



# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



## Decanato de Posgrado

**Maestría en Silvicultura, Mención Manejo y Conservación de Recursos Forestales**

**Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o desarrollo previo a la obtención del título de:  
MAGISTER EN SILVICULTURA, MENCIÓN MANEJO Y  
CONSERVACIÓN DE RECURSOS FORESTALES**

**Tratamientos pregerminativos y respuesta morfofisiológica a diferentes sustratos orgánicos de *Ochroma pyramidale*.**

**AUTOR:**

**Ing. Luis Alejandro Fiallos Ulloa.**

**DIRECTOR:**

**Dr. Yasiel Arteaga Crespo, PhD.**

**PUYO - ECUADOR**

**2022**

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, Luis Alejandro Fiallos Ulloa, con cédula de identidad 2100473467, declaro ante las autoridades educativas de la Universidad Estatal Amazónica, que el contenido del Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o desarrollo titulado “**Tratamientos pregerminativos y respuesta morfofisiológica adiferentes sustratos orgánicos de *Ochroma pyramidale***”, es absolutamente original, auténtico y personal.

En tal virtud y según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de titulación son de exclusiva responsabilidad de la autora; y que los resultados expuestos pertenecen a la Universidad Estatal Amazónica.

---

Ing. Luis Alejandro Fiallos Ulloa.  
CI. 2100473467.

**FORMATO DP-UT-013B: CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE  
EVALUACIÓN DEL TRABAJO FINAL DE TITULACIÓN**

**EL TRIBUNAL DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO FINAL DE TITULACIÓN**

**CERTIFICA QUE:**

El presente trabajo “**Tratamientos pregerminativos y respuesta morfofisiológica adiferentes sustratos orgánicos de *Ochroma pyramidale***”, bajo la responsabilidad del maestrante Luis Alejandro Fiallos Ulloa, ha sido meticulosamente revisado, autorizando su presentación:

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

RUTH IRENE ARIAS GUTIÉRREZ  
**PRESIDENTE DE TRIBUNAL EVALUADOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

DIEGO GUTIERREZ DEL POZO  
**MIEMBRO 1**

PAÚL MANOBANDA PINTO  
**MIEMBRO 2**

**FORMATO DP-UT-011: AVAL DEL DIRECTOR DE TRABAJO TITULACIÓN**

<b>MAESTRÍA EN SILVICULTURA MENCIÓN MANEJO Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS FORESTALES</b>	
<b>COHORTE: III</b>	<b>FECHA ELABORACIÓN: 07/07/2022</b>
<b>INFORME FINAL Y AVAL</b>	
<p>Quien suscribe, YASIEL ARTEAGA CRESPO, portador de la cédula de identidad número: 1757016256, en calidad de Director del trabajo de titulación denominado: “TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS Y RESPUESTA MORFOFISIOLÓGICA A DIFERENTES SUSTRATOS ORGÁNICOS DE <i>OCHROMA PYRAMIDALE</i>”, opción (PROYECTO DE TITULACIÓN CON COMPONENTES DE INVESTIGACIÓN APLICADA Y70 DESARROLLO), a cargo del maestrante LUIS ALEJANDRO FIALLOS ULLOA, portador del número de cédula de identidad: 2100473467, certifico haber acompañado y revisado el documento entregado a mi persona, considero que cumple con los objetivos planteados, los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución.</p> <p>Por lo antes expuesto se avala el trabajo de titulación para que sea presentado para la sustentación correspondiente.</p>	
<b>ELABORADO POR:</b>	
Dr. Yasiel Ateaga Crespo. PhD. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	

**FORMATO DP-UT-013C: CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD EN EL  
SISTEMA ANTIPLAGIO**

**CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD EN EL SISTEMA ANTIPLAGIO**

Quien suscribe el presente Dr Yasiel Arteaga Crespo con CI:1757016256, certifica que el Proyecto final de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo titulado: “Tratamientos pregerminativos y respuesta morfofisiológica a diferentes sustratos orgánicos de *Ochroma pyramidale*” ha sido examinado a través del sistema Antiplagio Urkund y presenta un porcentaje de similitud del 6 %.

En el cantón Pastaza, a los 07 días del mes de Julio del 2022.

---

Dr. **YASIEL ARTEAGA CRESPO PhD.**

## **Agradecimiento**

*Principalmente a mi Dios amado porque es la luz que guía mi camino para cumplir mis metas propuestas siendo siempre un hombre de bien, humilde, responsable, honesto y transparente en las decisiones de mi vida, por derramar sus bendiciones en mis pasos y por siempre escuchar mis plegarias.*

*A mi madre Icela Magdalena Ulloa Arellano por demostrarme su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida, gracias mamita amada por toda la paciencia que me has tenido, sin ti no sería nada, sé que tus palabras son para que sea un hombre lleno de valores y un buen hijo de Dios.*

*A mi padre José Rodrigo Fiallos Escobar por aconsejarme siempre que he requerido sus palabras, para que sea mejor hijo, esposo, padre, nieto, hermano y un buen amigo con las personas que rodean mi vida, gracias por regalarme la vida.*

*A mis papitos Guillermo y Lilita porque son mi ejemplo a seguir, siempre me han demostrado que haciendo las cosas bien se puede conseguir hasta lo imposible, todo lo que soy ahora te lo debo a ti papito Memo.*

*A mis hermanos por apoyarme siempre y aconsejarme para mi bien, gracias por compartir momentos únicos que no lo cambiaría por nada, los quiero mucho.*

*A mis tíos porque son un pilar fundamental en mi vida, su apoyo incondicional se ve reflejado en mi vida.*

*A mi tutor Dr. Yasiél Arteaga Crespo por guiarme en este camino, gracias por brindarme sus conocimientos para formarme como profesional de calidad.*

## **Dedicatoria**

*El presente proyecto se lo dedico principalmente a mi Dios porque me ha dado las fuerzas necesarias para cumplir eficientemente este proceso tan importante en mi vida.*

*A mi madre Icela Magdalena Ulloa Arellano porque tu esfuerzo y sacrificio inimaginable, hacen posible que hoy se cumpla un sueño que lo trabaje con sacrificio gracias a tus enseñanzas mamita amada.*

*A mis papitos Guillermo y Lilita porque desde niño me enseñaron buenos valores y me apoyaron de todas las formas posibles para que sea algún día un profesional eficiente, lo logre papitos queridos.*

*A mi hija Lilita Victoria porque eres la persona por la cual me preparo para que nunca te falte nada y sobre todo para que seas una buena niña e hija de Dios. Te amo hija.*

*A toda mi familia, ya que ellos son el pilar fundamental de mis éxitos, siempre me hay apoyado de una u otra manera en esta etapa de formación profesional y hoy puedo recompensarlos siendo un excelente profesional.*



## Resumen ejecutivo y palabras claves

La especie *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. presenta bajas tasas de germinación, por esto en la presente investigación se evaluó las condiciones que favorecen la mayor germinación de semillas de dos procedencias al ser tratadas con agua a diferentes tiempos y temperaturas, así como las respuestas morfofisiológicas a diferentes sustratos orgánicos. El diseño pregerminativo se elaboró a partir del software Design expert versión 13.0,5,0. se implementaron 138 condiciones experimentales, 24 semillas por condiciones, considerando 4 variables independientes: temperatura ( 30 – 100 °C ), tiempo ( 0,25 - 12,12 hrs ), sustrato ( A,B,C ) y procedencia ( I,II ), se encontró un porcentaje de germinación de 83,33 % con las condiciones de 65°C durante 12.12 horas para posteriormente ser sembradas en un sustrato compuesto por 50 % arena y 50 % tierra. Para determinar el comportamiento de los atributos morfológicos en vivero de dos procedencias de *O. pyramidale* sometida a distintos sustratos, se introdujeron 30 condiciones experimentales con datos de los mejores porcentajes de plántulas obtenidas de los tratamientos pregerminativos realizados con anterioridad, considerando 3 variables independientes: altura, diámetro y número de hojas, entendiéndose que estas variables fueron ingresadas a partir de 2 factores (sustrato (A,B,C) y procedencia (I,II)), se encontró que el sustrato compuesto por 50 % arena y 50 % tierra aporta plántulas con altura de 4,7 cm, diámetro de 4,8 mm y número de hojas de 5,12, la procedencia no influyó para que la plántula se desarrolle satisfactoriamente.

**Palabras clave:** Diseño, Germinación, Tiempo, Temperatura, Balsa, Reforestación.

## **Abstract and keywords**

The species *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam) Urb. presents low germination rates, for this reason in the present investigation the conditions that favor the greatest germination of seeds of two origins when treated with water at different times and temperatures were evaluated, as well as the morphological responses to different organic substrates. The pregerminative design was elaborated from the Design expert software version 13.0,5,0. 138 experimental designs were implemented, 24 seeds per design, considering 4 independent variables: temperature (30 – 100 °C), time (0.25 - 12.12 hrs), substrate (A,B,C) and origin (I, II ), a germination percentage of 83.33% was found under conditions of 65°C for 12.12 hours to later be sown in a substrate composed of 50% sand and 50% soil. To determine the behavior of the morphological attributes in the nursery of two provenances of *O. pyramidale* subjected to different substrates, 30 experimental runs were introduced with data on the best percentages of seedlings obtained from the pre-germination treatments carried out previously, considering 3 independent variables: height , diameter and number of leaves, understanding that these variables were entered from 2 factors (substrate (A,B,C) and origin (I,II)), it was found that the substrate composed of 50 % sand and 50 % earth It provides seedlings with a height of 4.7 cm, a diameter of 4.8 mm and a number of leaves of 5.12. The origin did not influence the seedling to develop satisfactorily.

**Keywords:** Design, Germination, Time, Temperature, Pond, Reforestation.

## Tabla de contenido

<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>PROBLEMA CIENTÍFICO</b> .....	<b>2</b>
<b>HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>3</b>
<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
<b>DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA Y BOTÁNICA DE <i>OCHROMA PYRAMYDALE</i></b> .....	<b>3</b>
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SEMILLA DE <i>OCHROMA PYRAMYDALE</i></b> .....	<b>3</b>
<b>MORFOLOGÍA</b> .....	<b>3</b>
<b>TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS</b> .....	<b>4</b>
<b>IDENTIFICACIÓN DE ÁRBOLES SEMILLEROS</b> .....	<b>4</b>
<b>PREPARACIÓN DE SEMILLAS</b> .....	<b>5</b>
<b>TIEMPO VIABLE DE SEMILLAS</b> .....	<b>5</b>
<b>PESO</b> .....	<b>5</b>
<b>GERMINACIÓN EN VIVERO</b> .....	<b>6</b>
<b>SUSTRATO PARA LA GERMINACIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>SIEMBRA EN GERMINADORES</b> .....	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>7</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>7</b>
<b>LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>7</b>
<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>8</b>
<b>MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>8</b>
<b>TRATAMIENTO DE DATOS</b> .....	<b>9</b>
<b>SELECCIÓN DEL MATERIAL EXPERIMENTAL (SEMILLAS)</b> .....	<b>9</b>
<b>TRATAMIENTO PREGERMINATIVO</b> .....	<b>9</b>
<b>TRATAMIENTOS FÍSICOS</b> .....	<b>9</b>
<b>VIABILIDAD: ESCISIÓN DEL EMBRIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>PREPARACIÓN DE SUSTRATOS</b> .....	<b>10</b>
<b>PREPARACIÓN DE BANDEJAS DE SIEMBRA</b> .....	<b>10</b>
<b>ANÁLISIS DE SUELO</b> .....	<b>11</b>
<b>DISEÑO EXPERIMENTAL Y GERMINACIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>VARIABLES EVALUADAS</b> .....	<b>18</b>
<b>RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES</b> .....	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>20</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>20</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>20</b>
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>35</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>36</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>37</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>38</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>42</b>

## Tablas

Tabla 1. Tipos de factores.....	12
Tabla 2. Información general.....	13
Tabla 3. Datos aleatorios para cada factor .....	13
Tabla 4: Datos de mejores tratamientos pregerminativos con factores 1 y 2 para determinación de variables altura, diámetro y número de hojas.....	16
Tabla 5: Características de los árboles semilleros.....	
Tabla 6. Porcentaje de germinación y respuestas morfofisiológicas de 138 condiciones .....	20
Tabla 7: Respuestas morfofisiológicas de dos procedencias a diferentes sustratos.....	Tabla 8.
Resumen de los modelos polinómicos analizados por el programa informático	24
ANOVA para el modelo cuadrático de superficie de respuesta.....	26
Tabla 10. Estadísticas.....	28
Tabla 11. Resultados valores predichos vs valores experimentales de germinación, altura, diámetro y número de hojas.....	29
Tabla 12. Análisis químico de los sustratos.....	34

## Tabla de imágenes

Imagen 1. Mapa general de la Provincia de Pastaza.....	7
Imagen 2. Valores predichos vs valores experimentales.....	33
Imagen 3: Análisis de Sustratos en laboratorio.....	47

## Tabla de Anexos

Anexo 1:Procedencias A y B (Árboles semilleros).....	42
Anexo 2: extracción de semillas .....	42
Anexo 3: Semillas procedencia A y B .....	42
Anexo 4:Pruebas físicas de calidad de semilla.....	43
Anexo 5:Sustratos para la germinación .....	43
Anexo 6:Preparación de las bandejas para la siembra.....	44
Anexo 7: Etiquetado de semillas y recipientes.....	43
Anexo 8: Medición de temperaturas.....	43
Anexo 9 Peso de sustratos.....	44
Anexo 10:siembra de semillas en bandejas .....	44
Anexo 11: Germinación de plántulas .....	45
Anexo 12: Plántulas con 2 hojas, 7 días de germinación .....	45
Anexo 13: Plántulas de 3 y 4 hojas .....	46
Anexo 14: Plántulas de 4 y 5 hojas .....	46

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam) Urb. Perteneciente a la familia Malvaceae, conocida comúnmente como balsa, es una especie nativa de Sudamérica, México y el Caribe, con una amplia distribución donde invade terrenos recién perturbados, se extiende desde el norte de Colombia hasta el sur de Bolivia, hacia el este a través de la mayor parte de Venezuela, los extremos latitudinales son 22° N hasta alrededor de 15° S (Francis, 2000). Es una especie de rápido crecimiento que alcanza 25 m de altura, densidad entre 0.10 a 0.17 g/cm<sup>3</sup> y hasta 75 cm de diámetro en 5-8 años. Hoy en día, la madera se usa para fabricar aviones, artesanías, juguetes, chapa de interiores en construcciones donde se necesite fortaleza y propiedades aislantes. Se usa también como material aislante en barcos para transporte criogénico, siendo una especie con alta demanda comercial en el mercado internacional (Marta & Vichot, 2022).

Ecuador es un país con condiciones geográficas y climáticas que favorecen el desarrollo de esta especie, motivo por el cuál mantiene una alta comercialización y exportación de la misma. Su mayor producción se concentra en las provincias de Guayas, El Oro, Los Ríos, Esmeraldas y Pastaza. Sin embargo, esta especie tiene una capacidad germinativa baja y no existen investigaciones que implementen tratamientos para mejorar el porcentaje germinativo y la capacidad de crecimiento de la especie, entendiendo que los mecanismos que regulan el inicio de la germinación están bajo presiones selectivas donde existen semillas que debido a las características físicas y químicas del tegumento presentan una estructura y consistencia compacta e impermeable al agua y gases, inhibidora mecánica y química de la germinación (Ríos-García et al., 2016). El tiempo de germinación de las semillas también representa una problemática para las entidades que buscan optimizar su producción en ciclos y periodos de tiempo más acelerados, estas características limitan su propagación (Serna-Mosquera et al., 2019). Se buscó mejorar las condiciones para su germinación y crecimiento, se consideró la variación según la adaptación del entorno donde se desarrolla dicha especie (sustrato) y según las características que presenten en su tegumento (semilla). Por lo tanto, el presente trabajo experimental tuvo como objetivo principal evaluar las condiciones que favorecen la mayor germinación de la semilla de *O. pyramidale* al ser tratada con agua a diferentes tiempos y temperaturas y el sustrato orgánico que favorece el desarrollo morfológico de la especie.

## **PROBLEMA CIENTÍFICO**

¿Cuáles son las condiciones que favorecen la mejor germinación de la semilla de *O. pyramidale* al ser tratada con agua a diferentes tiempos y temperaturas y que sustrato favorece el desarrollo morfológico de la especie?

## **HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

Tiempos superiores a 10 horas y temperaturas de agua que sobrepasan los 60°C favorecen la germinación de *O. pyramidale* con un sustrato orgánico que garantiza las mejores respuestas morfofisiológicas de la especie.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar las condiciones que favorecen la mayor germinación de la semilla de *O. pyramidale* al ser tratada con agua a diferentes tiempos y temperaturas y el sustrato orgánico que favorece el desarrollo morfológico de la especie.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Caracterizar los árboles semilleros y la morfología de las semillas de *O. pyramidale* de varias procedencias.
2. Analizar el efecto de la temperatura, tiempos de inmersión, sustrato y procedencia de *O. pyramidale* en los indicadores de germinación.
3. Determinar el comportamiento de los atributos morfológicos en vivero de *O. pyramidale* sometida a distintos sustratos.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### **Descripción taxonómica y botánica de *Ochroma pyramidale***

La clasificación taxonómica de *Ochroma pyramidale*, corresponde a la base fundamentada por (Figueroa, 2019).

Esta especie forestal es de la familia Malvaceae, su nombre científico *Ochroma pyramidale*; sus sinónimos botánicos son: *Ochroma lagopus Sw*, *Ochroma obtusa Rowlee*, *Ochroma tormentosa*, entre otros, conocida comúnmente como balsa, palo de balsa o boya. Alcanza hasta 30 m de altura y 70 cm de DAP, su tronco es recto y cilíndrico con raíces tabulares grandes, corteza externa gris y lisa. Copa amplia y redondeada, de gran tamaño, hojas simples, alternas, pentalobuladas, grandes, pubescentes por el envés, con el pecíolo casi del tamaño de la lámina foliar. Flores grandes, blancas y campanuladas, su fruto una cápsula dehiscente con semillas pequeñas, negras, rodeadas por una lana. La balsa se encuentra en México, Costa Rica, Perú, Ecuador, Bolivia y Brasil. En Ecuador se distribuye principalmente en la región Costa y Amazonía.

#### **Características generales de la semilla de *Ochroma pyramidale*.**

La dispersión de las semillas es anemócora (ampliamente diseminadas por el viento). Los frutos se abren en el árbol y dejan salir las semillas, la lana en la que se encuentran envueltas constituye un excelente medio para llevar a cabo el transporte aéreo a largas distancias. Los frutos también pueden ser transportados por el agua, debido a su ligero peso. Las semillas de esta especie presentan tres cubiertas protectoras: una externa que es fina, resistente e impregnada de una sustancia de aspecto ceroso, de hidratación lenta y deshidratación rápida. La segunda cubierta es gruesa, muy plástica y translúcida, de permeabilidad escasa. La tercera es una membrana fina, transparente y muy frágil, unida al punto más interno de la cúpula (Toledo Gonzalez, 2016).

#### **Morfología**

La morfología se utiliza con más frecuencia que la fisiología para evaluar la calidad de las plántulas. La altura y el diámetro del tallo son las dos características que se examinan comúnmente en la planta de semillero y; curiosamente, la altura es por lo general designado en centímetros (cm), pero el diámetro del tallo es medido en milímetros (mm) (Herrera, 2017).

## **Tratamientos pregerminativos**

Son todos aquellos procedimientos necesarios para romper la latencia de las semillas, esto es, el estado en que se encuentran algunas tal que, estando vivas, no son capaces de germinar sino hasta que las condiciones del medio sean las adecuadas para ello (Viera, 2020).

Se evaluaron los tratamientos pregerminativos, expuestos de los ensayos realizados por (Jiménez et al., 2017a), los cuales sumergen las semillas en agua bajo temperatura dejándolas en reposo durante tiempos determinados para ser sembradas inmediatamente, entendiendo que la temperatura inicial es solo en el estado de sumersión, posterior a esto disminuye hasta que el agua llegue a temperatura ambiente de forma natural, las semillas se las deja en reposo durante tiempos determinados desde la sumersión para ser sembradas posteriormente.

## **Identificación de árboles semilleros**

Los árboles semilleros en un sistema de silvicultura son especies forestales padres que mediante un método se conservara árboles deseables para producir semillas en las siguientes generaciones. Es muy importante conocer el calendario de la cosecha para la calidad y distribución de los árboles semilleros (La et al., 2020). La identificación de los árboles padres radica una vez seleccionados clasificarlos por sus características superiores al resto mediante una valorización morfofisiológica y dasométrica. Estos candidatos deben tener entre 10 y 15 años para seleccionar los mejores fenotipos para ahorrar el costo de logística, evaluación y análisis de ensayos. La selección de los fenotipos a temprana edad facilitaría el proceso, reduciendo etapas para lograr un material rápido y disponible para la industria.

Para la identificación de los árboles semilleros se debe tener en cuenta características cualitativas relacionadas con la calidad de la madera, asignando un puntaje de acuerdo a las siguientes clases: a) Árboles inaceptables: enfermos y/o con defectos en el fuste o copa, ramificaciones bajas. b) Árboles buenos: dominantes o codominantes, sin bifurcaciones bajas, con defectos leves en el fuste o en la copa. c) Árboles excelentes: dominantes o codominantes, sin bifurcaciones, ramas delgadas, sin contrafuertes, copa pequeña y simétrica, sanos y vigorosos. Se tomó en cuenta los árboles que posean un puntaje que se encuentre en la clase “b” y “c”(Valladolid Ontaneda et al., 2017).



## **Preparación de semillas**

Las semillas se encuentran inmersas en una pelusa de color amarronado la cual ayuda su dispersión anemócora (dispersión de semillas a través del viento), la pelusa es retirada de forma manual y con mucho cuidado para que no sufran estrés, posterior a esto se almacenaron en bolsas hechas de paja toquilla (*Carludovica Palmata* Ruiz & Pav.) capaces de mantener aireación para mantener una semilla de alta calidad y listas para las pruebas físicas a las cuales se sometieron (Peretti, 2010). El objetivo primordial del almacenamiento es mantener las semillas viables en buena condición física y fisiológica, desde su cosecha hasta la próxima siembra, para lograr una germinación satisfactoria y posterior emergencia. Para que un programa de almacenamiento sea exitoso, deberá ser cuidadosamente planificado y tener un concepto claro del propósito del almacenamiento, los factores que determinan la calidad de la semilla y procesos que en ella ocurren después de su madurez fisiológica. También hay que considerar los datos climáticos de la zona seleccionada para el almacenamiento y realizar un cuidadoso análisis de las necesidades específicas de las semillas (Pessarakli, 2002).

## **Tiempo viable de semillas**

Es el periodo durante el cual estas conservan su capacidad para germinar la cual es extremadamente variable, dependiendo de las condiciones de almacenamiento y del tipo de semilla (Ríos-García et al., 2016), en el caso de *O. pyramidale* se determinó que el almacenamiento juega un papel importante sobre la viabilidad y la germinación en las semillas, mostrando una pérdida porcentual en ambos atributos conforme avanza el tiempo, por lo que es importante establecer métodos para la conservación ya que es una especie con potencial para reforestación productiva en zonas degradadas de selva.

## **Peso**

El peso de la semilla varía entre los 0.008 a 0.022 g. su ligero peso constituye un excelente medio para llevar a cabo el transporte aéreo a largas distancias para su posterior germinación.

## **Germinación en vivero**

La germinación de la semilla consiste en el desarrollo del embrión hasta la formación de la planta. Se precisa el concurso de una serie de factores fisiológicos, que requieren fundamentalmente humedad, luz, gases (O<sub>2</sub>) y una adecuada temperatura. Este proceso ocurre después de la diseminación de las semillas si las condiciones ambientales son propicias. Durante este periodo ocurren interesantes cambios enmarcados dentro de eventos fisiológicos, metabólicos, bioquímicos y anatómicos (Marín et al., 2018).

## **Sustrato para la germinación**

El sustrato debe tener adecuada aireación, con capacidad de retención de agua y granulometría adecuada, debe estar exento de otras semillas, insectos, patógenos o virus, con peso ligero para un traslado eficiente, alta fertilidad y económicos, es indispensable realizar análisis químicos en laboratorio para determinar el comportamiento morfofisiológico. (Aikman, 1955).

## **Siembra en germinadores**

En cada cama de germinación o almacigo se colocan las semillas para iniciar su proceso germinativo. Se sugiere ubicar todas las camas de germinación en un área determinada, pues de esta manera el manejo y mantenimiento de las camas es más sencillo. En algunos viveros, las camas de germinación se ubican a nivel del suelo o sobre el nivel del suelo a una altura de aproximadamente 80 cm. La longitud de las camas de germinación cambia, dependiendo de los espacios que tenemos disponibles; generalmente la longitud varía entre 10 a 20 m y tienen un ancho de 1 m (Jiménez et al., 2017a).

# CAPÍTULO III

## MATERIALES Y MÉTODOS

### LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El ensayo se llevó a cabo los meses de diciembre del 2021 a abril del 2022 en el área de propagación del vivero forestal ubicado en la cabecera cantonal de la ciudad de Puyo, parroquia Puyo, Provincia de Pastaza; cuyas coordenadas UTM son: 831644 m E y 9834262 m S en la altitud de 950 msnm, los dos individuos seleccionados como Arboles Semilleros se encuentran ubicados en las comunidades Villano, coordenadas 219356 m E y 9833743 m S y Canelos, coordenadas 193992 m E y 9823619m S.

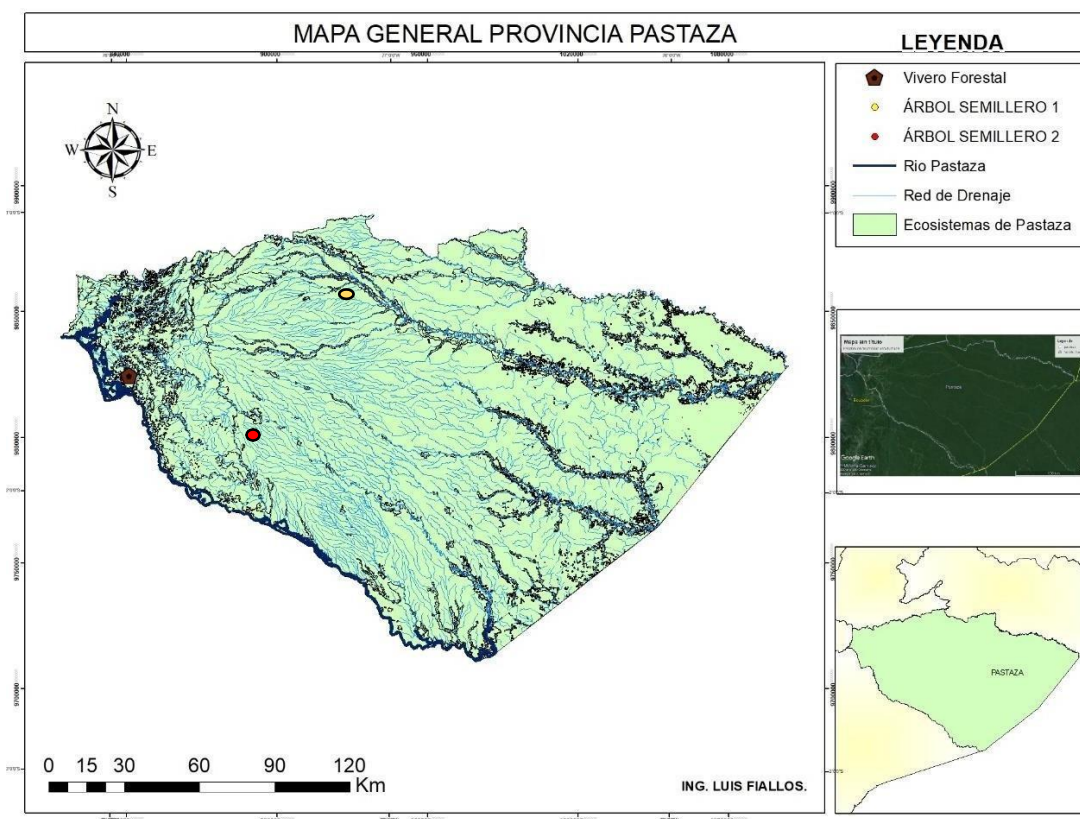


Imagen 1. Mapa general de la Provincia de Pastaza

## TIPO DE INVESTIGACIÓN

### EXPERIMENTAL

Se realizaron ensayos con distintas metodologías en las etapas: pregerminativa, germinativa y producción de plantas en vivero.

## MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Los métodos que se utilizaron en la investigación son:

**Observación:** se identificó el problema de la investigación en base a recorridos realizados por los sectores donde existe mayor extracción de la especie.

**Modelación:** se diseñó un modelo cuadrático reducido aleatorio para determinar el porcentaje de germinación de *Ochroma pyramidale* y evaluar su comportamiento morfológico sometida a distintos sustratos orgánicos.

**Comparativo.** se discutieron los resultados obtenidos en el ensayo con resultados de otros autores.

**Experimental:** Se diseñó un modelo experimental compuesto con el propósito de garantizar un alto porcentaje de germinación y contemplar una alta respuesta morfofisiológica.

## **TRATAMIENTO DE DATOS**

### **Selección del material experimental (semillas)**

Las Semillas se recolectaron de dos árboles semilleros de la zona (Anexo 1) seleccionándolos cuidadosamente entre varios miembros de la misma especie (Anexo 2), los cuales cumplieron características fenotípicas superiores al promedio, siendo capaces de producir semilla de calidad superior, Las semillas se encontraron inmersas en una pelusa de color amarronado la cual ayudó su dispersión anemócora, esta fue recolectada de los árboles semilleros, la pelusa se retiró de forma manual y con mucho cuidado para que no sufran estrés, posterior a esto se almacenaron en bolsas hechas de paja toquilla para las pruebas físicas a las cuales se sometieron (Anexo 3), para caracterizar los árboles semilleros se tomó en consideración: altura, diámetro, forma, sanidad, tipo de bifurcación, tipo de ramas, tipo de copa y simetría (Brighenti & Brighenti, 2010).

## **TRATAMIENTO PREGERMINATIVO**

### **Tratamientos físicos**

Las semillas recolectadas se seleccionaron las de mayor tamaño y dimensiones, se sumergieron en un vaso de precipitación de 250 mm (Anexo 4A), con el fin de realizar una separación física las semillas de buena calidad por efecto de decantación y flotación del material infértil e impurezas (Marín et al., 2018).

Se evaluó un tratamiento pregerminativo: el cual consiste en sumergir las semillas de las dos procedencias implementadas aleatoriamente en agua bajo temperaturas distintas (Anexo 5) (Jiménez et al., 2017a), con temperatura mínima de 30°C y máxima de 100°C, dejándolas en reposo durante tiempos determinados aleatoriamente con un mínimo de 0,25 h y máximo de 24 h, entendiéndose que la temperatura inicial es solo en el estado de sumersión, posterior a esto disminuye hasta que el agua llegue a temperatura ambiente de forma natural, concluido el tiempo establecido de reposo las semillas fueron sembradas de inmediato en tres tipos de sustratos (A,B,C).

## **Viabilidad: escisión del embrión**

Las normas de Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA), solo aceptan dos métodos rápidos para evaluar la viabilidad de las semillas recolectadas; debido a esto en el ensayo se tomó en consideración la escisión del embrión (Anexo 4B) como método oficial (Hurtado Trejo et al., 2020), esto permite determinar los daños que existen en la semilla y establecer su viabilidad (Gonzalez Vera et al., 2019)

## **Preparación de sustratos**

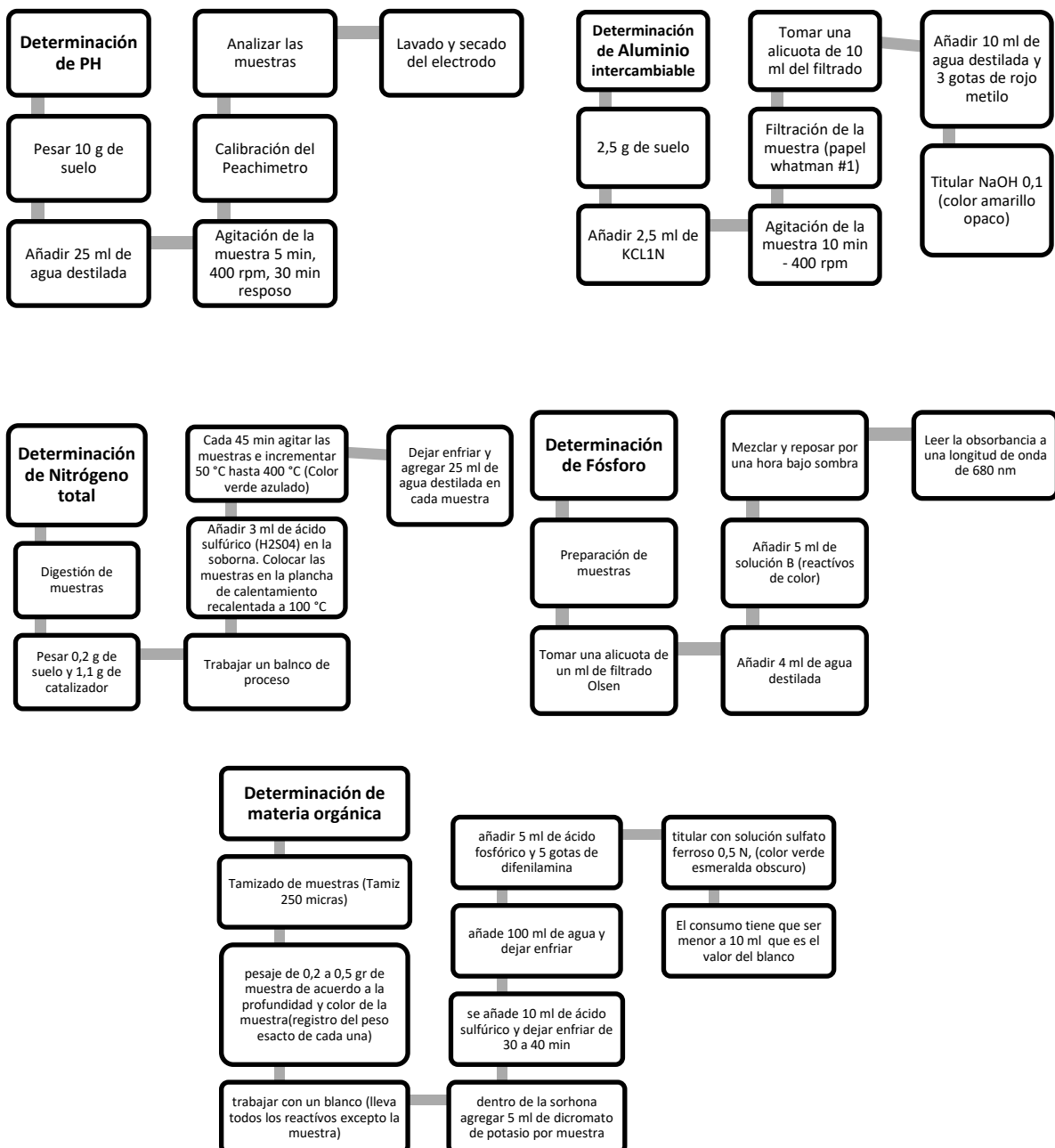
Se tomaron en consideración tres tipos de sustratos, el primero (Sustrato A) consistirá de 25% tierra y 75% arena, el segundo 50 % tierra y 50 % arena y el tercero 50 % tierra y 50 % humus (Anexo 7), metodologías expuestas por (Toledo Gonzalez, 2016) y (Jiménez et al., 2017b). Se realizó un análisis químico en laboratorio de los distintos sustratos para determinar el comportamiento germinativo y morfofisiológico de la especie (Anexo 14), se tomó en consideración los siguientes parámetros: Ph, Al+H (Cmol/Kg), Al (Cmol/Kg), Nt (%), P (ppm), M.O. (%).

## **Preparación de bandejas de siembra**

Para la siembra de las semillas se utilizaron 12 bandejas de polietileno de 25 cm de ancho por 40 cm de largo con 288 cavidades (12\*24) previamente desinfectadas con hipoclorito de calcio  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  al 65% (0,31 g L<sup>-1</sup>) durante diez minutos (Anexo 8). Posteriormente las bandejas fueron llenadas con cada uno de los sustratos (Anexo 9) y codificadas para luego ser colocadas en el invernadero. La siembra se ejecutó depositando una semilla en cada hoyo de las bandejas a una profundidad de 5 a 8 mm (Anexo 10); posteriormente se realizó riego manual con una regadera de cultivo y una dosis de 4 L m<sup>-2</sup> tanto en la mañana como por la tarde, con luz directa de 4 horas dos veces a la semana (WHITMORE & WOOL-KHOON, 1983).

## Análisis de suelo

Para el análisis de suelo se tomó en consideración la metodología expuesta por la Universidad Estatal Amazónica y (Díaz-Romeu & Hunter, 1978), se tomó en consideración 6 determinaciones: PH, Aluminio + Hidrógeno, Aluminio, Nitrógeno total, Fósforo y Materia orgánica, para calcular el PH se aplicó el (método de potenciometría), Al + H (método de colorimetría), Al (método de colorimetría), Nt (método Kendal), P (Azul de metabanadata – método de colorimetría) y MO (método de calcinación), a continuación se presentan los procesos utilizados para cada determinación.



## Diseño experimental y germinación

Para evaluar la germinación y el modelo de curvatura se realizó un diseño central compuesto con un modelo cuadrático reducido, elaborado con el programa DESIGN EXPERT, se introdujo cuatro factores (Tabla 1), dos numéricos y dos nominales (Tabla 2), el primero representa la temperatura en °C donde se tomó en consideración una temperatura mínima de 30 °C y una máxima de 100°C introducidos en los 138 condiciones del modelo (Tabla 3), el segundo representa el tiempo en horas donde se tomó en consideración una hora mínima de 0,25 horas y una máxima de 24 horas introducidos en las 138 condiciones del modelo, el tercero representa los tipos de sustratos los mismos que se constituyen de tres tipos, sustrato A (25% tierra y 75% arena), sustrato B (50 % tierra y 50 % arena) y sustrato C (50 % tierra y 50 % humus) y el cuarto representa la procedencia de la semilla donde se consideraron 2 procedencias (Procedencia I y procedencia II). Para el análisis morfológico se implementaron 30 condiciones de los mejores resultados obtenidos de los tratamientos pregerminativos realizados con anterioridad, con dos factores a tomar en consideración para el análisis (sustrato (A, B, C) y procedencia (I, II)) donde se consideró 3 variables numéricas, la primera representa la altura en cm, la segunda el diámetro en mm y la tercera representa el número de hojas.

**Tabla 1. Tipos de factores**

<b>Factor</b>	<b>Nombre</b>	<b>Unidades</b>	<b>Tipo</b>	<b>Subtipo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Codificado Bajo</b>	<b>Codificado Alto</b>
<b>A</b>	Temperatura	°C	Numérico	Continuo	30	100	1 ↔ 30	30 ↔ 100
<b>B</b>	Tiempo	h	Numérico	Continuo	0,25	24	1 ↔ 0,25	0,25 ↔ 24
<b>C</b>	Sustrato		Catagórico	Nominal	A	C		
<b>D</b>	Procedencia		Catagórico	Nominal	A	B		



**Tabla 2. Información general del modelo**

<b>Versión del archivo</b>	13.0.5.0		
<b>Tipo de estudio</b>	Superficie de respuesta - factorial	<b>Subtipo</b>	Aleatorio
<b>Tipo de designación</b>	Compuesto central	condiciones	138 – 30
<b>Designación del modelo</b>	Cuadrático reducido	<b>Bloques</b>	No bloques
<b>Tiempo de construcción (ms)</b>	31		

**Tabla 3. Datos aleatorios con factores 1, 2, 3 y 4 para determinación de la variable porcentaje de germinación**

	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>	<b>Factor 3</b>	<b>Factor 4</b>
<b>Run</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Sustrato</b>	<b>Procedencia</b>
	<b>°C</b>	<b>h</b>	<b>(A, B, C)</b>	<b>(I, II)</b>
1	65	12,125	B	I
2	65	12,125	A	I
3	100	24	C	I
4	65	12,125	B	II
5	65	12,125	B	II
6	65	12,125	B	II
7	100	24	A	II
8	65	12,125	B	I
9	65	12,125	C	II
10	65	12,125	A	I
11	30	0,25	B	II
12	65	12,125	B	II
13	65	12,125	C	I
14	65	12,125	C	I
15	65	12,125	A	I
16	65	12,125	C	I
17	65	24	B	I
18	65	12,125	B	II
19	65	12,125	B	I
20	100	0,25	A	II
21	65	12,125	A	II
22	100	0,25	B	I
23	30	12,125	B	II
24	65	12,125	C	II
25	65	12,125	A	II
26	65	12,125	A	II
27	65	24	A	I
28	65	12,125	B	II
29	65	12,125	A	II
30	65	12,125	C	I

---

<b>31</b>	65	12,125	B	II
<b>32</b>	100	0,25	B	II
<b>33</b>	65	12,125	A	II
<b>34</b>	30	12,125	A	II
<b>35</b>	30	12,125	C	II
<b>36</b>	65	12,125	B	I
<b>37</b>	65	12,125	B	I
<b>38</b>	65	12,125	C	II
<b>39</b>	65	12,125	C	II
<b>40</b>	65	12,125	A	I
<b>41</b>	100	24	C	II
<b>42</b>	65	12,125	B	I
<b>43</b>	65	12,125	A	II
<b>44</b>	65	12,125	C	I
<b>45</b>	65	12,125	C	II
<b>46</b>	65	12,125	B	I
<b>47</b>	65	12,125	B	I
<b>48</b>	30	24	B	I
<b>49</b>	65	12,125	B	I
<b>50</b>	65	12,125	A	I
<b>51</b>	30	24	A	I
<b>52</b>	65	12,125	A	II
<b>53</b>	65	12,125	A	II
<b>54</b>	65	12,125	B	I
<b>55</b>	65	12,125	C	II
<b>56</b>	65	12,125	C	I
<b>57</b>	65	12,125	C	II
<b>58</b>	65	12,125	C	II
<b>59</b>	65	0,25	C	II
<b>60</b>	65	24	C	I

---

---

61	65	12,125	B	I
62	100	12,125	A	II
63	65	12,125	A	II
64	100	24	A	I
65	100	12,125	C	I
66	65	12,125	B	I
67	65	0,25	C	I
68	65	12,125	A	II
69	100	12,125	A	I
70	65	12,125	B	II
71	65	12,125	B	II
72	65	12,125	B	I
73	100	12,125	B	I
74	65	12,125	A	II
75	30	24	B	II
76	30	0,25	B	I
77	65	12,125	A	I
78	65	12,125	A	I
79	65	12,125	A	I
80	65	12,125	C	I
81	65	12,125	C	II
82	65	12,125	A	I
83	100	24	B	II
84	100	0,25	C	I
85	65	12,125	B	II
86	65	24	A	II
87	65	12,125	A	I
88	65	12,125	A	I
89	65	0,25	B	I
90	65	12,125	A	I
91	65	12,125	B	I
92	65	0,25	A	II
93	30	0,25	A	I
94	30	0,25	C	II
95	65	12,125	A	II
96	65	12,125	C	I
97	65	12,125	C	II
98	65	12,125	B	II
99	65	24	C	II
100	65	0,25	B	II
101	65	12,125	C	I
102	65	12,125	C	I
103	65	12,125	B	II
104	65	12,125	C	II
105	30	12,125	A	I

---

106	65	24	B	II
-----	----	----	---	----

107	65	12,125	C	II
108	65	12,125	A	I
109	100	12,125	C	II
110	30	12,125	B	I
111	65	12,125	C	II
112	65	12,125	A	II
113	65	12,125	A	II
114	65	12,125	C	I
115	65	12,125	C	II
116	65	12,125	C	II
117	65	12,125	B	I
118	65	12,125	C	I
119	65	12,125	C	I
120	30	0,25	C	I
121	30	12,125	C	I
122	65	12,125	C	I
123	100	0,25	A	I
124	65	12,125	C	I
125	100	12,125	B	II
126	30	0,25	A	II
127	100	0,25	C	II
128	65	12,125	B	II
129	30	24	A	I
130	65	12,125	B	II
131	100	24	B	I
132	30	24	C	II
133	65	12,125	A	II
134	65	12,125	A	I
135	65	12,125	B	II
136	65	0,25	A	I
137	30	24	C	I
138	65	12,125	A	I

---

**Tabla 4: Datos de mejores tratamientos pregerminativos con factores 1 y 2 para determinación de variables altura, diámetro y número de hojas**

TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS	RESPUESTA MORFOFISIOLÓGICA	Factor 1	Factor 2
		A: Sustrato (A, B, C)	B: Procedencia (I, II)
Run	Run		
4	1	B	II
33	2	A	II
43	3	A	II
1	4	B	I
5	5	B	II
9	6	C	II
8	7	B	I
6	8	B	II
2	9	A	I
12	10	B	II
10	11	A	I
13	12	C	I
53	13	A	II
14	14	C	I
15	15	A	I
22	16	B	I
16	17	C	I
30	18	C	I
63	19	A	II
35	20	C	II
40	21	A	I
16	22	B	I
18	23	B	II
55	24	C	II
31	25	B	I
81	26	C	II
50	27	A	I
97	28	C	II
68	29	A	II
44	30	C	I

## VARIABLES EVALUADAS

Se evaluó el porcentaje de germinación a los treinta días de su siembra para lo cual se contó el número de plántulas germinadas, dividido para el total de semillas sembradas inicialmente en cada tratamiento, multiplicado por 100. En una segunda etapa, se evaluó el modelo de curvatura y se analizaron las variables significativas para seleccionar los niveles óptimos de las variables independientes utilizando un diseño de Box Behnken (metodología de superficie de respuesta) y el efecto de las interacciones de variables independientes (Anderson & Whitcomb, 2016). Los datos experimentales se ajustaron utilizando la siguiente ecuación polinomial de segundo orden:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + \sum_{i=1}^n \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \beta_{ij} x_i x_j$$

Ecuación 1

Se aplicó el análisis ANOVA para evaluar la relevancia de la influencia e interacciones de las variables independientes ( $p < 0,05$ ). Además, se utilizó el diagrama de Pareto y el límite de Bonferroni para mejorar la selección de factores significativos (Anderson y Whitcomb, 2016). De acuerdo a los resultados, se seleccionaron variables para la optimización de la extracción proceso. La validez del modelo estuvo determinada por el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), la significancia ( $p$ ) y la falta de pruebas de ajuste, para validar el modelo se evaluaron los  $R^2$  predichos. La validez de cada serie experimental se evaluó mediante análisis de varianza (DiNardo et al., 2019).

Después se determinó el comportamiento de los atributos morfológicos de 30 condiciones con los mejores resultados obtenidos en germinación de *O. pyramidale* sometida a distintos sustratos. las variables que se evaluaron a los 30 días fueron: la altura: se midió desde la base del tallo hasta la yema terminal de un calibrador manual con apreciación de  $\pm 0,03$  mm. El número de hojas se determinó contando cada una de ellas en cada plántula germinada. Espesor de tallo o talluelo: se obtuvo midiendo el diámetro del tallo, una vez por semana con el calibrador manual, la evaluación se la realizo una vez por semana durante cuatro semanas. La línea de investigación se presenta como “Biodiversidad y ecosistemas amazónicos”

## **RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES.**

### **RECURSOS HUMANOS**

- Investigador
- Tutor del proyecto de investigación
- Colaboradores

### **RECURSOS MATERIALES**

- Semillas
- Agua destilada
- Vasos de precipitación
- Fundas ziploc
- Ácido sulfúrico
- Hidróxido de sodio
- PH-metro
- Balanza de precisión
- Determinador de nitrógeno
- Determinador de fosforo
- Bisturí
- Estufa
- Cronómetro
- Plástico polietileno
- Malla raschel
- Tablones
- Cuerdas
- Calibrador
- Sustratos
- Bandejas germinadoras
- Regadera manual

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### RESULTADOS

Los árboles semilleros que se tomaron en consideración presentaron las mejores características en altura, forma, sanidad, bifurcación, ramas, tipo de copa y simetría presentados en la tabla 5.

**Tabla 5: Características de los árboles semilleros**

árbol	altura	diámetro	forma	sanidad	bifurcación	Ramas	tipo de copa	simetría
A	21 m	58 cm	recta	excelente	bifurcación (13m)	Delgadas	delgada	simétrica
B	22 m	62 cm	recta	muy bueno	bifurcación (15m)	delgadas	delgada	simétrica

En la tabla 6 la variable A (Temperatura), se observó diferencias significativas entre las condiciones ejecutados siendo los promedios obtenidos más altos en la variable porcentaje de germinación 83,33 % (**65°C**) con altura de 4,7 cm, diámetros de 4,8 mm y número de hojas de 5,12. En la variable B (Tiempo) se observó que los promedios más altos obtenidos en el porcentaje de germinación fueron a **12,12 horas** en las condiciones (5,71, 98) con alturas de 4,7 cm, diámetro de 3,8 mm y número de hojas de 4,8. En la variable C (Sustrato) se observó que los mejores sustratos para la germinación son el A y B, (75 % y 83,33%), sin embargo el **sustrato B** representa mayor relevancia con resultados mayores al 80 %, altura de 4,7 cm, diámetro de 3,8 mm y 4,8 en número de hojas. En la variable C se observó que no existen diferencias significativas entre las dos procedencias, sin embargo, la procedencia B cuenta con semillas de mejor calidad tomando en consideración todas las variables antes analizadas como son altura (4,8 cm), diámetro (3,8) y 5,12 en número de hojas.

**Tabla 6. Porcentaje de germinación de 138 condiciones.**

Condición	Temperatura	Tiempo	Sustrato	Procedencia	Germinación
	°C	h	(A, B,C)	(I, II)	%
1	65	12,125	B	I	62,5
2	65	12,125	A	I	54,1667
3	100	24	C	I	29,1667
4	65	12,125	B	II	70,8333
5	65	12,125	B	II	75



6	65	12,125	B	II	70,8333
7	100	24	A	II	37,5
8	65	12,125	B	I	66,6667
9	65	12,125	C	II	41,6667
10	65	12,125	A	I	66,6667
11	30	0,25	B	II	33,3333
12	65	12,125	B	II	75
13	65	12,125	C	I	33,3333
14	65	12,125	C	I	45,8333
15	65	12,125	A	I	54,1667
16	65	12,125	C	I	45,8333
17	65	24	B	I	54,1667
<b>18</b>	<b>65</b>	<b>12,125</b>	<b>B</b>	<b>II</b>	<b>83,3333</b>
19	65	12,125	B	I	66,6667
20	100	0,25	A	II	25
21	65	12,125	A	II	66,6667
22	100	0,25	B	I	41,6667
23	30	12,125	B	II	66,6667
24	65	12,125	C	II	29,1667
25	65	12,125	A	II	70,8333
26	65	12,125	A	II	62,5
27	65	24	A	I	29,1667
<b>28</b>	<b>65</b>	<b>12,125</b>	<b>B</b>	<b>II</b>	<b>79,1667</b>
29	65	12,125	A	II	62,5
30	65	12,125	C	I	45,8333
31	65	12,125	B	II	66,6667
32	100	0,25	B	II	37,5
33	65	12,125	A	II	62,5
34	30	12,125	A	II	50
35	30	12,125	C	II	37,5
<b>36</b>	<b>65</b>	<b>12,125</b>	<b>B</b>	<b>I</b>	<b>75</b>
37	65	12,125	B	I	70,8333
38	65	12,125	C	II	25
39	65	12,125	C	II	37,5
40	65	12,125	A	I	54,1667
41	100	24	C	II	33,3333
42	65	12,125	B	I	66,6667
43	65	12,125	A	II	70,8333
44	65	12,125	C	I	45,8333
45	65	12,125	C	II	33,3333
46	65	12,125	B	I	66,6667
47	65	12,125	B	I	70,8333
48	30	24	B	I	33,3333
49	65	12,125	B	I	54,1667
50	65	12,125	A	I	62,5
51	30	24	A	I	37,5
52	65	12,125	A	II	66,6667

53	65	12,125	A	II	62,5
54	65	12,125	B	I	62,5
55	65	12,125	C	II	41,6667
56	65	12,125	C	I	62,5
57	65	12,125	C	II	29,1667
58	65	12,125	C	II	25
59	65	0,25	C	II	29,1667
60	65	24	C	I	41,6667
61	65	12,125	B	I	70,8333
62	100	12,125	A	II	41,6667
63	65	12,125	A	II	62,5
64	100	24	A	I	41,6667
65	100	12,125	C	I	29,1667
66	65	12,125	B	I	66,6667
67	65	0,25	C	I	29,1667
68	65	12,125	A	II	66,6667
69	100	12,125	A	I	45,8333
70	65	12,125	B	II	75
<b>71</b>	<b>65</b>	<b>12,125</b>	<b>B</b>	<b>II</b>	<b>83,3333</b>
72	65	12,125	B	I	75
73	100	12,125	B	I	45,8333
74	65	12,125	A	II	70,8333
75	30	24	B	II	54,1667
76	30	0,25	B	I	66,2
77	65	12,125	A	I	70,8333
78	65	12,125	A	I	62,5
79	65	12,125	A	I	54,1667
80	65	12,125	C	I	41,6667
81	65	12,125	C	II	37,5
82	65	12,125	A	I	54,1667
83	100	24	B	II	66,6667
84	100	0,25	C	I	29,1667
<b>85</b>	<b>65</b>	<b>12,125</b>	<b>B</b>	<b>II</b>	<b>70,8333</b>
86	65	24	A	II	54,1667
87	65	12,125	A	I	66,6667
88	65	12,125	A	I	54,1667
89	65	0,25	B	I	45,8333
90	65	12,125	A	I	62,5
91	65	12,125	B	I	66,6667
92	65	0,25	A	II	33,3333
93	30	0,25	A	I	29,1667
94	30	0,25	C	II	25
95	65	12,125	A	II	62,5
96	65	12,125	C	I	45,8333
97	65	12,125	C	II	41,6667
<b>98</b>	<b>65</b>	<b>12,125</b>	<b>B</b>	<b>II</b>	<b>75</b>
99	65	24	C	II	41,6667

<b>100</b>	65	0,25	B	II	54,1667
<b>101</b>	65	12,125	C	I	45,8333
<b>102</b>	65	12,125	C	I	41,6667
<b>103</b>	65	12,125	B	II	75
<b>104</b>	65	12,125	C	II	25
<b>105</b>	30	12,125	A	I	45,8333
<b>106</b>	65	24	B	II	66,6667
<b>107</b>	65	12,125	C	II	37,5
<b>108</b>	65	12,125	A	I	54,1667
<b>109</b>	100	12,125	C	II	37,5
<b>110</b>	30	12,125	B	I	66,6667
<b>111</b>	65	12,125	C	II	29,1667
<b>112</b>	65	12,125	A	II	66,6667
<b>113</b>	65	12,125	A	II	62,5
<b>114</b>	65	12,125	C	I	41,6667
<b>115</b>	65	12,125	C	II	41,6667
<b>116</b>	65	12,125	C	II	29,1667
<b>117</b>	65	12,125	B	I	70,8333
<b>118</b>	65	12,125	C	I	33,3333
<b>119</b>	65	12,125	C	I	45,8333
<b>120</b>	30	0,25	C	I	25
<b>121</b>	30	12,125	C	I	33,3333
<b>122</b>	65	12,125	C	I	41,6667
<b>123</b>	100	0,25	A	I	25
<b>124</b>	65	12,125	C	I	45,8333
<b>125</b>	100	12,125	B	II	54,1667
<b>126</b>	30	0,25	A	II	29,1667
<b>127</b>	100	0,25	C	II	29,1667
<b>128</b>	65	12,125	B	II	79,1667
<b>129</b>	30	24	A	I	29,1667
<b>130</b>	65	12,125	B	II	75
<b>131</b>	100	24	B	I	54,1667
<b>132</b>	30	24	C	II	33,3333
<b>133</b>	65	12,125	A	II	66,6667
<b>134</b>	65	12,125	A	I	66,6667
<b>135</b>	65	12,125	B	II	75
<b>136</b>	65	0,25	A	I	33,333
<b>137</b>	30	24	C	I	29,1667
<b>138</b>	65	12,125	A	I	70,8333

**Tabla 7: Respuestas morfofisiológicas de dos procedencias a diferentes sustratos**

TRA. PRE.	Factor 1	Factor 2	Response 1	Response 2	Response 3	
Run	Run	A: Sustrato	B: Procedencia	Altura	Diámetro	Número de hojas
		(A,B,C)	(I, II)	cm	mm	#
<b>4</b>	<b>1</b>	<b>B</b>	<b>II</b>	<b>4,6</b>	<b>3,5</b>	<b>5,3</b>
33	2	A	II	3,9	3,2	4,9
43	3	A	II	4,2	3,1	4,8
1	4	B	I	4,1	3,5	4,4
<b>5</b>	<b>5</b>	<b>B</b>	<b>II</b>	<b>4,7</b>	<b>3,5</b>	<b>5,4</b>
9	6	C	II	2,9	2,5	4,6
8	7	B	I	4,2	3,4	4,3
<b>6</b>	<b>8</b>	<b>B</b>	<b>II</b>	<b>4,5</b>	<b>3,3</b>	<b>5,2</b>
2	9	A	I	3,9	2,9	4,2
<b>12</b>	<b>10</b>	<b>B</b>	<b>II</b>	<b>4,6</b>	<b>3,3</b>	<b>5,1</b>
10	11	A	I	4,3	3,1	4,4
13	12	C	I	3	2,6	3,8
53	13	A	II	4,1	3,2	4,9
14	14	C	I	3,8	2,8	3,5
15	15	A	I	4	3,1	4,2
22	16	B	I	4,2	3,4	4,3
16	17	C	I	3,7	2,8	3,7
30	18	C	I	3,8	2,6	3,5
63	19	A	II	3,8	3,1	4,3
35	20	C	II	2,7	2,6	4,5
40	21	A	I	3,8	3,1	4,1
16	22	B	I	4,2	3,5	4,2
<b>18</b>	<b>23</b>	<b>B</b>	<b>II</b>	<b>4,7</b>	<b>3,5</b>	<b>5,1</b>
55	24	C	II	2,9	2,5	4,3
<b>31</b>	<b>25</b>	<b>B</b>	<b>I</b>	<b>4,7</b>	<b>3,4</b>	<b>4,6</b>
81	26	C	II	3	2,6	4,9
50	27	A	I	3,9	3,1	4,2
97	28	C	II	3,4	2,7	3,8
68	29	A	II	3,9	3,1	4,3
44	30	C	I	3,6	2,6	3,9

En la tabla 8 se encontró que el mejor ajuste para todas las variables fue el modelo cuadrático con un  $R^2 = 0,7181$  (Germinación),  $R^2 = 0,573$  (Altura),  $R^2 = 0,5723$  (Diámetro),  $R^2 = 0,6956$  (Número de hojas), estos resultados indican que el 71,8 %, 57,3 %, 57,2% y el 69,5 % de la variación total de  $R^2$  previsto.

**Tabla 8. Resumen de los modelos polinómicos analizados por el programa informático Design Expert sobre los tratamientos pregerminativos y sus respuestas morfofisiológicas**

<b>GERMINACIÓN</b>	<b>Valor p secuencial</b>	<b>Falta de ajuste valor p</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>R<sup>2</sup> previsto</b>	
Modelo	< 0.0001	0,0521	0,8709	0,6966	
Lineal	< 0.0001	< 0.0001	0,4919	0,4488	
2FI	0,2701	< 0.0001	0,5004	0,2884	
<b>cuadrático</b>	<b>&lt; 0.0001</b>	<b>&lt; 0.0001</b>	<b>0,7923</b>	<b>0,7181</b>	<b>Sugerido</b>
Cúbico	< 0.0001	0,0111	0,8608	0,72	

<b>ALTURA</b>	<b>Valor p secuencial</b>	<b>Falta de ajuste valor p</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>R<sup>2</sup> previsto</b>	
Modelo	< 0.0001	<b>0,2203</b>	<b>0,8353</b>	<b>0,6578</b>	
Lineal	< 0.0001	< 0.0001	0,4045	0,3499	
2FI	0,2376	< 0.0001	0,4169	0,1376	
<b>Cuadrático</b>	<b>&lt; 0.0001</b>	<b>&lt; 0.0001</b>	<b>0,7096</b>	<b>0,573</b>	<b>Sugerido</b>
Cúbico	< 0.0001	0,0107	0,8091	0,584	

<b>DIÁMETRO</b>	<b>Valor p secuencial</b>	<b>Falta de ajuste valor p</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>R<sup>2</sup> previsto</b>	
Modelo	< 0.0001	<b>0,537</b>	<b>0,8586</b>	<b>0,7483</b>	
Lineal	< 0.0001	< 0.0001	0,3787	0,319	
2FI	0,1457	< 0.0001	0,4002	0,1044	
<b>Cuadrático</b>	<b>&lt; 0.0001</b>	<b>&lt; 0.0001</b>	<b>0,7128</b>	<b>0,5723</b>	<b>Sugerido</b>
Cúbico	< 0.0001	0,0008	0,8081	0,5386	

<b>NUMERO DE HOJAS</b>	<b>Valor p secuencial</b>	<b>Falta de ajuste valor p</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>R<sup>2</sup> previsto</b>	
Modelo	< 0.0001	<b>0,3473</b>	<b>0,8197</b>	<b>0,6484</b>	
Lineal	< 0.0001	< 0.0001	0,4552	0,4112	
2FI	0,245	< 0.0001	0,4661	0,2529	
<b>Cuadrático</b>	<b>&lt; 0.0001</b>	<b>0,0024</b>	<b>0,7632</b>	<b>0,6956</b>	<b>Sugerido</b>
Cúbico	0,0019	0,0806	0,8035	0,6236	

Así mismo según los resultados de la tabla 9 se confirmó que el modelo cuadrático fue un factor significativo ( $P < 0,05$ ) en la respuesta de germinación y en las tres variables de respuesta morfofisiológica, mientras que la falta de ajuste en todas las frecuencias no fue significativa ( $P > 0,05$ )

**Tabla 9 ANOVA para el modelo cuadrático de superficie de respuesta**

<b>Germinación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Df</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F-valor</b>	<b>p-valor</b>	
<b>Cuadrático</b>	34504,49	35	985,84	27,4	< 0.0001	<b>significativo</b>
A-Temperatura	11,52	1	11,52	0,3203	< 0.0001	
B-Tiempo	594,55	1	594,55	16,53	< 0.0001	
C-Sustrato	18792,37	2	9396,18	261,17	< 0.0001	
D-Procedencia	85,78	1	85,78	2,38	0,1257	
AB	182,6	1	182,6	5,08	0,0264	
AC	25,94	2	12,97	0,3605	0,6982	
AD	4,02	1	4,02	0,1118	0,7388	
BC	6,87	2	3,44	0,0955	0,909	
BD	348,65	1	348,65	9,69	0,0024	
CD	1000,28	2	500,14	13,9	< 0.0001	
A <sup>2</sup>	1609,16	1	1609,16	44,73	< 0.0001	
B <sup>2</sup>	3034,32	1	3034,32	84,34	< 0.0001	
ABC	240,79	2	120,4	3,35	0,0391	
ABD	102,23	1	102,23	2,84	0,0949	
ACD	102,23	2	51,12	1,42	0,2463	
BCD	190,96	2	95,48	2,65	0,0752	
A <sup>2</sup> C	163,12	2	81,56	2,27	0,1088	
A <sup>2</sup> D	9,32	1	9,32	0,259	0,6119	
B <sup>2</sup> C	837,09	2	418,55	11,63	< 0.0001	
B <sup>2</sup> D	35,16	1	35,16	0,9772	0,3252	
ABCD	88,73	2	44,37	1,23	0,2957	
A <sup>2</sup> CD	328,78	2	164,39	4,57	0,0126	
B <sup>2</sup> CD	27,67	2	13,84	0,3845	0,6817	
<b>Residual</b>	3669,71	102	35,98			
Falta de ajuste	986,84	18	54,82	1,72	0,0521	<b>no significativo</b>

ALTURA	Suma de cuadrados	Df	Cuadrado medio	F-valor	p-valor	
<b>Modelo</b>	8,07	4	2,02	39,25	< 0.0001	<b>significativo</b>
<b>A-Sustrato</b>	6,93	2	3,47	67,47	< 0.0001	
<b>AB</b>	1,13	2	0,5663	11,02	0,0004	
<b>Residual</b>	1,28	25	0,0514			
<b>Falta de ajuste</b>	0,0563	1	0,0563	1,1	0,3045	<b>no significativo</b>

DIÁMETRO	Suma de cuadrados	Df	Cuadrado medio	F-valor	p-valor	
<b>Modelo</b>	3,23	2	1,62	196,58	< 0.0001	<b>significativo</b>
<b>A-Sustrato</b>	3,23	2	1,62	196,58	< 0.0001	
<b>AB</b>	0,222	27	0,0082			
<b>Residual</b>	0,042	3	0,014	1,87	0,1622	<b>no significativo</b>

NÚMERO DE HOJAS	Suma de cuadrados	Df	Cuadrado medio	F-valor	p-valor	
<b>Modelo</b>	6,14	3	2,05	32,15	< 0.0001	<b>significativo</b>
<b>A-Sustrato</b>	2,74	2	1,37	21,52	< 0.0001	
<b>AB</b>	3,4	1	3,4	53,43	< 0.0001	
<b>Residual</b>	1,65	26	0,0636			
<b>Falta de ajuste</b>	0,2587	2	0,1293	2,22	0,13	<b>no significativo</b>

En la germinación el  $R^2$  pronosticado de 0,6966 está razonablemente de acuerdo con el  $R^2$  ajustado de 0,8709; es decir, la diferencia es inferior a 0,2. Adeq Precision mide la relación señal/ruido. Es deseable una relación superior a 4. Su relación de 17.791 indica una señal adecuada. En altura el  $R^2$  pronosticado de 0,8022 está razonablemente de acuerdo con el  $R^2$  Ajustado de 0,8407; es decir, la diferencia es inferior a 0,2. La relación señal/ruido es de 17,7235 indica una señal adecuada. En diámetro el  $R^2$  pronosticado de 0,9207 está razonablemente de acuerdo con el  $R^2$  ajustado de 0,9310; es decir, la diferencia es inferior a 0,2. La relación señal/ruido es de 27,8994 indica una señal adecuada. En número de hojas el  $R^2$  pronosticado de 0,7173 está razonablemente de acuerdo con el  $R^2$  Ajustado de 0,7632; es decir, la diferencia es inferior a 0,2. La relación señal/ruido es de 15.3429 indica una señal adecuada. Los cuatro modelos se pueden utilizar para navegar por el espacio de diseño.

**Tabla 10. Estadísticas**

<b>Std. Dev.</b>	6	<b>R<sup>2</sup></b>	0,9039
<b>Mean</b>	51,75	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	0,8709
<b>C.V. %</b>	11,59	<b>R<sup>2</sup> Predicho</b>	0,6966
<b>GERMINACIÓN</b>		<b>Adecuada Precisión</b>	17,7914
<b>Std. Dev.</b>	0,2267	<b>R<sup>2</sup></b>	0,8626
<b>Mean</b>	3,9	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	0,8407
<b>C.V. %</b>	5,81	<b>R<sup>2</sup> predicho</b>	0,8022
<b>ALTURA</b>		<b>adecuada precisión</b>	17,7235
<b>Std. Dev.</b>	0,0907	<b>R<sup>2</sup></b>	0,9357
<b>Mean</b>	3,05	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	0,9310
<b>C.V. %</b>	2,97	<b>R<sup>2</sup> predicho</b>	0,9207
<b>DIÁMETRO</b>		<b>adecuada precisión</b>	27,8994
<b>Std. Dev.</b>	0,2523	<b>R<sup>2</sup></b>	0,7877
<b>Mean</b>	4,42	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	0,7632
<b>C.V. %</b>	5,7	<b>R<sup>2</sup> predicho</b>	0,7173
<b>NÚMERO DE HOJAS</b>		<b>adecuada precisión</b>	15,3429



La veracidad del modelo se determinó mediante el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), y la significación (P) Tabla 11, donde se obtiene como resultados datos experimentales que se asemejan a la predicción del modelo, demostrando su fiabilidad.

**Tabla 11a. Resultados valores predichos vs valores experimentales de germinación**

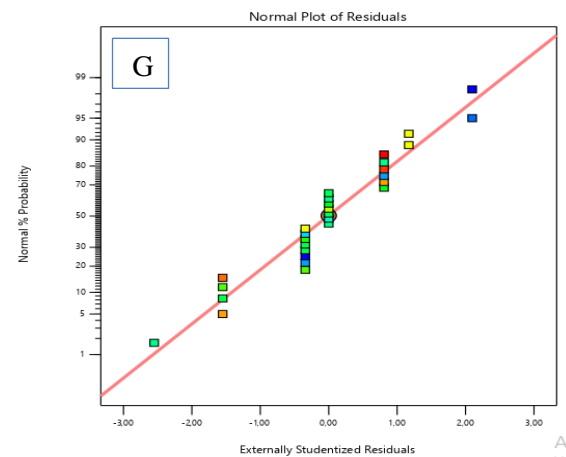
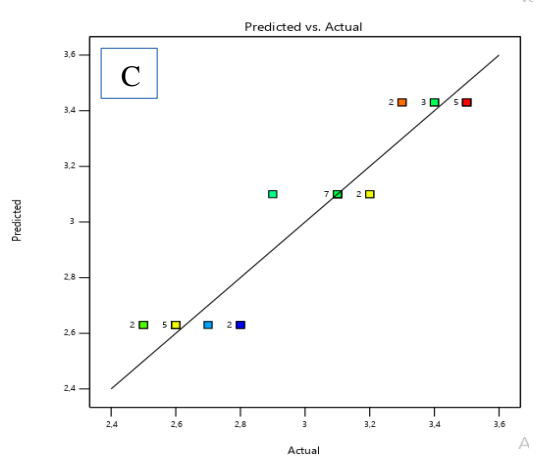
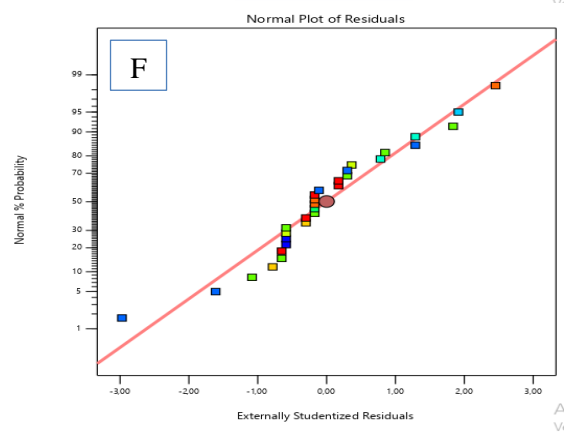
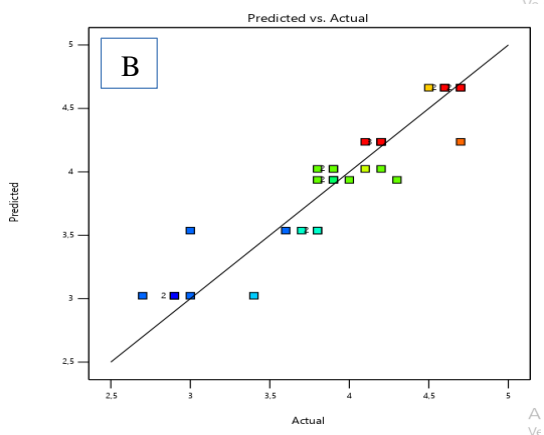
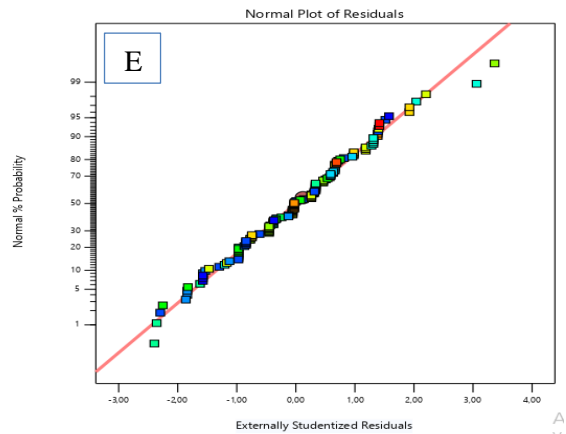
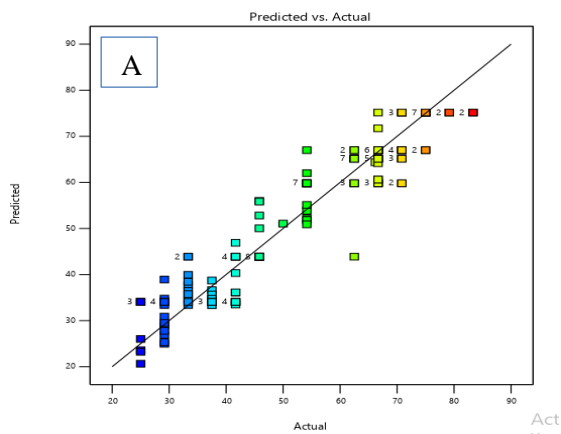
Germinación			Germinación			Germinación		
condición	Experimental	Predicción	condición	Experimental	Predicción	condición	Experimental	Predicción
1	62,5	66,99	31	66,67	75,16	61	70,83	66,99
2	54,17	59,81	32	37,5	35,66	62	41,67	46,89
3	29,17	28,79	33	62,5	65,14	63	62,5	65,14
4	70,83	75,16	34	50	51,05	64	41,67	36,09
5	75	75,16	35	37,5	33,35	65	29,17	33,39
6	70,83	75,16	36	75	66,99	66	66,67	66,99
7	37,5	36,63	37	70,83	66,99	67	29,17	34,77
8	66,67	66,99	38	25	34,07	68	66,67	65,14
9	41,67	34,07	39	37,5	34,07	69	45,83	52,81
10	66,67	59,81	40	54,17	59,81	70	75	75,16
11	33,33	38,44	41	33,33	35,76	71	83,33	75,16
12	75	75,16	42	66,67	66,99	72	75	66,99
13	33,33	43,88	43	70,83	65,14	73	45,83	55,99
14	45,83	43,88	44	45,83	43,88	74	70,83	65,14
15	54,17	59,81	45	33,33	34,07	75	54,17	55,11
16	45,83	43,88	46	66,67	66,99	76	66,2	64,36
17	54,17	51,83	47	70,83	66,99	77	70,83	59,81
18	83,33	75,16	48	33,33	37,67	78	62,5	59,81
19	66,67	66,99	49	54,17	66,99	79	54,17	59,81
20	25	20,65	50	62,5	59,81	80	41,67	43,88
21	66,67	65,14	51	37,5	38,71	81	37,5	34,07
22	41,67	33,5	52	66,67	65,14	82	54,17	59,81
23	66,67	60,62	53	62,5	65,14	83	66,67	60,66
24	29,17	34,07	54	62,5	66,99	84	29,17	25,32
25	70,83	65,14	55	41,67	34,07	85	70,83	75,16
26	62,5	65,14	56	62,5	43,88	86	54,17	53,83
27	29,17	38,92	57	29,17	34,07	87	66,67	59,81
28	79,17	75,16	58	25	34,07	88	54,17	59,81
29	62,5	65,14	59	29,17	27,8	89	45,83	55,84
30	45,83	43,88	60	41,67	40,33	90	62,5	59,81

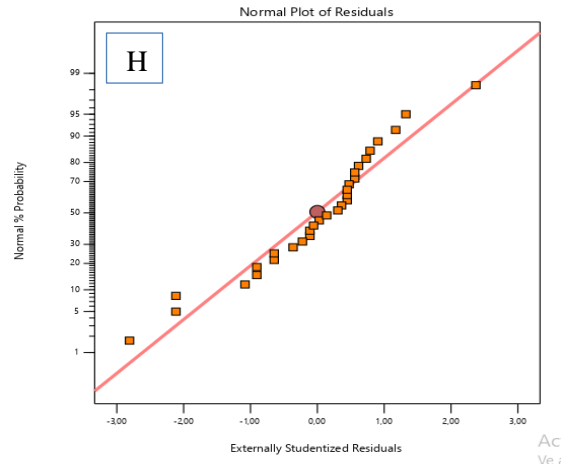
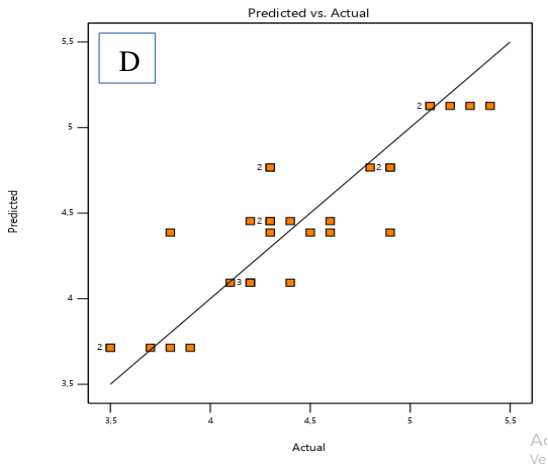
Condición	Germinación		Condición	Germinación		Condición	Germinación	
	Experimental	Predicción		Experimental	Predicción		Experimental	Predicción
91	66,67	66,99	107	37,5	34,07	123	25	23,59
92	33,33	39,94	108	54,17	59,81	124	45,83	43,88
93	29,17	29,15	109	37,5	34,74	125	54,17	62,01
94	25	26,03	110	66,67	64,17	126	29,17	26,9
95	62,5	65,14	111	29,17	34,07	127	29,17	29,51
96	45,83	43,88	112	66,67	65,14	128	79,17	75,16
97	41,67	34,07	113	62,5	65,14	129	29,17	24,98
98	75	75,16	114	41,67	43,88	130	75	75,16
99	41,67	36,13	115	41,67	34,07	131	54,17	52,17
100	54,17	50,9	116	29,17	34,07	132	33,33	36,45
101	45,83	43,88	117	70,83	66,99	133	66,67	65,14
102	41,67	43,88	118	33,33	43,88	134	66,67	59,81
103	75	75,16	119	45,83	43,88	135	75	75,16
104	25	34,07	120	25	23,24	136	33,33	34,76
105	45,83	50,04	121	33,33	33,39	137	29,17	30,88
106	66,67	71,73	122	41,67	43,88	138	70,83	59,81

**Tabla 11b. Resultados valores predichos vs valores experimentales de altura, diámetro y número de hojas**

Altura		Diámetro		Número de hojas	
Experimental	Predicción	Experimental	Predicción	Experimental	Predicción
4,6	4,66	3,5	3,43	5,3	5,13
3,9	4,02	3,2	3,1	4,9	4,77
4,2	4,02	3,1	3,1	4,8	4,77
4,1	4,24	3,5	3,43	4,4	4,45
4,7	4,66	3,5	3,43	5,4	5,13
2,9	3,02	2,5	2,63	4,6	4,39
4,2	4,24	3,4	3,43	4,3	4,45
4,5	4,66	3,3	3,43	5,2	5,13
3,9	3,94	2,9	3,1	4,2	4,09
4,6	4,66	3,3	3,43	5,1	5,13
4,3	3,94	3,1	3,1	4,4	4,09
3	3,54	2,6	2,63	3,8	3,71
4,1	4,02	3,2	3,1	4,9	4,77
3,8	3,54	2,8	2,63	3,5	3,71
4	3,94	3,1	3,1	4,2	4,09
4,2	4,24	3,4	3,43	4,3	4,45
3,7	3,54	2,8	2,63	3,7	3,71
3,8	3,54	2,6	2,63	3,5	3,71
3,8	4,02	3,1	3,1	4,3	4,77
2,7	3,02	2,6	2,63	4,5	4,39
3,8	3,94	3,1	3,1	4,1	4,09
4,2	4,24	3,5	3,43	4,2	4,45
4,7	4,66	3,5	3,43	5,1	5,13
2,9	3,02	2,5	2,63	4,3	4,39
4,7	4,24	3,4	3,43	4,6	4,45
3	3,02	2,6	2,63	4,9	4,39
3,9	3,94	3,1	3,1	4,2	4,09
3,4	3,02	2,7	2,63	3,8	4,39
3,9	4,02	3,1	3,1	4,3	4,77
3,6	3,54	2,6	2,63	3,9	3,71

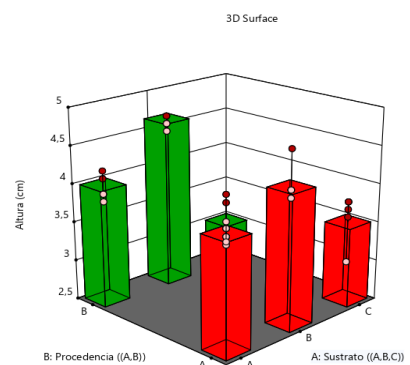
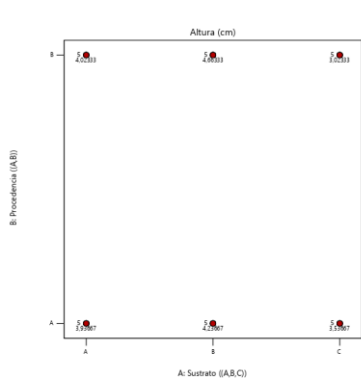
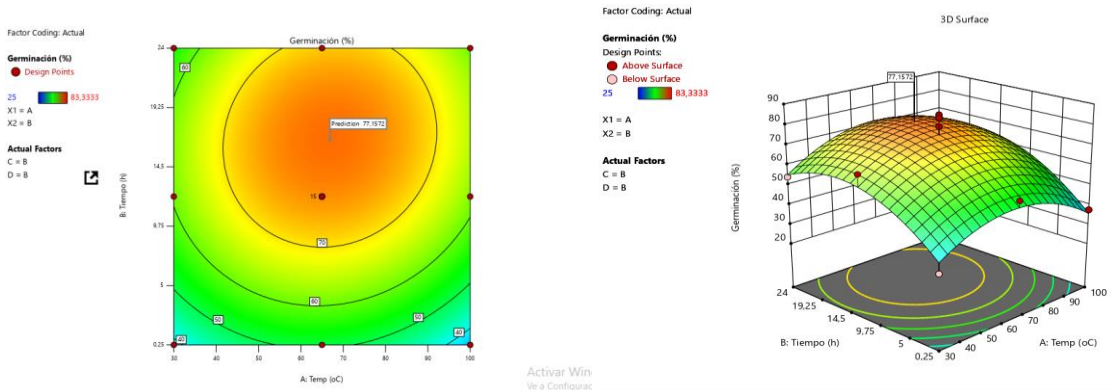
La imagen 2 (A, B, C, D), muestra los valores predichos y experimentales 90 días después de la germinación para la altura el diámetro y el número de hojas de *Ochroma pyramidale* a diferentes sustratos. La distribución de los puntos mostro la capacidad del modelo para cubrir todo el rango experimental, los valores de  $R^2$  y  $R^2$  ajustado de las líneas de regresión son cercanos a uno lo que indica una muy buena correspondencia entre los valores experimentales y los predichos por el modelo sobre los datos experimentales. La imagen 2 (E, F, G, H) muestra que los datos experimentales cumplen con la hipótesis de la distribución normal.

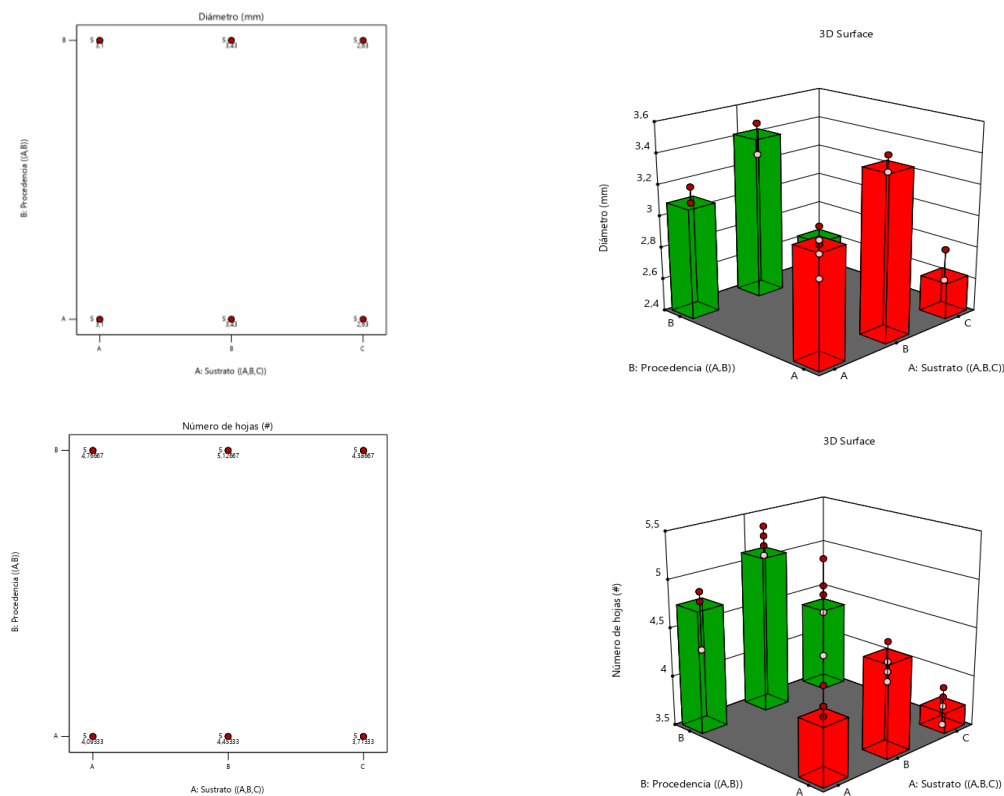




**Imagen 2. Valores predichos vs valores experimentales**

La imagen 3 indica los resultados obtenidos en 3D y 4D, donde la germinación mínima fue de 25 % y máxima de 83,33, con predicción de 77,15, una altura mínima de 2,2 cm, máxima de 4,8 cm con predicción de 4,66 cm, el diámetro mínimo de 1,3 mm y máximo de 3,8 con predicción de 3,54 y por último el número de hojas con mínimo de 4,1 y máximo de 4.8 con predicción de 4,65.





**Imagen 3. Imagen 2D Y 3D de máxima germinación**

La Tabla 12 indica los resultados obtenidos de los análisis químicos realizados de tres sustratos en laboratorio, los datos demuestran que el sustrato C contiene mayor PH 7,02 mientras que el sustrato A y B contienen ph similares, demuestra que la especie se adapta mejor a sustratos con PH mayor a 6 y menor a 7, el análisis de aluminio más hidrogeno dan como resultado 0,4 0,5 y 0,6, evidencia que la concentración es adaptable en los tres casos, en concentración de aluminio se obtuvo porcentajes similares, demuestra que la especie se adapta a concentraciones de 0,3 a 0,5 Cmol/Kg, el porcentaje de nitrógeno total es mucho mayor en el sustrato C en comparación con el sustrato A y B, esto se evidencia al analizar los resultados germinativos ya que el sustrato C tuvo menor porcentaje de germinación, porcentajes de nitrógeno mayores a 0,8 afectan la germinación, fósforo varía en los 3 sustratos, sin embargo se toma en consideración el sustrato B con 9 ppm, cantidad recomendada para la germinación, el porcentaje de materia orgánica adecuado para la especie es de 2,5 a 5,5 %.

**Tabla 12. Análisis químico de los sustratos**

SUSTRATO	PH	Cmol/Kg		%	ppm	%
		Al+H	Al	Nt	P	M.O.
A	6,21	0,4	0,3	0,1	47,1	2,5
B	6,23	0,5	0,4	0,1	9,1	5,4
C	7,02	0,6	0,5	0,9	355,6	25,7

## DISCUSIÓN

Concluido el análisis se observó que la variable procedencia no resultó ser un factor significativo mientras que en las variables porcentaje de germinación, altura, diámetro y número de hojas si resultaron ser un factor significativo. La respuesta de porcentaje de germinación más alta se relacionó a las variables temperatura 65 °C, tiempo 12,12 horas y sustrato 50 % arena 50% tierra con un total de 83,33 % mientras que el porcentaje más bajo fue de 25 %, estos datos concuerdan con (Jiménez et al., 2017), quien obtuvo mejores porcentajes al implementar tratamientos con agua y manifiesta que las condiciones que requieren las semillas para obtener mejores resultados en el proceso de germinación son: tratamientos pregerminativos donde existe un efecto positivo con inmersión en agua a temperatura mayor a 60°C, además es importante considerar una vez sembradas el aporte de agua, oxígeno, sustrato apto y temperatura apropiada. En el efecto simple de los tratamientos pregerminativos se destaca que los mejores promedios de germinación se obtuvieron donde el efecto del pre-tratamiento aplicado no causaba daño a la testa. Esto coincide con lo expresado por (Shao et al., 2022) quienes manifiestan que la absorción de agua por la semilla desencadena una secuencia de cambios metabólicos que incluyen la respiración, la síntesis proteica y la movilización de reservas. A su vez la división y alargamiento celular en el embrión causó la rotura de las cubiertas seminales que normalmente se produce por la emergencia de la radícula. Los datos obtenidos muestran que con estos tratamientos se perdió la latencia y concuerdan con (“Journal of Plant Nutrition: Preface,” 2000) el cual menciona que la latencia en semillas de balsa se debe a la impermeabilidad de la cubierta de la semilla y a la latencia interna del propio embrión, donde los tratamientos pregerminativos actúan de manera eficiente para perder dicha latencia. Con relación a los resultados obtenidos para *Ochroma pyramidale* en las variables evaluadas tanto de altura, diámetro y número de hojas, a los 30 días de establecido el ensayo, se reafirma lo expresado por (Forrest, 2014) quien indica que se puede considerar dos tipos de factores que afectan la germinación de las semillas: extrínsecos (agua, gases, temperatura y luz) e intrínsecos (embriones fisiológicamente inmaduros, inhibidores, presencia de tegumentos duros; viabilidad de las semillas, que es el periodo durante el cual estas conservan su capacidad para germinar la cual es extremadamente variable, dependiendo de las condiciones de almacenamiento, del tipo de semilla y su fisiología vegetal (longevidad); el tiempo que pueden permanecer viables, presencia de fitocromos, embriones rudimentarios, embriones anatómicamente inmaduros (Quintero et al., 2014).

## CONCLUSIONES

El sustrato que más influyó en la variable porcentaje de germinación fue tierra 50 % más arena 50% y el tratamiento pregerminativo de mayor incidencia fue (sumersión en agua destilada a 65°c durante 12.12 horas).

En las variables altura de plántulas, diámetro y número de hojas el tratamiento que influyó mayormente fue sustrato B (50% tierra y 50% arena) con inmersión en agua destilada a una temperatura de 65°c durante un tiempo de 12,12 horas, con 4,7 cm de altura, 3,6 mm de diámetro y 4,8 hojas. El promedio más bajo se observó en el tratamiento sustrato C (50% Arena, 50% Humus) con inmersión en Agua destilada a una temperatura de 30°c durante un tiempo de 0,25 hora), con 2,2 cm de altura, 2,2 mm y 4,1 hojas.

Las plantas de *Ochroma piramydale* producidas en vivero presentaron un índice de vigor adecuado con crecimientos promedios de altura y diámetro presentados en resultados al finalizar el ensayo.

Los tratamientos pregerminativos garantizan una germinación elevada en la semilla y los sustratos orgánicos para el crecimiento de la especie permiten un adecuado aporte de nutrientes que garantizan su producción en vivero.



## RECOMENDACIONES

Aplicar los resultados impartidos en el estudio en sectores donde se sobre explotó esta especie y difundirlos mediante charlas, folletos y fichas técnicas.

Se recomienda continuar con estudios de costo de plantación y producción de *Ochroma pyramidale* en campo.

Realizar análisis químicos del sustrato para obtener mejores resultados

Realizar con cuidado las labores de transporte y manipulación de la planta para que la planta no entre en estado de estrés.

EL sustrato donde se va a efectuar la plantación debe tener un buen porcentaje de humedad.

Realizar el trasplante sin presencia de radiación solar.

Para reducir los daños provocados por plagas es necesario hacer controles preventivos dentro y fuera del vivero.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aikman, J. M. (1955). The Ecology of Balsa ( *Ochroma lagopus* Swartz ) in Ecuador. *Proceedings of the Iowa Academy of Science*, 62, 245–252. <https://scholarworks.uni.edu/pias/vol62/iss1/27/>
- Anderson, M. J., & Whitcomb, P. J. (2016). Rsm simplified: Optimizing processes using response surface methods for design of experiments. In *RSM Simplified: Optimizing Processes Using Response Surface Methods for Design of Experiments, Second Edition*. Taylor and Francis. <https://doi.org/10.1201/9781315382326>
- Díaz-Romeu, R., & Hunter, A. (1978). *Metodologías de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigaciones en invernadero*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/3115>
- DiNardo, A., Brar, H. S., Subramanian, J., & Singh, A. (2019). Optimization of microwave-assisted extraction parameters and characterization of phenolic compounds in Yellow European Plums. *Canadian Journal of Chemical Engineering*, 97(1), 256–267. <https://doi.org/10.1002/cjce.23237>
- Figuerola, Y. (2019). *Universidad Estatal Del Sur De Manabí Facultad De Ciencias Naturales Y De La Agricultura Carrera De Ingeniería Agropecuaria Trabajo De Titulación Modalidad Proyecto De Investigación Previa La Obtención Del Título De Ingeniero Agropecuario Tema*. <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1921/1/UNESUM-ECU-FORESTAL-2019-21.pdf>
- Forrest, J. R. K. (2014). Plant size, sexual selection, and the evolution of protandry in dioecious plants. *American Naturalist*, 184(3), 338–351. <https://doi.org/10.1086/677295>
- Francis, J. K. (2000). Bioecología de Arboles Nativos y Exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. *USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry*, 18.

- Gonzalez Vera, M. J., Zanatta Aumonde, T., Meneghello, G. E., Noguez Martins, A. B., Lezcano Aquino, Y., & Peña, P. (2019). Protocolo de análisis de viabilidad de semillas de chía mediante test de tetrazolio. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *10*(7), 1481–1489. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i7.1095>
- Herrera, M. (2017). *UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES CARRERA INGENIERÍA FORESTAL Título del proyecto de investigación*. 17–18.
- Hurtado Trejo, L., Urgiles Gomez, N., Eras Guaman, V. H., Muñoz Chamba, J., Encalada Cordova, M., & Quichimbo Saraguro, L. (2020). Aplicabilidad de las Normas ISTA: Análisis de la calidad de semillas en especies forestales en el Sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, *10*(2), 44–57. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/825>
- Jiménez, E., Garcías, L., Carranza, M., Carranza, H., Morante, J., Martínez, M., & Cuásquer, J. (2017a). Germination and growth of *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. in Ecuador. *Scientia Agropecuaria*, *8*(3), 243–250. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.07>
- Journal of Plant Nutrition: Preface. (2000). In *Journal of Plant Nutrition* (Vol. 23, Issues 11–12). <https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?show=aimsScope&journalCode=ipla20>
- La, E. D. E., Juan, C., & Santa, M. (2020). Universidad estatal península de santa elena facultad de ciencias sociales y de la salud carrera de enfermería. 2021. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/465>
- López, B. (2000). *Estudio de tratamientos pre-germinativos, crecimiento y rendimiento de Ochroma lagopus Sw. a nivel de vivero y plantación. [Trabajo de diploma] Universidad Nacional Agraria. Facultad de Recursos Naturales y de Ambiente (FARENA). 53 p. 2005, 2005.* <http://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/965>

- Marín, R. C., Marín, R. C., Bueno, M. O., Cespedes, D. G., Cordova, P. M., & Reasco, W. L. (2018). Aceleración de la germinación de semillas de balsa (*Ochroma pyramidale*) por medio de métodos físicos y biológicos. *UTCiencia “Ciencia y Tecnología Al Servicio Del Pueblo,”* 5(3), 207–213. <http://investigacion.utc.edu.ec/revistasutc/index.php/utciencia/article/view/272>
- Pessarakli, M. (2002). Physiology of Plant/Crop Growth and Developmental Stages. *Handbook of Plant and Crop Physiology, Second Edition*, 57–205.
- Quintero, I., González-Caro, S., Zalamea, P. C., & Cadena, C. D. (2014). Asynchrony of seasons: Genetic differentiation associated with geographic variation in climatic seasonality and reproductive phenology. *American Naturalist*, 184(3), 352–363. <https://doi.org/10.1086/677261>
- Ríos-García, C. A., Orantes-García, C., Moreno-Moreno, R. A., & Farrera-Sarmiento, O. (2016). Viabilidad y germinación de semillas de Jopi (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb.) (Malvaceae). *Lacandonia*, 10(December), 7–10. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/1889>
- Serna-Mosquera, Y. B., Torres-Torres, J. J., & Asprilla-Palacios, Y. Y. (2019). Durabilidad natural de la madera de *Ochroma pyramidale* Urb. en el municipio de Atrato, Colombia. *Entramado*, 16(1), 192–202. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.6105>
- Shao, M., Patrick, M., Fatteicher, C., & Schoenau, J. (2022). Effect of phosphorus fertilizer form, opener spread and rate of application on biomass yield, P uptake and recovery in a canola-wheat-pea rotation under controlled environment conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 1–12. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2068437>
- Toledo Gonzalez, K. A. (2016). Germinación, crecimiento y densidad de la madera en dos variedades de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. de la Selva Lacandona, Chiapas. In *El Colegio de la Frontera Sur* (Issue SEPTEMBER). <https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1017/1576>

Valladolid Ontaneda, J., León Mejía, Á., & Paredes Flores, D. (2017). Selección de Árboles Semilleros en Plantaciones Forestales de la Península de Santa Elena. Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 4(2). <https://doi.org/10.26423/rctu.v4i2.261>

Viera, L. (2020). EVALUACIÓN DE LA FASE DE GERMINACIÓN In vitro EN Balsa Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb. In *SELL Journal* (Vol. 5, Issue 1). <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/800>

WHITMORE, T. C., & WOOL-KHOON, G. (1983). GROWTH ANALYSIS OF THE SEEDLINGS OF Balsa, OCHROMA LAGOPUS. *New Phytologist*, 95(2), 305–311. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1983.tb03497.x>

## ANEXOS

*Anexo 1: Semillas procedencia A y B*



*Anexo 2: Procedencias A y B (Árboles semilleros)*



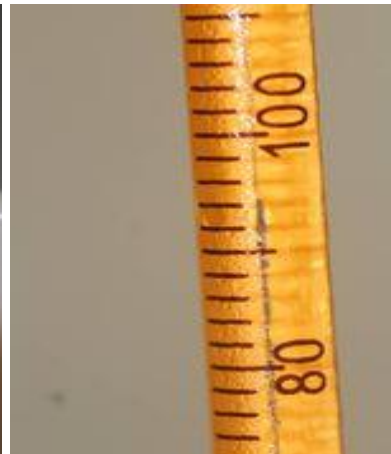
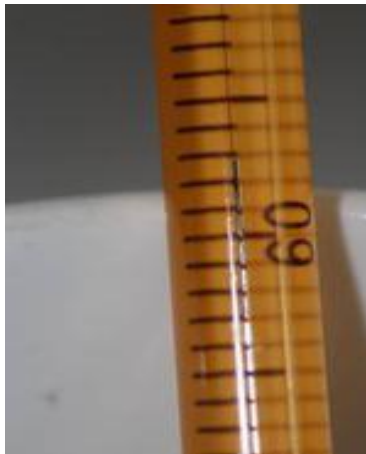
*Anexo 3: Extracción de semillas*



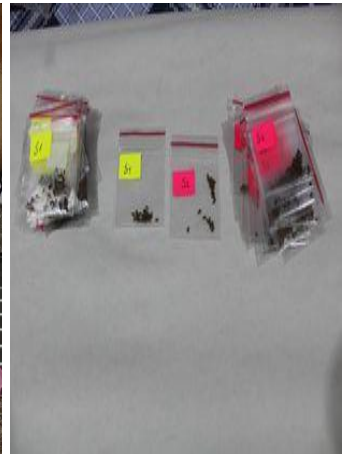
*Anexo 4: Pruebas físicas de calidad de Semilla*



*Anexo 5: Medición de temperaturas*



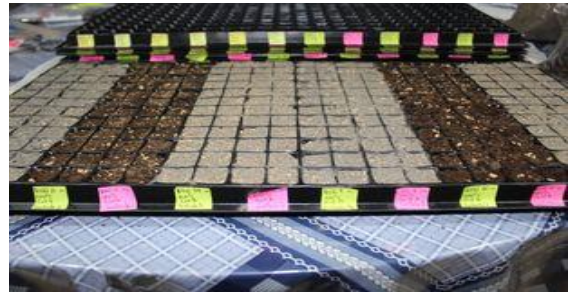
*Anexo 6: Etiquetado de semillas y recipientes*



*Anexo 7: Sustratos para la germinación*



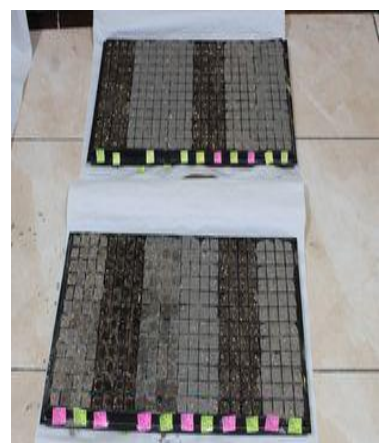
*Anexo 8: Preparación de las bandejas para la siembra*



*Anexo 1: Peso de sustratos*



*Anexo 2: Siembra de semillas en bandejas*

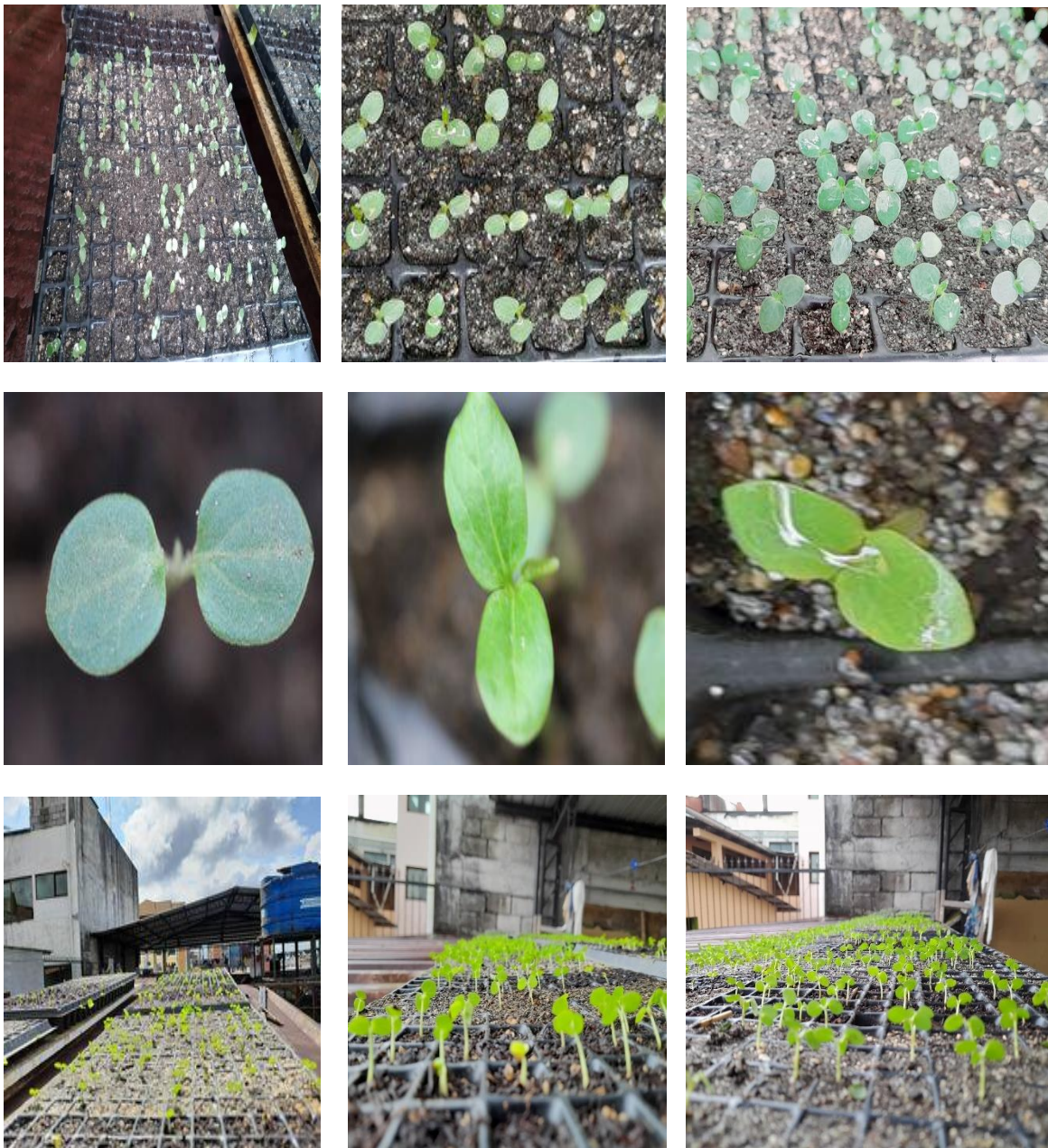




*Anexo 3: Germinación de plántulas*



*Anexo 4: Plántulas con 2 hojas, 7 días de germinación*



*Anexo 5: Plántulas de 3 y 4 hojas*



*Anexo 6: Plántulas de 4 y 5 hojas*



Anexo 14: Análisis de sustratos en laboratorio

