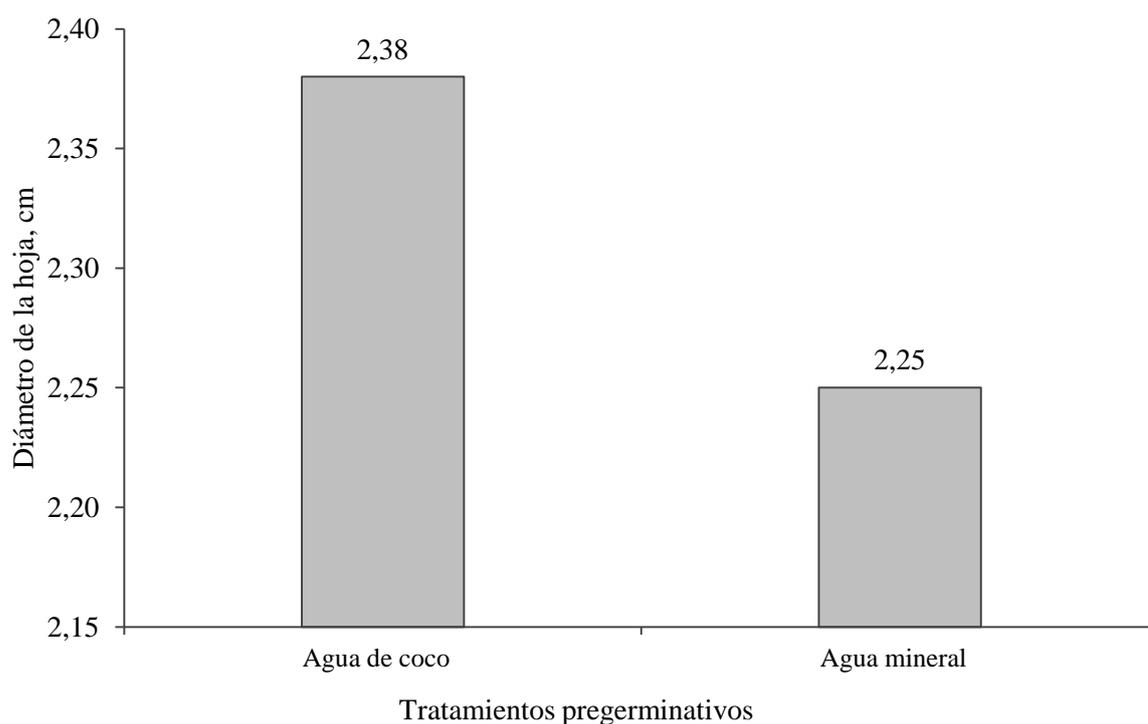
**Figura 2.** Diámetro de la hoja de guayacán bajo el efecto de 3 sustratos y dos tratamientos pregerminativos.



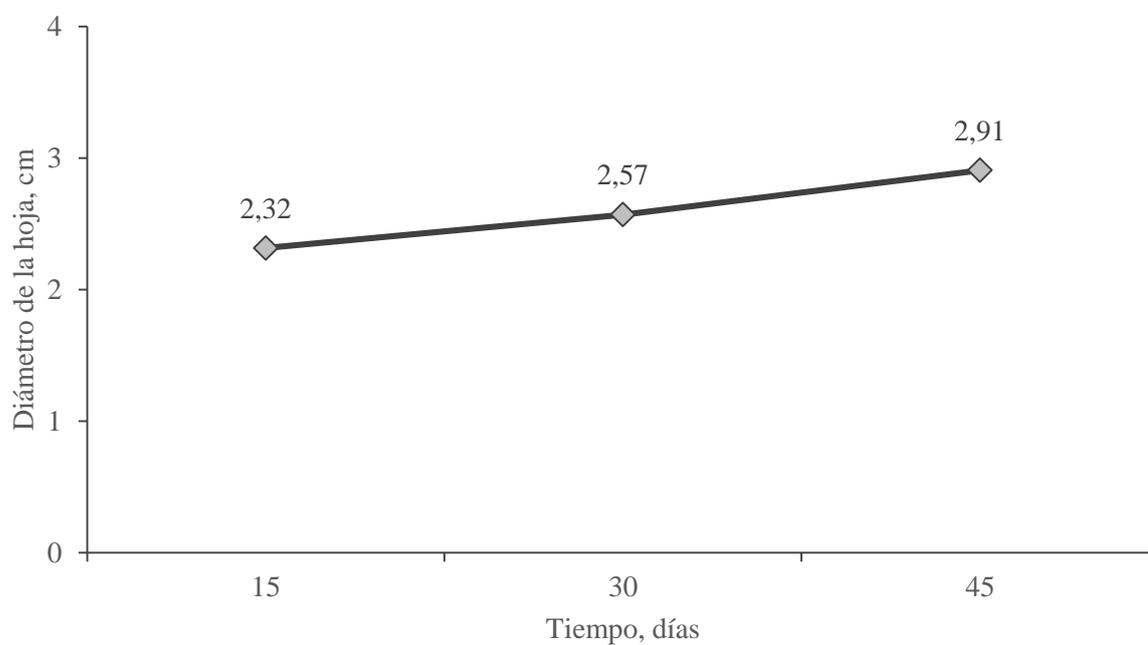
En cuanto a los tratamientos se determinó que el tratamiento 1 con sustrato de aserrín con tierra orgánica más el tratamiento pregerminativo con agua de coco presenta el promedio más elevado en el diámetro de la hoja con 2,46 cm mientras que este mismo sustrato con agua mineral como tratamiento pregerminativo tuvo el valor más bajo con apenas 2,13 cm (figura 1).

En cuanto a los tratamientos pregerminativos de la semilla del guayacán, en la figura 2 se puede observar el comportamiento de la hoja en su diámetro, en el cual bajo el uso del agua de coco muestra un mejor desarrollo con un valor de 2,38 cm en su diámetro mientras que el tratamiento con agua mineral alcanzó 2,25 cm, en la interacción de los factores se obtuvo una respuesta similar a la de la figura 1 con el aserrín y el agua de coco y mineral.

**Figura 3.** Diámetro de la hoja de guayacán bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos.



**Figura 4.** Diámetro de hoja de la planta de guacán sembradas en vivero bajo tres tipos de sustrato y dos métodos pregerminativos hasta los 45 días.

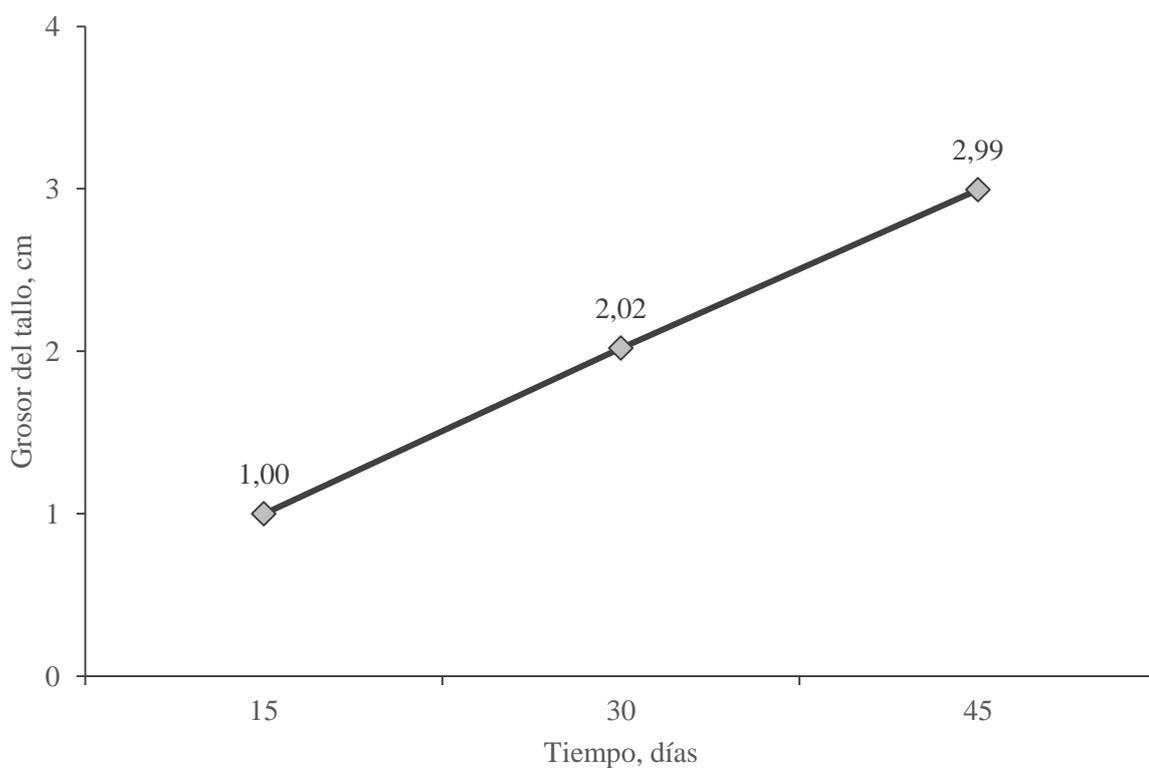


En el desarrollo de la hoja se muestra una tendencia de crecimiento entre el día 15 hasta el día 45; el diámetro de las hojas comenzó con un diámetro de 2,32 cm y pasó a 1,84 cm a los 30 días; para los 45 días las hojas alcanzaron un diámetro de 2,91 cm.

### 4.3 Grosor del tallo

En el análisis de la varianza se determina que el grosor del tallo no presentó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre las medias de los tratamientos aplicados en la investigación; esto determina que los sustratos utilizados y los tratamientos pregerminativos no inciden sobre esta variable, el coeficiente de variación promedio obtenida fue de 2,25%; en la figura 5 se observa el desarrollo del tallo en los primeros 45 días después de la siembra, con un crecimiento de aproximadamente 1 cm cada 15 días.

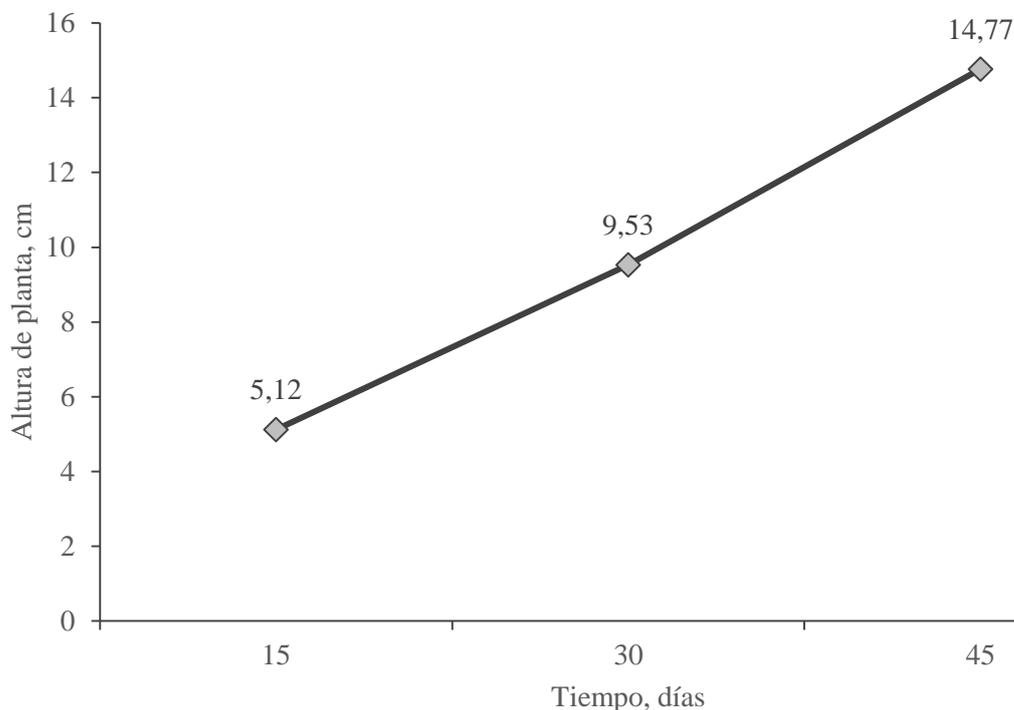
**Figura 5.** Grosor del tallo de la planta de guacán sembradas en vivero bajo tres tipos de sustrato y dos métodos pregerminativos hasta los 45 días.



### 4.4 Altura de planta

En el análisis de la varianza se comprobó que no existe diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos para esta variable en ninguno de los días evaluados, lo que muestra que el tipo de sustrato y los tratamientos pregerminativos no influyen en la altura de las plantas de guayacán durante los primeros 45 días de crecimiento, el coeficiente promedio obtenido en este parámetro evaluado fue de 2,67%.

**Figura 6.** Altura de planta de Guayacán sembradas en vivero bajo tres tipos de sustrato y dos métodos pregerminativos hasta los 45 días.



En la figura 6 se determinan los valores obtenidos en promedio de los tratamientos en los días evaluados, la media de la altura de planta de guayacán a los 15 días fue 5,12 cm mientras que a los 45 días llegó a 14,77 cm con una tasa de crecimiento 4,5 cm cada dos semanas; para el factor A (tipos de sustratos), factor B (tratamientos pregerminativos), interacción de los factores y el contraste de los tratamientos contra el testigo tampoco se encontraron diferencias estadísticas ( $p > 0,054$ ) entre las medias obtenidas para esta variable.

Entre los resultados de Villacres (2021), tampoco se reportaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la altura de planta a los 15, 30 y 45 días, los promedios encontrados a los 15 días estuvieron entre los 9,78 y 8,06 cm, mientras que a los 30 días se alcanzaron alturas de 11,10 y 10,10 cm; estos valores son superiores a los encontrados en esta investigación.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

El uso de sustratos y la práctica de tratamientos pregerminativos en la semilla de guayacán no inciden en el porcentaje de germinación de esta, ya que muestran una tendencia similar entre todos los tratamientos aplicados.

En el caso del desarrollo de la planta, los tratamientos mostraron diferencias estadísticas en el diámetro de la hoja de la planta, de la misma manera se presentó diferencias en el factor tratamiento pregerminativo y la interacción de los factores, sin embargo, en la altura de la planta, ninguno de los factores influyó en este parámetro.

## CAPÍTULO VI

### RECOMENDACIONES

Se recomienda no utilizar tratamientos pregerminativos y sustratos en la germinación de la semilla de guayacán, ya que estas no inciden en el resultado final y se evitan costos de inversión por estos rubros.

En la altura de la planta no se recomienda ningún tratamiento en particular ya que mantienen la misma medida en todos los factores, sin embargo, para el diámetro de la hoja se recomienda el uso del agua de coco para un mejor resultado en el desarrollo de la hoja.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, Z., y Kvist, L. (2005). *Composición florística y estado de conservación de los bosques secos del sur-occidente del Ecuador*. . Loja- Ecuador.
- Aguirre, Z., Gutiérrez, M., y Merino, B. (2006). *Principales Familias de Árboles, Arbustos y Hierbas del sur del Ecuador*. Universidad Nacional de Loja. Loja – Ecuador: Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables.
- Arbo, M., y González, A. (2019). *Botánica Morfológica: Morfología de Plantas Vasculares*. Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias.
- Belloso, P., y Mazariego, L. (2013). *Evaluación de cinco sustratos y tres métodos de escarificación en la germinación de semillas de cuatro especies forestales*. Universidad del Salvador, San Salvador.
- Bravo, C., Urdaneta, N., Silva, W., Polizuk, H., y Marín, M. (2006). Germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv ‘Río Grande sembradas en bandejas plásticas, utilizando distintos sustratos. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 23(2), 188-195.
- Castillo, M., y Peralta, O. (2007). *Estado de conservación, propagación asexual y sexual en invernadero y laboratorio de dos especies de podocarpáceas, procedentes de la Reserva comunal Angashcola*. Tesis, Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Loja-Ecuador.
- CATIE. (2018). *Guaiacum officinale* L. Nota Técnica No. 67, República Dominicana.
- De Luca, N. (2010). *Características de las semillas, tratamientos pregerminativos, técnicas de recolección y almacenamiento*. .
- Doll, U., Fredes, M., y Soto, C. (2013). *Efecto de distintos tratamientos pregerminativos sobre la germinación de seis especies nativas de la región mediterránea de Chile*. Chile: IDESIA.
- Eras, V., Minchala, J., Moreno, J., Yaguana, M., y Sinche, M. (2019). *Estudio fenológico y análisis de calidad de semillas de algarrobo *Prosopis* sp., y guayacán, *Handroanthus billbergii* (Bureau y K. Schum) S.O. Grose, del bosque seco, provincia de Loja*. Loja, Ecuador: EDILOJA Cía. Ltda.

- Espinoza, L., y Orantes, C. (2014). Viabilidad y germinación de *Guaiacum sanctum* L. (Zygophyllaceae), árbol tropical amenazado. *LACANDONIA*, 8(1), 37-40.
- Flores, A., Ferrufino, L., y López, V. (julio de 2019). Viabilidad de semillas de guayacán (*Guaiacum sanctum* L., Zygophyllaceae) posterior a dos tratamientos pregerminativos. *Revista Portal de la Ciencia*, 16, 25-37.
- Gomes, F., y Gonçalves, M. (2013). *The effects of substrates on seedling production of native tree species for urban landscape*. Revsbau.
- INAMHI. (2018). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>
- MAE. (2014). *Plan Nacional de Restauracion Forestal*.
- Márquez, J., Xotla, U., y González, J. (2005). *Estudio de germinación y crecimiento inicial de plántulas de Cedrela odorata L. Foresta Veracruzana*. Veracruz.
- Meza, C. (2017). *Efecto del ácido girebólico y la temperatura en la propagación sexual del guayacan*. Tesis de grado, Jaén Perú.
- Minchala, J., Eras, V., Muñoz, L., Yaguana, M., Poma, R., y Delgado, G. (2013). *Propagación sexual y asexual de cuatro especies forestales nativas y promisorias de la Región Sur del Ecuador*. Cedamaz, Azuay.
- Molina, N., Lavayen, J., y Fabara, M. (2015). *Árboles de Guayaquil*. Guayaquil: UEES.
- Palma, J. (2018). *El hábitat del guayacán (Tebebuia chrysantha Jacq G. Nicholson) en los suelos del cantón Junín, Manabí, Ecuador*. Universidad Estatal del Sur. Jipijapa: Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura.
- Pérez, J. (2020). *Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos aplicados al Guaiacum officinale (guayacán)*. Santo Domingo, República Dominicana: Catie.
- Quinapallo, T., y Velez, N. (2013). *Propagación sexual y asexual de cuatro especies forestales promisorias del bosque seco del cantón Zapotillo*. Tesis, Universidad Nacional de Loka, Zapotillo.

- Román, F., Adriana, S., Deago, J., y Hall, J. (2012). *Guía para la propagación de 120 especies de árboles nativos de Panamá y el Neotrópico*. Panamá: Environmental.
- UNLP. (2020). *Mantenimiento de espacios verdes*. Argentina: Escuela Universitaria de oficios.
- Varela, S., Martínez, A., Basil, G., Mazzarino, M., y Fariña, M. (2013). *Sustratos alternativos en la producción de plantines forestales*. INTA.
- Velázquez, M. (1998). *Identificación, fenológica, usos y clasificación de los árboles y arbustos del bosque Seco de Guápala*. Tesis, Universidad Nacional de Loja, Loja- Ecuador.
- Viera, T. (2018). *Implementación de un vivero para la multiplicación del germoplasma nativo del bosque protector La Perla*. Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo: Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industria.
- Villacres, J. (2021). *Efecto de dos tratamientos pre germinativos con dos sustratos en la propagación sexual de Parkia multijuga (guarango) en el vivero de Corposucumbíos*. Chimborazo: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Yáñez, L. (2007). *Información de los Bosques Secos de Ecuador y Perú*. Loja - Ecuador.

## ANEXOS

**Anexo 1.** ADEVA del porcentaje de germinación de la semilla de guayacán.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Repetición	59,52	2	29,76	0,26	0,774	ns
Tratamiento	1011,9	6	168,65	1,45	0,245	ns
Sustrato	486,11	2	243,06	1,97	0,166	ns
Pregerminación	8,68	1	8,68	0,07	0,794	ns
Sustrato*Pregerminación	486,11	2	243,06	1,97	0,166	ns
Contraste1	31	1	31	0,27	0,609	ns
Error	1398,81	12	116,57			
Total	2470,24	20				
CV %:	12,17					

**Anexo 2.** ADEVA del diámetro de la hoja de la planta de guayacán.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Repetición	0,09	2	0,04	5,85	0,010	*
Tratamiento	0,2	6	0,03	4,36	0,006	**
Sustrato	0,02	2	0,01	0,88	0,430	ns
Pregerminación	0,08	1	0,08	8,81	0,008	**
Sustrato*Pregerminación	0,11	2	0,05	6,12	0,008	**
Contraste1	0,00067	1	0,00067	0,09	0,767	ns
Error	0,09	12	0,01			
Total	0,38	20				
CV %:	3,75					

**Anexo 3.** ADEVA de la altura de planta de guayacán.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Repetición	0,32	2	0,16	13,66	0,000	**
Tratamiento	0,09	6	0,01	1,25	0,324	ns
Sustrato	0,03	2	0,01	1,03	0,375	ns
Pregerminación	0,03	1	0,03	2,27	0,148	ns
Sustrato*Pregerminación	0,02	2	0,01	0,67	0,523	ns
Contraste1	0,01	1	0,01	0,78	0,388	ns
Error	0,14	12	0,01			
Total	0,54	20				
CV %:	2,11					

*Anexo 4.* Planta de guayacán en germinación.



*Anexo 5.* Preparación del sustrato.



*Anexo 6.* Plantas con sustratos de aserrín.

