



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA INGENIERÍA FORESTAL**

**EFFECTOS DE TRES MÉTODOS PREGERMINATIVOS Y TRES  
SUSTRATOS EN LA PROPAGACIÓN DE ACACIA NEGRA (*Acacia  
melanoxylon* R.Br.) EN EL VIVERO FORESTAL DE LA ESPOCH**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** proyecto de investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA FORESTAL**

**AUTORA:** JANNETH AZUCENA CURICHUMBI BETÚN

**DIRECTOR:** Ing. CARLOS FRANCISCO CARPIO COBA MSc.

Riobamba –Ecuador

2021

**©2021, Janneth Azucena Curichumbi Betún**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, JANNETH AZUCENA CURICHUMBI BETÚN, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados. Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de Integración Curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 17 de noviembre de 2021



---

**Janneth Azucena Curichumbi Betún**

060549336-0

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **EFFECTOS DE TRES MÉTODOS PREGERMINATIVOS Y TRES SUSTRATOS EN LA PROPAGACIÓN DE ACACIA NEGRA (*Acacia melanoxylon* R.Br.) EN EL VIVERO FORESTAL DE LA ESPOCH**, realizado por la señorita: **JANNETH AZUCENA CURICHUMBI BETÚN**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Eduardo Patricio Salazar Castañeda Msc.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Firmado digitalmente por:  
**EDUARDO PATRICIO  
SALAZAR CASTAÑEDA**

2021-noviembre-17

Ing. Carlos Francisco Carpio Coba Msc.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO  
DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



Firmado digitalmente por:  
**CARLOS  
FRANCISCO  
CARTPIO COBA**

2021-noviembre-17

Dra. Rosa del Pilar Castro Gómez PhD.  
**MIEMBRO DE TRIBUNAL**



Firmado digitalmente por:  
**ROSA DEL  
PILAR CASTRO  
GOMEZ**

2021-noviembre-17

## **DEDICATORIA**

Para los mejores padres, quienes confiaron en mí y me brindaron apoyo incondicional durante todo este proceso.

Para mis angelitos sin alas, Scott, Teddy y Chiquita.

*Janneth*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por brindarme salud y guiarme en todos los sentidos de la vida.

Agradezco a mis padres por el respaldo y amor que siempre me han dado, por su paciencia, confianza y sobre todo apoyo incondicional en mis decisiones.

A mis maestros de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de la Escuela de Ingeniería Forestal, en especial al Ing. Carlos Carpio y la Dra. Rosa Castro, por compartir sus conocimientos y guiarme en el camino del saber.

A mis amigos de los que siempre he recibido apoyo y cariño sincero.

*Janneth*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1

## CAPÍTULO I

1.1.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.2.	Generalidades .....	5
1.3.	Clasificación taxonómica .....	5
1.4.	Distribución y ecología .....	5
1.5.	Características dendrológicas.....	6
1.5.1.	<i>Árbol</i> .....	6
1.5.2.	<i>Hojas</i> .....	6
1.5.3.	<i>Las flores</i> .....	6
1.5.4.	<i>El fruto</i> .....	6
1.6.	Requerimientos edáficos .....	7
1.6.1.	<i>Suelo</i> .....	7
1.6.2.	<i>Altitud</i> .....	7
1.7.	Usos .....	7
1.8.	La semilla .....	8
1.9.	Partes de una semilla .....	8
1.9.1.	<i>Cubierta seminal</i> .....	8
1.9.2.	<i>El endospermo</i> .....	9
1.9.3.	<i>El embrión</i> .....	9
1.9.3.1.	<i>La radícula</i> .....	9
1.9.3.2.	<i>La plúmula</i> .....	9
1.9.3.3.	<i>El hipocotilo</i> .....	9
1.9.3.4.	<i>Los cotiledones</i> .....	9
1.10.	La semilla de <i>Acacia melanoxyton</i> R.Br.....	10
1.11.	Manejo de la semilla .....	10

1.11.1.	<i>Recolección de la semilla</i> .....	10
1.11.2.	<i>Procedencia de la semilla</i> .....	10
1.12.	<b>Germinación</b> .....	11
1.12.1.	<i>Fases de la germinación</i> .....	11
1.12.1.1.	<i>Imbibición</i> .....	11
1.12.1.2.	<i>Aumento de la actividad enzimática</i> .....	11
1.12.1.3.	<i>Aumento de la actividad respiratoria</i> .....	12
1.12.1.4.	<i>División, diferenciación y alargamiento celular del embrión</i> .....	12
1.12.1.5.	<i>Emergencia de la radícula</i> .....	12
1.12.2.	<b>Factores que afectan a la germinación</b> .....	12
1.12.2.1.	<i>Agua</i> .....	12
1.12.2.2.	<i>Temperatura</i> .....	12
1.12.2.3.	<i>Oxígeno</i> .....	13
1.12.2.4.	<i>Luz</i> .....	13
1.13.	<b>Latencia</b> .....	13
1.14.	<b>Tratamientos pre-germinativos</b> .....	14
1.14.1.	<i>Alternación del remojo y secado</i> .....	14
1.14.2.	<i>Remojo con agua fría</i> .....	14
1.14.3.	<i>Escarificación Mecánica</i> .....	15
1.14.5.	<i>Corte y rotura</i> .....	15
1.14.6.	<i>Eliminación total de la cáscara</i> .....	15
1.14.7.	<i>Escarificación con tierra o arena</i> .....	15
1.14.8.	<i>Estratificación en frío</i> .....	16
1.14.9.	<i>Tratamientos con animales</i> .....	16
1.14.10.	<i>Tratamientos por fuego.</i> .....	16
1.15.	<b>Sustrato</b> .....	16
1.16.	<b>Tipos de sustratos</b> .....	17
1.16.1.	<i>Tierra negra</i> .....	17
1.16.2.	<i>Arena</i> .....	17
1.16.3.	<i>Humus de lombriz</i> .....	18
1.17.	<b>Desinfección del sustrato</b> .....	18



## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	19
2.1.	<b>Caracterización del lugar</b> .....	19
2.1.1.	<i>Localización</i> .....	19
2.1.2.	<i>Zona ecológica</i> .....	19
2.1.3.	<i>Condiciones climáticas</i> .....	19
2.2.	<b>Materiales y equipos</b> .....	19
2.2.1.	<i>Materiales de campo</i> .....	19
2.2.2.	<i>Insumos</i> .....	20
2.2.3.	<i>Material experimental</i> .....	20
2.2.4.	<i>Materiales de oficina</i> .....	20
2.3.	<b>Metodología</b> .....	20
2.3.1.	<b>Primera fase: Germinación</b> .....	21
2.3.1.1.	<i>Recolección de sustratos</i> .....	21
2.3.1.2.	<i>Preparación del sustrato</i> .....	21
2.3.1.3.	<i>Llenado de fundas</i> .....	21
2.3.1.4.	<i>Desinfección del sustrato</i> .....	22
2.3.1.5.	<i>Obtención de semillas</i> .....	22
2.3.1.6.	<i>Prueba de germinación</i> .....	22
2.3.1.7.	<i>Tratamientos pre-germinativos</i> .....	22
2.3.1.8.	<i>Siembra</i> .....	23
2.3.1.9.	<i>Riegos</i> .....	23
2.3.1.10.	<i>Métodos de evaluación y datos a tomar</i> .....	23
2.3.1.11.	<i>Tiempo de germinación</i> .....	23
2.3.1.12.	<i>Porcentaje de germinación</i> .....	23
2.3.2.	<b>Segunda fase: Crecimiento de las plántulas</b> .....	24
2.3.2.1.	<i>Riegos</i> .....	24
2.3.2.2.	<i>Raleo</i> .....	24
2.3.2.3.	<i>Control de malezas</i> .....	24
2.3.2.4.	<i>Control fitosanitario</i> .....	24
2.3.2.5.	<i>Métodos de evaluación y datos tomados</i> .....	24
2.4.	<b>Factores en estudio</b> .....	25
2.5.	<b>Tratamiento</b> .....	26

<b>2.6.</b>	<b>Procedimiento .....</b>	<b>27</b>
<b>2.7.</b>	<b>Tipos de análisis .....</b>	<b>27</b>

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1.</b>	<b>Porcentaje de germinación .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.</b>	<b>Altura de plantas a los 45, 60 y 75 días (cm) .....</b>	<b>31</b>
<b>3.3.</b>	<b>Diámetro del tallo a los 45, 60 y 75 días (mm).....</b>	<b>36</b>
<b>3.4.</b>	<b>Número de hojas a los 45, 60 y 75 días.....</b>	<b>39</b>
<b>3.5.</b>	<b>Longitud de las hojas en mm a los 45, 60 y 75 días.....</b>	<b>44</b>
<b>3.6.</b>	<b>Longitud de las raíces a los 75 días. ....</b>	<b>48</b>
<b>3.7.</b>	<b>Porcentaje de sobrevivencia a los 75 días. ....</b>	<b>49</b>

**CONCLUSIONES**

**RECOMENCIONES**

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Factor A: Método pre-germinativo según el siguiente detalle:.....	25
<b>Tabla 2-2:</b>	Factor B: Sustratos orgánicos según el siguiente detalle: .....	26
<b>Tabla 3-2:</b>	Combinación de los factores Ax B+ 1 testigo según el siguiente detalle: .....	26
<b>Tabla 4-2:</b>	Procedimiento.....	27
<b>Tabla 5-2:</b>	Esquema de análisis de varianza (ADEVA).....	27
<b>Tabla 6-3:</b>	Efecto de la interacción del sustrato y tratamientos pregerminativos en la media del porcentaje de germinación a los 35 días .....	29
<b>Tabla 7-3:</b>	Efecto de la interacción del sustrato y tratamientos pregerminativos en la media de la altura de las plantas a los 45 y 60 días .....	31
<b>Tabla 8-3:</b>	Análisis de varianza para la variable altura de las plantas a los 75 días .....	34
<b>Tabla 9-3:</b>	Media de la altura de las plantas a los 75 días, que fueron sometidas a tres tratamientos pregerminativos.....	34
<b>Tabla 10-3:</b>	Media de la altura de las plantas a los 75 días, que fueron sometidas a tres tipos de sustratos. ....	35
<b>Tabla 11-3:</b>	Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo a los 45 días.....	36
<b>Tabla 12-3:</b>	Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo a los 60 días.....	36
<b>Tabla 13-3:</b>	Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo a los 75 días.....	37
<b>Tabla 14-3:</b>	Media del diámetro del tallo a los 45, 60 y 75 días, que fueron sometidas a tres tratamientos pregerminativos.....	38
<b>Tabla 15-3:</b>	Media del diámetro del tallo a los 45, 60 y 75 días, que fueron sometidas a tres tipos de sustratos.....	39
<b>Tabla 16-3:</b>	Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 45 días .....	39
<b>Tabla 17-3:</b>	Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 60 días .....	40
<b>Tabla 18-3:</b>	Media del número de hojas a los 45, 60 y 75 días, que fueron sometidas a tres tratamientos pregerminativos.....	40
<b>Tabla 19-3:</b>	Media del número de hojas a los 45 y 60 días, que fueron sometidas a tres tipos de sustratos. ....	41
<b>Tabla 20-3:</b>	Efecto de la interacción del sustrato y tratamientos pregerminativos en la media de la altura de las plantas a los 75 días. ....	42
<b>Tabla 21-3:</b>	Análisis de varianza para la variable longitud de las hojas a los 45 días.....	44
<b>Tabla 22-3:</b>	Análisis de varianza para la variable longitud de las hojas a los 60 días.....	45

<b>Tabla 23-3:</b>	Análisis de varianza para la variable longitud de las hojas a los 75 días.....	45
<b>Tabla 24-3:</b>	Media de la longitud de las hojas a los 45, 60 y 75 días, que fueron sometidas a tres tratamientos pregerminativos.....	46
<b>Tabla 25-3:</b>	Media de la longitud de las hojas a los 45, 60 y 75 días, que fueron sometidas a tres tipos de sustratos.....	47
<b>Tabla 26-3:</b>	Efecto de la interacción del sustrato y tratamientos pregerminativos en la variable longitud de las raíces a los 75 días.....	48
<b>Tabla 27-3:</b>	Efecto de la interacción del sustrato y tratamientos pregerminativos en la variable porcentaje de sobrevivencia a los 75 días.....	49

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ANÁLISIS DE VARIANZA Y SU SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICAMENTE, COEFICIENTE DE VARIACIÓN A LOS 35 DÍAS EN LA VARIABLE PORCENTAJE DE GERMINACIÓN.
- ANEXO B:** ANÁLISIS DE VARIANZA Y SU SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICAMENTE, COEFICIENTE DE VARIACIÓN EN LA VARIABLE ALTURA DE LA PLANTA A LOS 45 DÍAS.
- ANEXO C:** ANÁLISIS DE VARIANZA Y SU SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICAMENTE, COEFICIENTE DE VARIACIÓN EN LA VARIABLE ALTURA DE LA PLANTA A LOS 60 DÍAS.
- ANEXO D:** ANÁLISIS DE VARIANZA Y SU SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICAMENTE, COEFICIENTE DE VARIACIÓN EN LA VARIABLE NÚMERO DE HOJAS A LOS 75 DÍAS.
- ANEXO E:** IDENTIFICACIÓN DE LOS ÁRBOLES DE ACACIA MELANOXYLON PARA LA RECOLECCIÓN DE SEMILLAS.
- ANEXO F:** RECOLECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS SEMILLAS.
- ANEXO G:** COMBINACIÓN DE LOS SUSTRATOS TIERRA NEGRA MÁS ARENA.
- ANEXO H:** COMBINACIÓN DE LOS SUSTRATOS TIERRA NEGRA MÁS HUMUS DE LOMBRIZ.
- ANEXO I:** ENFUNDADO DE LOS DIFERENTES SUSTRATOS.
- ANEXO J:** DESINFECCIÓN DE LA CAMA DE GERMINACIÓN.
- ANEXO K:** UBICACIÓN DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL EN LA CAMA DE GERMINACIÓN.
- ANEXO L:** SEMILLAS REMOJADAS EN AGUA CALIENTE.
- ANEXO M:** SEMILLAS ESCARIFICADAS CON ÁCIDO NÍTRICO.
- ANEXO N:** SIEMBRA DE LAS SEMILLAS CON DIFERENTES TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS.
- ANEXO O:** SEMILLA GERMINADA A LOS 35 DÍAS.
- ANEXO P:** UBICACIÓN DE LAS ETIQUETAS DE ACUERDO A CADA TRATAMIENTO.
- ANEXO Q:** RIEGO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.
- ANEXO R:** TOMA DE DATOS DE LAS DIFERENTES VARIABLES A LOS 45 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

**ANEXO S:** PLANTAS DE ACACIA A LOS 45 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

**ANEXO T:** TOMA DE DATOS A LOS 60 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

**ANEXO U:** PLANTA A LOS 60 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA.

**ANEXO V:** MEDICIÓN DE RAÍCES EN TRES PLANTAS SELECCIONADAS AL FINAL DE LA INVESTIGACIÓN.

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal: Evaluar tres métodos pregerminativos y tres sustratos en la propagación de Acacia negra (*Acacia melanoxylon* R. Br) en el vivero forestal de la ESPOCH, proponiendo tres tratamientos pregerminativos como escarificación con ácido nítrico, remojo en agua caliente y en agua fría con tres tipos de sustratos como tierra negra, arena y humus de lombriz. El experimento fue evaluado utilizando un Diseño de Bloques Completamente al Azar con diez tratamientos y tres repeticiones, con treinta unidades experimentales, donde se evaluaron: porcentaje de germinación, altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, longitud de las hojas, longitud de la raíz principal y porcentaje de sobrevivencia al final del experimento. El valor más alto en la variable porcentaje de germinación y sobrevivencia al final de la investigación se obtuvo en el tratamiento T4: semilla tratada con agua caliente + tierra negra + arena con el 90% a los 33 días desde la siembra, mientras que a los 75 días de desarrollo del cultivo, se destacó el T1: semilla en remojo con agua fría durante 72 horas + 50% tierra negra + 25% arena + 25% de humus de lombriz, sobresaliendo en las variables: altura de las plantas con 3,35 y 5,85 cm a los 45 días y 60 días respectivamente; número de hojas con 54 hojas a los 75 días; y longitud de la raíz con 5,20 cm a los 75 días. El factor sustrato no presentó mayores diferencias en la variable porcentaje de germinación, lo que quiere decir que los sustratos preparados para el experimento no influyen directamente en la germinación. Se recomienda dar continuidad a la investigación en cuanto a los métodos pregerminativos como la escarificación con ácido nítrico sometiendo a un periodo de tiempo más largo.

**Palabras clave:** <VIVERO>, <ACACIA NEGRA (*Acacia melanoxylon*)>, <MÉTODOS PREGERMINATIVOS>, <SUSTRATOS>, <ESCARIFICACIÓN>, <PORCENTAJE DE GERMINACIÓN>, <PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA>.

CRISTHIAN  
FERNANDO  
CASTILLO  
RUIZ

Firmado digitalmente por  
CRISTHIAN  
FERNANDO  
CASTILLO RUIZ  
Fecha: 2021.11.18  
22:25:13 -05'00'



2112-DBRA-UTP-2021

## ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate three pre-germinative methods and three substrates in the propagation of black Acacia (*Acacia melanoxylon* R. Br) in the forest nursery of ESPOCH, proposing three pre-germinative treatments such as scarification with nitric acid, soaking in hot and cold water with three types of substrates such as black soil, sand and earthworm humus. The experiment was evaluated using a Completely Randomized Block Design with ten treatments and three replications, with thirty experimental units, where the following variables were evaluated: germination percentage, plant height, stem diameter, number of leaves, leaf length, main root length and survival percentage at the end of the experiment. The highest value in the variable germination percentage and survival at the end of the research was obtained in the treatment T4: seed treated with hot water + black soil + sand with 90% at 33 days from sowing, while at 75 days of crop development, T1 stood out: seed soaked with cold water for 72 hours + 50% black soil + 25% sand + 25% earthworm humus, excelling in the variables: plant height with 3.35 and 5.85 cm at 45 days and 60 days respectively; number of leaves with 54 leaves at 75 days; and root length with 5.20 cm at 75 days. The substrate factor did not show major differences in the germination percentage variable, which means that the substrates prepared for the experiment do not directly influence germination. It is suggested to continue the research using pre-germination methods such as scarification with nitric acid subjecting to a longer period of time.

**Key words:** <LIVERING PLANT>, <BLACK ACACIA (*Acacia melanoxylon*)>, <PREGERMINATIVE METHODS>, <SUBSTRATES>, <SCARIFICATION>, <GERMINATION PERCENTAGE>. < SURVIVAL PERCENTAGE>.



Elisabetta Amalia  
Basantos  
Arias



## 1. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento y comercialización de la madera y sus derivados son actividades que han sido de gran influencia en la economía del Ecuador. A través de las exportaciones, en el año 2013, se generó un ingreso de USD 171.294. La madera ecuatoriana llega a estos países: Colombia, Estados Unidos, China, Perú, Japón, Dinamarca, Alemania y México. Según la AIMA (Asociación Ecuatoriana de industriales de la madera), alrededor de 200 mil personas están relacionadas al sector en el país (Merchán & León, 2017, pp.20-26).

Según Ecuador Forestal (programa del sector forestal productivo del Ecuador), el mercado nacional de madera es relativamente pequeño en comparación con el consumo mundial. Los principales factores que provocan el bajo consumo interno de madera son: bajo ingreso per cápita, reciente crisis económica de muchos años, altos precios y la escasa cultura al utilizar este recurso (Ecuador Forestal, 2011).

Ecuador posee grandes extensiones de bosques nativos, especialmente en las estribaciones exteriores de las dos cordilleras en la región amazónica y la región de los Andes, así como en las zonas costeras secas y húmedas. Dichos bosques son proveedores de madera, leña, frutas, resinas, cortezas, enredaderas, carne, cortezas, entre otros. De manera similar, proporciona espacios de vida para que se establezcan muchas poblaciones indígenas y coloniales, y estos recursos son una fuente importante de sus vidas e ingresos (Zúñiga, 1995).

La base forestal cubría inicialmente el 80% del territorio del país, Ecuador ha sido autosuficiente en productos de madera. Debido a los problemas conocidos de sobreexplotación y tala irrazonable de bosques vírgenes, esta situación se está revirtiendo actualmente ante una escasa forestación (Zúñiga, 1995).

El árbol de acacia negra es una especie forestal altamente adaptable que crece naturalmente en varios ecosistemas forestales en Australia (Medhurst et al, 2003). Informes externos afirman que se trata de un material versátil en cuanto a usos: armarios, chapas, muebles, muy adecuado para su uso como leña y alimentación del ganado. Tiene la particularidad de no ser atacado por hormigas o "chinches" (Celulosa Argentina, 1977). La madera de *acacia melanoxylon* es muy valiosa para su uso en carpintería, revestimientos, paneles, pisos y tornería (Tasmanian Timber Promotion Board, 2006).

La madera de esta especie es muy demandada, ya que lo marcado de sus anillos le da un aspecto muy especial, que al trabajarla con herramientas manuales y mecánicas adquiere finas y suaves terminaciones. En Ecuador, no se cultivan muchas acacias. Hoy en día, no solo las empresas afines a lo forestal o los gobiernos locales y provinciales pueden levantar viveros forestales y otras unidades de producción. Por el contrario, la demanda de plantas es cada vez mayor, lo que requiere una mayor

capacidad de investigación para producir respuestas rápidas y efectivas, por lo que una excelente solución es el tratamiento de pregerminación para acelerar la germinación de las semillas. Tanto las especies exóticas como las nativas saben que en la globalización que vivimos, el propósito es optimizar el tiempo y el espacio, y la economía moderna es muy activa.

La velocidad de germinación de las semillas también dependerá de la selección de sustratos adecuados, los mismos que servirán como medio de reproducción de determinadas especies forestales, ya que los sustratos tienen la función de sustentar las plantas, aportar nutrientes y favorecer el desarrollo y absorción radicular. Al igual que el suelo mineral, la cantidad adecuada de aire y nutrientes minerales, agua, sustrato o suelo artificial debe proporcionar nutrientes a las plantas.

## **2. IMPORTANCIA**

En Ecuador en la actualidad el estudio de los diferentes métodos pre-germinativos y sustratos para la propagación de cualquier especie forestal de alto valor comercial que posee nuestro país es de gran importancia, para lograr una industrialización y comercialización a nivel nacional e internacional.

Gracias al estudio de diferentes métodos pre-germinativos y diferentes tipos de sustratos podremos determinar el método más adecuado que nos permita propagar esta especie, con mayor rapidez en la germinación de la semilla. Para acelerar la germinación y crecimiento de las plántulas es necesario aplicar tratamientos pre germinativos, de este modo evitar las condiciones que detienen su germinación y también se evita riesgos por su mayor permanencia en vivero.

## **3. PROBLEMA**

*Acacia melanoxylon* R. Br. es una especie forestal cuya madera exhibe interesantes características para su utilización industrial. Sumado a lo anterior, presenta también adecuadas tasas de crecimiento que la posicionan como una alternativa de cultivo de gran valor para diversificar la producción forestal nacional; sin embargo, a pesar de ser una especie que brinda muchos beneficios, su estudio es muy escaso en lo que se refiere a tratamientos pregerminativos de la semilla y la selección de sustratos adecuados para acelerar el proceso de germinación y crecimiento de dicha especie.

#### **4. JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación se enfocó principalmente en el estudio de los diferentes tipos de sustratos y métodos pregerminativos con la finalidad de disminuir el tiempo de germinación de acacia negra, ya que, en Ecuador, se ha introducido diversas especies de acacias, las que se han destacado por mostrar una gran adaptabilidad a diferentes condiciones de sitio, exhibiendo altas tasas de crecimiento y variados usos para su madera. *Acacia melanoxylon* R. Br., particularmente, presenta una madera de muy buena calidad, apropiada para ser usada en la elaboración de productos de alto valor, lo que, sumado a sus adecuadas tasas de crecimiento, la posicionan como una alternativa de gran interés económico en la industria forestal nacional. Así, el presente trabajo permitirá determinar el sustrato y método pre germinativo adecuado para esta especie y obtener dichas plantas en el menor tiempo posible y profundizar los conocimientos teóricos sobre los usos y características de la misma, además de ofrecer una mirada integral sobre la deforestación debido a la expansión de la frontera agrícola, urbana u empresas madereras que no tienen un manejo forestal sustentable, ayudando a la concientización de la población.

#### **5. OBJETIVOS**

##### **5.1. Objetivo General**

- Evaluar tres métodos pregerminativos y tres sustratos en la propagación de Acacia negra (*Acacia melanoxylon* R.Br.) en el vivero forestal de la ESPOCH

##### **5.2. Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de los tratamientos evaluados en el porcentaje de germinación de Acacia negra (*Acacia melanoxylon* R. Br)
- Evaluar el efecto de los tratamientos evaluados en el crecimiento de las plántulas de Acacia negra (*Acacia melanoxylon* R. Br)

## **6. HIPÓTESIS**

### **6.1. Hipótesis nula**

- Ninguno de los tres tratamientos pregerminativos y sustratos presenta un efecto positivo en la reproducción de Acacia negra (*Acacia melanoxylon* R. Br).

### **6.2. Hipótesis alternante**

- Al menos uno de los tres tratamientos pregerminativos y sustratos presenta un efecto positivo en la reproducción de Acacia negra (*Acacia Melanoxylon* R. Br).

## CAPITULO I

### 1.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.2. Generalidades

La especie *Acacia melanoxylon* pertenece a la familia Leguminosae. Su nombre proviene del griego "melas" y "xylon", que significa madera negra. También han surgido nombres vulgares que se refieren a las propiedades de su madera. Esta especie se conoce como "Blackwood australiano", "Black Wattle", "Black Wattle", "Black Aromo", "Black Acacia" y "Acacia a Bois Noir". En Chile se le conoce como aromo australiano. En Argentina es conocido como aromo salvaje debido a su capacidad para asilvestrarse e invadir tierras y bosques (Carnevale, 1955, pp. 82-84).

### 1.3. Clasificación taxonómica

**Nombre Científico:** *Acacia melanoxylon* R. Br.

**Nombre común:** acacia negra, acacia japonesa (Ecuador).

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Fabales

**Familia:** Fabaceae

**Género:** *Acacia*

**Especie:** *Acacia melanoxylon*

**Etimología:** *Acacia*, del griego akis = punta, aludiendo a las espinas de las especies de acacias africanas, ya que las australianas normalmente carecen de ellas. *Melanoxylon* del griego melas que significa negro y xylon que significa madera, aludiendo al color negro oscuro de la corteza (Menendez 2006, pp.93).

### 1.4. Distribución y ecología

Esta especie tiene su origen en las zonas boscosas húmedas al sur de Australia y Tasmania. Dicha especie ha sido introducida como planta ornamental en: parques, jardines y fincas, y como especie

forestal en Asturias y Galicia por su excelente madera, y se utiliza en zonas silíceas costeras (Padilla & Asanza, 2002).

En Ecuador se lo puede encontrar en las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo y Tungurahua (Asturnatura, 2006).

## **1.5. Características dendrológicas**

### ***1.5.1. Árbol***

Es un árbol de entre 8 y 15 m de altura, no posee espinas, su corteza es agrietada y tiene un color bastante oscuro, sus ramas son angulosas y pubescentes (Asturnatura, 2006).

Esta especie alcanza de 60 cm a 80 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP), cuando crece sola tiene forma de pirámide, su copa es amplia redondeada con follaje tupido y denso (Cardenas & Rojas, 1989, pp.33).

### ***1.5.2. Hojas***

Las hojas carecen de estípulas. En las plantas jóvenes las hojas son bipinnadas, mientras que en las plantas adultas están reducidas, presenta peciolo ensanchando, no presenta limbo, formando una estructura llamada filodio los cuales son elípticos – lanceolados de ápice obtuso que se atenúa en el peciolo y miden de 6 cm a 14 cm de largo y de 1,2 cm a 3 cm de ancho (Menéndez, 2006, pp.93).

### ***1.5.3. Las flores***

Presenta inflorescencia a modo de glomérulos, de forma globosa, que miden un diámetro de 10 mm a 12 mm y cada una de ellas contienen entre 30 y 50 flores, las mismas son actinomorfas, pentámeras, y amarillas, cáliz hasta 1,25mm, es obcónico glabro con 5 lóbulos semicirculares y ciliados cortos; longitud de la corola hasta 1,75 mm, con un tubo más o menos cilíndrico con 5 lóbulos triangulares, libres de estambres que miden hasta 4 mm superando la corola (Menendez, 2006, pp.93).

### ***1.5.4. El fruto***

El fruto es una legumbre en forma de elipsoide que mide entre 4 y 12 cm, y esta se encuentra comprimida entre las semillas. Son de color negro, y están rodeadas de un arilo (Menendez, 2006, pp.93).

## **1.6. Requerimientos edáficos**

### ***1.6.1. Suelo***

La acacia negra requiere suelos profundos con buen drenaje, de textura arcillosa, franco arcillosa, franco arenosa o arenosa, soporta suelos ligeramente ácidos con tendencia a la neutralidad, además tolera suelos pobres, pero no aguas estancadas ni suelos excesivamente arenosos o lateríticos (Trujillo, 2007).

Esta especie crece en todo tipo de suelos, pero opta por suelos francos y profundos (Maldonado, 1988, pp.584).

El mismo autor afirma que en Chile esta especie ha tenido un desarrollo muy aceptable, ya que se lo ha empleado en bosques y también como una especie ornamental teniendo una adaptabilidad excelente.

También es considerada como una especie silvestre, aunque opta por suelos húmedos y profundos, bien drenados, suficiente materia orgánica los cuales deben aportar humedad, preferible que sean ácidos (Menéndez, 2006, pp.94).

La acacia negra prefiere suelos arenosos a arcillosos, con pH neutro y un buen drenaje (Zeballos, 2000, pp.23-24).

### ***1.6.2. Altitud***

Esta especie se desarrolla muy bien hasta una altitud de 400 metros, es resistente a las heladas leves, no tolera los vientos ya que tiene raíces superficiales y esto hace que se caiga fácilmente (Menendez, 2006, pp.94).

En el Sur de Argentina, crece hasta una altura de 1500 msnm, sin embargo, su crecimiento está restringido a las alturas mayores a 500 msnm en el trópico de capricornio (Carranza, 2007, pp.145 - 154).

La acacia negra es cultivada en lugares con una altitud de 1.500 a 3.000 msnm (Zeballos, 2000, pp.23-24).

## **1.7. Usos**

La madera de acacia negra tiene muchos usos, incluidas herramientas, botes y barriles. Se considera que tiene la misma calidad que la madera de nogal y es muy adecuada para darle forma curva con vapor. El contenido de taninos de la corteza es de aproximadamente el 20% (Asturnatura, 2004).

Este tipo de madera es muy valorado en ebanistería para torneados. Se utiliza para postes de cercas y leña. Es una especie fijadora de nitrógeno que se utiliza para la restauración del suelo y el control de la erosión. Proporciona sombra y se puede utilizar como barrera contra el viento y cercas vivas (Bartholomäus, & De La Rosa, 1990, pp.80).

La madera en rollo se utiliza para las estacas, el carbón, el enchapado y los árboles en pie se utilizan para las barreras contra incendios (Galloway, 1986, pp.68 - 69).

Los aborígenes australianos utilizaban la corteza como analgésicos para aliviar el dolor. Todavía se utiliza para este fin (especialmente para el tratamiento de faringitis, úlceras y diarreas), aunque se suele utilizar su madera, muy valorada en ebanistería. De hecho, se nota porque es fácil de modelar una vez que se ve afectado por el vapor de agua. También se utiliza mucho como árboles ornamentales y reforestaciones complejas, como paisajes de dunas (Guía de Jardinería, 2016).

## **1.8. La semilla**

Es considerada como la unidad reproductiva que resulta después de que el óvulo es fecundado (Willan, 1991, pp.502).

La semilla se define como el óvulo fecundado y maduro que está formado por un embrión y tejido nutritivo y está cubierto por capas protectoras de tejido (cubierta seminal) (FAO, 2012).

Es el embrión que se encuentra protegido por el epispermo y es considerada como el órgano de reproducción de las plántulas (Rodríguez, 2000, pp.514).

## **1.9. Partes de una semilla**

Las semillas están compuestas por:

### ***1.9.1. Cubierta seminal***

La cubierta seminal es la estructura que rodea y protege el interior de la semilla de los posibles daños físicos que ocurren en el exterior. Esta estructura está compuesta por partes que conforman el o los tegumentos del óvulo, la cual sirve como protección para la semilla madura. Dicha cubierta está constituida por una externa que es la testa que tiene la función de proteger a la semilla de los daños mecánicos, plaga de hongos, insectos, bacterias y de la desecación, hasta que la semilla pueda germinar; y una cubierta interna que es membranosa y fina llamado tegmen (Niembro, 1988, pp.206).



### ***1.9.2. El endospermo***

El endospermo o también llamado albumen es el tejido de reserva que proporciona nutrientes al embrión que está en desarrollo. En las monocotiledóneas está conformado por almidón, en ocasiones este tejido de reserva también se encuentra en los cotiledones (Niembro, 1988, pp.206).

### ***1.9.3. El embrión***

Es considerada como una plántula en estado embrionario, el mismo que cuando dispone de calor, humedad y oxígeno óptimo se desarrolla muy bien, dando como resultado una nueva planta (Niembro, 1988, pp.206).

El embrión contiene las siguientes partes:

#### ***1.9.3.1. La radícula***

Se denomina radícula a la parte que surge primero del embrión, en cuanto está afuera se transforma en una raíz real y de esta resulta las raíces secundarias y los pelos absorbentes (Botanical - on line, 2019).

#### ***1.9.3.2. La plúmula***

Es una yema, la misma se ubica a lado contrario de la radícula (Botanical - on line, 2019).

#### ***1.9.3.3. El hipocotilo***

Se denomina hipocotilo al espacio que existe entre la plúmula y radícula, la misma que se divide en el eje hipocotíleo, el mismo que está situado a continuación del eje epicotíleo y la radícula, que se ubica por encima de los cotiledones. Se transforma en un tallo (Botanical - on line, 2019).

#### ***1.9.3.4. Los cotiledones***

Estos obtienen la función de primeras hojas o sirve como reserva de nutrientes, rara vez cumplen ambas cosas. En base a la cantidad de cotiledones, las plantas se clasifican en: monocotiledóneas que tienen un solo cotiledón o dicotiledóneas que tienen dos cotiledones (Botanical - on line, 2019).

## **1.10. La semilla de *Acacia melanoxylon* R. Br**

Estas semillas presentan pigmentos y se encuentran envueltas por arilos, los mismos que son restos del funículo que se quedan en la superficie de la semilla y protegen la mayor parte de la misma (Casini, 2000).

Estas semillas están contenidas en vainas que poseen de 3 a 15 semillas en su interior, son de color negro, miden de 3,8 a 5.3 mm de largo, 1.8 a 3.2 mm de ancho y 0.8 a 1.8 mm de espesor, una característica muy especial en esta semilla es que está envuelta por un arilo anaranjado, el cual tiene una longitud de 2.7 a 5.2 cm (Pomier, 2008, pp.88).

## **1.11. Manejo de la semilla**

### ***1.11.1. Recolección de la semilla***

Para hacer la colecta de las semillas se debe elegir un árbol plus o árboles semilleros, los cuales deben estar en óptimas condiciones como excelente fuste, un solo tronco, de buena copa y lo más importante que esté libre de plagas y enfermedades (Solórzano, 2005, pp.40-42).

Las semillas de acacia negra deben recolectarse cuando sus frutos estén maduros. En ciertos casos se pueden juntarse directamente del suelo, pero con el riesgo de que esas semillas no pertenezcan al árbol seleccionado (INTA, 2002).

También es necesario mencionar que las semillas inmaduras poseen un bajo porcentaje en cuanto a germinación y por ende no se puede almacenar correctamente. Cabe destacar que estas semillas deben ser recolectadas antes de ser estropeadas. Las fechas para la recolección de las semillas depende de cada especie y cada lugar (Daniel, 1982).

### ***1.11.2. Procedencia de la semilla***

Antes de la recolección se deben seleccionar los árboles plus que presenten buen fenotipo como: vigorosas, fuste recto, no bifurcado, de buena copa y sobre todo que se encuentre libre de enfermedades (Zalles, 1988, pp.187).

Las plantas que se van a cultivar deben crecer en condiciones ambientales similares a los de los árboles padres (Pieter, 1982, pp. 24).

## **1.12. Germinación**

Se denomina germinación a la emergencia y su posterior desarrollo del embrión, el cual nos indica su habilidad para procrear una plántula bajo ciertas condiciones (Gómez, 1972, pp.58).

El proceso de germinación empieza cuando el agua ingresa a la semilla este transcurso se denomina imbibición y termina cuando la radícula comienza a elongarse (Pita & Pérez, 1998, pp.2).

La germinación se define como un conjunto de procesos metabólicos y de morfogénesis que hacen que el embrión se transforme en una plántula que puede cuidarse y transformarse en una planta con capacidad fotosintética. Por tanto, la germinación de semillas es uno de los procesos más frágiles del ciclo de vida de las plantas, porque de ello depende el desarrollo de una nueva generación (Matilla, 2003, pp.901-922).

La germinación consta de tres procesos simultáneos:

- Absorción de agua, a través de la imbibición haciendo que la semilla se hinche y finalmente abran la cubierta de la semilla.
- Aumento de la actividad enzimática y la tasa de respiración y asimilación, lo que indica el uso de alimentos almacenados y su transferencia al área de crecimiento.
- La expansión y la división celular dan lugar a la aparición de la plúmula y la radícula (Willan, 1991, pp.502).

### ***1.12.1. Fases de la germinación***

#### ***1.12.1.1. Imbibición***

Es un proceso físico de absorción de agua a través de los coloides que están presentes en la semilla, debido a esto el citoplasma se humedece haciendo que la estructura celular y las membranas se reubiquen y esta a su vez hace funcionar a las enzimas (Hartmann & Kester, 1997, pp.760).

#### ***1.12.1.2. Aumento de la actividad enzimática***

En esta fase las enzimas que ya existen en la semilla se activan y se sintetizan nuevas enzimas como son las proteasas, lipasas, nucleasas y amilasas. El endospermo contiene almidón es cual es degradado a azúcares simples, las proteínas a aminoácidos, los lípidos se transportan y se convierten en azúcares solubles. En esta fase se produce el aumento de la actividad (Hartmann & Kester, 1997, pp.760).

#### *1.12.1.3. Aumento de la actividad respiratoria*

En la fase anterior se produjo la disponibilidad de las sustancias simples y esto a su vez permite la elaboración de energía por respiración, haciendo que los nutrientes se trasladen hasta el embrión (Hartmann & Kester, 1997, pp.760).

#### *1.12.1.4. División, diferenciación y alargamiento celular del embrión*

Debido a que los nutrientes se encuentran disponibles, los meristemos entran en actividad. En esta fase las células se dividen, se estiran y dan lugar a los tejidos maduros (Hartmann & Kester, 1997, pp.760).

#### *1.12.1.5. Emergencia de la radícula*

Es la última fase de la germinación donde aparece la radícula, esto permite que la planta se fije al suelo y pueda absorber agua para su posterior desarrollo en la parte exterior (Hartmann & Kester, 1997, pp.760).

### **1.12.2. Factores que afectan a la germinación**

#### *1.12.2.1. Agua*

El contenido de agua es un factor muy importante ya que éste proceso se inicia con la inhibición de la semilla, ya que, si el porcentaje de agua en la semilla es menor al 40 o 60%, no se podría dar lugar a la germinación (Hartmann & Kester, 1997, pp.760).

#### *1.12.2.2. Temperatura*

El efecto de la temperatura sobre la germinación depende de su contenido de humedad. Este factor es uno de los principales y más influyentes en el proceso de germinación, según estudios se considera como rango mínimo a valores por encima del 0°C, la temperatura óptima esta entre 25 a 31°C, y los valores considerados máximos están entre el 40 a 50° C, es importante mencionar que los valores menores o mayores a los mencionados podría provocar la pérdida de la semilla (Hartmann & Kester, 1997, pp.760).

#### *1.12.2.3. Oxígeno*

Este factor es tan necesario como lo es el sustrato para que suceda las reacciones metabólicas de la semilla, en particular la respiración, ya que después de que la radícula rompe el tegumento, los procesos siguientes dependen del oxígeno (Hartmann & Kester, 1997, pp.760).

#### *1.12.2.4. Luz*

Este factor varía de una especie a otra. Ciertas semillas son estimuladas por la luz, mientras que otras son estimuladas negativamente. La reacción de las semillas a la luz está relacionada con la cromoproteína llamada "fitocromo". Es un pigmento responsable de los sensores de señales ambientales y reguladores de luz. Debido a que captura, traduce y amplifica información, solo juega un papel en las semillas hidratadas. Aunque también existen en semillas secas. El mismo autor menciona que la luz activa los fitocromos, lo que a su vez ayuda a estimular la producción de gibelina que ayuda a la germinación. Cuando la semilla se acerca al nivel óptimo de germinación, disminuye su necesidad de luz (Hartmann & Kester, 1997, pp. 760).

### **1.13. Latencia**

Hay ciertas semillas que a pesar de tener la capacidad para germinar y estar en condiciones óptimas, simplemente no germinan, a esto se le denomina latencia. Debido a este problema se opta por hacer cambios ya sea en la estructura física o interna de la semilla para así favorecer el proceso de germinación (Goitia, 2003, pp.159).

Hay muchas causas por las que se produce la latencia en las semillas, entre las cuales podemos mencionar: existencia de embriones inmaduros, cubiertas impermeables, etc. Se entiende por latencia o también llamada dormancia a la interrupción temporal del crecimiento de las plántulas, órganos o tejidos sanos debido a la falta de factores indispensables en el medio externo o interno, sin afectar la vida de la planta, acompañada de una reducción de la actividad metabólica. y condiciones ambientales relativamente independientes (FAO, 1993).

#### **1.14. Tratamientos pregerminativos**

Los tratamientos pre germinativos se aplican con el objetivo de obtener una gran cantidad de plantas y que la germinación sea homogénea, cabe recalcar que algunas semillas no requieren tratamiento (Goitia, 2012, pp.159).

Antes de plantar, algunas semillas deben "despertarse" para que germinen de manera más uniforme. Algunos de los tratamientos más utilizados en viveros son: remojar en agua tibia (como la yerba mate), dejar enfriar y sacar a las 8 o 12 horas; lijar (pasar rápidamente por papel de lija mediano) y agitar con la arena en el tarro. Todos estos tratamientos intentan acelerar la entrada de agua en las semillas, provocando que se hinchen y germinen (INTA, 2002).

Su finalidad es romper la latencia inducida por la testa al ablandar, perforar, rasgar o abrirla para hacerla permeable sin dañar el endospermo y el embrión. Sin embargo, no todos son eficientes para cualquier especie, por lo que se debe definir el indicado para cada una. (Padilla, 1995, pp.1-6).

Algunos de los tratamientos pre-germinativos que se pueden aplicar a las semillas son: remojarlas en agua fría, también se puede optar por ubicar las semillas a ser tratadas en una tela, luego atarlas y colocar en agua a temperatura ambiente, durante 24, 48 o 72 horas, seguidamente se escurre y se deja secar en la sombra (Tarima, 1996, pp.81-85),

Algunas especies tienden a tener semillas muy duras, las cuales están cubiertas por la cáscara, la cual debe romperse para que el agua pueda entrar (Solórzano, 2005, pp.40-42).

##### ***1.14.1. Alternación del remojo y secado***

Se trata de dejar las semillas en remojo toda la noche y posteriormente hacerlos secar en el transcurso del día, este proceso se debe realizar por una o dos semanas (Solórzano, 2005, pp.40-42).

##### ***1.14.2. Remojo con agua fría***

Este método consiste en dejar las semillas en remojo 1,2 ó 3 días en agua fría, dicho método se aplica en las semillas no muy duras, un ejemplo de esto son las leguminosas (Solórzano, 2005, pp.40-42).

También consiste en dejar remojar las semillas por varios días en agua fría, y es aconsejable que se cambie el agua una vez al día, para así evitar problemas de fermentación. Muchos utilizan este método ya que es de mayor facilidad (FAO, 1993).

#### ***1.14.3. Escarificación Mecánica***

Consiste en utilizar una lija ya que al momento de rozar la semilla pueda disminuir el espesor de la capa que cubre a la misma (Solórzano, 2005, pp.40-42).

#### ***1.14.4. Escarificación Química***

El método de escarificación química se realiza por inmersión de las semillas en ácido sulfúrico concentrado por un determinado tiempo, el cual depende de cada especie; también se puede emplear el clorhídrico industrial, conocido en forma bruta como ácido muriático (Coa Urbaz et al, 2014).

#### ***1.14.5. Corte y rotura***

En este método se corta una esquina de la cubierta (cáscara), evitando ocasionar algún daño al embrión, de esta manera se permite el ingreso del agua. (Solórzano, 2005, pp.40-42).

#### ***1.14.6. Eliminación total de la cáscara***

Este método consiste en retirar completamente la capa que cubre a la semilla (cáscara), se puede emplear un martillo, con el cual se debe dar golpes suaves de manera que el embrión no se vea afectado, un ejemplo de este método son las nueces (Solórzano, 2005, pp.40-42).

#### ***1.14.7. Escarificación con tierra o arena***

Para este método se puede emplear una caja, la cual debe tener perforaciones en la superficie, ya que de esta manera se permite que el agua salga, en su interior la caja debe contener una capa mínima de tierra o arena, seguidamente se ubican las semillas y se cubre con otra ligera capa de tierra o arena, y se coloca la caja en un lugar que disponga de sombra ya que así se puede mantener la humedad y se retira cuando el punto blanco del tallo sea visible, esto puede tardar varias semanas dependiendo de la especie (Solórzano, 2005, pp.40-42).

#### ***1.14.8. Estratificación en frío***

Se trata de poner las semillas en remojo en un periodo de 12 a 24 horas, luego se exprime y se las ubica en una bolsa cerrada y se lo lleva a refrigeración a una temperatura de 1 a 4°C, donde deben permanecer algunas semanas antes de su siembra, es importante sacar la bolsa cada semana para que así se puedan airear. Se sugiere aplicar este método es las siguientes especies: eucaliptos, alisos y pinos (Solórzano, 2005, pp.40-42).

#### ***1.14.9. Tratamientos con animales***

Ciertas semillas tienden a germinar con mayor facilidad después de recorrer el estómago de ciertos animales, un ejemplo de esto es la teca (Solórzano, 2005, pp.40-42).

#### ***1.14.10. Tratamientos por fuego***

En el suelo se ubican a las semillas a ser tratadas, luego se procede a cubrir con paja y se prende fuego sobre ella, seguidamente se lleva a las semillas a un recipiente que contenga agua fría (Solórzano, 2005, pp.40-42).

### **1.15. Sustrato**

Se entiende por sustrato a la combinación de varios materiales que han sido utilizados en un vivero, entre los cuales se puede destacar: tierra negra y vegetal, tierra del lugar, compost, arenilla, entre otros (Fossati, 1996, pp.910).

Se considera como sustrato al espacio físico en donde se desarrolla la raíz de la planta. Por consiguiente, se define como aquel material o combinación de materiales utilizados para promover aireación, retención de nutrientes, agua, y soporte para el crecimiento de la planta (Quesada, 2005, pp.514).

Un sustrato es cualquier medio que se utilice para cultivar plantas en contenedores, entendiendo por contener cualquier recipiente que tenga una altura limitada y que su base se halle en presión atmosférica (Burés, 2001).



## **1.16. Tipos de sustratos**

### ***1.16.1. Tierra negra***

En el Ecuador se llevó a cabo ciertos estudios sobre los suelos, en donde se los llamó negro andino, los mismos que se encuentran a una altura de 3000 a 4000 metros sobre el nivel del mar, en este estudio se expresó que dichos suelos son francos que poseen una retención de agua en un 100% (Padilla, 1999, pp.1-79).

La tierra negra es aquella que tiene un color negro oscuro, la misma que resulta de la descomposición de la materia orgánica, ya sea por restos de hojas secas que caen de los árboles o provenientes de restos de animales, de donde el suelo absorbe como nutrientes (JardineríaOn, s.f.).

La tierra negra resulta de la descomposición de la materia orgánica en partículas pequeñas que tienen la capacidad de retener suficiente agua y que también permite una buena circulación entre las raíces de la planta, que es fundamental para su desarrollo (Portal Frutícola, 2019).

Las partes de materia orgánica generan bolsas de aire en el suelo y estas aumentan la circulación del aire que muy necesario para la formación de las raíces. A través de esto se obtiene las mejores condiciones para la subsistencia de gusanos e insectos provechosos; también ayudan al flujo de aire, logrando que el suelo no quede compacto (Portal Frutícola, 2019).

### ***1.16.2. Arena***

Con este tipo de sustrato se puede obtener mejores resultados. Algunas características es que la densidad aparente es semejante al de la grava y su capacidad para retener agua es media. La arena es utilizada frecuentemente en combinación con la turba ya que ha dado buenos resultados en cuanto a enraizamiento (JardineríaOn, s.f. ).

La arena es uno de los sustratos que más utilizados por su facilidad de uso, granulometría y porque posee un buen drenaje al combinar con otros componentes del sustrato. La arena de río es considerada la mejor para este tipo de actividades (Ruíz, s.f.).

(García et al. 2011) afirma que el sustrato arena-pómez no presenta elementos contaminantes que influyan en el desarrollo de las plantas, por tal motivo este sustrato se puede utilizar sin ningún problema como sustrato en la producción de cultivos. Sin embargo, es necesario realizar experimentación para llevar a los cultivos a la producción de frutos y evaluar así su rendimiento con estos sustratos.

### ***1.16.3. Humus de lombriz***

El humus de lombriz en particular, es un fertilizante orgánico y ecológico, resultado de la transformación, por parte de las lombrices rojas de California, del compostaje procedente de estiércol natural ya fermentado varias veces, en humus directa e íntegramente asimilable por las plantas (Planeta Huerto, s.f. ).

Este tipo de sustrato es elaborado por la lombriz roja californiana y es considerado como uno de los mejores a día de hoy. Su aporte en nutrientes disponibles es excepcional, además de mejorar la estructura del sustrato y su composición química (Ruíz, s.f. ).

Se trata de uno de los mejores abonos orgánicos que existen. Tiene un tamaño de partícula muy fino y rico en nutrientes, no tiene malos olores y tampoco excesos de humedad. Para elaborar este tipo de sustrato se utiliza las lombrices rojas californianas por su gran voracidad y por su capacidad de digerir materia orgánica en sus primeras fases de descomposición, por lo que la tierra que resulta de su trabajo es de una calidad excelente y muy beneficiosa para las plantas (Planeta Huerto, s.f. ).

### **1.17. Desinfección del sustrato**

Es muy importante y necesario realizar la desinfección del sustrato debido a que un hongo o enfermedad podrían ocasionar pérdida de miles de plantas (Fossati, 1996, pp.910).

Para este procedimiento, el más utilizado y efectivo es el formol al 10%, y consiste en aplicar encima del sustrato, se deja airear por un día y taparlo con un plástico en un lapso de 24 a 48 horas, seguidamente se procede a sembrar. También recomiendan desinfectar con agua hervida, ácido nítrico, ácido sulfúrico, etc. (Goitia, 2003, pp.159).

## CAPITULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Caracterización del lugar

##### 2.1.1. Localización

La presente investigación se realizó en el vivero de la Facultad de Recursos naturales de la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo en el km 1.5 Panamericana Sur.

##### 2.1.2. Zona ecológica

Las semillas fueron recolectadas de árboles semilleros que se encuentran en el parque ecológico de la ciudad de Riobamba.

##### 2.1.3. Condiciones climáticas

- **Temperatura:** Temperatura media anual es de 14°C.
- **Precipitación:** la precipitación promedio anual es de 561 mm.
- **Altitud:** 2820 msnm.

#### 2.2. Materiales y equipos

##### 2.2.1. Materiales de campo

- Fundas de polietileno 6 x 4 pulgadas
- Azadón
- Cinta métrica
- Sacos
- Regaderas
- Carretilla

- Saranda
- Palillos
- Manguera

#### **2.2.2. *Insumos***

- Tierra negra
- Humus de Lombriz
- Arena de río
- Desinfectante de sustrato (Vitavax)

#### **2.2.3. *Material experimental***

- Tres tipos de sustratos
- Tres métodos pregerminativos
- Semillas de *Acacia Melanoxylon* R.Br.

#### **2.2.4. *Materiales de oficina***

- Software informático
- Computadora
- Lápiz
- Papel boom
- Cinta adhesiva
- CD
- Bibliografías
- Cámara fotográfica
- Calculadora
- Marcadores

### **2.3. *Metodología***

La presente investigación se realizó en dos fases:

Para el cumplimiento del primer objetivo:

### **2.3.1. Primera fase: Germinación**

#### *2.3.1.1. Recolección de sustratos*

- **Tierra Negra**

Se recolectó de los terrenos agrícolas del cantón Colta.

- **Arena**

Se obtuvo del río de la localidad.

- **Humus de lombriz**

Se obtuvo de los sectores aledaños en donde practican la lombricultura.

#### *2.3.1.2. Preparación del sustrato*

Cada uno de los sustratos se preparó según el método de tratamiento propuesto en el estudio.

- 50% de tierra negra más 25% de arena.
- 75% tierra negra más 25% humus de lombriz.
- 50% tierra negra más 25% arena más 25% humus de lombriz.

Los sustratos mencionados fueron llevados hasta el vivero para proceder a combinarlos.

#### *2.3.1.3. Llenado de fundas*

Una vez hecha la combinación de sustratos por cada tratamiento, se procedió al llenado de fundas de color negro de 6 x 4 pulgadas, y luego se ubicó en la cama de germinación, basándonos en el sorteo del DBCA.

#### *2.3.1.4. Desinfección del sustrato*

Este proceso se realizó cuando las fundas estaban llenas con la unidad experimental, para lo cual se utilizó el fungicida sistémico Vitavax, por cada litro de agua se empleó 1 ml.

#### *2.3.1.5. Obtención de semillas*

Para este estudio se ocupó semillas de acacia negra (*Acacia melanoxylon* R. Br), las mismas que fueron obtenidas de la zona de Parque Ecológico de la ciudad de Riobamba. Las semillas fueron recolectadas de árboles semilleros diferentes y maduros.

#### *2.3.1.6. Prueba de germinación*

Para determinar el poder germinativo de las semillas, estas fueron sometidas a una prueba de germinación, el cual consistió en poner en remojo en agua a temperatura ambiente y este valor se expresó en porcentaje.

#### *2.3.1.7. Tratamientos pre-germinativos*

- **Escarificación con ácido nítrico**

Para este proceso se utilizó 15% de ácido nítrico y el 85% de agua destilada, los cuales se colocó en un vaso de vidrio, y posteriormente se procedió a colocar las semillas en remojo durante un periodo de 5 minutos para después sembrar.

- **Tratamiento con agua caliente**

En una olla se puso una cantidad suficiente de agua y se dejó hervir durante 5 minutos, seguidamente se procedió a sumergir las semillas durante 3 minutos, pasado este tiempo se procedió a sembrar.

- **Tratamiento con agua fría**

En un recipiente con agua a temperatura ambiente se dejó en remojo las semillas de acacia por un periodo de 72 horas, transcurrido este tiempo se procedió a sembrar, procurando que los tres tratamientos estén listos para ser sembrados simultáneamente.

#### *2.3.1.8. Siembra*

El proceso de siembra se realizó de forma manual y simultánea, con la finalidad de que los tres tratamientos sean sembrados el mismo día. En cada funda se colocó 3 semillas con una profundidad de 0,5 cm, luego de esto se cubrió la cama de germinación con saranda.

#### *2.3.1.9. Riegos*

El riego se realizó los martes y los viernes de cada semana, según las necesidades hídricas del cultivo y se utilizó regaderas de mano y manguera.

#### *2.3.1.10. Métodos de evaluación y datos a tomar*

En esta fase se evaluó las variables, tiempo de germinación y porcentaje de germinación, de este modo determinar la efectividad de los sustratos y los métodos pregerminativos aplicados en esta investigación.

#### *2.3.1.11. Tiempo de germinación*

La evaluación se realizó durante 35 días mediante observaciones frecuentes donde se identificó el tiempo de germinación de las semillas.

#### *2.3.1.12. Porcentaje de germinación*

Este valor se determinó mediante el registro del número de semillas germinadas durante los 35 días de observaciones en relación al número de semillas sembradas en cada tratamiento, para lo cual se aplicó la siguiente fórmula.

$$\% \text{ germinación} = \frac{\# \text{ de semillas germinadas}}{\# \text{ de semillas sembradas}} \times 100$$

Para el cumplimiento del segundo objetivo:

### **2.3.2. Segunda fase:** Crecimiento de las plántulas

En base a los resultados obtenidos en la primera fase se continuó con las labores culturales como:

#### *2.3.2.1. Riegos*

El riego se realizó los martes y los viernes de cada semana, según las necesidades hídricas del cultivo y se utilizó regaderas de mano y manguera.

#### *2.3.2.2. Raleo*

Esta actividad consistió en eliminar manualmente las plantas más débiles a los 45 días de su brotación.

#### *2.3.2.3. Control de malezas*

Esta actividad se realizó manualmente, cuando en los tratamientos se observaron malezas.

#### *2.3.2.4. Control fitosanitario*

En el tiempo que se llevó a cabo esta investigación, que fueron 75 días, no existieron plagas ni enfermedades, por lo que no se realizó ningún control fitosanitario.

#### *2.3.2.5. Métodos de evaluación y datos tomados*

- **Altura de planta**

Esta variable se midió desde la base de la planta hasta el ápice, a los 45, 60 y 75 días después de su siembra, para ello se empleó una regla graduada y su valor se expresó en centímetros.



- **Diámetro de tallo**

Esta variable se evaluó a los 45, 60 y 75 días después de su siembra, para ello se utilizó una cinta métrica, que se ubicó debajo de las primeras hojas, y este valor se expresó en milímetros.

- **Número de hojas**

Esta variable se evaluó a los 45, 60 y 75 días después de su siembra, y consistió en contar todas las hojas de la planta y se realizó de forma manual.

- **Longitud de hoja**

Esta variable se evaluó a los 45, 60 y 75 días, y consistió en medir la longitud de tres hojas por planta, desde la vaina hasta el ápice, para posteriormente calcular su promedio, para ello se utilizó una regla graduada y su valor se expresó en milímetros.

- **Longitud de la raíz principal**

Esta variable se evaluó a los 75 días, tiempo en el que se efectuó esta investigación, en 3 plantas seleccionadas con un vigor alto, las mismas que fueron lavadas, secadas y finalmente se tomó su longitud utilizando una regla graduada y se expresó en centímetros.

- **Porcentaje de sobrevivencia**

Para esta variable se contabilizó las plantas que sobrevivieron en todos los tratamientos en investigación a los 75 días, y este valor se expresó en porcentaje.

## 2.4. Factores en estudio

**Tabla 1-2:** Factor A: Método pre-germinativo según el siguiente detalle

<b>Código</b>	<b>Detalle</b>
<b>An</b>	Escarificación de la semilla con ácido nítrico.

<b>Ac</b>	Tratamiento con agua caliente por tres minutos.
<b>Af</b>	Remojo en agua fría por 48 horas.

Realizado por: Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

**Tabla 2-2:** Factor B: Sustratos orgánicos según el siguiente detalle

<b>Código</b>	<b>Detalle</b>
<b>TnA</b>	75% de tierra negra 25 % de arena.
<b>TnH</b>	75 % de tierra negra 25 % de humus de lombriz.
<b>TnAH</b>	50% de tierra negra más 25% de arena y 25 % de humus de lombriz.

Realizado por: Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

## 2.5. Tratamiento

**Tabla 3-2:** Combinación de los factores Ax<sub>B</sub>+ 1 testigo según el siguiente detalle

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Detalle</b>
T1	AnTnA	Semilla escarificada más sustrato 75% de tierra negra + 25% de arena.
T2	AnTnH	Semilla escarificada más sustrato 75% de tierra negra + 25% de humus de lombriz.
T3	AnTnAH	Semilla escarificada más sustrato 50% de tierra negra + 25% de arena + 25 de humus de lombriz.
T4	AcTnA	Semilla tratada con agua caliente más sustrato 75% de tierra negra + 25% de arena.
T5	AcTnH	Semilla tratada con agua caliente más sustrato 75% de tierra negra + 25% de humus de lombriz.
T6	AcTnAH	Semilla tratada con agua caliente más sustrato 50% de tierra negra + 25% de arena + 25 de humus de lombriz.
T7	AfTnA	Semilla en remojo con agua fría por 72 horas más sustrato 75% de tierra negra + 25% de arena.
T8	AfTnH	Semilla en remojo con agua fría por 72 horas más sustrato 75% de tierra negra + 25% de humus de lombriz.

T9	AfTnAH	Semilla en remojo con agua fría por 72 horas más sustrato 50% de tierra negra + 25% de arena + 25 de humus de lombriz.
T10	SfTn	Testigo semillas sin ningún tratamiento (Solo tierra negra)

Realizado por: Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

## 2.6. Procedimiento

**Tabla 4-2:** Procedimiento

Tipo de diseño	DBCA en arreglo factorial 3 x 3 + 1 x 3
Número de localidades	1
Número de tratamiento	10
Número de repeticiones	3
Número de unidades experimentales	30
Números de plantas por unidad experimental	10
Número de plantas total unidad experimental	300
Área total de la investigación	4,68 m <sup>2</sup>
Distancia entre unidad investigativa	15 cm

Realizado por: Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

## 2.7. Tipos de análisis

a. Análisis de varianza (ADEVA) según el siguiente detalle:

**Tabla 5-2:** Esquema de análisis de varianza (ADEVA)

Fuente de variación	Grados de libertad
Total (t x r) -1	29
Repeticiones (r-1)	2
Tratamientos (t -1)	9
Factor A Métodos Pregerminativos (a-1) Factor B	2
Sustratos (b-1)	2
Factor A x B	4
Testigo	1
Error. Exp. (t-1) (r-1)	18

Realizado por: Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

- b. Prueba Tukey 5% para comparar interacción de factores y promedio factor A, factor B.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 3.1. Porcentaje de germinación

**Tabla 6-3:** Efecto de la interacción del sustrato y tratamientos pregerminativos en la media del porcentaje de germinación a los 35 días

<b>Porcentaje de germinación a los 35 días</b>			
<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rango</b>	
<b>T4:</b> Semilla tratada con agua caliente + Tierra negra + arena	90,00	A	
<b>T6:</b> Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + arena + humus de lombriz.	86,67	A	
<b>T5:</b> Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + humus de lombriz.	66,67	A	
<b>T1:</b> Semilla escarificada + tierra negra + arena.	13,33		B
<b>T10:</b> Testigo semillas sin ningún tratamiento (Solo tierra negra)	10,00		B
<b>T8:</b> Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + humus de lombriz.	6,67		B
<b>T3:</b> Semilla escarificada + tierra negra + arena + humus de lombriz.	3,33		B
<b>T2:</b> Semilla escarificada + tierra negra + humus de lombriz.	3,33		B
<b>T9:</b> Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena + humus de lombriz.	3,33		B
<b>T7:</b> Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena.	0		B
<b>Media general:</b>	28,333	<b>CV:</b>	35,88

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Realizado por:** Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

Como se observa en la tabla 6-3, mediante la prueba de Tukey al 5% se observa que los datos se agrupan en dos rangos. En el rango A encontramos a los tratamientos T4: Semilla tratada con agua caliente + Tierra negra + arena con una media de 90,00%, T6: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 86,67% y el tratamiento T5: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + humus de lombriz con una media de 66,67%. En el rango B encontramos a los tratamientos T1: Semilla escarificada + tierra negra + arena con una media de 13,33%, T10: Testigo semillas sin ningún tratamiento (Solo tierra negra) con una media de 10,00%, T8: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + humus de lombriz con una media de 6,67%, T3: Semilla escarificada + tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 3,33%, T2: Semilla escarificada + tierra negra + humus de lombriz con una media de 3,33%, T9: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 3,33% y el tratamiento T7: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena con el 0%, dando como porcentaje total del 28,33 % de germinación de *Acacia melanoxylon* a los 35 días después de la siembra.

Se puede observar que, en esta variable, indica que el tratamiento pre-germinativo con Agua caliente (Ac) tiene un mayor porcentaje de germinación, demostrando que al remojar las semillas en agua hervida durante 3 minutos, la capa dura de la misma se puede ablandar en un período de tiempo más corto, y así acelerar y asegurar su germinación, sin embargo, los tratamientos previos, Ácido nítrico (An) y Agua fría (Af) presentaron un porcentaje bajo a comparación del Agua caliente (Ac), en este caso podríamos decir que algunas semillas tratadas no tuvieron una buena hidratación.

Por su parte (Pomier, 2006: pp. 49), presenta un promedio máximo de 61,50 % de germinación en *Acacia melanoxylon*, sometiendo las semillas a un remojo en agua hervida durante 1 minuto más la combinación de tres sustratos como tierra del lugar, tierra vegetal y arena fina, estos resultados son inferiores a los que se obtuvo en esta investigación, esto se debe a que el agua caliente provocó la ruptura de la capa dura de la semilla lo que favoreció la salida del embrión.

Mientras que (Cruz, 2009: pp. 54), obtuvo un porcentaje de germinación de 25,25 %, en semillas de *Acacia melanoxylon*, los cuales fueron remojados en agua a 10°C, valor que resulta superior al alcanzado por el tratamiento pre germinativo en agua fría, en este caso se puede decir que algunas semillas tratadas no tuvieron una buena hidratación, ya que la capa dura impide la entrada del agua. En cuanto a la preparación de los tres sustratos, el factor B no presenta mayores diferencias, ya que la mayoría de semillas sembradas con el tratamiento pre-germinativo Ac germinaron, por lo que se podría decir que los sustratos aplicados en la investigación, no tienen mayor influencia en la germinación.

En la opinión de (Bowen & Eusebio, 1981) ciertas especies de acacias requieren de un tratamiento más estricto, debido a esto podemos deducir que, al someter a las semillas en agua hervida durante 3 minutos, la cubierta de la semilla se suaviza y permite que los tejidos absorban la cantidad adecuada de agua, y así facilita su germinación.

De acuerdo con (Kemp, 1975), se ha observado buenos resultados en las leguminosas al someter las semillas en agua hirviendo, el cual consiste en colocar las semillas en agua hirviendo, después de unos minutos retirar del fuego y dejar que se enfríe, para luego colocar las semillas en agua fría por un periodo de 12 horas, debido a la imbibición se van hinchando las semillas.

### 3.2. Altura de plantas a los 45, 60 y 75 días (cm)

**Tabla 7-3:** Efecto de la interacción del sustrato y tratamientos pregerminativos en la media de la altura de las plantas a los 45 y 60 días

Altura a los 45 días			Altura a los 60 días		
Tratamiento	Media	Rango	Tratamiento	Media	Rango
T1: Semilla escarificada + tierra negra + arena.	3,35	A	T1:	5,85	A
T3: Semilla escarificada + de tierra negra + arena + humus de lombriz.	2,50	A B	T2:	5,20	A B
T2: Semilla escarificada + tierra negra + humus de lombriz.	2,50	A B	T8:	5,00	A B
T9: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena + humus de lombriz.	2,50	A B	T9:	4,80	A B
T7: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena.	2,30	A B	T3:	4,60	A B
T5: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + humus de lombriz	2,17	A B	T4:	4,30	A B
T6: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + arena + humus de lombriz.	2,16	A B	T7:	4,20	A B
T4: Semilla tratada con agua caliente + Tierra negra + arena	2,09	B	T6:	3,94	A B
T8: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + humus de lombriz.	2,00	B	T5:	3,90	A B
T10: Testigo semillas sin ningún tratamiento (Solo tierra negra)	1,97	B	T10:	3,57	B
<b>Media general:</b>		2,35	<b>Media general:</b>		4,54

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Realizado por:** Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

### **3.2.1. Interacción de factores (A x B) en la variable altura de las plantas a los 45 días**

Como se observa en la tabla 7-3, mediante la prueba de Tukey al 5% se observa que los datos se agrupan en dos rangos. En el rango A encontramos a los tratamientos T1: Semilla escarificada + tierra negra + arena con una media de 3,35 cm, T3: Semilla escarificada + de tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 2,50 cm, T2: Semilla escarificada + tierra negra + humus de lombriz con una media de 2,50 cm, T9: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 2,50 cm, T7: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena con una media de 2,30 cm, T5: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + humus de lombriz con una media de 2,17 cm, y el tratamiento T6: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 2,16 cm. En el rango B los tratamientos T3: Semilla escarificada + de tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 2,50 cm, T2: Semilla escarificada + tierra negra + humus de lombriz con una media de 2,50 cm, T9: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 2,50 cm, T7: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena con una media de 2,30 cm, T5: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + humus de lombriz con una media de 2,17 cm, T6: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 2,16 cm, T4: Semilla tratada con agua caliente + Tierra negra + arena con una media de 2,09 cm, T8: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + humus de lombriz con una media de 2,00 cm, y el tratamiento T10: Testigo semillas sin ningún tratamiento (Solo tierra negra) con una media de 1,97 cm (Tabla 7-3).

En base a estos resultados podemos decir que, el promedio más elevado de la altura de las plantas a los 45 días se evaluó en el tratamiento T1 compuesto por Semilla escarificada con ácido nítrico durante 5 minutos + tierra negra + arena con un promedio de 3,35 cm y el valor más bajo se registró en el tratamiento T10, tratamiento testigo compuesto por semillas sin ningún tratamiento (Solo tierra negra) con 1,97 cm, caracterizándose por un crecimiento lento de las plántulas resultantes, con el riesgo de obtener y no obtener plántulas, ya que es considerada un método antiguo por la siembra directa y sin ningún método pre germinativo (Weaver, 1993).

### **3.2.2. Interacción de factores (A x B) en la variable altura de las plantas a los 60 días**

Como se observa en la tabla 7-3, mediante la prueba de Tukey al 5% se observa que los datos se agrupan en dos rangos. En el rango A encontramos a los tratamientos T1: Semilla escarificada + tierra negra + arena con una media de 5,85 cm, T2: Semilla escarificada + tierra negra + humus de lombriz



con una media de 5,20 cm, T8: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + humus de lombriz con una media de 5,00 cm, T9: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 4,80 cm, T3: Semilla escarificada + de tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 4,60 cm, T4: Semilla tratada con agua caliente + Tierra negra + arena con una media de 4,30 cm, T7: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena con una media de 4,20 cm, T6: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 3,94 cm, y el tratamiento T5: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + humus de lombriz con una media de 3,90 cm. En el rango B los tratamientos T2: Semilla escarificada + tierra negra + humus de lombriz con una media de 5,20 cm, T8: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + humus de lombriz con una media de 5,00 cm, T9: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 4,80 cm, T3: Semilla escarificada + de tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 4,60 cm, T4: Semilla tratada con agua caliente + Tierra negra + arena con una media de 4,30 cm, T7: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena con una media de 4,20 cm, T6: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 3,94 cm, T5: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + humus de lombriz con una media de 3,90 cm y el tratamiento T10: con una media de 3,57 cm (Tabla 7-3).

En base a estos resultados podemos decir que, el promedio más elevado de la altura de las plantas a los 60 días se evaluó en el tratamiento T1 compuesto por Semilla escarificada con ácido nítrico durante 5 minutos + tierra negra + arena con un promedio de 5,85 y el valor más bajo se registró en el tratamiento T10: Testigo semillas sin ningún tratamiento (Solo tierra negra) con un promedio de 3,57 cm (Tabla 7-3).

Los resultados de los tratamientos en esta variable a los 45 y 60 días fue altamente significativo, es decir la respuesta de los métodos pre germinativos para esta variable dependió del tipo de sustrato. En base a estos resultados se puede decir que la efectividad de la escarificación de las semillas en ácido nítrico y la tierra negra más arena más humus de lombriz como factores principales nos permiten obtener plantas más altas y vigorosas, mientras que a los 75 días no hubo interacción de factores (Tabla 8-3).

### 3.2.3. Altura de las plantas a los 75 días

**Tabla 8-3:** Análisis de varianza para la variable altura de las plantas a los 75 días

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,71	9	0,97	1,43	0,1921 NS
Tratamientos	8,71	9	0,97	1,43	0,1921 NS
Error	48,78	72	0,68		
Total	57,5	81			

**Realizado por:** Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

NS= No significativo

En la tabla 8-3 se observa el análisis de varianza, donde los tratamientos que fueron evaluados no tuvieron diferencias significativas con relación a la variable altura de las plantas, por lo que el comportamiento fue homogéneo durante el tiempo que duró la investigación. Es decir, los tratamientos aplicados a las semillas no tuvieron un efecto determinante en esta variable.

#### 3.2.3.1. FACTOR A: Métodos pregerminativos a los 75 días

**Tabla 9-3:** Media de la altura de las plantas a los 75 días, que fueron sometidas a tres tratamientos pregerminativos

Altura a los 75 días		
M pre germinativo	Media	Rango
Af: agua fría	7,73	A
Ac: agua caliente	7,08	A B
An: escarificación con ácido nítrico	6,48	B

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Realizado por:** Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

Como se puede observar en la Tabla 9-3, los tratamientos pre germinativos aplicados en esta investigación presentaron un efecto altamente significativo en cuanto a la variable altura de las plantas evaluados a los 75 días.

Al aplicar la prueba de Tukey al 5%, se observa que los datos se agrupan en dos rangos. En el rango A, encontramos a los métodos pregerminativos Af: agua fría con una media de 7,73 cm, Ac: agua caliente con 7,08 cm y en el rango B los métodos pregerminativos Ac: agua caliente con una media de 7,08 cm, y An: escarificación con ácido nítrico con una media de 6,48 cm (Tabla 9-3).

El promedio más alto a los 75 días se registró en el método pre germinativo Af: agua fría con 7,73cm, y las plantas más pequeñas se registraron en el método pre germinativo An: escarificación con ácido nítrico con 6,48 cm (Tabla 10-3).

Los resultados obtenidos por los métodos pregerminativos aplicados en esta investigación, fueron inferiores a comparación con los valores obtenidos por (Pomier, 2006: pp. 57), quien en su investigación presenta un valor máximo de 14,41 cm de altura en *Acacia melanoxylon*, mediante el tratamiento pre germinativo remojo en agua hervida durante 1 minuto, por lo que se puede decir que el tratamiento pre-germinativo, aplicado a la semilla, influye en el crecimiento en altura de las plantas de acacia.

Por su parte (Incapoma, 2006: pp. 63) obtuvo un promedio máximo de 7,81 cm de altura en *Acacia melanoxylon*, en donde se aplicó la escarificación mecánica, para posteriormente dejar las semillas en remojo en agua caliente por un periodo de 12 horas.

### 3.2.3.2. FACTOR B: Tipos de sustratos a los 75 días

**Tabla 10-3:** Media de la altura de las plantas a los 75 días, que fueron sometidas a tres tipos de sustratos

Altura a los 75 días	
Sustrato	Media
TnA: tierra negra + arena	7,23
TnH: tierra negra + humus de lombriz	7,11
TnAH: tierra negra + arena + humus de lombriz	6,86

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Realizado por:** Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

Los resultados de los tipos de sustratos aplicados para esta variable, evaluados a los 75 días, no tuvieron un efecto significativo, es decir, esta variable no dependió de los tipos de sustratos.

El promedio más alto a los 75 días se registró en el sustrato TnA compuesto por tierra negra + arena con 7,23cm, las plantas más pequeñas se registraron en el tratamiento TnAH compuesto por tierra negra + arena + humus con 6,86 cm (Tabla 10-3). Esto nos demuestra que la tierra negra en

combinación con la arena, ayudó a que las plantas presenten una mayor altura, debido a que estos sustratos presentan óptimas características como físicas, químicas y biológicas.

Estos resultados son inferiores a los que obtuvo (Pomier 2006: pp. 57-58), quien presenta una altura máxima de 12,51 cm utilizando tierra del lugar + tierra vegetal + arena fina, el autor no señala a los cuántos días se registró este valor.

Por su parte (Marca, 2001), atribuye el crecimiento de las plantas a la presencia de la materia orgánica en los suelos ya que actúa como un granulador en las partículas minerales y su presencia es indispensable para obtener una buen crecimiento y producción de plantas.

### 3.3. Diámetro del tallo a los 45, 60 y 75 días (mm)

**Tabla 11-3:** Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo a los 45 días

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	2,15	9	0,24	1,03	0,4245 NS
Tratamientos	2,15	9	0,24	1,03	0,4245 NS
Error	17,14	74	0,23		
Total	19,29	83			

**Realizado por:** Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

NS= No significativo

En la tabla 11-3 se observa el análisis de varianza, donde los tratamientos evaluados no presentan diferencias significativas con relación al diámetro del tallo, en este caso se podría decir que el comportamiento fue uniforme durante el tiempo que duró la investigación. Es decir, los tratamientos aplicados a las semillas no tuvieron un efecto determinante en esta variable.

**Tabla 12-3:** Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo a los 60 días

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	1,54	9	0,17	0,7	0,7042 NS
Tratamientos	1,54	9	0,17	0,7	0,7042 NS

Error	17,49	72	0,24		
Total	19,02	81			

**Realizado por:** Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

NS= No significativo

En la tabla 12-3 se observa el análisis de varianza, donde los tratamientos evaluados no presentan diferencias significativas con relación al diámetro del tallo, en este caso se podría decir que el comportamiento fue uniforme durante el tiempo que duró la investigación. Es decir, los tratamientos aplicados a las semillas no tuvieron un efecto determinante en esta variable.

**Tabla 13-3:** Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo a los 75 días

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	53,16	9	5,91	0,28	0,9792 NS
Tratamientos	53,16	9	5,91	0,28	0,9792 NS
Error	1538,9	72	21,37		
Total	1592,06	81			

**Realizado por:** Janneth A, Curichumbi B. 2021.

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

NS= No significativo

En la tabla 13-3 se observa el análisis de varianza, donde los tratamientos evaluados no presentan diferencias significativas con relación al diámetro del tallo, en este caso se podría decir que el comportamiento fue uniforme durante el tiempo que duró la investigación. Es decir, los tratamientos aplicados a las semillas no tuvieron un efecto determinante en esta variable.

**3.3.1. FACTOR A: Métodos pregerminativos en la variable diámetro del tallo a los 45, 60 y 75 días**

**Tabla 14-3:** Media del diámetro del tallo a los 45, 60 y 75 días, que fueron sometidas a tres tratamientos pregerminativos

Diam 45 días		Diam 60 días		Diam 75 días	
M pre germinativo	Media	M pre germinativo	Media	M pre germinativo	Media
Af: Agua fría	4,80	Af:	4,00	Ac:	4,50
Ac: Agua caliente	4,63	An:	3,75	An:	4,00
An: Ácido nítrico	4,50	Ac:	3,60	Af:	3,67

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Realizado por:** Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

Los tratamientos pre germinativos aplicados en esta investigación en cuanto a esta variable, no tuvieron un efecto significativo a los 45, 60 y 75 días, se podría decir que los métodos pregerminativos aplicados no dependieron de los tipos de sustrato.

A aplicar la prueba de Tukey al 5%, a través del tiempo los valores altos en cuanto a la variable diámetro del tallo, se evaluó en el método Af que consistió en remojar las semillas de acacia en agua fría durante 72 horas obteniendo una media de 4,80 mm a los 45 días; una media de 4,00 mm a los 60 días y a los 75 días en el método Ac: tratamiento de las semillas con agua caliente durante 3 minutos con una media de 4,50 mm (Tabla 14-3).

Con el tiempo el promedio del diámetro del tallo menor se registró en el método An: escarificación con ácido nítrico durante 5 minutos con 4,50 mm a los 45 días, en el método Ac: tratamiento con agua caliente durante 3 minutos con 3,60 mm a los 60 días y en el método Af: remojo en agua fría durante 72 horas con 3,67 mm (Tabla 14-3).

En base a estos resultados se puede decir que la efectividad de la semilla tratada con agua caliente + tierra negra + arena + humus de lombriz como factores principales influyeron para obtener un valor alto en cuanto al diámetro de las plantas al final de esta investigación.

### 3.3.2. FACTOR B: Tipos de sustratos en la variable diámetro del tallo a los 45, 60 y 75 días

**Tabla 15-3:** Media del diámetro del tallo a los 45, 60 y 75 días, que fueron sometidas a tres tipos de sustratos

Diam 45 días		Diam 60 días		Diam 75 días	
Sustrato	Media	Sustrato	Media	Sustrato	Media
TnH: Tierra negra + humus	4,73	TnH:	3,72	TnAH:	5,54
TnAH: Tierra negra + arena + humus	4,67	TnAH:	3,58	TnA:	3,93
TnA: Tierra negra + arena	4,50	TnA:	3,57	TnH:	3,88

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Realizado por:** Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

Los resultados de los tipos de sustratos aplicados en esta investigación, para la variable diámetro del tallo, no tuvieron un efecto significativo a los 45, 60 y 75 días.

Los promedios más elevados del diámetro de los tallos, se registró a los 45 y 60 días en el tratamiento TnH: Tierra negra + humus con 4,73 mm y 3,72 mm respectivamente; y en el tratamiento TnAH: Tierra negra + arena + humus con 5,54 mm a los 75 días (Tabla 15-3).

Con el tiempo, los valores más bajos se registraron a los 45 y 60 días en el tratamiento TnA: Tierra negra + arena con 4,50 mm y 3,57 mm respectivamente; y en el tratamiento TnH: Tierra negra + humus con 3,88 mm a los 75 días (Tabla 15-3).

Por su parte (Marca, 2001), atribuye el crecimiento de las plantas a la presencia de la materia orgánica en los suelos ya que actúa como un granulador en las partículas minerales y su presencia es indispensable para obtener una buen crecimiento y producción de plantas, esto nos demuestra que la tierra negra en combinación con el humus de lombriz que quizá tuvo un contenido más alto de macro y micronutrientes, lo que influyó en el crecimiento en diámetro del tallo de acacia negra.

### 3.4. Número de hojas a los 45, 60 y 75 días

**Tabla 16-3:** Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 45 días

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,03	9	0,67	0,64	0,7616 NS
Tratamientos	6,03	9	0,67	0,64	0,7616 NS

Error	77,78	74	1,05		
Total	83,81	83			

Realizado por: Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

NS= No significativo

En la tabla 16-3 se observa el análisis de varianza, donde los tratamientos evaluados no presentan diferencias significativas en cuanto al número de hojas, en este caso se podría decir que el comportamiento fue uniforme durante el tiempo que duró la investigación. Es decir, los tratamientos aplicados a las semillas no tuvieron un efecto determinante en esta variable.

**Tabla 17-3:** Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 60 días

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	122,99	9	13,67	0,8	0,6181 NS
Tratamientos	122,99	9	13,67	0,8	0,6181 NS
Error	1230,97	72	17,1		
Total	1353,95	81			

Realizado por: Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

NS= No significativo

En la tabla 17-3 se observa el análisis de varianza, donde los tratamientos evaluados no presentan diferencias significativas en cuanto al número de hojas, en este caso se podría decir que el comportamiento fue uniforme durante el tiempo que duró la investigación. Es decir, los tratamientos aplicados a las semillas no tuvieron un efecto determinante en esta variable.

### 3.4.1. FACTOR A: Métodos pregerminativos en la variable número de hojas a los 45 y 60 días

**Tabla 18-3:** Media del número de hojas a los 45 y 60 días, que fueron sometidas a tres tratamientos pregerminativos

Número de hojas 45 días		Número de hojas 60 días		
M pre germinativo	Media	M pre germinativo	Media	Rango



Af: agua fría	11,60	Af :	22,00	A
Ac: agua caliente	11,03	Ac:	19,06	A B
An: escarificación con ácido nítrico	10,50	An:	15,00	B

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Realizado por:** Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

En esta variable, no se registraron diferencias significativas de los tipos de métodos pregerminativos, a los 45 y altamente significativas a los 60 días.

Al aplicar la prueba de Tukey al 5%, a los 60 días los datos se agrupan en dos rangos. En el rango A los métodos pregerminativos Af: agua fría con una media de 22,00 hojas y Ac: agua caliente con una media de 19,06 con una media de 19.06 y en el rango B los métodos pregerminativos Ac: agua caliente y An: escarificación con ácido nítrico con una media de 15,00 hojas (Tabla 18-3).

El mayor número de hojas a los 45 días se registró en el método Af: tratamiento con agua fría durante 72 horas un promedio de 11,60 hojas y el valor más bajo en el método An: escarificación con ácido nítrico durante 5 minutos con una media de 10,50 hojas; a los 60 días el valor más alto se volvió a registrar en el método Af: tratamiento con agua fría durante 72 horas con una media de 22,00 hojas, y el valor más bajo en el método An: escarificación con ácido nítrico durante 5 minutos con una media de 15,00 hojas (Tabla 18-3).

### 3.4.2. **FACTOR B: Tipos de sustratos en la variable número de hojas a los 45 y 60 días**

**Tabla 19-3:** Media del número de hojas a los 45 y 60 días, que fueron sometidas a tres tipos de sustratos

Número de hojas 45 días		Número de hojas 60 días	
Sustrato	Media	Sustrato	Media
TnA: tierra negra + arena	11,14	TnH:	19,76
TnAH: tierra negra + arena + humus	11,11	TnA:	18,79
TnH: tierra negra + humus	10,85	TnAH:	18,38

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Realizado por:** Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

En la variable número de hojas a los 45 y 60 días, podemos decir que no existió un efecto significativo por parte de los tipos de sustratos aplicados en este estudio.

Los promedios más altos a los 45 días se registraron en el sustrato TnA compuesto por tierra negra + arena con un promedio de 11,14 hojas y el valor más bajo en el sustrato TnH compuesto por tierra negra + humus de lombriz con una media de 10,85 hojas; mientras que a los 60 días el valor más alto se registró en el sustrato TnH compuesto por tierra negra + humus con una media de 19,76 hojas y el valor más bajo en el sustrato TnAH compuesto por tierra negra + arena + humus con una media de 18,38 hojas (Tabla 19-3).

### 3.4.3. Interacción de factores (A x B) en la variable número de hojas a los 75 días

**Tabla 20-3:** Efecto de la interacción del sustrato y tratamientos pregerminativos en la media de la altura de las plantas a los 75 días

Número de hojas a los 75 días		
Tratamiento	Media	Rango
T1: Semilla escarificada + tierra negra + arena.	54,00	A
T9: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena + humus de lombriz.	42,00	A B
T5: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + humus de lombriz.	36,35	A B
T10: Testigo semillas sin ningún tratamiento (Solo tierra negra).	33,33	A B
T4: Semilla tratada con agua caliente + Tierra negra + arena.	33,04	A B
T6: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + arena + humus de lombriz.	32,25	A B
T8: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + humus de lombriz.	28,00	B
T2: Semilla escarificada + tierra negra + humus de lombriz.	28,00	B
T3: Semilla escarificada + tierra negra + arena + humus de lombriz.	28,00	B
T7: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena.	26,00	B
Media general:		34,10

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Realizado por:** Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

Como se observa en la tabla 20-3, los resultados nos muestran que existió un efecto altamente significativo a los 75 días, en este caso podemos decir que los métodos pregerminativos dependieron del tipo de sustrato.

Al aplicar la prueba de Tukey al 5%, se observa que los datos se agrupan en dos rangos. En el rango A, se encuentran los tratamientos T1: Semilla escarificada + tierra negra + arena con una media de 54,00 hojas, T9: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 42,00 hojas, T5: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + humus de lombriz con una media de 36,35 hojas, T10: Testigo semillas sin ningún tratamiento (Solo tierra negra) con una media de 33,33 hojas, T4: Semilla tratada con agua caliente + Tierra negra + arena con una media de 33,04 hojas, y el tratamiento T6: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 32,25 hojas. El rango B los tratamientos T9: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 42,00 hojas, T5: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + humus de lombriz con una media de 36,35 hojas, T10: Testigo semillas sin ningún tratamiento (Solo tierra negra) con una media de 33,33 hojas, T4: Semilla tratada con agua caliente + Tierra negra + arena con una media de 33,04 hojas, T6: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 32,25 hojas, T8: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + humus de lombriz con una media de 28,00 hojas, T2: Semilla escarificada + tierra negra + humus de lombriz con una media de 28,00 hojas, T3: Semilla escarificada + tierra negra + arena + humus de lombriz con una media de 28,00 hojas y el tratamiento T7: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena con una media de 26,00 hojas (Tabla 20-3).

El mejor tratamiento en esta variable a los 75 días fue el tratamiento T1: Semilla escarificada + tierra negra + arena con 54 hojas y el valor más bajo fue en el tratamiento T7: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena con 26 hojas (Tabla 20-3).

Por su parte (Incapoma, 2006: pp. 68-67), presenta un promedio máximo de 9,99 hojas en *acacia melanoxyton* mediante escarificación mecánica complementada con remojo en agua fría durante 12 horas, el cual no especifica el tipo de sustrato utilizado, estos resultados son inferiores a los valores que se obtuvo a los 45 días en esta investigación y se podría decir que se observa una mayor efectividad a través del tiempo al remojar las semillas de acacia en agua fría durante 72 horas lo cual es lógico porque ayuda a aportar humedad al embrión y a desarrollar el sistema radicular, y esto, está relacionada con el crecimiento de las plantas, por lo que cada planta tiene más hojas.

De acuerdo con (Pastrana, 2004), Acacia negra tiene mayor posibilidad de un rápido crecimiento y desarrollo de sus órganos, cuando el suelo tiene una mejor estructura y humedad, ya que las plantas

utilizan los nutrientes y materia orgánica del sustrato, los que son absorbidos por las raíces y asimilados por las hojas, para apoyar el desarrollo del proceso fotosintético.

Es evidente que el sustrato TnH compuesto por tierra negra + humus es el sustrato más óptimo, esto gracias a las características físicas, químicas y biológicas que posee. En el sustrato TnAH compuesto por tierra negra + arena + humus, se presentó el menor número de hojas, esto quizá se debe a que, con el tiempo, debido a que no hay una cantidad adecuada de macro y micronutrientes, las plantas son más pequeñas y el número de hojas es menor.

En base a estos resultados podemos decir que los datos obtenidos en esta variable son gracias a los sustratos empleados en esta investigación, ya que algunos autores citados mencionan la importancia del sustrato en el desarrollo de la parte aérea de una planta.

### 3.5. Longitud de las hojas en mm a los 45, 60 y 75 días

**Tabla 21-3:** Análisis de varianza para la variable longitud de las hojas a los 45 días

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,92	9	0,21	0,53	0,8486 NS
Tratamientos	1,92	9	0,21	0,53	0,8486 NS
Error	29,89	74	0,4		
Total	31,81	83			

**Realizado por:** Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

NS= No significativo

La Tabla 21-3, se observa el análisis de varianza, en el cual los tratamientos evaluados no difirieron significativamente en la longitud de la hoja, en este caso se podría decir que, el comportamiento durante el período de la investigación fue homogéneo. Es decir, el tratamiento aplicado a la semilla no influye de forma decisiva en esta variable.

**Tabla 22-3:** Análisis de varianza para la variable longitud de las hojas a los 60 días

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	2,64	9	0,29	0,64	0,7567 NS
Tratamientos	2,64	9	0,29	0,64	0,7567 NS
Error	32,87	72	0,46		
Total	35,51	81			

**Realizado por:** Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

NS= No significativo

En la tabla 22-3, se observa el análisis de varianza, en el cual los tratamientos evaluados no difirieron significativamente en la longitud de la hoja, en este caso se podría decir que, el comportamiento durante el período de la investigación fue homogéneo. Es decir, el tratamiento aplicado a la semilla no influye de forma decisiva en esta variable.

**Tabla 23-3:** Análisis de varianza para la variable longitud de las hojas a los 75 días

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	5,68	9	0,63	1,12	0,3571 NS
Tratamientos	5,68	9	0,63	1,12	0,3571 NS
Error	40,38	72	0,56		
Total	46,06	81			

**Realizado por:** Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

NS= No significativo

En la tabla 23-3, se observa el análisis de varianza, en el cual los tratamientos evaluados no difirieron significativamente en la longitud de la hoja, en este caso se podría decir que, el comportamiento durante el período de la investigación fue homogéneo. Es decir, el tratamiento aplicado a la semilla no influye de forma decisiva en esta variable.

**3.5.1. FACTOR A: Métodos pregerminativos en la variable longitud de las hojas a los 45, 60 y 75 días**

**Tabla 24-3:** Media de la longitud de las hojas a los 45, 60 y 75 días, que fueron sometidas a tres tratamientos pregerminativos

Long de las hojas 45 días		Long de las hojas 60 días		Long de las hojas 75 días	
M pre germinativo	Media	M pre germinativo	Media	M pre germinativo	Media
Ac: Agua caliente	3,61	Af:	5,67	Ac:	7,47
Af: Agua fría	3,60	Ac:	5,64	An:	7,25
An: Ácido nítrico	3,50	An:	5,50	Af:	6,67

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Realizado por:** Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

En la variable longitud de las hojas a los 45, 60 y 75 días, podemos decir que no existió un efecto significativo por parte de los métodos pregerminativos aplicados en este estudio.

La mayor longitud de hojas a los 45 días se registró en el método Ac que consistió en remojar las semillas de acacia en agua caliente durante 3 minutos con 3,61 mm, el valor más bajo se registró en el método An: escarificación con ácido nítrico durante 5 minutos con una media de 3,50 mm; a los 60 días el valor más alto se registró en el método Af: que consistió en remojar las semillas en agua fría durante 75 horas con una media de 5,67 mm y el valor más bajo en el método An que consistió en la escarificación de las semillas con ácido nítrico durante 5 minutos con una media de 5,50 mm; y a los 75 días el valor más alto fue en el método Ac que consistió en remojar las semillas en agua caliente durante 3 minutos con una media de 7,47 mm y el valor más bajo se registró en el método Af que consistió en remojar las semillas en agua fría durante 72 horas con una media de 6,67 mm (Tabla 24-3).

En la práctica, lo que necesitan los trabajadores del vivero es tener plantas de alta calidad en un período de tiempo más corto para obtener mejores resultados y productividad.

### 3.5.2. FACTOR B: Tipos de sustratos en la variable longitud de la hoja a los 45, 60 y 75 días

**Tabla 25-3:** Media de la longitud de las hojas a los 45, 60 y 75 días, que fueron sometidas a tres tipos de sustratos

Long de las hojas 45 días		Long de las hojas 60 días		Long de las hojas 75 días	
Sustrato	Media	Sustrato	Media	Sustrato	Media
TnA: Tierra negra + arena	3,64	TnAH:	5,69	TnA:	7,54
TnH: Tierra negra + humus	3,62	TnA:	5,61	TnAH:	7,38
TnAH: Tierra negra + arena + humus	3,56	TnH:	5,60	TnH:	7,36

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

**Realizado por:** Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

En la variable longitud de las hojas a los 45, 60 y 75 días, podemos decir que no existió un efecto significativo por parte de los sustratos aplicados en este estudio.

La media más alta en la variable longitud de las hojas, se registró en el sustrato TnA compuesto por tierra negra + arena con 3,64 mm a los 45 días y 7,54 mm a los 75 días; mientras que a los 60 días se registró en el sustrato TnAH compuesto por tierra negra + arena + humus con 5,69 mm (Tabla 25-3).

La media más baja en la variable longitud de las hojas, se registró en el sustrato TnAH compuesto por tierra negra + arena + humus con 3,56 mm a los 45 días y en el sustrato TnH compuesto por tierra negra + humus con 5,60 mm a los 60 días y 7,36 mm a los 75 días (Tabla 25-3).

En base a los resultados obtenidos en esta variable, podemos decir que, el sustrato TnA compuesto por tierra negra + arena, tuvo mayor eficacia ante los otros sustratos aplicados. Como menciona (Zalles, 1988), que la materia orgánica en los suelos proporciona nutrientes, que estos a su vez incrementa la fertilidad del suelo. Así mismo ayuda a retener mayor cantidad de agua, aumentando la porosidad y la aireación del suelo, contribuyendo de esta manera a elevar el grado de filtración y absorción de agua por las plantas y de esta manera aumenta su desarrollo.

La longitud de la hoja depende de la nutrición y la condición de cada planta, como también de la cantidad y calidad de la luz que se le puede dar a la misma, etc. (Muñoz & Vera, 2012: pp. 91).

Por su parte (Gallegos, 1997. pp.11-43), menciona que la importancia de la absorción, depende especialmente de las necesidades creadas por el crecimiento de las partes aéreas, de la concentración de elementos minerales del suelo al contacto de la raíz.

### 3.6. Longitud de las raíces a los 75 días

**Tabla 26-3:** Efecto de la interacción del sustrato y tratamientos pregerminativos en la variable longitud de las raíces a los 75 días

A los 75 días	
Tratamiento	Long de la raíz (cm)
T1: Semilla escarificada + tierra negra + arena	5,20
T4: Semilla tratada con agua caliente + Tierra negra + arena.	3,50
T9: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena + humus de lombriz.	3,30

Realizado por: Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

#### 3.6.1. Interacción de factores (A x B) en la variable longitud de las raíces a los 75 días

Se evaluaron a los 75 días en tres plantas seleccionadas con un vigor alto las mismas que fueron lavadas, secadas y finalmente se tomó su longitud utilizando una regla graduada y se expresó en centímetros (tabla 26-3).

En base a los resultados obtenidos la mayor longitud de raíz se registró en el tratamiento T1 compuesto por semilla escarificadas con ácido nítrico durante 5 minutos + tierra negra + arena con 5,20 cm, mientras que la longitud menor se registró en el T9 compuesto por semilla en remojo con agua fría durante 72 horas + tierra negra + arena + humus de lombriz con 3,30 cm (tabla 26-3).

Estos resultados son superiores a los que presenta (Flores, 2012: pp. 102), quién registró un promedio de 4,76 cm, a los 90 días, en la variable longitud de la raíz, en *acacia melanoxylon* sin ningún tratamiento pre germinativo, utilizando tres tipos de sustratos como turba, tierra del lugar y arena, esto nos demuestra que la combinación de sustratos como tierra negra y arena evitan el endurecimiento, facilitan el crecimiento de las raíces, favorecen la filtración del agua y por ende nos permite obtener una mayor longitud de las raíces, tal como menciona (Marca, 2001).

De acuerdo con (Gross, 1986), señala que el humus ejerce una acción favorable sobre la estructura del suelo, lo cual permite una buena circulación de agua, aire y de las raíces del suelo. Al igual el contenido de materia orgánica, ejerce una acción estimulante muy marcada sobre el crecimiento de las raíces.



### 3.7. Porcentaje de sobrevivencia a los 75 días

**Tabla 27-3:** Efecto de la interacción del sustrato y tratamientos pregerminativos en la variable porcentaje de sobrevivencia a los 75 días

Tratamientos	N de plantas	% de sobrevivencia
T1: Semilla escarificada + tierra negra + arena.	2	6,67
T2: Semilla escarificada + tierra negra + humus de lombriz	1	3,33
T3: Semilla escarificada + tierra negra + arena + humus de lombriz.	1	3,33
T4: Semilla tratada con agua caliente + Tierra negra + arena	25	83,33
T5: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + humus de lombriz	23	76,67
T6: Semilla tratada con agua caliente + tierra negra + arena + humus de lombriz.	24	80,00
T7: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena.	1	3,33
T8: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + humus de lombriz.	1	3,33
T9: Semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena + humus de lombriz	1	3,33
T10: Testigo semillas sin ningún tratamiento (Solo tierra negra)	3	10,00
<b>TOTAL</b>	82	27,33

Realizado por: Curichumbi Betún, Janneth, 2021.

#### 3.7.1. Interacción de factores (A x B) en la variable porcentaje de sobrevivencia a los 75 días

Para esta variable se contabilizó las plantas en pie en cada tratamiento, donde el tratamiento T4 compuesto por semillas tratadas con agua caliente durante 3 minutos + tierra negra + arena presenta el mayor porcentaje de sobrevivencia con 83,33%, seguida por el tratamiento T6 compuesto por semillas tratadas con agua caliente + tierra negra + arena + humus de lombriz con 80,00% (Tabla 27-3).

Mientras que el menor porcentaje se registró en los tratamientos T2 compuesta por semilla escarificada + tierra negra + humus de lombriz, T3 compuesta por semilla escarificada + de tierra

negra + arena + humus de lombriz, T7 compuesta por semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena, T8 compuesta por semilla en remojo con agua fría + tierra negra + humus de lombriz y T9 compuesta por semilla en remojo con agua fría + tierra negra + arena + humus de lombriz, todos con el 3,33% de sobrevivencia (Tabla 27-3).

En base a estos resultados podemos decir que el tratamiento aplicado en esta investigación T4: Semilla tratada con agua caliente + Tierra negra + arena, que nos permitió obtener el mayor porcentaje de germinación a los 35 días, también nos permitió obtener el mayor porcentaje de sobrevivencia al finalizar esta investigación, demostrando que al someter las semillas en agua hervida durante 3 minutos más la combinación de tierra negra y arena influye en el desarrollo y sobrevivencia de las plantas de acacia ya que, al tener mayor cantidad de materia orgánica favoreció en la soltura del suelo, la absorción de nutrientes para el desarrollo de la planta

Estos resultados son inferiores al de (Castro, 2010: pp. 39), quien obtuvo un 93 % de sobrevivencia en acacia *melanoxylon* a los 8 meses después de la siembra, sin ningún tipo de tratamiento pre germinativo y combinando la especie forestal *acacia melanoxylon* con especies agrícolas como fréjol, cebolla y arveja.

#### 4. CONCLUSIONES

Según diferentes análisis, se sintetizan las siguientes conclusiones:

- No todos los tratamientos aplicados en el experimento influyen en el porcentaje de germinación de acacia melanoxydon, ya que el T7 presentó un valor del 0%, mientras que el tratamiento T4 obtuvo el porcentaje mayor de germinación con un 90% el cual es superior a los resultados obtenidos con los tratamientos T1, T2, T3, T5, T6, T8, T9 y T10, dándonos un total de 28,33% de semillas germinadas. El mismo tratamiento T4 favoreció a la variable tiempo de germinación con un valor de 35 días.
- En cuanto al efecto de los tratamientos evaluados en el crecimiento de las plántulas de acacia negra a los 45, 60 y 75 días es positiva, ya que influyeron en la altura, diámetro del tallo y mayor cantidad de hojas.
- Los porcentajes más altos de sobrevivencia a los 75 días, se observaron en el método pre germinativo Ac con una media del 80%.

## 5. RECOMENDACIONES

Según diferentes análisis, se sintetizan las siguientes recomendaciones:

- Para poder obtener un buen resultado en la propagación de acacia negra se recomienda utilizar el método pre germinativo agua caliente durante 3 minutos más la combinación de los tres tipos de sustratos, ya que al aplicar estos tratamientos se obtuvo un mayor porcentaje de germinación y sobrevivencia al final del experimento.
- Para asegurar un buen porcentaje de germinación se recomienda realizar estudios y ensayos sobre la escarificación con ácido nítrico, ampliar el período de permanencia de las semillas en el mismo y posteriormente observar su desarrollo una vez sembradas las semillas.
- Se sugiere dar continuidad con la investigación y trabajos relacionados con el tema que permitan la producción de esta especie para la reforestación, recuperación y manejo de suelos, cortinas rompe vientos, repoblación de zonas deforestadas, etc. Debido a que esta especie es de fácil adaptabilidad y que se puede producir durante todo el año.

## 6. GLOSARIO

**Escarificación.**-es un tratamiento pre germinativo que ayuda precisamente a la semilla a germinar en un periodo corto (Sánchez, s.f.).

**Sustrato.** – se refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que, colocado en contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular (Pastor, 1999, pp. 232).

**Turba.** - se forman por acumulación de gran cantidad de restos orgánicos parcialmente descompuestos a consecuencia de la presencia de un medio saturado de agua, lo que origina condiciones de anaerobiosis que retardan considerablemente la descomposición de los restos vegetales, que de esta manera se acumulan llegando a formar capas de gran espesor (Guerrero y Polo 1990, pp. 3).

## 7. BIBLIOGRAFÍA

**ASTURNATURA.COM.** *Acacia melanoxylon* R.Br. Asturnatura.com [en línea]. 2006. Num. 93. [Consulta: 11/07/2021]. Disponible en: <<https://www.asturnatura.com/especie/acacia-melanoxylon.html>>. ISSN 1887-5068.

**BAETHOLOMÄUS, A. & DE LA ROSA, A.** *El manto de la tierra, flora de los Andes*. Santa Fe de Bogotá – Colombia. 1990. pp 80.

**BOTANICAL - ON LINE.** Partes de la semilla. *Botanical on line* [en línea]. 2019. [Consulta: 13 julio 2021]. Disponible en: <https://www.botanical-online.com/botanica/semilla-partes>.

**BOWEN, M.R. y EUSEBIO, T.V.** *Acacia mangium*. Updated information on seed collection, handling and germination testing. Occasional Tech. and Scientific Notes, Seed Series № 5, Forest Research Centre, Sepilok, Sabah. 1981.

**BURÉS, S.** *Manejo de sustratos* [en línea]. 2001. S.l.: s.n. Disponible en: [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80-373\\_i\\_curso\\_de\\_gestion\\_de\\_viveros\\_forestales/80-373/7\\_manejo\\_de\\_sustratos.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80-373_i_curso_de_gestion_de_viveros_forestales/80-373/7_manejo_de_sustratos.pdf).

**CARDENAS, F; & ROJAS, W.** Breve descripción silvicultural de las especies recomendadas para la región interandina. Quito: Centro de Investigación y Capacitación Forestal "Luciano Andrade Marín. 1989. pp. 33.

**CARNEVALE, J.A.** *Arboles forestales. Descripción, cultivo, utilización* [en línea]. 1995. S.l.: Librería Hachette. pp.82-84. [Consulta: 11 julio 2021]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/290>.

**CARRANZA, S.** Revisión bibliográfica sobre *Acacia melanoxylon*: su silvicultura y su madera. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, vol. 106, no. 2, pp. 145-154. ISSN 1669-9513. 2007.

**CASINI, E.** Sectorización del Ambiente serrano del Partido de Azul para determinar su aptitud potencial para *Acacia melanoxylon* R. Br. Santa Rosa - La Pampa. 2000.

**CASTRO REINOSO, Erika Patricia.** Evaluación del crecimiento inicial de tres procedencias de

Acacia melanoxylum R.Br, en asocio con arveja, Pisum sativum L, fréjol Phaseolus vulgaris L. y cebolla paitaña Allium cepa L. S.l.: Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador. 2010. pp 47. [Consulta: 11 julio 2021]. Disponible en:<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/121/6/03%20FOR%20175%20TESIS.pdf>.

**CELULOSA ARGENTINA.** *El libro del Árbol.* Buenos Aires-Argentina. 3 t. 1997.

**COA URBAEZ, M., MENDEZ NATERA, J.R., SILVA ACUÑA, R. y MUNDARAIN PADILLA, S.** Evaluación de métodos químicos y mecánicos para promover la germinación de semillas y producción de fosforitos en café (*Coffea arábica*) var. Catuaí Rojo. *Idesia (Arica)* [en línea]. 2014. vol. 32, no. 1. pp. 43-53. [Consulta: 15 julio 2021]. ISSN 0718-3429. DOI 10.4067/S0718-34292014000100006. Disponible en:[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S071834292014000100006&lng=es&nr m=iso&tlng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071834292014000100006&lng=es&nr m=iso&tlng=es).

**CRUZ LAFUENTE, Carlos Ramiro.** Efecto de tres pre-tratamientos en la germinación y crecimiento inicial en vivero de tres especies forestales en Patacamaya. [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz - Bolivia. 2009. pp 54. [Consulta: 15 julio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/4903>.

**DANIEL, P.** *Principios de silvicultura.* Primera Edición. México. 1982.

**ECUADOR FORESTAL.** Mercado Nacional. *Ecuador Forestal* [en línea], 2011. [Consulta: 10 julio 2021]. Disponible en: <https://ecuadorforestal.org/informacion-s-f-e/mercado-forestal/mercado-nacional/>.

**FAO.** Guía para la manipulación de semillas forestales. *FAO* [en línea]. 1993. [Consulta: 14 julio 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/ad232s/ad232s10.htm>.

**FOSSATII, D; & OLIVERA, P.** *Maderas y Bosques argentinos.* Buenos Aires-Argentina. 1996. pp. 910.

**FOSSATII, D; & OLIVERA, P.** *Maderas y Bosques argentinos.* Buenos Aires-Argentina. 1996. pp. 910.

**FLORES MAMANI, Mónica Nelba.** Efecto de la aplicación de tratamientos pregerminativos en semillas de acacia negra (*acacia melanoxylo*), de diferentes procedencias en Cota Cota – La Paz. [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz - Bolivia. 2012. pp 102. [Consulta: 14 julio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/8104/T-1628.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**GALLOWAY, G.** *Guía sobre la repoblación forestal en la sierra ecuatoriana*, Proyecto DINAF/AID. Ecuador. 1986. pp. 68-69.

**GALLEGOS, A.** *La Aptitud Agrícola de los Suelos*. Edit. Tillar Mexico. 1997. pp. 11-43.

**GARCÍA, GUILLERMO; SEGURA, MIGUEL; RAMÍREZ, ANA; PRECIADO, PABLO; GARCÍA, JOSÉ; YESCAS, PABLO; FORTIS, MANUEL; OROZCO, JORGE; MONTEMAYOR, J.** Desarrollo de plantas de tomate en un sustrato de arena-pómez con tres diferentes frecuencias de riego. [en línea]. 2011. [Consulta: 15 julio 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1027-152X2011000400005](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2011000400005).

**GÓMEZ, J.** *Factores que inciden en la calidad de la semilla*. Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso. 1972. pp. 58.

**GOITIA, L.** *Manual de Dasonomía y Silvicultura*. Universidad Mayor de San Andrés-Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniera Agronómica. La Paz-Bolivia. 2003. pp. 159.

**GUERRERO, F. y POLO, A.** **USOS, APLICACIONES Y EVALUACION DE TURBAS.** [en línea], vol. 4, pp. 3-13. 1990. [Consulta: 26 julio 2021]. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia\\_04\\_01\\_tcm30-100882.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia_04_01_tcm30-100882.pdf).

**GUÍA DE JARDINERÍA.** Qué es y cómo se cultiva la acacia negra o palo prieto. *Guía de Jardinería* [en línea], 2016. [Consulta: 12 julio 2021]. Disponible en: <https://www.guiadejardineria.com/que-es-y-como-se-cultiva-la-acacia-negra-o-palo-prieto/>. Guía para la manipulación de semillas forestales. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 13 julio 2021]. Disponible en:



<http://www.fao.org/3/ad232s/ad232s02.htm>.

**HARTMANN, H; & KESTER, D.** *Propagación de Plantas*. México D. F. 1997. pp 760.

**INCAPOMA FLORES, Limber Raúl.** Efecto de la aplicación de tratamientos pregerminativos en semillas de acacia negra (*Acacia melanoxylon* R. Br.), en la ciudad de el alto-la paz. [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz - Bolivia. 2016. pp 63-70. [Consulta: 14 julio 2021]. Disponible en: Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6812/T-2202.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**INTA.** *Guía para el diseño y producción de un vivero forestal de pequeña escala de plantas de envase*. Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estéreo. 2002.

**JARDINERÍAON.** Propiedades y usos de la tierra negra | Jardinería On. *JardineríaOn* [en línea]. s.f. [Consulta: 15 julio 2021]. Disponible en: <https://www.jardineriaon.com/propiedades-usos-la-tierra-negra.html>.

**KEMP, R.** *Semillas de pretratamiento y los principios de manejo de viveros*. En Informe de la FAO / DANIDA curso de capacitación sobre Recolección de Semillas Forestales y manipulación vol. II. FAO. Roma-Italia. 1975.

**NIEMBRO, R.** *Árboles y arbustos útiles de México*. Limusa. México. 1988. pp. 206.

**MATILLA, A.** *Ecofisiología de la germinación de semillas*. La Ecofisiología Vegetal. Una ciencia de síntesis. Madrid-España. 2003. pp 901-922.

**MALDONADO, B. H.** *Arboricultura Forestal y de Adorno*. Imprenta y Librería “Artes y Letras”. Santiago de Chile. 1988. pp. 584.

**MARCA, G.** Germinación y crecimiento en vivero de dos especies forestales. Tesis de grado para obtener el grado de licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. 2001. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia.

**MEDHURST, J.L., PINKARD, E.A., BEADLE, C.L. y WORLEDGE, D.** Growth and stem form responses of plantation-grown *Acacia melanoxylon* (R. Br.) to form pruning and nurse-crop thinning. *Forest Ecology and Management*. [en línea], 2003, vol. 179, no. 1-3. 2003. pp. 183-193. ISSN 0378-1127 [Consulta: 15 julio 2021]. Disponible en: <https://in.booksc.eu/book/17982942/9085fa>.

**MERCHÁN, W. y LEÓN, C.** *Análisis De Las Oportunidades De Exportación De Balsa Y De Los Pequeños Productores Mediante Los Beneficios De La Economía Popular Y Solidaria* [en línea]. 2017. [Consulta: 15 julio 2021]. Disponible en: [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/24654/1/TESIS CAPITULO 123 Exportacion de balsa Egresados Merchan Acosta Walter Gregorio - Leon Rosario F.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/24654/1/TESIS%20CAPITULO%20123%20Exportacion%20de%20balsa%20Egresados%20Merchan%20Acosta%20Walter%20Gregorio%20-%20Leon%20Rosario%20F.pdf).

**MENENDEZ, J.** *Acacia melanoxylon R. Br.* 2006. pp. 93-94.

**MUÑOZ, M. y WILSON, V.** *Universidad estatal de Bolívar Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente Escuela de Ingeniería Agroforestal*. [en línea]. 2012. [Consulta: 25 julio 2021]. Disponible en: <http://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/947/1/006.pdf>.

**PADILLA, M.** *Tratamientos pregerminativos*. In: Trujillo, E. (ed.). Memoria del curso nacional de recolección y procesamiento de semillas forestales. CATIE-PROSEFOR. Turrialba, Costa Rica. 1995. pp. 1-6.

**PADILLA, W.** *El suelo como medio para el crecimiento de las plantas*. Quito, EC. AGROBIOLAB. 1999. pp. 1 – 77.

**PASTRANA, A.** *Sistemas Agroforestales y Silvopastoriles*. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia. 2004. pp. 104.

**PASTOR, N.** UTILIZACION DE SUSTRATOS EN VIVEROS. Use of Growing Mediums in the Nursery Production J. Narciso Pastor Sáez. [en línea], 1999. vol. 17, pp. 231-235. [Consulta: 26 julio 2021]. ISSN 2395-8030. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317307.pdf>.

**PIETER, G.** *En busca de Proteínas*. Revista de distribución Mensual. La Paz - Bolivia. 1982. pp. 24.

**PITA, J. Y PÉREZ, F.** Germinación de semillas. *Hojas divulgadoras* [en línea], 1998. pp. 1-20. ISSN 2443-9991. [Consulta: 26 julio 2021]. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1998\\_2090.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf).

**PLANETA HUERTO.** ¿Qué es el humus de lombriz? *Planeta Huerto* [en línea]. s.f. [Consulta: 15 julio 2021]. Disponible en: [https://www.planetahuerto.es/revista/que-es-el-humus-de-lombriz\\_00139](https://www.planetahuerto.es/revista/que-es-el-humus-de-lombriz_00139).

**POMIER FERNANDEZ, Karen Milenka.** Universidad Mayor De San Andres Facultad De Agronomía Carrera De Ingeniería Agronómica Tesis De Grado. [en línea]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10823/T-1070.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. La Paz-Bolivia. 2008. pp. 88.

**PORTAL FRUTÍCOLA.** Qué es la tierra negra y cuáles son sus usos -. *Portal Frutícola* [en línea]. 2019. [Consulta: 15 julio 2021]. Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/12/24/que-es-la-tierra-negra-y-cuales-son-sus-usos/>.

**QUESADA, G.** *Conociendo Los Sustratos Para Sembrar Plantas* [en línea]. 2005. S.l.: s.n. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-0806.pdf>.  
**RODRIGUEZ, M.** *Morfología y Anatomía Vegetal*. Cochabamba, Bolivia. 2000. pp. 514.

**RUÍZ, J.** Tipos de sustratos - Agromática. *Agromática* [en línea]. s.f. [Consulta: 15 julio 2021]. Disponible en: <https://www.agromatica.es/tipos-de-sustratos/>.

**SÁNCHEZ, M.** ¿En qué consiste la escarificación de semillas? | Jardinería On. *Jardinería on* [en línea]. s.f. [Consulta: 23 julio 2021]. Disponible en: <https://www.jardineriaon.com/en-que-consiste-la-escarificacion-de-semillas.html>.

**SOLORZANO, C.** *Manual Básico para viveristas del bosque seco*. Guayaquil – Ecuador. 2005. pp. 40-42.

**TARIMA J.** *Manual de viveros (comunales y familiares)*. Segunda edición, editorial CIAT, MBAT. Santa Cruz – Bolivia. 1996. pp.81-85.

**TASMANIAN TIMBER PROMOTION BOARD.** *Acacia melanoxylon*. *Tasmanian Timber Promotion Board*, [en línea], 2006, [Consulta: 15 Noviembre 2020]. Disponible en: <http://www.tastimber.tas.gov.au/species/pdfs/blackwood.pdf>.

**TRUJILLO, E.** *Guía de Reforestación* [en línea]. 2007. [Consulta: 11 julio 2021]. ISBN 9789584406712. Disponible en: [http://elsemillero.net/nuevo/semillas/listado\\_especies.php?id=9](http://elsemillero.net/nuevo/semillas/listado_especies.php?id=9).

**WEAVER, P. L.** *Tectona grandis* L. f. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. New Orleans, U. S. A. 1993. pp. 540.

**WILLIAN, R.** *Guía para la manipulación de semillas forestales con especial referencia a los trópicos*. Roma - Italia, Danida-FAO. 1991. pp. 502.

**ZALLES, T.** *Manual del técnico Forestal*. Cochabamba, Bolivia. 1988. pp. 187.

**ZEBALLOS, M.** Estudio de los cambios en la composición florística, cobertura vegetal y fenológica a lo largo de un ciclo anual en el área permanente de Cota Cota- La Paz. Tesis de grado para obtener el grado de licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 2000. pp 23-24. [Consulta: 20 Noviembre 2020]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/8104/T-1628.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**ZÚÑIGA, T.** Situación actual de la forestación y reforestación en el Ecuador. [en línea]. 1995. [Consulta: 10 julio 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ad102s/AD102S08.htm>.



Firmado electrónicamente por:  
**CRISTHIAN  
FERNANDO  
CASTILLO RUIZ**

## ANEXOS

### ANEXO A: ANÁLISIS DE VARIANZA Y SU SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICAMENTE, COEFICIENTE DE VARIACIÓN A LOS 35 DÍAS EN LA VARIABLE PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	37150	9	41327,78	39,95	<0,0001 **
Tratamientos	37150	9	4127,78	39,95	<0,0001 **
Error	2066,67	20	103,33		
Total	39216,67	29			

C.V. =35,88%

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

NS= No significativo

### ANEXO B: ANÁLISIS DE VARIANZA Y SU SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICAMENTE, COEFICIENTE DE VARIACIÓN EN LA VARIABLE ALTURA DE LA PLANTA A LOS 45 DÍAS

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,45	9	0,38	3,11	0,0032 **
Tratamientos	3,45	9	0,38	3,11	0,0032 **
Error	9,13	74	0,12		
Total	12,58	83			

C.V. =16,16%

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

NS= No significativo

### ANEXO C: ANÁLISIS DE VARIANZA Y SU SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICAMENTE, COEFICIENTE DE VARIACIÓN EN LA VARIABLE ALTURA DE LA PLANTA A LOS 60 DÍAS

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12,19	9	1,35	4,53	0,0001 **
TRATAMIENTOS	12,19	9	1,35	4,53	0,0001 **
Error	21,54	72	0,3		
Total	33,73	81			

C.V. =13,27%

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

NS= No significativo

**ANEXO D: ANÁLISIS DE VARIANZA Y SU SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICAMENTE, COEFICIENTE DE VARIACIÓN EN LA VARIABLE NÚMERO DE HOJAS A LOS 75 DÍAS**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	1259,88	9	139,99	3	0,0043 **
Tratamientos	1259,88	9	139,99	3	0,0043 **
Error	3363,34	72	46,71		
Total	4623,22	81			

C.V. =20,04%

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

NS= No significativo

**ANEXO E: IDENTIFICACIÓN DE LOS ÁRBOLES DE ACACIA MELANOXYLON PARA LA RECOLECCIÓN DE SEMILLAS**



**ANEXO F: RECOLECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS SEMILLAS**



**ANEXO G: COMBINACIÓN DE LOS SUSTRATOS TIERRA NEGRA MÁS ARENA**



**ANEXO H: COMBINACIÓN DE LOS SUSTRATOS TIERRA NEGRA MÁS HUMUS DE LOMBRIZ**



**ANEXO I: ENFUNDADO DE LOS DIFERENTES SUSTRATOS**





**ANEXO J: DESINFECCIÓN DE LA CAMA DE GERMINACIÓN**



**ANEXO K: UBICACIÓN DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL EN LA CAMA DE GERMINACIÓN**



**ANEXO L: SEMILLAS REMOJADAS EN AGUA CALIENTE**



**ANEXO M: SEMILLAS ESCARIFICADAS CON ÁCIDO NÍTRICO**



**ANEXO N: SIEMBRA DE LAS SEMILLAS CON DIFERENTES TRATAMIENTOS  
PREGERMINATIVOS**



**ANEXO O: SEMILLA GERMINADA A LOS 35 DÍAS**



**ANEXO P: UBICACIÓN DE LAS ETIQUETAS DE ACUERDO A CADA TRATAMIENTO**



**ANEXO Q: RIEGO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS**



**ANEXO R: TOMA DE DATOS DE LAS DIFERENTES VARIABLES A LOS 45 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA**



**ANEXO S: PLANTAS DE ACACIA A LOS 45 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA**



**ANEXO T: TOMA DE DATOS A LOS 60 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA**



**ANEXO U: PLANTA A LOS 60 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA**



**ANEXO V: MEDICIÓN DE RAÍCES EN TRES PLANTAS SELECCIONADAS AL FINAL DE LA INVESTIGACIÓN**

