



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

### CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

#### PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Título:**

---

**“EVALUACIÓN DE CINCO TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS A TRES NIVELES DE LUMINOSIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*), EN EL VIVERO DEL CENTRO EXPERIMENTAL, ACADÉMICO SALACHE, 2021.”**

---

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingeniero en Medio Ambiente

**Autor:**

Robayo Carrillo Alex Geovanny

**Tutor:**

Chasi Vizuete Wilman Paolo Ing. Mg.

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Agosto 2021**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Alex Geovanny Robayo Carrillo, con cédula de ciudadanía No. 172581434-5 declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “Evaluación de cinco tratamientos pregerminativos a tres niveles de luminosidad en la producción de guarango (*Caesalpinia spinosa*), en el Vivero del Centro Experimental, Académico Salache, 2021.”, siendo el Ingeniero Mg. Wilman Paolo Chasi Vizuite tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 16 de agosto del 2021

Alex Geovanny Robayo Carrillo  
Estudiante  
CC: 172581434-5

Ing. Mg. Wilman Paolo Chasi Vizuite  
Docente Tutor  
CC: 050240972-5

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **ROBAYO CARRILLO ALEX GEOVANNY**, identificado con C.C. N° **172581434-5**, de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero. Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería De Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Evaluación de cinco tratamientos pregerminativos a tres niveles de luminosidad en la producción de guarango (*Caesalpinia spinosa*), en el Vivero del Centro Experimental, Académico Salache, 2021.” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

### **Historial académico**

Fecha de inicio de carrera: Octubre\_2016 – Marzo\_2017

Finalización de la carrera: Abril\_2021 – Agosto\_2021

Aprobación en Consejo Directivo: 20 de mayo del 2021

Tutor: Ing. Mg. Wilman Paolo Chasi Vizquete

Tema: “Evaluación de cinco tratamientos pregerminativos a tres niveles de luminosidad en la producción de guarango (*caesalpinia spinosa*), en el Vivero del Centro Experimental, Académico Salache, 2021.”

**CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusulas cuartas, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la

resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 16 días del mes de agosto del 2021.

Alex Geovanny Robayo Carrillo

**EL CEDENTE**

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

**“EVALUACIÓN DE CINCO TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS A TRES NIVELES DE LUMINOSIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*), EN EL VIVERO DEL CENTRO EXPERIMENTAL, ACADÉMICO SALACHE, 2021.”**, de Robayo Carrillo Alex Geovanny, de la carrera de Ingeniería De Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 16 de agosto del 2021

Ing. Mg Wilman Paolo Chasi Vizuete

**DOCENTE TUTOR**

CC: 050240972-5

## **AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante Robayo Carrillo Alex Geovanny con el título de Proyecto de Investigación: “EVALUACIÓN DE CINCO TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS A TRES NIVELES DE LUMINOSIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*), EN EL VIVERO DEL CENTRO EXPERIMENTAL, ACADÉMICO SALACHE, 2021.”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 16 de agosto del 2021

### **Lector 1 (Presidente)**

Ing. Mg. Oscar René Daza Guerra

C.I. 040068979-0

### **Lector 2**

Ing. Mg. José Antonio Andrade

C.I. 050252448-1

### **Lector 3**

Lcdo. M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

C.I. 050144458-2

## AGRADECIMIENTO

Dios es el merecedor del primer agradecimiento por brindarme la vida y ha sido quién ha guiado mi formación académica desde un inicio y ha sabido poner en mí sabiduría para cursar exitosamente mi carrera universitaria.

A la fuerza de mi vida, mi madre Alejandrina Carrillo, le agradezco por brindarme su inagotable amor y darme aliento para seguir y sobre todo ser el impulso de mi vida, muchas gracias por todo mami.

Gracias le doy al pilar de mi vida, mi padre Vicente Robayo, por guiarme en la vida y anhelar siempre lo mejor para mi vida, por cada consejo y por su confianza en mí.

Agradezco con todo mi corazón a mi hermano Franklin Robayo por su ayuda quien estuvo ahí para apoyarme, ayudarme y ser partícipe de mi formación profesional.

Mi fraterno agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por darme la oportunidad de instruirme en ella y brindar oportunidades de éxito para mi vida.

De manera especial a mis amigos de Kubic-Conduit, Sr. Oswaldo Cajas y Ing. Diego Molina quienes, por sus consejos de apoyo moral y perseverancia, me ayudaron a cambiar el puesto de trabajo por un aula de estudio, permitiendo que este anhelo sea realidad.

*Alex Robayo*

## **DEDICATORIA**

A Dios por demostrarme tantas veces su existencia y con ello la dicha del amor, salud y felicidad.

Dedico con mucho amor y orgullo a mis padres José Vicente Robayo y Alejandrina Carrillo Tipanquiza, como muestra de mi más profundo amor y respeto, por haberme dado la vida, por ser el pilar fundamental de cada uno de mis logros, por su apoyo incondicional, valores, consejos y motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mis hermanos que me brindaron su apoyo para seguir adelante con mis estudios y por haberme fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

**GRACIAS**

*Alex Robayo*

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO:** “EVALUACIÓN DE CINCO TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS A TRES NIVELES DE LUMINOSIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*), EN EL VIVERO DEL CENTRO EXPERIMENTAL, ACADÉMICO SALACHE, 2021.”

**AUTOR:** Robayo Carrillo Alex Geovanny

### RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Vivero del Centro Experimental, Académico Salache de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en donde tiene como objetivo principal evaluar el comportamiento de la semilla al aplicar tratamientos pregerminativos y niveles de luminosidad, para romper la latencia natural. Para conseguir los objetivos se utilizó semillas de guarango aplicado con cinco tratamientos pregerminativos incluido el testigo y 3 niveles de luminosidad con sustrato estable. En un diseño: Bloques Completos al Azar (DBCA) en arreglo factorial de 5 x 3 x 2 repeticiones, y un Análisis de varianza ADEVA. Se realizó una prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de Factor A tratamientos pregerminativos: método químico, mecánico, físico y tradicional, Factor B nivel de luminosidad: polisombra al 100%, 50% y 0%. Y la interacción A x B. Donde se midió las variables: Porcentaje de germinación (PG) (20, 30 y 50 días); Altura de planta (AP) (20 y 50 días); Número de hojas (NH) (30 y 60 días). Una vez realizado el análisis estadístico se pudo determinar que el mejor tratamiento pregerminativo (FA) fue las semillas sometidas al método mecánico (escarificación con lija), con un porcentaje de germinación de 50%, 46,67% y 71,67% donde mostró significancia y alta significancia; en la variable altura de planta a los 50 días la (escarificación con lija) obtuvo un 4,13 cm y para la variable número de hojas a los 30 y 60 días sobresale el método mecánico (escarificación con lija) con 9 y 14 hojas respectivamente. En cuanto al nivel de luminosidad (FB) la polisombra al 50% fue la más viable con un porcentaje de germinación a los 30 y 50 días con el 37% y 55% siendo estadísticamente significativo. La interacción A x B destaca al T5 (A2B2) el mejor tratamiento de esta investigación, que presentó el 60% y 95% de germinación a los 30 y 50 días, reflejando significancia y alta significancia, a comparación del testigo que presentó el 15% y el 35% de germinación. Es decir que los factores evaluados si tuvo diferencia estadística, para acelerar el proceso de germinación de 1 a 2 meses con una germinación del 98% por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

**Palabras claves:** especie endémica, escarificación, latencia, propagación, recuperación ecológica.

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

## FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

**THEME:** "EVALUATION OF FIVE PREGERMINATIVE TREATMENTS AT THREE LEVELS OF LUMINOSITY IN THE PRODUCTION OF GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*), IN THE NURSERY OF THE EXPERIMENTAL CENTER, ACADEMIC SALACHE, 2021."

**AUTHOR:** Robayo Carrillo Alex Geovanny

### ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Nursery of the Experimental Center, Academic Salache of the Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources of the Technical University of Cotopaxi, where its main objective is to evaluate the behavior of the seed when applying pregerminative treatments and levels of luminosity, to break the natural latency. To achieve the objectives, guarango seeds were used applied with five pregerminative treatments including the control and 3 levels of luminosity with stable substrate. In a design: Complete Random Blocks (DBCRA) in factorial arrangement of 5 x 3 x 2 repetitions, and an ADEVA Analysis of Variance. A 5% Tukey test was carried out to compare averages of Factor A pregerminative treatments: chemical, mechanical, physical and traditional method, Factor B level of luminosity: polisombra 100%, 50% and 0%. And the interaction A x B. Where the variables were measured: Germination percentage (PG) (20, 30 and 50 days); Plant height (AP) (20 and 50 days); Number of leaves (NH) (30 and 60 days). Once the statistical analysis had been carried out, it was possible to determine that the best pregerminative treatment (FA) was the seeds subjected to the mechanical method (scarification with sandpaper), with a germination percentage of 50%, 46.67% and 71.67% where it showed significance and high significance; in the variable plant height at 50 days the (scarification with sandpaper) obtained 4.13 cm and for the variable number of leaves at 30 and 60 days the mechanical method (scarification with sandpaper) stands out with 9 and 14 leaves respectively. Regarding the level of luminosity (FB), the polisombra at 50% was the most viable with a germination percentage at 30 and 50 days with 37% and 55% being statistically significant. The A x B interaction highlights T5 (A2B2) the best treatment in this research, which presented 60% and 95% germination at 30 and 50 days, reflecting significance and high significance, compared to the control that presented 15% and 35% germination. In other words, the evaluated factors did have a statistical difference, to accelerate the germination process from 1 to 2 months with a germination of 98%, so the null hypothesis is rejected and the alternative hypothesis is accepted.

**Keywords:** endemic species, scarification, dormancy, propagation, ecological recovery.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|   |             |
|---|-------------|
| <b>PORTADA</b> .....  | <b>i</b>    |
| <b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA</b> .....   | <b>ii</b>   |
| <b>CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR</b> ....                          | <b>iii</b>  |
| <b>AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</b> .....                                 | <b>vi</b>   |
| <b>AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</b> .....                           | <b>vii</b>  |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....   | <b>viii</b> |
| <b>DEDICATORIA</b> .....  | <b>ix</b>   |
| <b>RESUMEN</b> .....  | <b>x</b>    |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | <b>xi</b>   |
| <b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....   | <b>xii</b>  |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....   | <b>xv</b>   |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....  | <b>xvi</b>  |
| <b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....   | <b>xvii</b> |
| <b>1 INFORMACIÓN GENERAL</b> .....  | <b>1</b>    |
| <b>2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO</b> .....   | <b>2</b>    |
| <b>3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</b> .....                                | <b>3</b>    |
| <b>4 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....  | <b>3</b>    |
| <b>5 OBJETIVOS</b> .....  | <b>5</b>    |
| 5.1 OBJETIVO GENERAL .....  | <b>5</b>    |
| 5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....   | <b>5</b>    |
| <b>6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS<br/>OBJETIVOS PLANTEADOS</b> ..... | <b>5</b>    |
| <b>7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA</b> .....  | <b>7</b>    |
| 7.1 ORIGEN.....   | <b>7</b>    |
| 7.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA .....  | <b>8</b>    |
| 7.3 AGROCLIMATOLOGÍA.....   | <b>8</b>    |
| 7.4 PROPAGACIÓN .....   | <b>9</b>    |
| 7.4.1 Propagación asexual.....  | <b>9</b>    |
| 7.4.2 Propagación sexual.....   | <b>9</b>    |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 7.5      | SELECCIÓN DE LA ESPECIE.....                             | 9         |
| 7.5.1    | Recolección de las semillas .....                        | 10        |
| 7.6      | GERMINACIÓN.....   | 10        |
| 7.6.1    | Factores ambientales que influyen en la germinación..... | 11        |
| 7.7      | LATENCIA DE LAS SEMILLAS.....                            | 11        |
| 7.7.1    | Latencia exógena .....                                   | 12        |
| 7.7.2    | Latencia endógena.....                                   | 12        |
| 7.8      | TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS .....                       | 12        |
| 7.8.1    | Efectos.....   | 13        |
| 7.8.2    | Escarificación .....                                     | 13        |
| 7.8.3    | Tratamientos Hormonales.....                             | 16        |
| 7.8.4    | Combinación de tratamientos.....                         | 16        |
| 7.8.5    | Estratificación .....                                    | 17        |
| 7.9      | LUMINOSIDAD .....  | 17        |
| 7.10     | SUSTRATO .....   | 18        |
| 7.10.1   | Características físicas .....                            | 18        |
| 7.10.2   | Características biológicas .....                         | 18        |
| 7.10.3   | Características químicas .....                           | 19        |
| <b>8</b> | <b>HIPÓTESIS .....</b>                                   | <b>19</b> |
| <b>9</b> | <b>MARCO METODOLÓGICO Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....</b>    | <b>19</b> |
| 9.1      | LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....                   | 19        |
| 9.2      | SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y CLIMÁTICA .....                   | 19        |
| 9.3      | ÁREA DE ESTUDIO.....                                     | 20        |
| 9.4      | MATERIALES Y EQUIPOS.....                                | 21        |
| 9.4.1    | Material experimental.....                               | 21        |
| 9.4.2    | Material de campo.....                                   | 21        |
| 9.4.3    | Materiales de oficina .....                              | 21        |
| 9.4.4    | Insumos .....  | 21        |
| 9.4.5    | Talento humano .....                                     | 22        |
| 9.5      | HERRAMIENTAS PARA ANALIZAR LOS RESULTADOS .....          | 22        |
| 9.5.1    | Microsoft Excel.....                                     | 22        |
| 9.5.2    | Infostat .....   | 22        |
| 9.6      | DISEÑO METODOLÓGICO .....                                | 23        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 9.6.1     | Periodo de tiempo de investigación.....                        | 23        |
| 9.6.2     | Tipo de investigación .....                                    | 23        |
| 9.7       | MÉTODOS .....  | 23        |
| 9.7.1     | Método Experimental.....                                       | 23        |
| 9.7.2     | Método de Campo.....   | 23        |
| 9.8       | TÉCNICAS .....   | 23        |
| 9.8.1     | Observación directa.....                                       | 23        |
| 9.8.2     | Observación científica .....                                   | 24        |
| 9.9       | DISEÑO EXPERIMENTAL.....                                       | 24        |
| 9.9.1     | Factor A: Tratamientos Pregerminativos .....                   | 24        |
| 9.9.2     | Testigo.....   | 24        |
| 9.9.3     | Factor B: Luminosidad .....                                    | 25        |
| 9.9.4     | Tratamientos .....   | 25        |
| 9.9.5     | Procedimiento .....  | 26        |
| 9.9.6     | Características de la unidad experimental.....                 | 26        |
| 9.9.7     | Unidad Experimental Neta.....                                  | 26        |
| 9.9.8     | Tipos de análisis.....   | 27        |
| 9.10      | VARIABLES A EVALUAR.....                                       | 27        |
| 9.10.1    | Porcentaje de germinación (PG) .....                           | 27        |
| 9.10.2    | Altura de la planta (AP).....                                  | 27        |
| 9.10.3    | Número de hojas (NH) .....                                     | 28        |
| 9.11      | MANEJO ESPECÍFICO DEL ENSAYO .....                             | 28        |
| 9.11.1    | Labores pre silviculturales .....                              | 28        |
| 9.11.2    | Labores silviculturales.....                                   | 32        |
| <b>10</b> | <b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>                | <b>32</b> |
| 10.1      | VARIABLES PARA EL FACTOR A: TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS ..... | 35        |
| 10.1.1    | Porcentaje de germinación a los 20, 30 Y 50 días .....         | 35        |
| 10.1.2    | Altura de planta a los 20 y 50 días .....                      | 37        |
| 10.1.3    | Número de hojas a los 30 y 60 días .....                       | 38        |
| 10.2      | VARIABLES PARA EL FACTOR B: LUMINOSIDAD .....                  | 40        |
| 10.2.1    | Porcentaje de germinación a los 20, 30 Y 60 días .....         | 40        |
| 10.2.2    | Altura de planta a los 20 y 50 días .....                      | 41        |
| 10.2.3    | Número de hojas a los 30 y 60 días .....                       | 42        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 10.3      | VARIABLES PROPUESTAS INTERACCIÓN DE FACTORES A X B .....                             | 43        |
| 10.3.1    | Porcentaje de germinación a los 20, 30 y 60 días .....                               | 44        |
| 10.3.2    | Altura de planta a los 20 y 50 días .....  | 46        |
| 10.3.3    | Número de hojas a los 30 y 60 días .....   | 47        |
| 10.4      | COMO LA LUMINOSIDAD AFECTA DE MANERA POSITIVA O NEGATIVA EN LA<br>INVESTIGACIÓN..... | 49        |
| 10.5      | COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) .....  | 50        |
| 10.6      | COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS .....  | 50        |
| 10.7      | PROPUESTA .....  | 50        |
| <b>11</b> | <b>IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O<br/>ECONÓMICOS).....</b>              | <b>60</b> |
| 11.1      | IMPACTOS TÉCNICOS .....  | 60        |
| 11.2      | IMPACTOS SOCIALES .....  | 60        |
| 11.3      | IMPACTOS AMBIENTALES.....  | 60        |
| 11.4      | IMPACTOS ECONÓMICOS .....  | 60        |
| <b>12</b> | <b>PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....</b>                               | <b>61</b> |
| <b>13</b> | <b>CONCLUSIONES.....</b>   | <b>62</b> |
| <b>14</b> | <b>RECOMENDACIONES.....</b>  | <b>63</b> |
| <b>15</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>  | <b>64</b> |
| <b>16</b> | <b>ANEXOS.....</b>   | <b>70</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                |   |    |
|----------------|---|----|
| <b>TABLA 1</b> | Beneficiarios del proyecto .....                                | 3  |
| <b>TABLA 2</b> | Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.....   | 6  |
| <b>TABLA 3</b> | Ubicación de la investigación .....                             | 19 |
| <b>TABLA 4</b> | Condiciones geográficas y climáticas del lugar de estudio ..... | 19 |
| <b>TABLA 5</b> | Tratamientos de estudio.....                                    | 25 |
| <b>TABLA 6</b> | Diseño de bloques completamente al azar (dbca).....             | 26 |

|  |    |
|--|----|
| <b>TABLA 7</b> Análisis de la varianza adeva .....   | 27 |
| <b>TABLA 8</b> Delimitación del área de ensayo “GUARANGO” .....  | 29 |
| <b>TABLA 9</b> Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación (factor A y B) .....    | 32 |
| <b>TABLA 10</b> Análisis de varianza para la variable altura de planta (factor A y B) .....            | 33 |
| <b>TABLA 11</b> Análisis de varianza para la variable número de hojas (factor A y B).....              | 34 |
| <b>TABLA 12</b> Prueba de tukey al 5% para porcentaje de germinación (factor A) .....                  | 35 |
| <b>TABLA 13</b> Prueba de tukey al 5% para altura de planta (factor A) .....                           | 37 |
| <b>TABLA 14</b> Prueba de tukey al 5% para el número de hojas (factor A).....                          | 39 |
| <b>TABLA 15</b> Prueba de tukey al 5% para el porcentaje de germinación (factor B).....                | 40 |
| <b>TABLA 16</b> Prueba de tukey al 5% para el número de hojas (factor B).....                          | 42 |
| <b>TABLA 17</b> Análisis de varianza de la variable porcentaje de germinación (interacción A x B)..... | 43 |
| <b>TABLA 18</b> Prueba de tukey al 5% para porcentaje de germinación (interacción A x B) .....         | 44 |
| <b>TABLA 19</b> Análisis de varianza para la variable altura de planta (interacción A x B) .....       | 46 |
| <b>TABLA 20</b> Análisis de varianza para la variable número de hojas (interacción A x B) .....        | 47 |
| <b>TABLA 21</b> Prueba de tukey al 5% para el número de hojas (interacción A x B) .....                | 48 |
| <b>TABLA 22</b> Presupuesto del proyecto .....   | 61 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>FIGURA 1</b> Mapa de ubicación del ensayo.....  | 20 |
| <b>FIGURA 2</b> Resultados promedios del factor a (tratamientos pregerminativos), en la variable porcentaje de germinación ..... | 36 |

|  |    |
|--|----|
| <b>FIGURA 3</b> Resultados promedios del factor a (tratamientos pregerminativos), en la variable altura de planta.....   | 38 |
| <b>FIGURA 4</b> Resultados promedios del factor a (tratamientos pregerminativos), en la variable número de hojas .....   | 39 |
| <b>FIGURA 5</b> Resultados promedios del factor b (luminosidad), en la variable porcentaje de germinación.....   | 41 |
| <b>FIGURA 6</b> Resultados promedios del factor b (luminosidad), en la variable número de hojas .....  | 42 |
| <b>FIGURA 7</b> Resultados promedios de la interacción a x b (tratamientos pregerminativos y niveles de luminosidad), en la variable porcentaje de germinación ..... | 45 |
| <b>FIGURA 8</b> Resultados promedios de la interacción a x b (tratamientos pregerminativos y niveles de luminosidad), en la variable número de hojas .....           | 49 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| <b>ANEXO 1</b> Base de datos, código de variables de la base de datos: .....           | 70 |
| <b>ANEXO 2</b> Fotografías de la instalación, seguimiento y evaluación del ensayo..... | 71 |
| <b>ANEXO 3</b> Glosario de términos técnicos.....                                      | 75 |
| <b>ANEXO 4</b> Aval de traducción.....   | 77 |

## **1 INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del proyecto:**

“Evaluación de cinco tratamientos pregerminativos a tres niveles de luminosidad en la producción de guarango (*Caesalpinia spinosa*), en el Vivero del Centro Experimental, Académico Salache, 2021.”

### **Lugar de ejecución:**

Vivero Experimental CEASA – Salache – Cantón Latacunga – Provincia Cotopaxi – Zona 3

### **Institución, unidad académica y carrera que auspicia:**

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

### **Equipo de trabajo:**

**Tutor:** Ing. Mg. Wilman Paolo Chasi Vizúete

**Investigador:** Sr. Alex Geovanny Robayo Carrillo

**Lector 1:** Ing. Oscar Daza

**Lector 2:** Mg. José Andrade

**Lector 3:** M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

### **Facultad que auspicia:**

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

### **Línea de investigación:**

Análisis, conservación y aprovechamiento de la Biodiversidad Local

### **Sub-línea de Investigación de la Carrera:**

Manejo y conservación de la biodiversidad

### **Área de conocimiento:**

Medio Ambiente – Conservación de ecosistemas

## 2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Debido a malas prácticas aparentemente rentables pero insostenibles, las especies endémicas de nuestro ecosistema se encuentra altamente amenazado, perjudicando la mayor parte de los bosques nativos, por la expansión urbana y fueron reemplazados por la producción agrícola, y la producción de especies de cipreses, pinos y eucaliptos, cuya forestación es adecuada, pero deslinda la producción de la especie guarango (*Caesalpinia spinosa*).

La propuesta de investigación se enfoca en evaluar el tiempo de germinación, mediante métodos pregerminativos y niveles de luminosidad utilizados en las semillas de Guarango, para la rotura del endocarpio de las semillas, activando así su latencia y generando la pronta germinación de esta especie a un 90% de uno a dos meses, a comparación que sin tratamiento alguno la tasa de germinación es casi ineficaz con un 30% dentro de tres a cuatro meses.

El potencial aporte de esta especie a diferentes fines utilitarios, por ser una planta leguminosa que puede nitrificar el suelo y mejorar su fertilidad y la productividad de los cultivos asociados. Y de variedad perenne son ideales para proyectos agrícolas y forestales, y pueden usarse como barreras vivas, protección de taludes, acequias y protección de cursos de agua y suelos erosionables. Además, el alto contenido de tanino extraído de sus vainas garantiza su valor económico e industrial más relevante, aportando beneficios económicos a la población local.

De esta manera, se benefician los pequeños productores con la restauración de suelos que no se utilizan para la agricultura debido a las condiciones (suelo pobre, irrigación, precipitación u abandonados), se convierten en un lugar propicio para la producción de guarango, para formar plantaciones y posteriormente la creación de microempresas agroindustriales.

Debido a la importancia de esta especie en el mercado, es necesario realizar esta investigación, cuyos resultados permitan mantener la producción de esta valiosa especie, garantizando la germinación de las semillas y la pronta disponibilidad de plántulas, para el cumplimiento de programas forestales y agroforestales con una de las especies nativas más importantes del callejón interandino.

### 3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Tabla 1**

*Beneficiarios del proyecto*

| <b>BENEFICIARIOS DIRECTOS</b>          |                 |
|--|-----------------|
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                     | <b>CANTIDAD</b> |
| Universidad Técnica de Cotopaxi        |                 |
| • Estudiantes del CEASA                | 2.440           |
| <b>BENEFICIARIOS INDIRECTOS</b>        |                 |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                     | <b>CANTIDAD</b> |
| Provincia de Cotopaxi (Latacunga)      |                 |
| • Hombres                              | 88.188          |
| • Mujeres                              | 82.301          |
| Total de población en edad de trabajar | 133.041         |

*Nota.* Esta tabla muestra el número de estudiantes y la población en edad de trabajar en la Provincia. Datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010

### 4 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Desde finales del siglo XV se ha experimentado un crecimiento insostenible de las economías de las naciones por el crecimiento de la población, lo que ha ocasionado que el ecosistema mundial este cada vez más limitado, al punto que estamos frente a una catástrofe ecológica que reducirá los niveles de vida.

Según datos de la FAO y PNUMA, (2020) los bosques ocupan en la actualidad el 30,8% de la superficie terrestre mundial con un total de 4.060 millones de hectáreas en el periodo 2010 a 2020, a comparación de 1990 a 2000 que constaba con un 32.5%, prolongando una pérdida neta de bosques a un 40% a causa de la deforestación, degradación de los bosques a ritmos alarmantes y la expansión agrícola como una de las principales causas.

Ecuador es uno de los 17 países con la biodiversidad más rica del mundo, más de la mitad de su territorio está cubierto por bosques y una gran superficie de tierra es apta para uso forestal. En 1962, el país todavía tenía alrededor del 65% (15,5 millones de hectáreas) de

bosque, pero debido a la enorme presión del uso de la tierra, el área de bosque se había perdido notablemente. En 2018, según los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, cada año desaparecieron 94.353 hectáreas de bosque, es decir, en los últimos 26 años se perdieron más de 2 millones de hectáreas de bosque tropical, lo que representa alrededor de 7.8 % de la superficie ecuatorial (Montaña, 2021).

En la provincia de Cotopaxi la superficie de bosque nativo en el año 2016 es de 119.719 hectáreas, pero durante el periodo 2014 a 2016, presentó una deforestación neta anual 2.954 ha/año lo que está provocando la desaparición de los páramos y la contaminación de los ríos, lo que obviamente traerá diversos impactos ambientales, sociales y consecuencias económicas, como el cambio climático. Cabe señalar que su regeneración no es suficiente para compensar este daño, ya que alcanzó las 735 ha / año durante el mismo período (Granja, y Alvear, 2017).

En particular, debido a la baja proporción de tipos experimentales utilizados con fines agroforestales y restauración de plantas nativas, la mayor parte del trabajo liderado por la industria maderera está orientada a la producción, como cipreses, pinos y eucaliptos, cuya forestación es adecuada, pero deslinda la producción de la especie guarango (*Caesalpinia spinosa*), por la razón que se enfrenta a la desaparición debido a la falta de comprensión de sus beneficios económicos, sociales y ambientales (Monta, 2019).

La escasa información sobre el tratamiento de pregerminación y el nivel de luminosidad suficiente, que rompa la testa o endospermo duros, cubiertas por endocarpos gruesos no agrietados, para acelerar el proceso de germinación y su posterior desarrollo, manteniendo así un porcentaje considerable de la producción de especies forestales. Por esta razón, este estudio busca una guía orientadora que ayude a producir esta especie endémica, eliminando la limitación de la germinación.

La propagación de esta especie es muy tardía porque tiene una cubierta dura que evita por completo la absorción de agua y el intercambio de gases, provocando el letargo germinativo de las semillas. Además, el desconocimiento de su potencial económico, social, ambiental y la falta de mercados formales, provocando que los pobladores descuiden los escasos bosques de guarango del país y los remanentes de esta especie enfrentándose a la desaparición.

## **5 OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo General**

Evaluar cinco tratamientos pregerminativos a tres niveles de luminosidad en la producción de guarango (*Caesalpinia spinosa*), en el Vivero del Centro Experimental, Académico Salache, 2021.

### **5.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar el efecto de la luminosidad en la producción del guarango.
- Determinar el mejor tratamiento pregerminativo en la producción del guarango.
- Elaborar una propuesta de recuperación ecológica de suelos o la utilización de guarango.

## **6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS**

**Tabla 2***Sistema de tareas en Relación a los Objetivos Planteados*

| <b>Objetivos específicos</b>   | <b>Actividad (tareas)</b>   | <b>Resultado de la actividad</b>           | <b>Medio de verificación</b>                 |
|--|---|--|--|
| Evaluar el efecto de la luminosidad en la producción del guarango.                       | * Adecuación de los diferentes niveles de luminosidad.                              | * Tres niveles de luminosidad.             | * Infraestructura para la luminosidad.       |
|  | * Estadísticamente evaluar los tratamientos aplicados en cada nivel de luminosidad. | * Base de datos de resultados.             | * Cuadros y gráficos comparativos.           |
| Determinar el mejor tratamiento pregerminativo en la producción del guarango.            | * Clasificación de semillas de la especie.  | * Semillas viables.                        | * Registro de semillas.                      |
|  | * Selección de tratamientos a aplicar.  | * Cinco tratamientos pregerminativos.      | * Tabla de tratamientos pregerminativos.     |
|  | * Aplicación de tratamientos.   | * Semillas tratadas.                       | * Metodología de aplicación de tratamientos. |
|  | * Valoración estadística de los tratamientos aplicados.                             | * Base de datos de resultados.             | * Cuadros y gráficos comparativos.           |
| Elaborar una propuesta de recuperación ecológica de suelos o la utilización de guarango. | * Recopilación bibliográfica.   | * Estado actual de producción de guarango. | * Propuesta.                                 |
|  | * Determinación de la metodología adecuada de propagación.                          | * Metodología de propagación.              | * Propuesta.                                 |
|  | * Implementación de los sistemas de producción de guarango.                         | * Los sistemas de producción de guarango.  | * Propuesta.                                 |

**Nota.** La tabla muestra las actividades de cada objetivo para llegar a obtener resultados.

## 7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

Debido al manejo de los bosques y la implementación de plantaciones, el sector forestal es un sector estratégico en varios países del mundo y ha creado miles de empleos. En Ecuador, esto representa una enorme posibilidad de desarrollo y aumento del empleo, lo que garantiza que no se abandonen los campos, los páramos y terrenos áridos, mientras se puede restaurar la productividad. Además, el mantenimiento del equilibrio ambiental también favorece al crecimiento económico a través de los productos forestales en los mercados nacionales e internacionales (Andrade, 2015).

El Guarango es una de las especies que enfrenta la desaparición debido a la falta de comprensión de sus beneficios y por la introducción de especies maderables. Este árbol se encuentra principalmente en regiones montañosas, porque se adapta fácilmente a condiciones áridas y semiáridas, en suelos degradados, en pendientes, que van desde los 50 metros hasta los 2800 metros sobre el nivel del mar (Arguello, y Saltos, 2017). Por sus grandes ventajas, se ha utilizado en teñido, curtido de cueros y medicina tradicional desde la época Inca. Sus semillas producen una especie de goma cuando se frota en los fondos de chicha lo que provoca ser impermeables. La industrialización con sus mejoras continuas dejó de lado los beneficios del árbol, por lo que estas costumbres se olvidan.

### 7.1 Origen

La tara, taya o guarango (*Caesalpinia spinosa*), es una especie nativa de Perú y está ampliamente distribuida en América Latina” (Navas, 2016). Llamada en adelante guarango, es una especie forestal andina presente en Bolivia, Ecuador y Perú. El guarango es un árbol del cual se extrae una serie de productos en beneficio para la industria, entre los más importantes el tanino utilizado en curtiembre y la goma en la industria alimentaria (Arteaga, B. 2015).

Relacionando los resultados de, Navas, (2016) menciona que “aunque la experiencia histórica ha demostrado un proceso continuo y, a menudo, irreversible de deforestación desde sus inicios, los recursos forestales se consideran tradicionalmente como recursos renovables”(p. 4). El guarango en Ecuador está situado en los valles bajos de la sierra, provincias como: Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Cañar, Azogues y Loja, dentro de las formaciones boscosas de tipo xerofítico. El país al contar con diversas regiones es apto para la producción del guarango, rescatando su potencial productivo (Fabara, V. 2014).

## 7.2 Clasificación taxonómica

|                    |   |
|--------------------|---|
| Reino:             | Plantae   |
| División:          | Magnoliophyta   |
| Clase:             | Magnoliopsida   |
| Subclase:          | Rosidae   |
| Orden:             | Fabales   |
| Familia:           | Fabaceae  |
| Género:            | Caesalpinia   |
| Especie:           | Espinosa  |
| Nombre científico: | <i>Caesalpinia spinosa Kuntze</i>   |
| Nombres comunes:   | Guarango, Tara Taya, Cuica, Serrano, Campeche, Vinillo, Vainillo, Acacia amarilla, Divi divi de los Andes (Álvares, 2020, p. 21). |

## 7.3 Agroclimatología

“Es evidente que la producción de especies depende directamente de las condiciones ambientales, y las condiciones ambientales determinan en gran medida la viabilidad y el desarrollo de la producción” de acuerdo a Hernández, (2017). Por lo tanto, está intrínsecamente relacionado con el impacto del tiempo, el clima y su variabilidad en el uso de la tierra, la distribución de cultivos y la producción física agrícola. Para que los agricultores estén de acuerdo en que el clima es otro recurso natural y aprovechen sus ventajas, evitando las peores condiciones adversas (Calixto, 2015).

Muchas plantas crecen a partir de semillas y la germinación es la primera y básica etapa de crecimiento de los cultivos y la producción de alimentos. La temperatura es uno de los principales factores ambientales que controlan la germinación. Estudiar la relación entre los factores ambientales y la fisiología vegetal es fundamental para comprender y predecir la dinámica bioclimática en función de las características de lugares específicos, como la altitud,

la humedad del suelo, la temperatura y precipitación, los sistemas de luz y fotoperiodo (Lamas, y Maio, 2020).

## **7.4 Propagación**

### **7.4.1 Propagación asexual**

Conocida también como la reproducción vegetativa, es la separación de la especie progenitora de una parte vegetativa o rametos, para adquirir una nueva planta manteniendo su genotipo íntegro, por lo que se producen clones. Los principales métodos son; estacas o esquejes, el acodo y el injerto que son partes de la planta original, esto es posible porque cada célula de la planta contiene la información genética necesaria para producir una nueva especie. Las plantas se consideran organismos modulares, cada módulo es una rama con cierta capacidad de crecimiento y está compuesta por nódulos, nudos, hojas y yemas axilares. En la etapa vegetativa producirá ramas u hojas, y en la etapa reproductiva producirá flores y frutos (Osuna., Osuna, y Fierro, 2016).

### **7.4.2 Propagación sexual**

Es el método tradicional, las semillas constituyen el método más importante para producir plantas más vigorosas, adaptables y sanas, además de ser el más eficiente y usado en la producción de plantas cultivadas. El inicio físico es la semilla sembrada para la propagación de plántulas, del cual el nuevo individuo se dispersa. Por ende, la semilla es el producto final del proceso de crecimiento y desarrollo de la planta progenitora (Jerez, 2017).

Por fines de propagación, es recomendable la recolección de frutos maduros, los mismos que deben ser seleccionados por tamaño, textura y clasificadas entre buenas y malas, conservar y mantener en un lugar debidamente seleccionado, para la propagación es recomendable la aplicación de tratamientos pregerminativos que aceleran el proceso de germinación, de semillas que presentan un tegumento duro. Rompiendo el estado de latencia, priorizando la absorción de agua y respiración del embrión (Mora, 2015).

## **7.5 Selección de la especie**

La especie posee un gran valor ecológico y comercial, para un mayor rendimiento la especie a reproducir se debe conocer la ubicación y tipo de suelo de su origen. Dentro de un vivero para la reproducción de especies se considera:

- Favoritismo para la producción de los agricultores.
- Práctica de uso con la especie.
- Necesidad climatológica y suelo.
- La ubicación de la fuente de semillas (árbol de semillas): el período de reproducción y el momento de recolección y almacenamiento.
- El problema de las plagas y enfermedades de las especies (Jiménez, 2018).

### **7.5.1 *Recolección de las semillas***

El propósito de este proceso es obtener muestras de semillas de alta calidad, capturando la mejor genética y calidad fisiológica apta para su germinación. Una alta calidad de semillas es para el uso de múltiples propósitos; conservación ex situ, jardines botánicos, restauración ecológica, investigación entre los más importantes. Típicamente las semillas se recolectan a partir de hábitats naturales o seminaturales que no hayan sido alterados. La recolección viable es de árboles con diferentes características deseadas; copa perfeccionada, tallo sin distorsiones totalmente erecto, invulnerable condiciones desfavorables y plagas. Las semillas de un árbol, presentan diversas características no deseadas, semillas enfermas, plagas, etc. Por lo tanto, la diversidad de semillas es tan importante como la calidad (Sacco., Way., Suárez, y León, 2018).

## **7.6 Germinación**

En condiciones de laboratorio, la germinación comienza cuando el agua ingresa a la semilla (absorción) y termina con el alargamiento de la radícula. Sin embargo, en condiciones de campo, terminará hasta que la plántula emerja y se convierta en una plántula normal. Por tanto, se empieza a activar todo el proceso metabólico esencial para la germinación (Pérez, 2016).

Para que la semilla logre su objetivo, el embrión debe ser una plántula que pueda sobrevivir por sí sola a través de mecanismos metabólicos y morfogenéticos. Los factores internos afectan el proceso de germinación, tales como; aptitud del embrión, la eficacia y cantidad de la reserva del tejido y diversos tipos de latencia. Los factores externos como; espesor de la testa de la semilla, la disponibilidad de agua, la temperatura y el tipo de luz equilibran el proceso germinativo.

Las fases del proceso de germinación son:

- Absorción de agua por la semilla o imbibición.
- Activación del metabolismo y proceso de respiración, síntesis de proteínas y movilización de sustancias de reserva.
- Elongación del embrión y ruptura de la testa a través de la cual se observa la salida de la radícula (Suárez, y Melgarejo, 2014).

### ***7.6.1 Factores ambientales que influyen en la germinación***

Se puede mencionar entre los factores que influyen el proceso de germinación y velocidad de una semilla; la humedad del sustrato, temperatura, luz, oxígeno, y dióxido de carbono entre los más importantes. Los más determinantes esta la humedad y la temperatura, al estar relacionadas con enzimas que regulan la velocidad de reacciones bioquímicas de la semilla tras su rehidratación, disminuyendo la tasa y el porcentaje de germinación (Caroca, R., Zapata, N. y Vargas, M. 2016).

Cada uno de los factores puede inhibir o estimular la germinación. Los factores intrínsecos que intervienen en la regulación de la germinación, se destaca las restricciones físicas; el tegumento al recubrir en su totalidad a la semilla evita la entrada a cualquier sustancia, la presencia de células vivas, la presencia de inhibidores, la viabilidad y longevidad. Los factores extrínsecos; temperatura, contenido de humedad, precipitación, concentración de oxígeno y dióxido de carbono, luz, etileno, compuestos volátiles y químicos (Vargas, 2017).

### **7.7 Latencia de las semillas**

El problema de la latencia se enfrenta con el desarrollo y aplicación de diferentes técnicas de pregerminación en las semillas. De modo que la latencia es la fase inactiva de la semilla retrasando el crecimiento, desarrollo y limitando a niveles límites el proceso metabólico. De modo que la función principal es prevenir la germinación hasta obtener condiciones ambientales favorables y altas probabilidades de crecimiento de la plántula. Los factores ambientales son principales causas de retraso como la temperatura y humedad, tipo y cantidad de luz. Del mismo modo las características intrínsecas que trabajan de forma autónoma o con factores ambientales causan retardos (Sobrevilla., López, y López, 2015).

Las semillas sanas de especies forestales en muchas ocasiones no germinan o su proceso es paulatinamente. Esto se debe a que no existe condiciones favorables para la germinación, ya sea por falta de humedad, aireación o temperatura denominado quiescencia, y la latencia dormancia o letargo son por las condiciones fisiológicas y morfológicas de la semilla (Suárez, y Melgarejo, 2014).

### **7.7.1 Latencia exógena**

- Física o mecánica: La cubierta del tegumento es impermeable y/o dura.
- Química: Sustancias químicas que prohíben la germinación con respecto a la producción por la cubierta de semillas (De Luca, 2016).

### **7.7.2 Latencia endógena**

- Fisiológica: El embrión necesita un periodo de enfriamiento húmedo, donde los mecanismos fisiológicos actúan.
- Morfológica: Embriones subdesarrollados o indiferenciados, el embrión no se desarrolla completamente en la época de maduración (Mérola, y Díaz, 2019).

## **7.8 Tratamientos pregerminativos**

Los diversos factores ambientales que retrasan el proceso de germinación, actúan de forma incesante y durante largos períodos de tiempo. Los más importantes son la disponibilidad de agua, temperatura, oxígeno, dióxido de carbono y la disponibilidad de luz (Quiroz., García., Gonzales., Chung, y Soto 2015).

La pregerminación implica superar el retardo de las semillas, donde la mayoría de las plantas no germinan inmediatamente después de la madurez, y duran semanas, meses o años. Algunas semillas germinan durante los intervalos de almacenamiento en seco o en primavera, mientras que otras germinan de manera irregular durante un período de 2 años o más. Para eliminar la latencia se aplican tratamientos pre-germinativos mecánico, físico y/o químico con el objetivo de que las semillas germinen rápidamente en mayor cantidad y de manera uniforme (Gaibor, 2017).

### 7.8.1 *Efectos*

- La germinación se ve estimula
- Rompen latencia física o fisiológica
- Produce en menor tiempo plántulas homogéneas
- Disminución de costos
- Evita riesgos
- Los insumos se optimizan
- Impide que las semillas se pierdan (Castleton, 2018).

### 7.8.2 *Escarificación*

Estos procesos están diseñados para que la cáscara u otra capa protectora de la semilla sea más permeable al agua y al aire, para no interferir con el proceso de germinación. Estas condiciones se pueden lograr disminuyendo los recubrimientos gruesos, duros y resistentes, permitiendo que la germinación se efectúe de forma más rápida.

Los tratamientos más globalizados son:

#### **7.8.2.1 Escarificación Química**

Se refiere a la utilización de productos químicos, entre ellos se encuentra el ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido giberélico; los mismos que actúan debilitando la capa externa de las semillas, además libera de posibles plagas e impurezas que se encuentren en el recubrimiento de las semillas. Ahora bien, el manejo de estos ácidos debe ser prudente por ser tóxico al ser inhalado y cáustico para la piel. De modo que para la manipulación hay que utilizar la ropa de protección adecuada para evitar posibles accidentes.

- Ácido Sulfúrico

Según Viveros, (2018) “ha demostrado que el ácido sulfúrico es uno de los tratamientos pregerminativos más eficientes, tanto en diferentes concentraciones y tiempos de inmersión, de modo que puede ser considerado en diferentes viveros”. Al momento que entra en contacto

con las semillas debilita la testa, donde el ingreso de agua y aireación al embrión da paso a la germinación de la semilla.

El ácido sulfúrico se caracteriza por ser de líquido incoloro a temperatura y presión ambiente; es corrosivo para los metales; provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares; es más pesado que el agua. Su fórmula es  $H_2SO_4$  conformado por componentes como: Azufre 32.69%; Oxígeno 65.25%; Hidrógeno 2,06% (Oliveira, 2016).

- Hidróxido de Sodio

Es una sustancia manufacturada, al momento que se disuelve en agua o se neutraliza con un ácido libera calor de gran cantidad como para encender materiales combustibles, es por ello que las semillas al entrar en contacto disminuyen su recubrimiento (testa) permitiendo acelerar el proceso germinativo (Manotoa, 2015).

Se caracteriza por ser muy corrosivo tanto en metales y tejidos, absorbe humedad y dióxido de carbono del aire. Su fórmula molecular es: NaOH conformado por Sodio 57.48%; Hidrógeno 2.52%; Oxígeno 40.00%. Cabe recalcar que es un sólido blanco que se utiliza como disolución al 50% para un fácil manejo (Roth, 2020).

- Ácido Giberélico

Estas hormonas son metabolitos del hongo *Giberella fujikuroi*, aunque exhiben ciertas hormonas de crecimiento en algunas especies, no muestran el mismo transporte polarizado fuerte que las auxinas. Su función principal es aumentar la velocidad de división celular (mitosis), aumentar el crecimiento del tallo, interrumpir el período de latencia de las semillas e inducir la producción de yemas y el desarrollo de frutos (Flor, 2016).

Tiene la capacidad de acelerar la germinación, debilitar la capa de endospermo, activar el crecimiento del embrión, movilizar las sustancias de reserva, por lo que es muy utilizado. Además de su aplicación en semillas y frutos, también puede sustituir a los estímulos ambientales, como la luz y la temperatura (Ochoa, 2019). Actúa en concentración extremadamente baja. Se traslada al interior de las plantas y suele afectar sólo a las partes aéreas, acelerando así el crecimiento vegetativo de nuevos brotes que producen plantas de mayor tamaño, en algunos casos el alargamiento celular se debe a un aumento de la proliferación celular en algunos casos (Lara, 2019).

Se identifica por ser ligeramente tóxico al entrar en contacto con el ser humano, tanto en la piel, ojos, inhalación, ingestión y sobre exposición con el químico puede causar dermatitis, gestión pulmonar, vómitos, entre los más importantes. No se han conocido efectos adversos al ambiente, pero es considerable evitar que el ácido alcance cuerpos de aguas superficiales y subterráneas. Su fórmula molecular es:  $C_{19}H_{22}O_6$  su aspecto es tanto en sólido mediante tabletas, polvo y granulado de color claro, no es considerado inflamable aun en la descomposición termal ya que emite gases y humo tóxico (Point International, 2016).

### **7.8.2.2 Escarificación Mecánica**

Las semillas con testa dura e impermeables, donde la imbibición de agua e intercambio de gases es complejo, siendo necesario su aplicación, de modo que modifican o lesionan la cubierta de las semillas por abrasión, corte, pinchado o perforado, activando procesos que se hallan en estado de reposo, se recomienda tener cuidado al aplicar cualquier instrumento para que no se vea afectado el embrión, es por ello actuar en la pared correspondiente que es al extremo de los cotiledones (Quispe, 2014).

Implica raspar la cubierta de la semilla con papel de lija, lijar o romper la cubierta de la semilla con un martillo o pinzas. De tratarse de grandes cantidades se usa una hormigonera con grava o arena en su interior, máquinas con tambores giratorias forradas en su interior con material abrasivo como lijas cemento, arenas (Muñoz, 2018).

- **Lijado de Puntas**

Consiste en desgastar la punta de las semillas, reduciendo a un porcentaje mínimo la cubierta, se utilizan diferentes tipos de lijas, máquinas o una piedra porosa de superficie. Tener en cuenta que este proceso se realiza por semilla cuando el tamaño lo permite (Castleton, 2018).

- **Quemado**

Uno de los instrumentos de mayor aplicación en este proceso es el cautín (utensilios de soldadura), para no dañar al embrión el punto u orificio debe ser en la testa contraria. Esta quemadura permite el intercambio de agua y oxígeno (Lara, 2019).

### 7.8.2.3 Escarificación por inmersión en agua

Considerado uno de los tratamientos más simples y permite el inicio temprano del proceso de germinación. Así como activa las enzimas y movilización de reservas, del mismo modo ablanda las testas duras y el lavado de inhibidores químicos. El remojo de 2 a 48 horas mejora la germinación de diferentes especies de árboles tropicales.

- Agua Caliente

Al aplicar diferentes rangos de temperatura se obtienen resultados favorables como es el caso de las semillas de algarrobo (*Samanea saman*), la inmersión en agua a punto de ebullición durante 15 minutos, la germinación representa un 67% de dicha especie, siendo considerable con los demás tratamientos (Sarmiento, y Piña, 2020).

- Agua Fría

Según Incapoma, (2016) ratifica que “por su baja temperatura, este método requiere más tiempo, pero refleja un efecto positivo porque simula las condiciones ambientales que necesitan ciertas especies para germinar. Consiste en remojar las semillas en agua fría durante 1, 2 o 3 días, y se utiliza para semillas que no son muy duras, como las leguminosas”. Se señala que 8 semanas de estratificación en frío (5 ° C) pueden incrementar la velocidad de germinación de especies como *Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz, acortando el tiempo de 43 (testigo) a 18 semanas (Rodríguez, 2017).

### 7.8.3 *Tratamientos Hormonales*

Estimulan el proceso bioquímico de brotación provocado por estímulos externos. Generalmente, el uso de ácido giberélico (giberelina) estimula la germinación. La auxina y la citoquinina también han obtenido resultados positivos. Es necesario del estudio de la especie para considerar la concentración y dosis recomendada, especialmente considerando que la cubierta de la semilla es impermeable, y se requieren ciertos tratamientos para asegurar la penetración de la hormona en la semilla (Castleton, 2018).

### 7.8.4 *Combinación de tratamientos*

A veces, el uso de dos métodos de tratamiento al mismo tiempo puede aumentar la tasa de germinación. Por lo general, la combinación ideal es agregar agua de riego durante y antes

de sembrar. Al introducir métodos previamente como es el caso del humedecimiento del sustrato, se puede ahorrar tiempo y el éxito es más factible. Se pueden usar consejos generales, aunque no son necesarios para muchas especies, incluido remojar las semillas unas horas antes de plantar, independientemente de si se requiere o no germinación (Castleton, 2018).

### **7.8.5 Estratificación**

Este tratamiento se utiliza para romper la latencia fisiológica e implica colocar semillas entre condiciones cálidas o frías para retener la humedad, generalmente arena, turba o vermiculita. Las semillas en (4 a 10 °C) es la estratificación fría por las temperaturas bajas, en periodos de 20 y 60 días, inclusive 120 días. En el caso de la estratificación cálida, las semillas son sometidas a temperaturas elevadas que oscilan entre 22 y 30 °C en periodos de 30 y 60 días, para la germinación(Varela, y Arana, 2017).

Esta es la forma más práctica de romper el estado latente de las semillas, hacer que la epidermis permeabilidad y provocar una germinación rápida o incluso ubicar semillas en diversos ambientes; frío, húmedo y ventilado con una durabilidad de semanas o meses. De esta forma, ya sea en una caja de madera o en un recipiente de metal, las semillas se estratifican en forma de capas o capas cubiertas de arena, musgo y aserrín (Gaibor, 2017).

## **7.9 Luminosidad**

El cambio de luminosidad del medio puede tener un efecto de control positivo o negativo durante la germinación y, en última instancia, puede utilizarse como factor para determinar el crecimiento y la supervivencia de las semillas. Considerando que depende en gran medida del genotipo y las condiciones ambientales durante la maduración de la semilla (Vargas., Duque, y Torres, 2015). En algunas especies, la interacción entre la luz y la temperatura puede cambiar significativamente, porque en algunos casos, la luz puede reemplazar completamente el efecto de la temperatura alterna, mientras que, en otros casos, el efecto de la luz solo se reducirá, la amplitud necesaria, para la germinación que se lleve a cabo (García., Simonetti, y Becerra, 2016).

Este parámetro se consigue con la ayuda de la tela Sarán o Polisombra, al ser elaboradas con hilos de polietileno de alta densidad son considerados ideales para la protección de cultivos y la creación de microclimas según la necesidad o estudios planteados, por el hecho que regula la intensidad y penetración de luz, control de plagas, protección UV, disminuye la temperatura.

Según, Montes., Silva, y Rondón, (2015) hace referencia al “Mejorando los resultados en los cultivos por el hecho que reduce los requerimientos de riego y de ventilación, del mismo modo aumenta el porcentaje y velocidad de germinación de las semillas”.

### **7.10 Sustrato**

Hernández, y Alberico, (2015) afirma que “ También es conocido como medio de crecimiento, es aquel material que intercambia nutrientes y agua en el sistema radical y el medio de la planta, brindando soporte diferente del suelo; consta de propiedades físicas, biológicas y químicas para un correcto desarrollo”.

Así mismo son mezclas o compuestos de materiales activos o inertes usados como medios de reproducción de determinadas especies forestales; estos sustratos son la formación de varios materiales en particular rocosos, cascajo, tierra vegetal, tierra negra, arena, cascarilla de arroz, guano, compost y tierra del lugar permitiendo el desarrollo de la semilla. Hay que tener en consideración la influencia de la estructura del suelo para el crecimiento de la raíz (Mendoza, 2015).

Asimismo, son mezclas o compuestos de materiales activos o inertes utilizados como medio de reproducción de determinadas especies forestales; estos sustratos son la formación de diversos materiales, especialmente rocas, tierra vegetal, tierra negra, grava, grava, cascarilla de arroz, excrementos de aves, abono y suelo local, permitiendo que las semillas se desarrollen. Se debe considerar la influencia de la estructura del suelo en el crecimiento de las raíces.

#### ***7.10.1 Características físicas***

Es la estructura interna de las partículas, es decir que deben permitir un equilibrio apropiado entre aire y agua para que las raíces desarrollen de forma saludable, pues la porosidad ocluida no sufriría intercambios de fluidos y no serviría como almacén para el desarrollo de la raíz (Barbaro, y Karlanián, 2020).

#### ***7.10.2 Características biológicas***

Estas características han sido poca estudiadas, no obstante, los sustratos además de tener buenas características físicas, químicas es necesario la presencia de características biológicas como son los microorganismos; rhizobium, micorrizas y acetobacter son encargados

de la descomposición de compuestos orgánicos, eliminando aquellos procesos degradativos de modo que acelera su descomposición (Gallardo, 2018, p. 16).

### 7.10.3 Características químicas

Se define por la reactividad química, que se refiere a la transferencia de sustancias entre el sustrato y la solución nutritiva que aporta nutrientes a las plántulas a través de las raíces. Los sustratos en el ciclo de producción pueden sufrir intervenciones que son fáciles de medir y dar seguimiento del pH y la salinidad, obteniendo una información inmediata de la dotación y disponibilidad de nutrientes (García, 2019).

## 8 HIPÓTESIS

**H<sub>0</sub>** = Los tratamientos pregerminativos y los niveles de luminosidad no tienen efecto en la propagación de guarango (*Caesalpinia spinosa*).

**H<sub>1</sub>** = Los tratamientos pregerminativos y los niveles de luminosidad si tienen efecto en la propagación del guarango (*Caesalpinia spinosa*).

## 9 MARCO METODOLÓGICO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

### 9.1 Localización de la investigación

**Tabla 3**

*Ubicación de la Investigación*

| DESCRIPCIÓN | UBICACIÓN   |
|-------------|-------------|
| Provincia:  | Cotopaxi    |
| Cantón:     | Latacunga   |
| Parroquia:  | Salache     |
| Sector:     | Eloy Alfaro |

*Nota.* La tabla muestra la descripción donde se realizó el estudio.

### 9.2 Situación geográfica y climática

**Tabla 4**

*Condiciones geográficas y climáticas del lugar de estudio*

| PARÁMETROS                       | VALOR              |
|----------------------------------|--------------------|
| Altitud:                         | 2704 msnm          |
| Latitud:                         | 0° 59 '99''S       |
| Longitud:                        | 78° 37 '09''W      |
| Temperatura máxima:              | 20.3 °C            |
| Temperatura mínima:              | 9.2 °C             |
| Temperatura media anual:         | 26.1 °C            |
| Precipitación media anual:       | 392 mm             |
| Heliofania:                      | 1710/horas/luz/año |
| Humedad relativa promedio anual: | 75%                |

**Nota.** En esta tabla muestra los datos climatológicos del lugar de estudio, tomados de la estación más cercana a la Provincia de Cotopaxi. Inamhi; Estación Meteorológica, Rumipamba-Salcedo 2017.

### 9.3 Área de estudio

#### Figura 1

*Mapa de Ubicación del ensayo*



**Nota.** La imagen muestra el lugar donde se sitúa el ensayo realizado. Google Earth Pro, y con una cámara fotográfica.

## **9.4 Materiales y equipos**

### **9.4.1 *Material experimental***

- Semillas de Guarango

### **9.4.2 *Material de campo***

- Azadón
- Machete
- Pala
- Barra
- Martillo
- Cautín
- Alicata
- Regadera
- Regla
- Flexómetro
- Tijera
- Fundas de polietileno (invernadero)

### **9.4.3 *Materiales de oficina***

- Computadora
- Calculadora
- Cámara fotográfica
- Cd
- Flash memory
- Impresora
- Grapadora
- Lápiz
- Papel
- Funda polifan
- Libreta de campo
- Programa estadístico Infostat

### **9.4.4 *Insumos***

- Tierra negra
- Cascarrilla de arroz
- Biocompost (abono orgánico)
- Suelo cultivado
- Ácido Giberélico

- Polisombra
- Semillas
- Puntales
- Estacas
- Clavos
- Alambre galvanizado
- Letreros

#### **9.4.5 Talento humano**

- **Autor:** Alex Geovanny Robayo Carrillo
- **Tutor:** Ing. Chasi Vizquete Wilman Paolo
- **Lectores:**

(Lector 1) Ing. Mg Oscar René Daza Guerra

(Lector 2) Ing. Mg.C. José Antonio Andrade Valencia

(Lector 3) M.Sc. Manuel Patricio Clavijo Cevallos

### **9.5 Herramientas para analizar los resultados**

#### **9.5.1 Microsoft Excel**

Es un programa que permite crear hojas de cálculo, con variaciones de texto, números y un sinnúmero de fórmulas de fácil manejo, la cual permitió ingresar los datos obtenidos para su posterior análisis mediante gráficas.

#### **9.5.2 Infostat**

Es un software de análisis estadístico basado bajo el ambiente de Windows, cubre las necesidades del procesamiento de información proveniente de una tabla o agrupamiento de datos dispuestos en filas (observaciones) y columnas (variables), su interfaz avanzado permite importar y exportar bases de datos en formato texto, Excel y epiinfo. Sus distintas herramientas facilitan el análisis exploratorio mediante estadísticas descriptivas y gráficos. Una de sus características es su simplicidad de uso y al mismo tiempo su potencia de cálculo estadístico y gestión de datos con capacidades profesionales.

## **9.6 Diseño metodológico**

### ***9.6.1 Periodo de tiempo de investigación***

El proceso de investigación se llevó a cabo durante el período académico de abril a septiembre del 2021.

### ***9.6.2 Tipo de investigación***

La investigación exploratoria se utilizó en este proyecto porque se considera el primer método científico para resolver problemas, pero sin proporcionar resultados concluyentes. Cuando no ha sido resuelto o no ha sido estudiado en su totalidad y no se ha determinado las condiciones existentes.

## **9.7 Métodos**

En esta investigación se aplica tanto el método experimental como el método de campo.

### ***9.7.1 Método Experimental***

Favorece al control del tratamiento, por la manipulación de una o más variables de estudio, es utilizado para comprobar los cambios o causas que se producen, de tal forma que proporcionan información no ambigua sobre la germanización. Por ende, se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar con dos repeticiones.

### ***9.7.2 Método de Campo***

Este método se utiliza para determinar la tasa de germinación de la especie a estudiar, esto se debe a que los datos y la información se obtienen fácilmente a través de la observación directa a la realidad de la especie. Los resultados experimentales se describen en tablas, diagramas y ecuaciones para facilitar el análisis.

## **9.8 Técnicas**

### ***9.8.1 Observación directa***

Este enfoque se caracteriza por el empleo del propio sentido en el lugar que se desarrolla el estudio, de tal manera que no debe intervenir ni alterar el ambiente de estudio para que los datos sean factibles y confiables, para su posterior recopilación y registro de la investigación.

Al mismo tiempo, permitió observar el proceso de germinación de semillas, altura de la planta y número de hojas a lo largo del tiempo durante el proceso de investigación.

### **9.8.2 Observación científica**

Se considera esta técnica por la capacidad de describir y explicar el comportamiento de la investigación con medios técnicos prudentes, de modo que los datos recolectados sean lo suficientemente confiables como para ser registrados e interpretados, determinando así el mejor método de producción y finalmente sacar conclusiones.

- **Toma de datos**

Dentro del tiempo recomendado, los datos deben ser claros, concisos y precisos para su posterior análisis.

- **Tabulación de datos**

Con la ayuda del programa estadístico INFOSTAT se analizan los datos obtenidos para posteriormente determinar los resultados.

## **9.9 Diseño Experimental**

Se consideró un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con dos repeticiones, con arreglo factorial (5 x 3).

### **9.9.1 Factor A: Tratamientos Pregerminativos**

A1: Semilla con ácido giberélico.

A2: Semilla escarificada con lija.

A3: Semilla escarificada con cautín.

A4: Semilla humedecida con agua caliente.

### **9.9.2 Testigo**

Semilla en su estado natural

### 9.9.3 Factor B: Luminosidad

B1: Polisombra al 100%

B2: Polisombra al 50%

B3: Polisombra al 0%

### 9.9.4 Tratamientos

Combinación de los Factores A x B:  $5 \times 3 = 15$ .

**Tabla 5**

*Tratamientos de Estudio*

| TRATAMIENTO                        | CÓDIGO | DESCRIPCIÓN  |
|------------------------------------|--------|--|
| T1                                 | A1B1   | Semilla con ácido giberélico + Polisombra al 100%    |
| T2                                 | A1B2   | Semilla con ácido giberélico + Polisombra al 50%     |
| T3                                 | A1B3   | Semilla con ácido giberélico + Polisombra al 0%      |
| T4                                 | A2B1   | Semilla escarificada con lija + Polisombra al 100%   |
| T5                                 | A2B2   | Semilla escarificada con lija + Polisombra al 50%    |
| T6                                 | A2B3   | Semilla escarificada con lija + Polisombra al 0%     |
| T7                                 | A3B1   | Semilla escarificada con cautín + Polisombra al 100% |
| T8                                 | A3B2   | Semilla escarificada con cautín + Polisombra al 50%  |
| T9                                 | A3B3   | Semilla escarificada con cautín + Polisombra al 0%   |
| T10                                | A4B1   | Semilla humedecida con agua + Polisombra al 100%     |
| T11                                | A4B2   | Semilla humedecida con agua + Polisombra al 50%      |
| T12                                | A4B3   | Semilla humedecida con agua + Polisombra al 0%       |
| Testigo (Tratamiento convencional) |        | Semilla en su estado natural + Polisombra al 100%    |
| Testigo (Tratamiento convencional) |        | Semilla en su estado natural + Polisombra al 50%     |
| Testigo (Tratamiento convencional) |        | Semilla en su estado natural + Polisombra al 0%      |

**Nota.** Total, de tratamientos pregerminativos con la interacción de los niveles de luminosidad a ser estudiados.

### 9.9.5 Procedimiento

Tipo de diseño: Bloques Completos al Azar (DBCA) en arreglo factorial de 5 x 3 x 2 repeticiones

**Tabla 6**

*Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA)*

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| N° de localidades.                | 1  |
| N° de tratamientos.               | 15   |
| N° de repeticiones.               | 2  |
| N° de unidades experimentales.    | 30   |
| N° de fundas experimentales.      | 28   |
| N° total de fundas.               | 840  |
| Distancia entre repeticiones.     | 0.93 m                                     |
| Distancia entre tratamientos.     | 0.20 m                                     |
| Área de cada unidad experimental. | ( 0.42 m x 0.30 m ) = 0.126 m <sup>2</sup> |
| Área total del experimento.       | 7.65 m <sup>2</sup>                        |

*Nota.* La tabla muestra las características del área y descripción del ensayo.

### 9.9.6 Características de la unidad experimental

Las 28 plantas organizadas en 4 filas por 7 columnas por cada tratamiento conforman la unidad experimental. La funda de polietileno negra de 4 cm de ancho x 6 cm de largo, con orificios desde la parte media hasta su base fue indispensable para sembrar cada una de las semillas.

### 9.9.7 Unidad Experimental Neta

El efecto de borde permite evitar datos erróneos, por ende, la unidad experimental neta se estableció por 10 plantas distribuidas en 2 filas por 5 columnas respectivamente.

### 9.9.8 Tipos de análisis

#### 9.9.8.1 Análisis de Varianza ADEVA

**Tabla 7**

*Análisis de la Varianza ADEVA*

| <b>FUENTES DE VARIACIÓN</b>   | <b>GRADOS DE LIBERTAD</b> |
|-------------------------------|---------------------------|
| Bloques (r-1)                 | 2                         |
| Factor A (a-1)                | 4                         |
| Factor B (b-1)                | 2                         |
| A x B (a-1) (b-1)             | 8                         |
| Error Experimental (t-1)(r-1) | 14                        |
| <b>TOTAL (axbxr)-1</b>        | <b>30</b>                 |

*Nota.* En esta tabla se dan a conocer los Cuadrados Medios Esperados. Acorde al investigador de los tratamientos seleccionados.

#### 9.9.8.2 Prueba de TUKEY al 5%

Para comprobar los promedios de tratamiento del factor A y factor B se consideró la prueba de Tukey al 5%.

### 9.10 Variables a evaluar

#### 9.10.1 Porcentaje de germinación (PG)

Variable que se registró a los 20, 30 y 50 días de siembra desde el inicio de germinación, estableciendo así el porcentaje de semillas germinadas, por parcela neta (10 plántulas).

#### 9.10.2 Altura de la planta (AP)

Con la ayuda de una regla se evaluó en cm a los 20 y 50 días, midiendo desde su parte inferior cuello de la plántula, hasta la parte superior ápice terminal, en selección de plantas al azar.

### **9.10.3 Número de hojas (NH)**

Para esta variable se contó el número de hojas en la parcela neta de (10 plantas), cuantifica a los 30, 60 días correspondientemente.

## **9.11 Manejo Específico del Ensayo**

### **9.11.1 Labores pre silviculturales**

#### **9.11.1.1 Obtención y preparación del sustrato**

Se realizó una mezcla del 50% de tierra negra + 20% de suelo cultivado + 15% de cascarilla de arroz + 15% de materia orgánica, siendo estable para todos los tratamientos pregerminativos y niveles de luminosidad.

#### **9.11.1.2 Enfundado**

En el área donde se lleva a cabo el ensayo se procedió a llenar las fundas, por cada unidad experimental. Para cada funda de polietileno de 4 x 6 pulgadas de color negro con orificios desde su base hasta la mitad se colocó un 1kg correspondiente, con la ayuda de una pala jardinera.

#### **9.11.1.3 Distribución de unidades experimentales**

En el área de la experimentación se retira las malezas de forma manual, posteriormente la medición del área total y la correspondiente división de los 3 bloques según la distribución de las unidades experimentales. En el suelo se colocan directamente las fundas, y según el diseño experimental establecido se colocaron rótulos identificando los tratamientos respectivos, conformados por 28 unidades. De modo que las 28 plantas conforman cada unidad experimental con un total de 840 plantas.

**Tabla 8***Delimitación del área de ensayo "GUARANGO"*

| <p><b>R1</b></p> <p>A1B1    A2B1</p> <p>A3B1    A4B1</p> <p>T</p> <p><b>R2</b></p> <p>          A1B1</p> <p>A2B1    A3B1</p> <p>A4B1    T</p> | <p><b>R1</b></p> <p>T        A4B2</p> <p>A2B2    A3B2</p> <p>A1B2</p> <p><b>R2</b></p> <p>          T</p> <p>A4B2    A2B2</p> <p>A3B2    A1B2</p> | <p><b>R1</b></p> <p>A4B3    A3B3</p> <p>T        A1B3</p> <p>A2B3</p> <p><b>R2</b></p> <p>          A4B3</p> <p>A3B3    T</p> <p>A1B3    A2B3</p> |
|---|---|---|
| <b>LEYENDA</b>  |   |   |
| TRATAMIENTO   | CÓDIGO  | DESCRIPCIÓN   |
| T1  | A1B1  | Semilla con ácido giberélico + Polisombra al 100%   |
| T2  | A1B2  | Semilla con ácido giberélico + Polisombra al 50%  |
| T3  | A1B3  | Semilla con ácido giberélico + Polisombra al 0%   |
| T4  | A2B1  | Semilla escarificada con lija + Polisombra al 100%  |
| T5  | A2B2  | Semilla escarificada con lija + Polisombra al 50%   |
| T6  | A2B3  | Semilla escarificada con lija + Polisombra al 0%  |
| T7  | A3B1  | Semilla escarificada con cautín + Polisombra al 100%  |
| T8  | A3B2  | Semilla escarificada con cautín + Polisombra al 50%   |
| T9  | A3B3  | Semilla escarificada con cautín + Polisombra al 0%  |
| T10   | A4B1  | Semilla humedecida con agua + Polisombra al 100%  |
| T11   | A4B2  | Semilla humedecida con agua + Polisombra al 50%   |
| T12   | A4B3  | Semilla humedecida con agua + Polisombra al 0%  |
| Testigo (Tratamiento convencional)  |   | Semilla en su estado natural + Polisombra al 100%   |
| Testigo (Tratamiento convencional)  |   | Semilla en su estado natural + Polisombra al 50%  |
| Testigo (Tratamiento convencional)  |   | Semilla en su estado natural + Polisombra al 0%   |

#### **9.11.1.4 Material vegetativo**

La recolección de semillas es de preferencia de árboles jóvenes que presentan características favorables, evitando que estén enfermos de plagas, para que en un futuro sean productores de semillas.

#### **9.11.1.5 Preparación de las semillas**

Las semillas recolectadas se sometieron a una selección y separación que manifiestan tener mejores características físicas para su germinación. Para ser secadas en la sombra evitando la humedad y el sol directo.

#### **9.11.1.6 Preparación de tratamientos pregerminativos**

##### ***9.11.1.6.1 Método Químico (m1)***

- Ácido Giberélico:

En 1 litro de agua se agregó 250 mg de ácido giberélico, en lo cual se sumergieron las semillas en el lapso de 24 horas, en el tiempo prolongado se agitó regularmente. Al cumplir el tiempo establecido las semillas fueron retiradas de la mezcla para ser sembradas evitando que le lleguen los rayos del sol.

##### ***9.11.1.6.2 Método Mecánico (m2)***

- Lijado:

Con ayuda de una lija fina P 150 se friccione la cubierta de las semillas adquiriendo un aspecto poroso perdiendo su brillo natural, hay que tener en cuenta que no es necesario raspar toda el área de la semilla, tan solo una pequeña parte es suficiente, sin lastimarla el embrión con el fin de acelerar su germinación.

- Quemado:

Se realizó con un artefacto de suelda (en este caso el cautín), un punto en la testa a lo contrario del lugar del embrión, la cual facilitará el intercambio de agua y oxígeno de modo que acelera su germinación. Cabe aclarar que, si el orificio es muy profundo, puede afectar parcial o en su totalidad la semilla.

#### **9.11.1.6.3 Método físico (m3)**

- Agua caliente

Se calentó agua hasta que alcance los 60 °C, al retirar de la fuente de calor se sumergieron las semillas durante 24 horas para luego ser sembradas. Consiguiendo la penetración de agua y oxígeno al interior de la semilla logrando la activación del proceso de germinación.

#### **9.11.1.6.4 Método tradicional (m4)**

Las semillas no fueron aplicadas en ninguna sustancia o químico con la finalidad que no se vean alteradas o afectadas de su estado natural cumpliendo como TESTIGO en los tratamientos de pregerminación.

#### **9.11.1.7 Luminosidad**

Con ayuda de puntales de 1.70 m de alto y alambre galvanizado el mismo que va sujeto en la parte superior en todo el contorno y cruzado de un puntal a otro. Se colocó la POLISOMBRA la cual está suspendida a 1.35 m de alto recubriendo todo su contorno. Siendo ideal para la protección de las plántulas y obtención de microclimas como es en este caso los distintos ambientes de sombra evitando la intensidad y penetración de luz solar estableciendo una humedad controlada. Mejorando los resultados en los cultivos por el hecho que reduce los requerimientos de riego y ventilación, del mismo modo, aumenta el porcentaje y velocidad de germinación de las semillas.

- Polisombra 100% - Totalmente oscuro
- Polisombra 50% - Medianamente oscuro
- Polisombra 0% - Totalmente claro

#### **9.11.1.8 Siembra**

Es importante tener lo suficientemente húmedas las fundas un día antes de la siembra con ayuda de una regadera, para luego sembrar una semilla de guarango directamente después de haber aplicado los diversos tratamientos pregerminativos por funda de manera manual, por cada uno de los tratamientos pregerminativos establecidos.

La profundidad de la siembra se establece según la longitud de la semilla, la misma que alcanzó 1 cm de longitud. Lo cual se establece que la profundidad de siembra es el doble de la semilla, es decir que fue insertada a 2 cm de profundidad cada semilla.

### 9.11.2 Labores silviculturales

#### 9.11.2.1 Control de maleza

El deshierbe se efectuó de forma manual según la presencia o no de las malezas, durante cada 15 días del periodo de desarrollo de la plántula evitando enfermedades que afectan al crecimiento de la misma.

#### 9.11.2.2 Riego

Se efectuó según las condiciones climáticas durante los primeros meses en periodos de 1 a 3 veces por semana en la mañana; posteriormente se realizó de 1 a 2 veces por semana, utilizando una regadera que distribuyó de forma uniforme, con el propósito de conservar la humedad del sustrato asegurando la germinación de la planta.

Cabe recalcar que, al tener 3 bloques con diferentes microclimas según la sombra planteada, disminuye el requerimiento de riego en los bloques del 100% y 50% de polisombra, considerando con mayor necesidad de agua el bloque con 0% de polisombra.

## 10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### Tabla 9

*Análisis de Varianza para la Variable Porcentaje de Germinación (Factor A y B)*

| F.V.                    | PG (20 Días) |    |          | F     | p-valor |
|-------------------------|--------------|----|----------|-------|---------|
|                         | SC           | gl | CM       |       |         |
| Modelo                  | 6503,33      | 7  | 929,05   | 9,15  | <0,0001 |
| REPETICIONES            | 30           | 1  | 30       | 0,3   | 0,5922  |
| FA_MET. PREGERMINATIVOS | 6286,67      | 4  | 1571,67  | 15,48 | <0,0001 |
| FB_LUMINOSIDAD          | 186,67       | 2  | 93,33    | 0,92  | 0,4135  |
| Error                   | 2233,33      | 22 | 101,52   |       |         |
| Total                   | 8736,67      | 29 |          |       |         |
| Coeficiente de Varianza | 31,16        |    | Promedio | 32%   |         |

| <b>PG (30 Días)</b>     |           |           |           |          |                |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| <b>F.V.</b>             | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
| Modelo                  | 6130      | 7         | 875,71    | 4,89     | 0,0019         |
| REPETICIONES            | 30        | 1         | 30        | 0,17     | 0,6863         |
| FA_MET. PREGERMINATIVOS | 4820      | 4         | 1205      | 6,73     | 0,0011         |
| FB_LUMINOSIDAD          | 1280      | 2         | 640       | 3,57     | 0,0453         |
| Error                   | 3940      | 22        | 179,09    |          |                |
| Total                   | 10070     | 29        |           |          |                |
| Coeficiente de Varianza |           | 46,15     | Promedio  | 29%      |                |
| <b>PG (50 Días)</b>     |           |           |           |          |                |
| <b>F.V.</b>             | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
| Modelo                  | 11036,67  | 7         | 1576,67   | 8,89     | <0,0001        |
| REPETICIONES            | 30        | 1         | 30        | 0,17     | 0,6848         |
| FA_MET. PREGERMINATIVOS | 9120      | 4         | 2280      | 12,86    | <0,0001        |
| FB_LUMINOSIDAD          | 1886,67   | 2         | 943,33    | 5,32     | 0,013          |
| Error                   | 3900      | 22        | 177,27    |          |                |
| Total                   | 14936,67  | 29        |           |          |                |
| Coeficiente de Varianza |           | 30,03     | Promedio  | 44%      |                |

*Nota.* Datos del análisis de varianza del FA: Tratamientos pregerminativos y FB: Niveles de luminosidad de la investigación, Vivero del Centro Experimental, Académico Salache, 2021.

### **Tabla 10**

*Análisis de Varianza para la Variable altura de planta (Factor A y B)*

| <b>AP (20 Días)</b>     |           |           |           |          |                |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| <b>F.V.</b>             | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
| Modelo                  | 2,34      | 7         | 0,33      | 1,43     | 0,2417         |
| REPETICIONES            | 0,3       | 1         | 0,3       | 1,29     | 0,2685         |
| FA_MET. PREGERMINATIVOS | 1,97      | 4         | 0,49      | 2,11     | 0,1137         |
| FB_LUMINOSIDAD          | 0,07      | 2         | 0,04      | 0,16     | 0,8564         |
| Error                   | 5,12      | 22        | 0,23      |          |                |
| Total                   | 7,46      | 29        |           |          |                |
| Coeficiente de Varianza |           | 23,27     | Promedio  | 2,07 cm  |                |

| AP (50 Días)            |       |       |          |         |         |
|-------------------------|-------|-------|----------|---------|---------|
| F.V.                    | SC    | gl    | CM       | F       | p-valor |
| Modelo                  | 12,06 | 7     | 1,72     | 5,38    | 0,0011  |
| REPETICIONES            | 1,08  | 1     | 1,08     | 3,38    | 0,0795  |
| FA_MET. PREGERMINATIVOS | 9,83  | 4     | 2,46     | 7,67    | 0,0005  |
| FB_LUMINOSIDAD          | 1,14  | 2     | 0,57     | 1,78    | 0,1916  |
| Error                   | 7,05  | 22    | 0,32     |         |         |
| Total                   | 19,1  | 29    |          |         |         |
| Coeficiente de Varianza |       | 17,85 | Promedio | 3,17 cm |         |

*Nota.* Datos del análisis de varianza del FA y FB según los datos de la investigación del Vivero del Centro Experimental, Académico Salache, 2021.

**Tabla 11**

*Análisis de Varianza para la Variable número de hojas (Factor A y B)*

| NH (30 Días)            |        |       |          |         |         |
|-------------------------|--------|-------|----------|---------|---------|
| F.V.                    | SC     | gl    | CM       | F       | p-valor |
| Modelo                  | 81,39  | 7     | 11,63    | 8,83    | <0,0001 |
| REPETICIONES            | 1,16   | 1     | 1,16     | 0,88    | 0,358   |
| FA_MET. PREGERMINATIVOS | 61,31  | 4     | 15,33    | 11,64   | <0,0001 |
| FB_LUMINOSIDAD          | 18,91  | 2     | 9,46     | 7,18    | 0,004   |
| Error                   | 28,96  | 22    | 1,32     |         |         |
| Total                   | 110,35 | 29    |          |         |         |
| Coeficiente de Varianza |        | 17,68 | Promedio | 7 hojas |         |

| NH (60 Días)            |        |       |          |          |         |
|-------------------------|--------|-------|----------|----------|---------|
| F.V.                    | SC     | gl    | CM       | F        | p-valor |
| Modelo                  | 291,39 | 7     | 41,63    | 4,39     | 0,0035  |
| REPETICIONES            | 0,13   | 1     | 0,13     | 0,01     | 0,9067  |
| FA_MET. PREGERMINATIVOS | 282,85 | 4     | 70,71    | 7,46     | 0,0006  |
| FB. LUMINOSIDAD         | 8,4    | 2     | 4,2      | 0,44     | 0,6477  |
| Error                   | 208,6  | 22    | 9,48     |          |         |
| Total                   | 499,99 | 29    |          |          |         |
| Coeficiente de Varianza |        | 32,53 | Promedio | 10 hojas |         |

*Nota.* Datos del análisis de varianza del FA: Tratamientos pregerminativos y FB: Niveles de luminosidad de la investigación, Vivero del Centro Experimental, Académico Salache, 2021.

## 10.1 Variables para el Factor A: Tratamientos Pregerminativos

### 10.1.1 Porcentaje de germinación a los 20, 30 Y 50 días

El Análisis de varianza de la Tabla 9 para el porcentaje de germinación a los 20 y 50 días de iniciada la siembra, se observa valores altamente significativos, a su vez para el porcentaje de germinación a los 30 días se observa mínima significancia estadística.

Por lo que se procede a realizar la separación de medias según Tukey al 5%.

**Tabla 12**

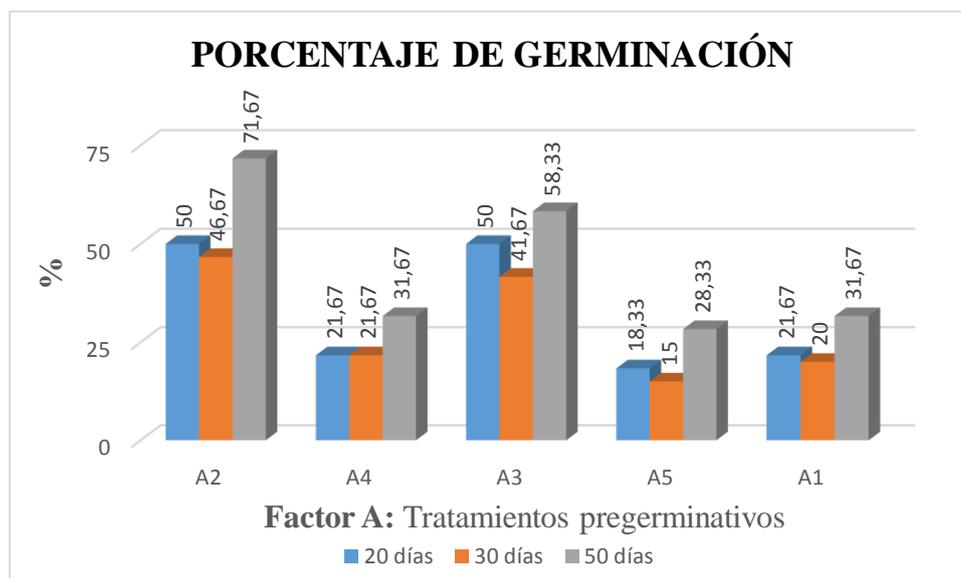
*Prueba de Tukey al 5% para Porcentaje de Germinación (Factor A)*

| N° | SIMBOLOGÍA                            | RANGO   |          |         |
|----|---------------------------------------|---------|----------|---------|
|    |                                       | 20 días | 30 días  | 50 días |
| 1  | Escarificación con lija (A2)          | 50 A    | 46,67 A  | 71,67 A |
| 2  | Humedecimiento con agua caliente (A4) | 21,67 B | 21,67 BC | 31,67 B |
| 3  | Escarificación con cautín (A3)        | 50 A    | 41,67 AB | 58,33 A |
| 4  | Testigo (A5)                          | 18,33 B | 15 C     | 28,33 B |
| 5  | Ácido giberélico (A1)                 | 21,67 B | 20 BC    | 31,67 B |

Realizado el análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación a los 20, y 50 días presente en la Tabla 9 se establece alta significancia para los tratamientos pregerminativos. La media general fue de 32% y 44% con un coeficiente de variación de 31,16% y 30,03% respectivamente, por otro lado, en los 30 días de germinación fue significativo presentó una media general de 29% y un coeficiente de variación de 46,15%. Los tratamientos pregerminativos establecen diferencia según los resultados del ADEVA en la aplicación a la semilla de: método químico, método mecánico, método físico.

## Figura 2

Resultados Promedios del factor A (Tratamientos Pregerminativos), en la Variable Porcentaje de Germinación



De acuerdo con la prueba de Tukey al 5% para los tratamientos pregerminativos de la variable porcentaje de germinación en la Figura 2. A los 20 días presenta dos rangos significativos, el mayor porcentaje se obtuvo en A2: (Escarificación con lija) presentó 50%, y el menor porcentaje se obtuvo en A5: (Testigo) con 18,33%. Para los 30 días se estable el mayor rendimiento en A2: (Escarificación con lija) con 46,67%, y el menor rendimiento se obtuvo en A5: (Testigo) con 15%. Y a los 50 días el mayor porcentaje se registró en A2: (Escarificación con lija) con 71,67% y el porcentaje menor se registró en A5: (Testigo) con 28,33%. Los resultados mostraron que la diferencia entre los tratamientos se debió a que el método de pregerminación afectó la tasa de germinación, porque algunos métodos fueron más precoces que otros.

Considerando que el mejor tratamiento pregerminativo es A2: (Escarificación con lija) siendo el que sobresalió en todos los días de muestreo. Estos resultados muestran concordancia con lo planteado por Gaibor, (2017), quien evaluó la viabilidad de tratamientos pregerminativos, resaltando que el método mecánico (Escarificación con lija) fue el más efectivo para romper la latencia y por ende acortando el tiempo de germinación. Al friccionar la cobertura de la semilla, se está reduciendo el cuesco donde la capa protectora es más

permeables al agua y aire. Manifestando que el método mecánico es una de las alternativas más eficientes para la producción del guarango.

### **10.1.2 Altura de planta a los 20 y 50 días**

El Análisis de varianza de la Tabla 10 para la variable altura de planta a los 20 no presenta significancia, pero a los 50 días de iniciada la siembra, presenta significancia estadística.

Por lo que se procede a realizar la separación de medias según Tukey al 5%.

**Tabla 13**

*Prueba de Tukey al 5% para altura de planta (Factor A)*

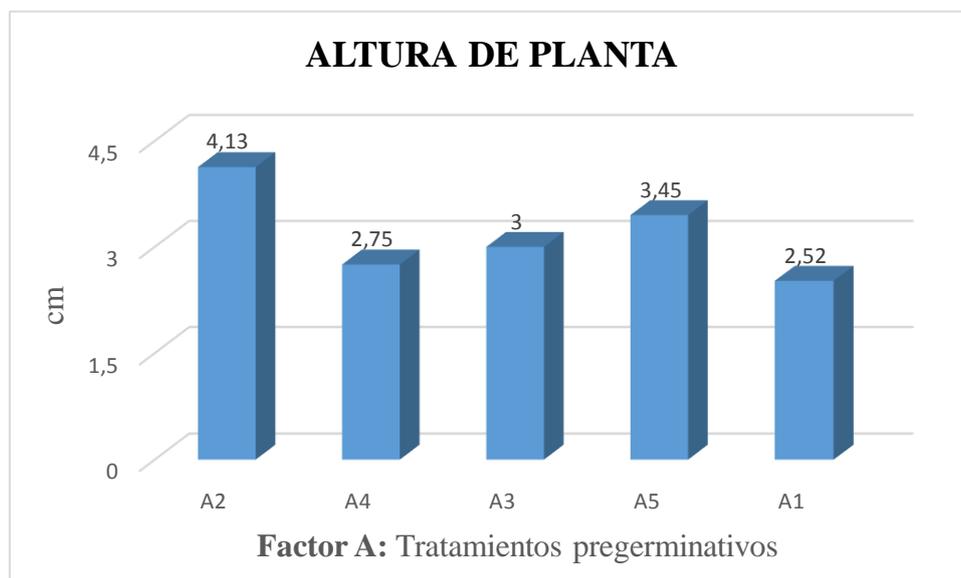
| <b>N°</b> | <b>SIMBOLOGÍA</b>                     | <b>50 Días</b> | <b>RANGO</b> |
|-----------|---------------------------------------|----------------|--------------|
| 1         | Escarificación con lija (A2)          | 4,13           | A            |
| 2         | Escarificación con cautín (A3)        | 3,45           | AB           |
| 3         | Humedecimiento con agua caliente (A4) | 3              | B            |
| 4         | Ácido giberélico (A1)                 | 2,75           | B            |
| 5         | Testigo (A5)                          | 2,52           | B            |

Se establece mínima significancia mediante el análisis de varianza para la variable altura de planta a los 50 días presente en la Tabla 10. La media general es de 3,17 cm, con un coeficiente de variación de 17,85%.

Los resultados del ADEVA resaltan la diferencia a los métodos pregerminativos, de modo que los tratamientos pregerminativos influyeron de manera positiva en esta variable.

**Figura 3**

*Resultados Promedios del factor A (Tratamientos Pregerminativos), en la Variable Altura de planta*



De acuerdo la prueba de Tukey al 5% la diferencia de altura entre una y otra, se debe a que los métodos pregerminativos si influyeron. En la Figura 3 a los 50 días la mayor altura se registró en A2: (Escarificación con lija) registró 4,13 cm; mientras que la menor altura se presentó en A1: (Ácido giberélico) con 2,52 cm.

Para la variable altura de planta que sobresalió con el resto fue A2: (Escarificación con lija) la misma que permitió un desarrollo más efectivo, corroborando con el estudio de Lara, R. (2019) que los métodos más comprometedores que ayudan para una mayor producción de la especie son los métodos mecánicos, como la (escarificación con lija).

### **10.1.3 Número de hojas a los 30 y 60 días**

El Análisis de varianza de la Tabla 11 para la variable número de hojas a los 30 y 60 días de iniciada la siembra, se observa valores significativos, de modo que los métodos pregerminativos químico, mecánico y físico establecen diferencias de uno al otro.

Por lo que se procede a realizar la separación de medias según Tukey al 5%.

**Tabla 14**

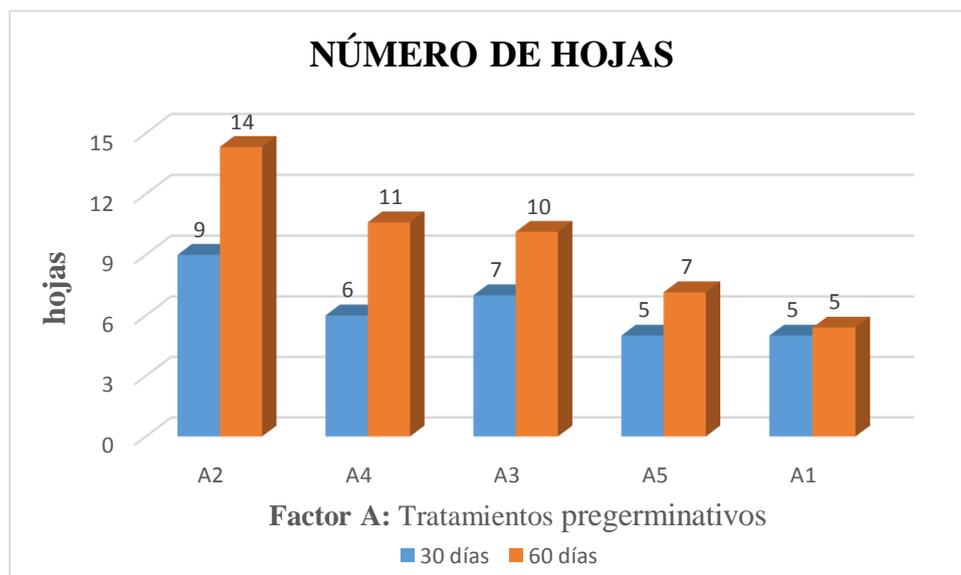
*Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas (Factor A)*

| N° | SIMBOLOGÍA                            | RANGO   |         |
|----|---------------------------------------|---------|---------|
|    |                                       | 30 días | 60 días |
| 1  | Escarificación con lija (A2)          | 9 A     | 14 A    |
| 2  | Humedecimiento con agua caliente (A4) | 6 BC    | 11 AB   |
| 3  | Escarificación con cautín (A3)        | 7 AB    | 10 AB   |
| 4  | Testigo (A5)                          | 5 C     | 7 B     |
| 5  | Ácido giberélico (A1)                 | 5 C     | 5 B     |

Realizado el análisis de varianza para la variable número de hojas de la Tabla 11 para los 30 días establece alta significancia, con una media general de 7 hojas, y un coeficiente de variación de 17,68%. Y a los 50 días presentó mínima significancia, su media general fue 10 hojas, con un coeficiente de variación de 32,53.

**Figura 4**

*Resultados promedios del factor A (Tratamientos Pregerminativos), en la Variable Número de hojas*



De acuerdo a la prueba de Tukey al 5% presente en la Figura 4 a los 30 días se registró el mayor porcentaje en A2: (Escarificación con lija) con 9 hojas, y el porcentaje menor en A5: (Testigo) y A1: (Ácido giberélico) con 5 hojas respectivamente. Y para los 60 días el mayor

promedio registrado fue en A2: (Escarificación con lija) con 14 hojas, y el menor promedio se registró en A1: (Ácido giberélico) con 5 hojas. Los resultados señalan que los métodos pregerminativos influyeron en la variable propuesta.

El mayor número de hojas se presentó en el método mecánico (Escarificación con lija) siendo el de mayor rendimiento de todos los tratamientos evaluados, por ende, debe ser aplicado en diferentes especies para lograr un mayor desarrollo en menos tiempo.

## 10.2 Variables para el Factor B: Luminosidad

### 10.2.1 Porcentaje de germinación a los 20, 30 Y 60 días

El Análisis de varianza de la Tabla 9 para la variable número de hojas a los 20 días de iniciada la siembra, no establece significancia. Pero a los 30 y 50 días su p-valor establece mínima significancia.

Por lo que se procede a realizar la separación de medias según Tukey al 5%.

**Tabla 15**

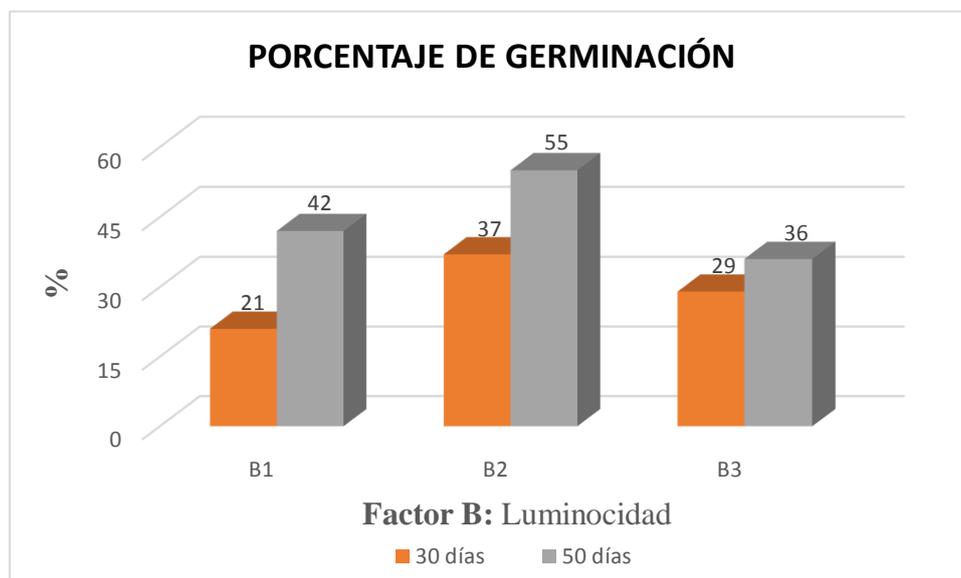
*Prueba de Tukey al 5% para el Porcentaje de Germinación (Factor B)*

| N° | SIMBOLOGÍA            | RANGO   |         |
|----|-----------------------|---------|---------|
|    |                       | 30 días | 50 días |
| 1  | 100% luminosidad (B1) | 21 B    | 42 AB   |
| 2  | 50% luminosidad (B2)  | 37 A    | 55 A    |
| 3  | 0% luminosidad (B3)   | 29 AB   | 36 B    |

El análisis de varianza mediante la prueba de Tukey al 5% de la Tabla 9 establece que a los 30 y 50 días presentó significancia, con una media general de 29% y 44% con un coeficiente de variación de 46,15% y 30,03% respectivamente.

## Figura 5

*Resultados Promedios del factor B (Luminosidad), en la Variable Porcentaje de Germinación.*



Los niveles de luminosidad de la variable porcentaje de germinación de la Figura 5 según la prueba de Tukey estable a los 30 días el mayor porcentaje fue en B2: (Polisombra al 50%) con 37%, y el menor porcentaje fue en B1: (Polisombra al 100%) con 21%. Y a los 50 días el mayor porcentaje se registró en B2: (Polisombra al 50%) con 55%, por otro lado, el menor porcentaje se presentó en B3: (Polisombra al 0%) con 36%.

Los niveles de luminosidad si afectaron para la germinación de la semilla, al presentar diferentes microclimas estableciendo diferencias mínimas entre un nivel y el otro. La (Polisombra al 50%) con una temperatura de 18°C existió mayor tasa de germinación por ende siendo la mejor, la (Polisombra al 100%) con una temperatura de 15°C y (Polisombra al 0%) con una temperatura de 22°C presentaron similitudes de datos.

### **10.2.2 Altura de planta a los 20 y 50 días**

La altura de planta no se vio afectada por los niveles de luminosidad, mediante la Tabla 10 del análisis de varianza de la altura de la planta a los 20 días y 50 días después del inicio de la siembra no fue significativo para esta variable. Por lo tanto, no separaremos las medias en un 5% según Tukey

El análisis de varianza de la Tabla 10 la variable altura de planta no presentó significancia, sus valores son similares numéricamente, pero estadísticamente no tienen diferencias, a los 20 y 50 días presenta una media de 2,07 cm y 3,17 cm y un coeficiente de variación de 23,27% y 17,85% respectivamente. Por ende, los niveles de luminosidad fueron factores independientes en esta variable.

### 10.2.3 Número de hojas a los 30 y 60 días

**Tabla 16**

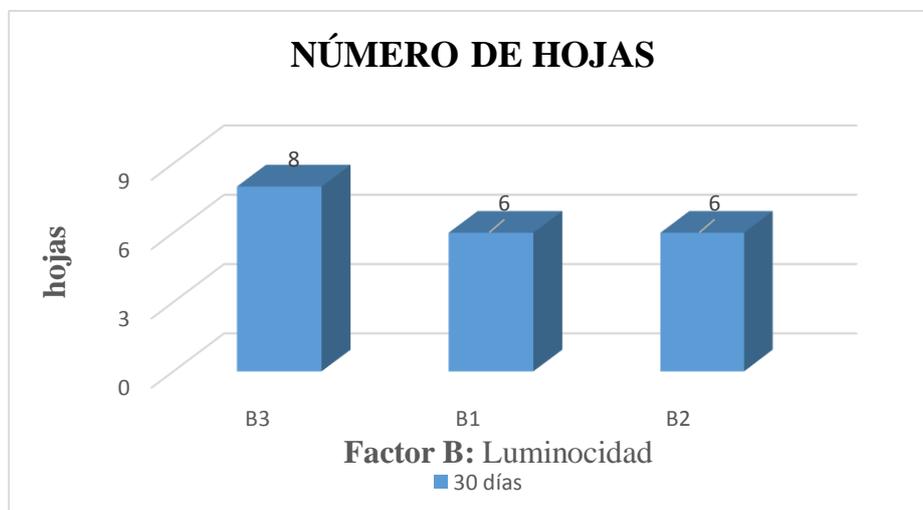
*Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas (Factor B)*

| N° | SIMBOLOGÍA            | RANGO   |
|----|-----------------------|---------|
|    |                       | 30 días |
| 1  | 0% luminosidad (B3)   | 8 A     |
| 2  | 100% luminosidad (B1) | 6 A     |
| 3  | 50% luminosidad (B2)  | 6 A     |

Realizado el análisis de varianza para la variable número de hojas de la Tabla 11 para los 30 días establece significancia, con una media general de 7 hojas, y un coeficiente de variación de 17,68% por lo que se procede a realizar la separación de medias según Tukey al 5%. Y a los 60 días no presentó significancia, su media general fue 10 hojas, con un coeficiente de variación de 32,53.

**Figura 6**

*Resultados Promedios del factor B (Luminosidad), en la Variable número de hojas*



De acuerdo a la prueba de Tukey al 5% presente en la Figura 6 a los 30 días se registró el mayor porcentaje en B3: (Polisombra al 0%) con 8 hojas, y el menor porcentaje se registró en B1: (Polisombra al 100%) y B2: (Polisombra al 50%) con 6 hojas respectivamente. Los resultados señalan que los niveles de luminosidad influyeron en la variable propuesta.

### 10.3 Variables propuestas Interacción de factores A x B

**Tabla 17**

*Análisis de Varianza de la Variable Porcentaje de Germinación (Interacción A x B)*

| <b>PG (20 Días)</b>     |           |           |           |          |                |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| <b>F.V.</b>             | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
| Modelo                  | 7416,67   | 15        | 494,44    | 5,24     | 0,0018         |
| REPETICIONES            | 30        | 1         | 30        | 0,32     | 0,5816         |
| TRATAMIENTOS            | 7386,67   | 14        | 527,62    | 5,6      | 0,0014         |
| Error                   | 1320      | 14        | 94,29     |          |                |
| Total                   | 8736,67   | 29        |           |          |                |
| Coeficiente de Varianza |           | 30        | Promedio  | 32%      |                |
| <b>PG (30 Días)</b>     |           |           |           |          |                |
| <b>F.V.</b>             | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
| Modelo                  | 7550      | 15        | 503,33    | 2,8      | 0,0309         |
| REPETICIONES            | 30        | 1         | 30        | 0,17     | 0,6893         |
| TRATAMIENTOS            | 7520      | 14        | 537,14    | 2,98     | 0,0248         |
| Error                   | 2520      | 14        | 180       |          |                |
| Total                   | 10070     | 29        |           |          |                |
| Coeficiente de Varianza |           | 44,26     | Promedio  | 29%      |                |
| <b>PG (50 Días)</b>     |           |           |           |          |                |
| <b>F.V.</b>             | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
| Modelo                  | 14216,67  | 15        | 947,78    | 18,43    | <0,0001        |
| REPETICIONES            | 30        | 1         | 30        | 0,58     | 0,4577         |
| TRATAMIENTOS            | 14186,67  | 14        | 1013,33   | 19,7     | <0,0001        |
| Error                   | 720       | 14        | 51,43     |          |                |
| Total                   | 14936,67  | 29        |           |          |                |
| Coeficiente de Varianza |           | 16,18     | Promedio  | 44%      |                |

*Nota.* Datos del análisis de varianza de la interacción de los tratamientos FA: Tratamientos pregerminativos y FB: Niveles de luminosidad de la investigación, Vivero del Centro Experimental, Académico Salache, 2021.

### 10.3.1 Porcentaje de germinación a los 20, 30 y 60 días

El Análisis de varianza de la Tabla 17 para el porcentaje de germinación a los 20 y 30 días de iniciada la siembra, su p-valor establece significancia, a su vez para el porcentaje de germinación a los 50 días se observa alta significancia estadística.

Por lo que se procede a realizar la separación de medias según Tukey al 5%.

**Tabla 18**

*Prueba de Tukey al 5% para Porcentaje de Germinación (Interacción A x B)*

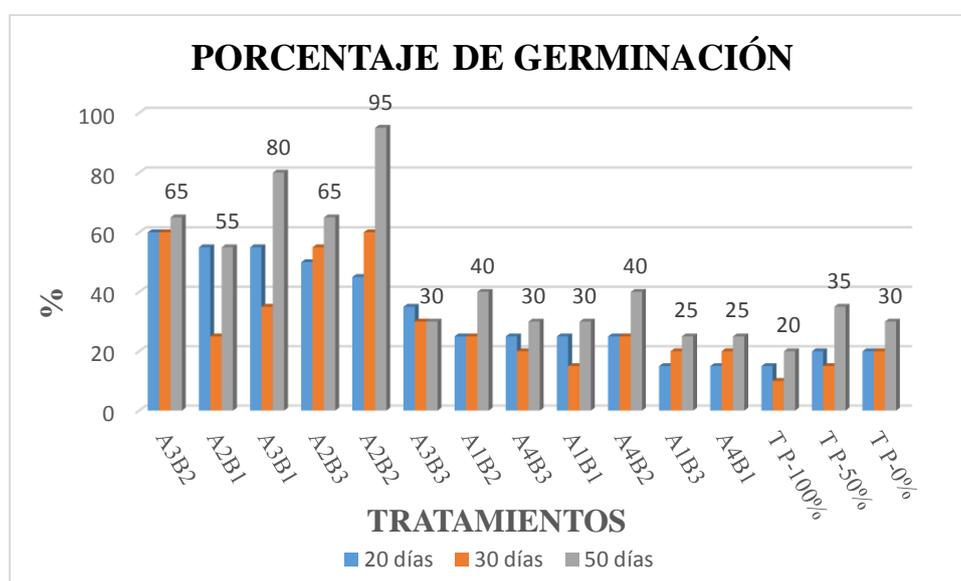
| TRATAMIENTO                | SIMBOLOGÍA | RANGO   |         |         |
|----------------------------|------------|---------|---------|---------|
|                            |            | 20 días | 30 días | 50 días |
| T8                         | A3B2       | 60 A    | 60 A    | 65 BC   |
| T4                         | A2B1       | 55 AB   | 25 A    | 55 BCD  |
| T7                         | A3B1       | 55 AB   | 35 A    | 80 AB   |
| T6                         | A2B3       | 50 ABC  | 55 A    | 65 BC   |
| T5                         | A2B2       | 45 ABC  | 60 A    | 95 A    |
| T9                         | A3B3       | 35 ABC  | 30 A    | 30 DE   |
| T2                         | A1B2       | 25 ABC  | 25 A    | 40 CDE  |
| T12                        | A4B3       | 25 ABC  | 20 A    | 30 DE   |
| T1                         | A1B1       | 25 ABC  | 15 A    | 30 DE   |
| T11                        | A4B2       | 25 ABC  | 25 A    | 40 CDE  |
| T3                         | A1B3       | 15 C    | 20 A    | 25 E    |
| T10                        | A4B1       | 15 C    | 20 A    | 25 E    |
| Testigo Polisombra al 100% |            | 15 C    | 10 A    | 20 E    |
| Testigo Polisombra al 50%  |            | 20 BC   | 15 A    | 35 DE   |
| Testigo Polisombra al 0%   |            | 20 BC   | 20 A    | 30 DE   |

Realizado el análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación a los 20 y 30 días presente en la Tabla 17 se establece mínima significancia para los tratamientos. La

media general fue de 32% y 29% con un coeficiente de variación de 30% y 44,26% respectivamente, por otro lado, en los 50 días de germinación fue altamente significativo, presentó una media general de 44% y un coeficiente de variación de 16,18%. Los tratamientos pregerminativos establecen diferencia según los resultados del ADEVA, por lo que se procede a realizar la separación de medias.

### Figura 7

*Resultados promedios de la Interacción A x B (Tratamientos Pregerminativos y niveles de Luminosidad), en la variable Porcentaje de Germinación*



De acuerdo la prueba de Tukey al 5% para la interacción A x B: Tratamientos pregerminativos x Nivel de luminosidad, de la variable porcentaje de germinación en la Figura 7 a los 20 días, el mayor promedio se presentó en T8: A3B2 (Semilla escarificada con cautín + polisombra al 50%) con 60%; mientras que el menor promedio se presentó en T3; A1B3, T10; A4B1 y el testigo polisombra al 100% con 15% respectivamente. Para los 30 días El mayor promedio se registró en T8: A3B2 (Semilla escarificada con cautín + polisombra al 50%), T5: A2B2 (Semilla escarificada con lija + polisombra al 50%) con 60% respectivamente. El menor promedio se presentó en el testigo polisombra al 100% con un 10%. Y a los 50 días el mayor rendimiento se registró en T5: A2B2 (Semilla escarificada con lija + Polisombra al 50%) con 95%; mientras que el menor promedio se presentó en el testigo polisombra al 100% con un 20%.

Los resultados señalan que existió diferencia entre tratamientos, de modo que influyeron en el porcentaje de germinación, siendo unos más precoces que otros. Aquellas semillas aplicadas el tratamiento (Escarificación con lija y el nivel al 50%) logró el mayor porcentaje de germinación, siendo el más efectivo entre todos los tratamientos. Estableciendo similitudes con (Mendoza, R., 2015) que los métodos mecánicos garantizan una mayor producción de la especie a un 90% a comparación que sin ningún tratamiento la tasa de germinación es de un 30%.

### 10.3.2 Altura de planta a los 20 y 50 días

**Tabla 19**

*Análisis de Varianza para la Variable altura de planta (Interacción A x B)*

| <b>AP (20 Días)</b>     |           |           |           |          |                |  |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|--|
| <b>F.V.</b>             | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |  |
| Modelo                  | 3,29      | 15        | 0,22      | 0,74     | 0,7187         |  |
| REPETICIONES            | 0,3       | 1         | 0,3       | 1,01     | 0,3326         |  |
| TRATAMIENTOS            | 2,99      | 14        | 0,21      | 0,72     | 0,7293         |  |
| Error                   | 4,17      | 14        | 0,3       |          |                |  |
| Total                   | 7,46      | 29        |           |          |                |  |
| Coeficiente de Varianza |           | 26,32     | Promedio  | 2,07 cm  |                |  |
| <b>AP (50 Días)</b>     |           |           |           |          |                |  |
| <b>F.V.</b>             | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |  |
| Modelo                  | 13,58     | 15        | 0,91      | 2,3      | 0,0643         |  |
| REPETICIONES            | 1,08      | 1         | 1,08      | 2,75     | 0,1197         |  |
| TRATAMIENTOS            | 12,5      | 14        | 0,89      | 2,26     | 0,0693         |  |
| Error                   | 5,52      | 14        | 0,39      |          |                |  |
| Total                   | 19,1      | 29        |           |          |                |  |
| Coeficiente de Varianza |           | 19,81     | Promedio  | 3,17 cm  |                |  |

**Nota.** Datos del análisis de varianza de la interacción A x B según los datos de la investigación del Vivero del Centro Experimental, Académico Salache, 2021.

Mediante la Tabla 19 del análisis de varianza para la altura de planta a los 20 y 50 días de iniciada la siembra, no presenta significancia entre los factores de estudio. Por lo que no se procede a realizar la separación de medias.

La variable altura de planta a los 20 días, presentó una media general de 2,07 cm y un coeficiente de variación de 26,32. Y a los 50 días, obtuvo una media general de 3,17 cm con un coeficiente de variación de 19,81%.

### 10.3.3 Número de hojas a los 30 y 60 días

**Tabla 20**

*Análisis de Varianza para la Variable número de hojas (Interacción A x B)*

| <b>NH (30 Días)</b>     |           |           |           |          |                |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| <b>F.V.</b>             | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
| Modelo                  | 88,25     | 15        | 5,88      | 3,73     | 0,0092         |
| REPETICIONES            | 1,16      | 1         | 1,16      | 0,74     | 0,4056         |
| TRATAMIENTOS            | 87,09     | 14        | 6,22      | 3,94     | 0,0075         |
| Error                   | 22,09     | 14        | 1,58      |          |                |
| Total                   | 110,35    | 29        |           |          |                |
| Coeficiente de Varianza |           | 19,36     | Promedio  | 7 hojas  |                |
| <b>NH (60 Días)</b>     |           |           |           |          |                |
| <b>F.V.</b>             | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
| Modelo                  | 375,53    | 15        | 25,04     | 2,82     | 0,0301         |
| REPETICIONES            | 0,13      | 1         | 0,13      | 0,01     | 0,9043         |
| TRATAMIENTOS            | 375,4     | 14        | 26,81     | 3,02     | 0,0238         |
| Error                   | 124,46    | 14        | 8,89      |          |                |
| Total                   | 499,99    | 29        |           |          |                |
| Coeficiente de Varianza |           | 31,32     | Promedio  | 10 hojas |                |

**Nota.** Datos del análisis de varianza de la interacción A x B: Tratamientos pregerminativos y Niveles de luminosidad de la investigación, Vivero del Centro Experimental, Académico Salache, 2021.

Realizado el análisis de varianza para la variable número de hojas a los 30 y 60 días presente en la Tabla 20 se establece mínima significancia para los tratamientos. Por lo que se procede a realizar la separación de medias.

**Tabla 21**

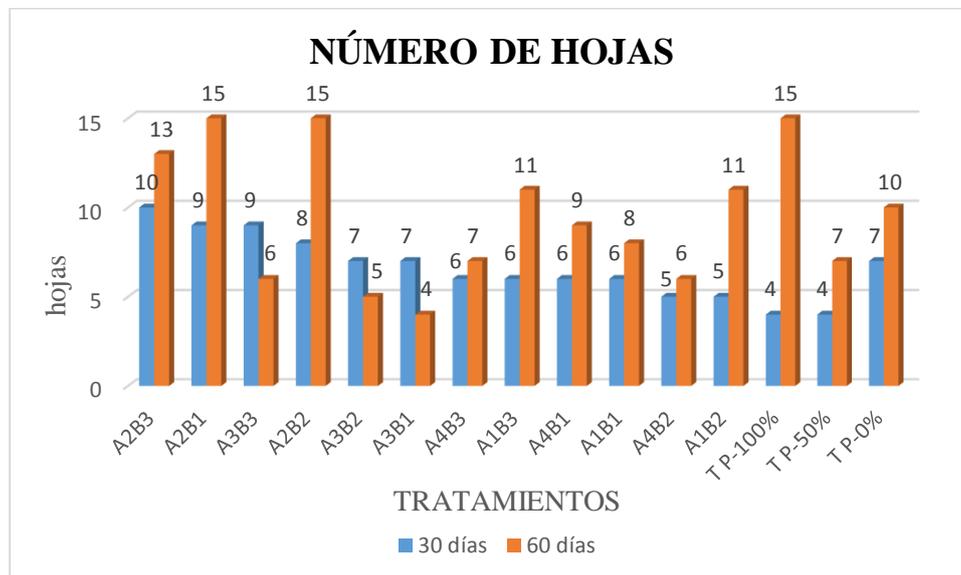
Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas (Interacción A x B)

| TRATAMIENTO                | SIMBOLOGÍA | RANGO   |         |
|----------------------------|------------|---------|---------|
|                            |            | 30 días | 60 días |
| T6                         | A2B3       | 10 A    | 13 A    |
| T4                         | A2B1       | 9 AB    | 15 A    |
| T9                         | A3B3       | 9 ABC   | 6 A     |
| T5                         | A2B2       | 8 ABC   | 15 A    |
| T8                         | A3B2       | 7 ABC   | 5 A     |
| T7                         | A3B1       | 7 ABC   | 4 A     |
| T12                        | A4B3       | 6 ABC   | 7 A     |
| T3                         | A1B3       | 6 ABC   | 11 A    |
| T10                        | A4B1       | 6 ABC   | 9 A     |
| T1                         | A1B1       | 6 ABC   | 8 A     |
| T11                        | A4B2       | 5 ABC   | 6 A     |
| T2                         | A1B2       | 5 BC    | 11 A    |
| Testigo Polisombra al 100% |            | 4 C     | 15 A    |
| Testigo Polisombra al 50%  |            | 4 C     | 7 A     |
| Testigo Polisombra al 0%   |            | 7 ABC   | 10 A    |

Realizado el análisis de varianza para la variable número de hojas a los 30 y 60 días presente en la Tabla 20 se establece mínima significancia para los tratamientos. La media general fue de 7 y 10 hojas, con un coeficiente de variación de 19,36% y 31,32% respectivamente. Los tratamientos pregerminativos establecen diferencia, por lo que se procede a realizar la separación de medias.

**Figura 8**

*Resultados promedios de la Interacción A x B (Tratamientos Pregerminativos y niveles de Luminosidad), en la variable número de hojas*



De acuerdo la prueba de Tukey al 5% para la interacción A x B: Tratamientos pregerminativos x Nivel de luminosidad, de la variable número de hojas en la Figura 8 a los 30 días, el mayor promedio se presentó en T6: A2B3 (Semilla escarificada con lija + polisombra al 0%) con 10 hojas; mientras que el menor promedio se presentó en el testigo polisombra al 100% y 50% con 4 hojas respectivamente. Para los 60 días el mayor promedio se registró en T4: A2B1 (Semilla escarificada con lija + polisombra al 100%), y el testigo polisombra al 100% con 15 hojas respectivamente, el menor promedio se presentó en T7: A3B1 (Semilla escarificada con cautín + polisombra al 100%) con 4 hojas.

#### **10.4 Como la luminosidad afecta de manera positiva o negativa en la investigación.**

La luminosidad se establece por la polisombra la cual crea microclimas en cada una de las camas, con la polisombra al 100% contiene una temperatura de 15 °C, polisombra al 50% establece una temperatura de 18 °C y la polisombra al 0% contiene una temperatura de 22 °C. Afectando de manera positiva en la polisombra al 50% por mantener una temperatura y humedad estable, donde se presentó un mayor porcentaje de germinación de las semillas entre los 30 y 50 días obteniendo una tasa de germinación de 37% y 55% respectivamente. Y de manera negativa al tener un exceso de humedad perjudica la germinación, ya que retarda el crecimiento y en algunos casos la semilla se descompone en su totalidad.

### 10.5 Coeficiente de variación (CV)

En este estudio se calculó un valor de CV inferior al 20% en variables controladas por el investigador, por lo tanto, las inferencias, conclusiones y recomendaciones son válidas en lo que respecta a la producción de Guarango en forma de tratamientos pregerminativos más niveles de luminosidad a nivel de vivero.

### 10.6 Comprobación de hipótesis

En función al Factor A; en todas las variables evaluadas existió diversidad y variabilidad estadística aceptando la hipótesis H1, particularmente en el porcentaje de germinación a los 20 y 50 días que resaltó alta significancia al presentar su P-valor  $<0,0001$  registrando a los 20 días en A2: (Escarificación con lija) el 50% de germinación ante el A5: (Testigo) el 18,33%. Y a los 50 días A2: (Escarificación con lija) con 71,67% de germinación a comparación de A5: (Testigo) con 28,33%. En el Factor B; en cuanto a los niveles de luminosidad en las variables que aceptó la hipótesis H1 fueron los porcentajes de germinación a los 30 y 50 días, donde B2: (Luminosidad al 50%) con el 37%, y 55% respectivamente. En la interacción A x B las variables que presentó significancia y que aceptó la hipótesis H1 fue en la variable porcentaje de germinación a los 20 días donde T8: A3B2 (Escarificación con cautín + polisombra al 50%) registró 60%. Y para los 30 y 50 días en T5: A2B2 (Semilla escarificada con lija + polisombra al 50%) alcanzo una tasa de germinación de 60% y 95%.

Los resultados obtenidos en la aplicación de tratamientos pregerminativos y nivel de luminosidad para las semillas de guarango (*Caesalpinia spinosa*), permite aceptar que los factores son efectivos para reducir el tiempo de germinación y aumentar la producción. Considerando que esta especie tarda de 3 a 4 meses de germinar en un 30% en su vida silvestre y al aplicar estos factores se redujo de 1 a 2 meses germinando un 98% por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna.

### 10.7 Propuesta

#### TEMA

Propuesta para la reforestación productiva y de conservación ambiental con la utilización de guarango (*Caesalpinia spinosa*).

## OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta técnica para la producción de guarango con fines de conservación ambiental productiva.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir la morfología y requerimientos agrologicos de guarango (*Caesalpinia spinosa*).
- Identificar los mejores métodos de propagación y producción.
- Determinar los usos y valor ecosistémico del guarango.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques cubren el 31% de la superficie terrestre del mundo y poseen la mayor parte de la biodiversidad terrestre del planeta. Proporcionan agua, mitigan el cambio climático y prestan un hábitat para muchos polinizadores, que son esenciales para la producción sostenible de alimentos. Por lo tanto, la protección depende completamente de cómo interactuamos y usamos los bosques del mundo (FAO, y PNUMA, 2020).

Pese a que diferentes Centros Educativos desarrollan varios programas orientados a la producción y plantación de especies forestales nativas, para compensar de algún modo la pérdida de bosques naturales por diversos procesos antropogénicos. A nivel de viveros forestales una mayor aceptación han sido las especies exóticas por su rápida germinación y facilidad de producción. Las semillas del guarango tienen una cubierta o testa dura, lo que evita por completo la absorción de agua y el intercambio de gases, haciendo imposible una germinación rápida. Por eso es importante romper el estado latente de las semillas, para facilitar la reproducción.

El guarango (*Caesalpinia spinosa*) es polivalente. Como planta leguminosa, puede fijar el nitrógeno del aire en el suelo, restaurar el suelo erosionado y mejorar el paisaje local. Es un árbol perenne que puede mantener la productividad durante 50 años o más. Sin embargo, el contenido de taninos en su fruto maduro y goma o hidrocoloide obtenido a partir de semillas, es su cualidad comercial y agroindustrial principal (Pavón, 2015).

## **METODOLOGÍA**

En sus inicios presenta una altura de cuatro a ocho metros, sin embargo, puede alcanzar alturas de hasta 10 m. Sus ramificaciones se presentan muy cerca de la base e inclusive nacen desde la misma base dando un aspecto de varios tallos. la corteza es fisurada de color café oscuro, las ramas contienen espinas pequeñas y el tronco es cilíndrico y a veces tortuoso. Su raíz es pivotante y profunda para la extracción de aguas de las profundidades, con un sistema radicular circular lo cual es tolerante a la sequedad del suelo, pero, mucha sensibilidad al frío intenso (Chávez, 2016).

El fruto se caracteriza por ser de vainas aplanadas de color naranja, al momento de estar maduras presentan dimensiones de 8 a 10 cm de largo por 1 a 2 cm de ancho, cada vaina consta de 4 a 7 semillas, de forma ovoides y ligeramente aplanadas con un diámetro de 4 a 7 mm, al madurar son de color pardo negruzco, al estar cubiertas por un tegumento impermeable dando un aspecto de duras y brillos. Esta planta crece fácilmente a los 1500 y 3000 msnm y de fácil adaptabilidad en suelos semiáridos, degradados y terrenos laderosos, que necesita poquísimos cuidados con una precipitación ideal de 400 a 900 mm (Arteaga, 2015).

- **Descripción dendrológica**

### **Raíz**

Tiene efecto pivotante, puede extraer agua de las profundidades, es de color gris oscuro y su sistema radicular es de característica redondeada, aunque es muy sensible al frío fuerte, tiene cierta tolerancia a la sequedad del suelo (Jordán, 2017).

### **Hojas**

Las hojas se caracterizan por ser compuestas, doble pinnadas, alternas y dispuestas en espiral. El pecíolo mide de 2 a 3 cm de largo y el raquis de 5 a 7 cm de largo; las pinnas opuestas tienen de 2 a 3 pares; y con 7 a 8 pares de ápice marginal, base simétrica, y tienen de 7 a 8 pares de nervaduras secundarias (Polo, 2016).

### **Flores**

Inflorescencias en el racimo terminal en espiral, mide 8-20 cm de largo, densamente pubescente y se agrupa en los extremos de las ramas. Flores bisexuales, articuladas sobre

pedicelos pubescentes de 5-10 mm de largo debajo del cáliz. La corola tiene cinco pétalos amarillos ovalados, ligeramente pubescente, monocular con estilo filamentosos y estigma corto (Jordán, 2017).

### **Fruto**

El fruto es una vaina anaranjada o rojiza plana e indehisciente, de 8 a 10 cm de largo, 1 a 2 cm de ancho, y contiene de 4 a 7 semillas. Las semillas son ovoides, ligeramente aplanadas de 4 a 7 mm dm, el mesocarpio es comestible y transparente, uno de los lóbulos más grandes. Cuando maduran, son de color marrón oscuro, duros y brillantes, porque están cubiertos por una piel exterior impermeable (Polo, 2016).

- **Condiciones edafoclimáticas**

#### **Altitud**

Según Chávez, (2016) hace mención que “crece bien entre los 800 a 3200 metros de altura” (p. 25). Se encuentra de 800 a 2800 metros sobre el nivel del mar en la vertiente del Pacífico, de 1600 a 2800 metros sobre el nivel del mar en la cuenca atlántica y de 3150 metros sobre el nivel del mar en un microclima especial (Arteaga, 2015).

#### **Suelo**

“Es muy adecuado para condiciones áridas o semiáridas, suelos degradados y terrenos inclinados, y requiere poco mantenimiento, sin embargo, no tolera suelos alcalinos o temperaturas extremadamente bajas” (Huanacune, 2019, p. 17).

#### **Temperatura**

El guarango crece a una temperatura entre 12 y 28 ° C. En los valles interandinos no se ve afectado en el rango de temperatura de 16 a 24 ° C, es decir, puede soportar diversas temperaturas; pero, el rendimiento y la calidad se verán afectados por temperaturas extremas (Vila, 2019).

#### **Precipitación**

“Requiere precipitaciones entre 400 y 600 mm, pero también se encuentra en áreas con un promedio anual de 200 a 750 mm” (Espinosa, 2018, p. 26).

## **Producción**

La producción anual de vainas del guarango varía mucho, generalmente entre 5 kg y 40 kg. Aquellas plantas que están aisladas de gran tamaño y tienen abundante agua pueden producir 120 kg/año. El rendimiento promedio de vainas es de 20 kg a 40 kg, recolectadas dos veces al año. Por lo general, a los tres años un árbol dará frutos, y si es silvestres después de cuatro años. Los 100 años es su vida media y cada árbol ocupa un área de 10 metros cuadrados (Sangay, 2018).

- **Mejores métodos de propagación**

### **Escarificación Mecánica**

En base a los resultados obtenidos en esta investigación, se determina que al ser tardía la germinación de guarango, siendo esta una de las principales falencias para la propagación de esta especie endémica, se establece que la escarificación con lija al 50% de polisombra fue más viable y eficaz de todos los tratamientos aplicados, como segunda opción es el punto de calor escarificación con cautín al 100% de polisombra, para acelerar su germinación natural, manteniendo así un porcentaje considerable de producción de Guarango (*Caesalpinia spinosa*), en un menor tiempo posible.

Estos dos tratamientos mencionados facilitaron la imbibición de agua e intercambio de gases, de modo que modifican o lesionan la cubierta de las semillas por abrasión, corte, pinchado o perforado, activando procesos que se hallan en estado de reposo, se recomienda tener cuidado al aplicar cualquier instrumento para que no se vea afectado el embrión, es por ello actuar en la pared correspondiente que es al extremo de los cotiledones (Quispe, 2014).

Implica raspar la cubierta de la semilla con papel de lija, lijar o romper la cubierta de la semilla con un martillo o pinzas. De tratarse de grandes cantidades se usa una hormigonera con grava o arena en su interior, máquinas con tambores giratorias forradas en su interior con material abrasivo como lijas cemento, arenas (Muñoz, 2018).

- **Lijado de Puntas**

Consiste en desgastar la punta de las semillas, reduciendo a un porcentaje mínimo la cubierta, se utilizan diferentes tipos de lijas, máquinas o una piedra porosa de superficie. Tener en cuenta que este proceso se realiza por semilla cuando el tamaño lo permitiera (Muñoz, 2018).

Este método disminuye el tiempo de germinación de uno a dos meses con una producción del 98%, a comparación de su estado natural (silvestre) tarda de tres a cuatro meses.

- **Quemado**

Sin ningún tratamiento la semilla del guarango tarda de tres a cuatro meses con un 30% de germinación, pero al aplicar este método disminuye de uno a dos meses y aumenta la germinación a un 90%. “Uno de los instrumentos de mayor aplicación en este proceso es el cautín (utensilios de soldadura), para no dañar al embrión el punto u orificio debe ser en la testa contraria. Esta quemadura permite el intercambio de agua y oxígeno” (Lara, 2019).

- **Usos de la especie.**

El Guarango (*Caesalpinia spinosa*) presenta diversos usos en varios campos industriales. Los frutos son vainas, y después del secado se obtienen dos subproductos: el tanino obtenido mediante el proceso de molienda y las gomas de las semillas mediante un proceso térmico-mecánico de gran importancia en la aplicación de la industria alimentaria y farmacéutica como estabilizante, emulgente o espesante (Pavón, 2015).

También es utilizado para la protección de suelos, en especial suelos de escasa agua de riego, y que están en proceso de erosión por causa de usos comerciales; al tener una raíz profunda y la copa muy densa, se puede asociar con cultivos como el maíz, alfalfa y papa, porque fija nitrógeno atmosférico al ser leguminosa y permite exitosamente la fotosíntesis de plantas de su alrededor (Polo, 2016).

### **Cosmético**

Según, Lara, (2019) da conocer el uso “Para la caída del cabello se utiliza las hojas, para su tintura y para la elaboración de champús y bronceadores y a su vez para espesar lociones y cremas; también es usado como biocida contra piojos y otros insectos.

### **Tanino**

Se obtiene de las vainas al separar de las semillas y es un producto de exportación, para la obtención del ácido tánico usado en industrias papeleras, farmacéutica, pinturas entre las más importantes (Arguello, y Saltos, 2017).

### **Curtiente y tintes**

El tanino tiene la propiedad de convertir las proteínas cutáneas percederas y permeables en cuero imputrescible, también es utilizado como penetrante en el teñido y estampados de telas, para teñir de color negro se usa las vainas y para azul oscuro las raíces (Pérez, 2018).

### **Medicinal**

La infusión de las hojas actúa contra la estomatitis, la gripe y la fiebre, actuando como astringentes, por la propiedad de coagular las albúminas de las mucosas y de tejidos, disminuye el dolor y la irritación por la capa aislante y protectora que crea; también la infusión de vainas maduras actúa contra la amigdalitis al hacer gárgaras y como cicatrizante al lavar las heridas con dicha infusión, igualmente se prepara una bebida que es depurativo del colesterol, infecciones vaginales, lavado de ojos inflamados, dolor estomacal y diarreas, reumatismo y resfriados, úlceras (Alanuca, 2017).

### **Cervecera y de vinos**

Debido a que precipitan las sustancias similares a las proteínas que contienen, se pueden usar para clarificar la cerveza y el vino con la utilización de los taninos. Del mismo modo el ácido gálico que se obtiene de la misma especie actúa como un elemento de blanqueamiento o decolorante en la industria cervecera (Cabello, 2010).

### **Alimentos**

Se utiliza como conservante y antioxidante, para conservar toda clase de carnes como pescado, mariscos, harinas y frutas, verduras cosechadas, y como antioxidantes naturales para los embutidos, aceite, gasas, galletas, chocolate. La goma de guarango es un estabilizador en el helado en temperatura alta; de la misma forma como coagulante en las variedades de queso suave, crema, procesados y pasteurizados. (Núñez., Quijala., Feria., Mestanza, y Teanga, 2017).

### **Agroforestal**

El agua producida al cocinar las vainas secas puede resistir eficazmente a los insectos; suelos que no disponen de agua de riego actúa como protector del suelo evitando la erosión del mismo; igualmente en asociación de cultivos como habas, maíz, papa por su raíz pivotante y

de extensión profunda y al ser fijadora de nitrógeno y por no tener una copa muy densa lo que permite filtrar la luz provocando que crezca las especies de su alrededor (Lara, 2019).

- **Valor ecológico del guarango**

Hay que resaltar el valor ambiental que representa esta especie en primer lugar. Considerada una de las especies nativas con diferente utilidad en la protección de suelos que están erosionados o en proceso de erosión. También se puede ocupar en barreras vivas, protección de laderas, acequias y cursos de agua. Sirve para mejorar la biodiversidad local y el paisaje y se puede asociar con cultivos como el maíz, alfalfa y papa, porque fija nitrógeno atmosférico al ser leguminosa y permite exitosamente la fotosíntesis de plantas de su alrededor (Polo, 2016).

Es un fijador de nitrógeno y a su vez ayuda a mejorar la calidad del aire, purifica las fuentes de agua, aumenta la cobertura vegetal y restaura suelos abandonados debido a condiciones no aptas para la agricultura, regenerando bosques que han sufrido una sobreexplotación descontrolada. Su madera sirve para vigas, postes y otros materiales para la construcción de viviendas, así también para leña y carbón por sus bondades caloríficas. De la misma forma sus vainas y semillas se utilizan como insumos vegetales. (Arguello, y Saltos, 2017).

La reforestación es vital para los ecosistemas terrestres y los seres humanos, porque los árboles ayudan a restaurar las cuencas hidrológicas, forman barreras contra el viento y la contaminación, previenen la erosión del suelo y absorben las partículas de carbono en el aire. Protegen la biodiversidad y la diversidad de diferentes especies. Proveen a las personas del mundo de bienes y servicios sociales, económicos, ambientales, y contribuyen a la seguridad alimentaria, así como a muchos otros beneficios (Ventura, y Plascencia, 2017).

De hecho, los bosques ayudan a combatir el cambio climático global, ayudan a restaurar especies en peligro de extinción y albergan y protegen lugares o paisajes de alto valor cultural, espiritual o recreativo. También permitirá a la humanidad resolver mejor el hambre y los problemas relacionados con el uso y la disponibilidad del agua en el mundo. Por lo tanto, la restauración ecológica se considera una herramienta importante para revertir la degradación de varios ecosistemas en todo el mundo, porque su propósito es restaurar la función y estructura de los ecosistemas.

Los beneficios de la reforestación son las siguientes:

- Crea barreras contra el viento para protección de cultivos.
- Mejorar el desempeño de la cuenca hidrográfica.
- Proveer madera para uso como combustible doméstico reduciendo el uso de bosques naturales.
- Mejora las condiciones del microclima local (temperatura, humedad) o del suelo.
- Regular las condiciones del ambiente, reduciendo susceptibilidad a plagas, heladas.
- Atrapan y eliminan partículas contaminantes como polvo, polen, humo, cenizas.
- Sirven de hábitat de gran diversidad de especies, entre ellos los organismos descomponedores, aves o distintas especies micológicas.
- Reducen el llamado efecto isla térmica o isla de calor, que se da en las ciudades como consecuencia de la retención de calor por materiales como el hormigón y otros.

## **FASES**

**Fase 1.** Lineamiento de relaciones de la especie con la comunidad.

- Preparar todo tipo de materiales y comunicaciones de información de todos los beneficios que presenta la especie dirigida a los habitantes.
- Dar a conocer métodos de pregerminación que aceleren la latencia de la semilla germinando un 98%.
- Involucrar al personal técnico impartiendo charlas divulgativas e informativas, dando a conocer beneficios sociales, ambientales y económicos que se obtendrán al ejecutar la propuesta.

**Fase 2.** Realizar los cateos de vegetación en zonas del entorno cercano y la provincia.

- Exploración de terrenos con vegetación de la especie, con el fin de saber qué porcentaje existe.

**Fase 3.** Identificar áreas que puedan ser utilizadas o reforestadas con la especie.

- Reconocimiento de terrenos abandonados o áridos.
- Realizar un croquis de los lugares que están en disponibilidad para la ejecución.

- Establecer una reunión con los propietarios de los terrenos, para establecer consensos entre las partes.

**Fase 4.** Realizar la georreferenciación y demarcación de los sitios para la reforestación.

- Toma de puntos del predio, cálculo del área y perímetro. Para calcular cuántas especies van a ser necesarias para dicho predio.

**Fase 5.** Definir la estrategia de reforestación de la especie.

- Charlas de conocimiento para su aplicabilidad, como puede ser protección de acequias, barreras vivas, protección de taludes, acequias y suelos erosionables.
- Sembrar cada 15 metros en cualquier que sea la aplicación.

**Fase 6.** Definir las estrategias y plan de seguimiento de la reforestación.

- Seguimiento y control cada 3 meses.
- Muestreo de sobrevivencia de la especie.
- Identificar patógenos si fuera el caso por el que está afectando a la especie.

## CONCLUSIONES

- La especie guarango presenta un potencial forestal y productivo conjuntamente para la recuperación y fortalecimiento de suelos explotados, reforestados o en asociaciones con sembríos, sin olvidar que potencializa como una opción distinta para la mejora de la economía agrícola que sí beneficia.
- La propuesta es presentada con el fin de plantear soluciones a la situación actual de las especies endémicas en el Ecuador, sin embargo, la misma ha sido diseñada para satisfacer y mejorar no solo las características socioambientales, sino también la calidad de los suelos y por ende generar réditos económicos en la población local.
- La participación comunitaria es base fundamental para que pequeños productores formen plantaciones, lo que eventualmente conducirá a la creación de microempresas agroindustriales y la restauración de suelos que no se utilizan para la agricultura.

## **11 IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

### **11.1 Impactos técnicos**

En el Vivero Experimental en el Campus Salache, existen pocos métodos de pregerminación para especies nativas. Por lo tanto, este proyecto de investigación contribuye a la sociedad, viveristas y estudiantes, como guía para posteriores estudios de pregerminación, con el propósito de producir y restaurar las especies nativas para proteger los bosques nativos, evitando que muchas de las especies endémicas sean olvidadas o se extingan, siendo uno de los temas de mayor importancia.

### **11.2 Impactos sociales**

Tomando en cuenta que la investigación anteriormente mencionado contribuye a estudiantes, viveristas y la sociedad, ya que será un incentivo para generar empleos, mejoramiento de paisajes, protección de taludes, garantizando un ambiente sano y saludable, siendo de gran importancia la conservación de la especie evitando que se extinga, acelerando los procesos de germinación de diferentes especies de testa dura, para preservar los bosques nativos ya que hoy en día se ven afectados una gran parte.

### **11.3 Impactos ambientales**

La investigación propuesta tiene como objetivo restaurar y proteger las especies nativas para mejorar la calidad del aire, restaurar el suelo erosionado, purificar las fuentes de agua, fijar el nitrógeno en el suelo, aumentar la cobertura vegetal con cercas vivas y restaurar el suelo abandonado debido a condiciones no aptas para la agricultura, regenerando bosques que han sufrido una sobreexplotación descontrolada.

### **11.4 Impactos económicos**

Por sus diferentes aportes utilitarios, el nivel de aprovechamiento de esta especie es sumamente impresionante. El alto contenido de tanino extraído de sus vainas garantiza su valor económico e industrial más relevante, lo que beneficia significativamente a la economía de los agricultores que cultivan esta especie, incentivando para formar plantaciones y posteriormente la creación de microempresas agroindustriales, y de manera indirecta a la economía urbana e industria del país.

## 12 PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

**Tabla 22**

*Presupuesto del proyecto*

| Descripción  | PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO |               |                  |                  |
|--|--|---------------|------------------|------------------|
|  | Cantidad                                     | Unidad        | V. Unitario (\$) | Valor Total (\$) |
| <b>MANO DE OBRA</b>  |  |               |                  |                  |
| Recurso humano (1 personas)                                      | 40   | horas         | 1,25             | 50               |
| <b>MATERIALES DE OFICINA</b>                                     |  |               |                  |                  |
| Materiales en general  | 1  | Unidad        | 20,5             | 20,5             |
| Impresiones  | 71   | Hojas (Color) | 0,25             | 17,75            |
|  | 80   | Hojas (B/N)   | 0,1              | 8                |
| Empastado  | 1  | Unidad        | 10               | 10               |
| Libro de campo   | 1  | cuaderno      | 2                | 2                |
| <b>EQUIPOS</b>   |  |               |                  |                  |
| Uso de computadora   | 800  | Horas         | 0,03             | 24               |
| Cámara fotográfica   | 1  | Unidad        | 240              | 240              |
| <b>INSUMOS</b>   |  |               |                  |                  |
| Componentes del sustrato   | 1  | Unidad        | 79               | 79               |
| Material de campo  | 1  | Unidad        | 40,7             | 40,7             |
| Equipo de protección personal                                    | 1  | Unidad        | 43               | 43               |
| Polisombra   | 24   | Metros        | 4                | 96               |
| Ácido Giberélico   | 1  | Frasco        | 1,75             | 1,75             |
| Fundas de polietileno (invernadero)                              | 9  | Paquetes      | 0,75             | 6,75             |
| <b>RECURSOS</b>  |  |               |                  |                  |
| Adquisición, Implementación, seguimiento y control del proyecto. | 1  | Transporte    | 124              | 124              |
| Internet   | 800  | Horas         | 0,3              | 240              |
| <b>MATERIALES DE CAMPO</b>                                       |  |               |                  |                  |
| Cautín   | 1  | Unidad        | 8                | 8                |
| Puntales (pingos)  | 6  | Unidades      | 1                | 6                |
| Estacas  | 66   | Unidades      | 0,2              | 13,2             |
| <b>SUBTOTAL</b>  |  |               |                  | 1030,65          |
| <b>IMPREVISTOS</b>   |  |               |                  | 200              |
| <b>TOTAL</b>   |  |               |                  | 1230,65          |

*Nota.* Gastos que influyeron en la elaboración del proyecto.

### 13 CONCLUSIONES

En base al análisis e interpretación de resultados obtenidos en este estudio se concluye lo siguiente:

- En cuanto a la especie Guarango (*Caesalpinia spinosa*) es una planta multifuncional y de excelente adaptabilidad por ende debe ser destacada entre las demás especies y reconocida por su potencial forestal y productivo, de este modo dar solución a la situación actual de las especies endémicas en el País, sin olvidar que potencializa como una opción distinta de mejora de la economía agrícola.
- En respuesta a los tratamientos pregerminativos que influyó de gran medida en los tres niveles de luminosidad fue el método mecánico (Escarificación con lija), siendo uno de los principales métodos para lograr una mayor producción.
- Dentro de los niveles de luminosidad se caracterizó de mejor manera la polisombra al 50% con una temperatura de 18°C donde presentó mayor germinación de la especie a comparación de los otros niveles. Es decir que el mejor tratamiento aplicado en este estudio fue T5: A2B2 (Semillas escarificada con lija + polisombra al 50%) siendo efectivo para reducir el tiempo de germinación de uno a dos meses germinando un 98% a comparación de su germinación natural que dura de 3 a 4 meses germinando un 30%.
- De acuerdo con el análisis de varianza en la interacción A x B la variable porcentaje de germinación a los 20, 30 y 50 días, presentó significancia lo cual rechaza la hipótesis  $H_0 =$  Los tratamientos pregerminativos y los niveles de luminosidad no tienen efecto en la propagación de guarango (*Caesalpinia spinosa*). Y acepta la hipótesis  $H_1 =$  Los tratamientos pregerminativos y los niveles de luminosidad si tienen efecto en la propagación del guarango (*Caesalpinia spinosa*).

## 14 RECOMENDACIONES

En base a las diferentes conclusiones de esta investigación se recomienda:

- Para la producción de plantas de guarango a nivel de vivero con 5 tratamientos de pregerminación y 3 niveles de luminosidad para casos de estudio, se recomienda aplicar T5: A2B2 (Escarificación con lija + polisombra al 50%) ya que este tratamiento se obtuvo mayor porcentaje de germinación.
- Implementar distintos métodos pregerminativos a diferentes semillas, con el propósito de incrementar el área forestal con especies endémicas y dar a conocer su importancia ambiental.
- Efectuar estudios sobre el efecto de diferentes niveles de luminosidad en la germinación en la especie en estudio (Guarango), que permitan aumentar y acelerar la germinación.
- Difundir programas informativos de la importancia y beneficios de la especie (Guarango) tanto económico, social y ambiental de modo que persista ante un posible olvido de sus beneficios.

## 15 BIBLIOGRAFÍA

- Alanuca, W. (2017). Diagnóstico del potencial agroindustrial de la tara (*Caesalpinia spinosa*) en Cotopaxi. *Universidad Técnica de Cotopaxi*, 60.
- Álvarez, Y. (2020). *Efecto antimicótico del extracto acuoso y etanólico de la Caesalpinia spinosa sobre la candida albicans ATCC 10231. Estudio in vitro, Tacna.* <http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/1466/1/Alvarez-Choque-Jessica.pdf>
- Andrade, J. (2015). *Potencialidad y tradiciones de usos de productos forestales no maderables de origen vegetal de los bosques estacionalmente secos de Macará, provincia de Loja.*
- Arguello, S. y Saltos, W. (2017). El Guarango en el Cantón Guano de la Provincia de Chimborazo – Ecuador. *Industrial Data*, 20(1), 43. <https://doi.org/10.15381/idata.v20i1.13508>
- Arteaga, B. (2015). *Estudio de factibilidad para la implementación de una finca productora de guarango (Caesalpinia spinosa) en el sector San Guillermo, Imbabura, Ecuador.* 135.
- Barbaro, L & Karlanián, M. (2020). *Efecto de las propiedades físicas del sustrato sobre el desarrollo de plantines florales en maceta.* 11.
- Cabello, I. (2010). *Monografía: Tara Caesalpinia spinosa(Molina) Kuntze.* 48.
- Calixto, F. (2015). *Agroclimatología.* Región Murcia: Consejero de Agricultura, Agua y Medio Ambiente.
- Caroca, R., Zapata, N., & Vargas, M. (2016). Efecto de la temperatura sobre la germinación de cuatro genotipos de maní (*Arachis Hypogaea* L). *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 32(2), 94-101.
- Castleton. (2018). *Producción en un vivero—Semillas—Tratamientos Pregerminativos.*
- Censos, I. N. de E. y. (2010). *Población y Demografía.* Instituto Nacional de Estadística y Censos. Recuperado 1 de julio de 2021, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

- Chávez, B. (2016). *Evaluación de las actividades antiinflamatoria "IN VIVO" y antioxidante de tinturas elaboradas a base de guarango (Caesalpinia spinosa) y sangre de drago (Croton lechleri)*. 97.
- De Luca, N. (2016). *Características de las semillas, tratamientos pregerminativos, técnicas de recolección y almacenamiento*.
- Espinosa, R. (2018). Evaluación del crecimiento inicial de plántulas de *Caesalpinia spinosa* (TARA) Y *Enterolobium cyclocarpum* (OREJA DE NEGRO) en diferentes sustratos en siembra directa en bolsas bajo tinglado. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 80.
- Fabara, V. (2014). *Estudio de factibilidad para la producción de Guarango (Caesalpinia spinosa) en el cantón de Guano- Chimborazo- Ecuador*.  
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2350/1/103384.pdf>
- FAO y PNUMA. (2020). *El estado de los bosques del mundo 2020*. FAO and UNEP.
- Flor, E. (2016). Evaluación de medios de cultivo para la micropropagación de Algarrobo Tropical (*Prosopis pallida*) h.b.k. Quito, Pichincha. *Universidad Central del Ecuador*, 91.
- Gaibor, F. (2017). *Evaluación agronómica de plántulas de pechiche (Vitex gigantea), empleando tres métodos pregerminativos y dos tipos de sustratos*. Universidad Estatal de Bolívar Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente Carrera de Ingeniería Forestal.
- Gallardo, P. (2018). Evaluación de la dosificación de dos activos biológicos (Bioprot y Biofun) en el proceso de descomposición de sustrato de corteza de pino (*Pinus radiata*), en el sector los Ángeles, parroquia Patricia Pilar, cantón Buena Fé, provincia de Los Ríos. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales Escuela de Ingeniería Forestal*, 82.
- García, L. (2019). *Manejo de sustratos para el cultivo de plantas en contenedores*.
- García, V., Simonetti, J., & Becerra, P. (2016). Lluvia de semillas, depredación de semillas y germinación de especies nativas en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile centro-sur:

- Efecto de la distancia a bosque nativo y presencia de sotobosque. *Bosque (Valdivia)*, 37(2), 359-367.
- Granja, D. y Alvear, J. (2017). Deforestación del Ecuador Continental Periodo 2014-2016. *Ministerio del Ambiente y Agua*, 38.
- Hernández, M. (2017). La agroclimatología: Instrumento de planificación agrícola. *Geographicalia*, 30, 213.
- Hernández, N y Alberico, F. (2015, julio 6). Características de los principales sustratos para la producción protegida de alimentos. *Hortalizas*.
- Huanacune, R. (2019). *Estudio comparativo in vitro sobre la eficacia antibacteriana del extracto alcohólico de Caesalpinia spinosa (tara) al 40% y el hipoclorito de sodio al 5,25%; a las 24 y 48 horas, sobre el Enterococcus faecalis*.
- Inamhi. (2017). *Anuario meteorológico; Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. [https://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum\\_institucion/anuarios/meteorologicos/Am\\_2013.pdf](https://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf)
- Incapoma, L. (2016). *Efecto de la aplicación de tratamientos pregerminativos en semillas de Acacia Negra (Acacia melanoxylon R. Br.), en la ciudad de el Alto-La Paz*.
- Jerez, E. (2017). *Propagación sexual y asexual de la cascarilla (Cinchona officinalis L.), con fines de potencial reproductivo en el vivero Catiglata del consejo Provincial de Tungurahua*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Jiménez, F. (2018). *Viveros Forestales Para producción de planta a pie de repoblación*. 36.
- Jordán, A. (2017). Evaluación del efecto de la aplicación del fertilizante foliar 25-16-12 en el crecimiento de plantas de Caesalpinia spinosa (guarango), parroquia la Península, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua. *Escuela Politécnica de Chimborazo*, 85.
- Lamas, A. y Maio, S. (2020). Estimación de tiempo térmico para germinación y emergencia de roble (Quercus robur) en invernáculo. *Agrometeoros*, 28.

- Lara, R. (2019). *Evaluación de métodos de producción de plántulas de guarango (Caesalpinia spinosa), en el vivero experimental CEASA de la Universidad Técnica de Cotopaxi*. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5269/6/PC-000724.pdf>
- Manotoa, S. (2015). Escarificación mecánica y química como tratamientos pregerminativos en semillas de olivo (*Olea europea*). *Universidad Técnica de Ambato*, 69.
- Mendoza, R. (2015). *Evaluación germinativa de la semilla de tara (Caesalpinia spinosa (molina) kuntze) bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos y tres diferentes niveles de sustratos en la Comunidad de Inquisivi*.
- Mérola, R. & Díaz, S. (2019). Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir dormancia en semillas de plantas forrajeras. *Universidad de la Empresa - Facultad de Ciencias Agrarias*, 41.
- Monta, G. (2019). *Evaluación de cuatro métodos de germinación en dos especies nativas de interés ambiental en el vivero del Campus Salache –UTC*.
- Montaña, D. (2021, marzo 18). Nuevo estudio: En los últimos 26 años Ecuador ha perdido más de 2 millones de hectáreas de bosque. *RAISG*.
- Montes, C., Silva, A., & Rondón, J. (2015, agosto 24). *Vista de Efecto de cuatro niveles de sombra en la germinación de Oreopanax floribundum en condiciones de vivero | Revista de Investigación Agraria y Ambiental*.
- Mora,. (2015, noviembre 30). *Segunda Unidad—Propagación de plantas por semilla botánica o sexual*.
- Muñoz, I. (2018). Evaluación del efecto de dos tratamientos pregerminativos en tres tipos de sustratos en la germinación de la tara (*Caesalpinia spinosa*) en el centro experimental de Cota Cota. *Universidad Mayor de San Andrés*, 77.
- Navas, A. (2016). *Inventarización y evaluación de árboles de Guarango (Caesalpinia spinosa) y determinación de áreas potenciales para su cultivo en cuatro comunidades del Cantón Guano*. 150.

- Núñez, J., Quiala, E., Feria, M., Mestanza, S., & Teanga, S. (2017). *Propagación in vitro de Caesalpinia spinosa (Mol.) O. Kuntz a partir de yemas axilares de árboles plus seleccionados*. 17(2), 9.
- Ochoa, M. (2019). Experimentos de germinación con semillas de Rañas, *Viburnum triphyllum* (Benth) y sus implicaciones para la propagación y restauración. *Universidad del Azuay*, 59.
- Oliveira. (2016). *HDS-Acido-sulfurico-NOM-018-2015-MARY-MEAG-Hoja-de-datos.pdf*.
- Osuna, H., Osuna, A., & Fierro, A. (2016). Manual de propagación de plantas superiores. *Universidad Autónoma Metropolitana*, 91.
- Pavón, D. (2015). *Uso potencial de la goma de tara (Caesalpinia spinosa) para el desarrollo de nuevas películas y recubrimientos comestibles compuestos*. 174.
- Pérez, C. (2018). *Efecto inhibitorio in vitro de taninos de Guarango (Caesalpinia spinosa) y saponinas de quinua (Chenopodium quinoa Willd) en Rhizopus SP*.
- Perez, F. (2016). Germinación de semillas. *Secretaría General Técnica - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*.
- Point International, Ltd. (2016, mayo 9). *Hoja de seguridad ACIGIB 10%*. [http://www.farmagro.com.pe/media\\_farmagro/uploads/hoja\\_seguridad/acigib.pdf](http://www.farmagro.com.pe/media_farmagro/uploads/hoja_seguridad/acigib.pdf)
- Polo, F. (2016). *Insectos y ácaros perjudiciales de una plantación de tara (Caesalpinia spinosa) durante la primavera en Lurín*. 127.
- Quiroz, I., García, E., Gonzales, M., Chung, P., & Soto, H. (2015). *Vivero forestal Producción de plantas nativas a raíz cubierta*.
- Quispe, J. (2014). *Análisis de germinación de la semilla botánica de Algarrobo (Prosopis pallida Kunth) utilizando cinco tratamientos pregerminativos*.
- Rodríguez, M., Tampe, J., Nelson Hormazábal, N., Araneda, X., Tighe, R., & Cárcamo, P. (2017). Efecto de la escarificación y estratificación sobre la germinación in vitro de *Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz. *Gayana. Botánica*, 74(2), 282-287.

- Roth, C. (2020). *Ficha de seguridad—Hidróxido de Sodio*. conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE
- Sacco, A., Way, M., Suárez, C., & León, P. (2018). *Manual de recolección, procesamiento y almacenamiento de semillas de plantas silvestres*.
- Sangay, S. (2018). *Estudio de la simbiosis rizobiana y micorrízica en el mejoramiento de la producción de tara (Caesalpinia spinosa (molina) kuntze)*.
- Sarmiento, D. & Piña, E. (2020). "Estudio de la germinación y desarrollo inicial de tres especies forestales nativas del Bosque Protector Yanuncay—Irquis". *Universidad de Cuenca*, 102.
- Sobrevilla, J., López, M., & López, A. (2015). Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos y osmóticos en la germinación de semillas *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. Ex Willd) M. C. Johnston. *University of Nebraska - Lincoln*, 14.
- Suárez, D. & Melgarejo, L. (2014). Biología y Germinación de semillas. *Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal. Departamento de biología. Universidad Nacional de Colombia*, 12.
- Varela, S & Arana, V. (2017). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *proyecto PATNOR 810292*, 10.
- Vargas, J., Duque, O., & Torres, A. (2015). Germinación de semillas de cuatro especies arbóreas del bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 249.
- Vargas, M. (2017). Factores que afectan la germinación de semillas. *Programa de combate de malezas, Estación Experimental Fabio Baudrit M.*, 6.
- Vila, J. (2019). *Estimación de la eficiencia del sistema de riego por surcos en el cultivo de tara (Caesalpinia spinosa), en el fundo Tanón, Región Cajamarca*. 130.
- Viveros, H., Hernández, J., Velasco, M., Robles, R., César Ruiz Montiel, Aparicio, A., Martínez, M., Hernández, J., & Hernández, M. (2018). Análisis de semillas, tratamientos pregerminativos de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. Y su crecimiento inicial. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(30), 52-65.

## 16 ANEXOS

## Anexo 1

*Base de datos, Código de Variables de la base de datos:*

**REP:** Repeticiones

**TRAT:** Tratamientos

**FA:** Factor A

**FB:** Factor B

**PG:** Porcentaje de germinación (20, 30 y 50 días)

**AP:** Altura de la planta (20 y 50 días)

**NH:** Número de hojas (30 y 60 días)

| REP | TRAT | FA                               | FB               | PG 20 | PG 30 | PG 50 | AP 20 | AP 50 | NH 30 | NH 60 |
|-----|------|----------------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1   | T1   | Ácido giberélico                 | 100% luminosidad | 30,0  | 20,0  | 30,0  | 1,8   | 1,5   | 5,0   | 6,7   |
| 1   | T2   | Ácido giberélico                 | 50% luminosidad  | 30,0  | 20,0  | 40,0  | 1,8   | 3,1   | 4,0   | 11,5  |
| 1   | T3   | Ácido giberélico                 | 0% luminosidad   | 20,0  | 20,0  | 30,0  | 1,5   | 2,7   | 4,5   | 9,7   |
| 1   | T4   | Escarificación con lija          | 100% luminosidad | 50,0  | 30,0  | 50,0  | 2,0   | 4,2   | 10,3  | 14,3  |
| 1   | T5   | Escarificación con lija          | 50% luminosidad  | 30,0  | 40,0  | 100,0 | 2,2   | 3,8   | 7,0   | 18,4  |
| 1   | T6   | Escarificación con lija          | 0% luminosidad   | 40,0  | 40,0  | 60,0  | 2,6   | 4,9   | 9,5   | 14,2  |
| 1   | T7   | Escarificación con cautín        | 100% luminosidad | 60,0  | 40,0  | 80,0  | 1,8   | 3,0   | 7,8   | 4,5   |
| 1   | T8   | Escarificación con cautín        | 50% luminosidad  | 70,0  | 80,0  | 70,0  | 1,7   | 3,4   | 7,1   | 6,1   |
| 1   | T9   | Escarificación con cautín        | 0% luminosidad   | 30,0  | 30,0  | 40,0  | 1,5   | 2,9   | 6,7   | 6,3   |
| 1   | T10  | Humedecimiento con agua caliente | 100% luminosidad | 20,0  | 30,0  | 30,0  | 1,8   | 2,3   | 6,7   | 4,3   |
| 1   | T11  | Humedecimiento con agua caliente | 50% luminosidad  | 20,0  | 30,0  | 40,0  | 2,8   | 4,0   | 5,3   | 6,0   |
| 1   | T12  | Humedecimiento con agua caliente | 0% luminosidad   | 20,0  | 20,0  | 30,0  | 2,0   | 2,0   | 5,0   | 4,0   |
| 1   | T13  | Testigo                          | 100% luminosidad | 10,0  | 10,0  | 20,0  | 2,0   | 2,5   | 4,0   | 16,5  |
| 1   | T14  | Testigo                          | 50% luminosidad  | 20,0  | 20,0  | 40,0  | 2,3   | 2,4   | 4,0   | 8,3   |
| 1   | T15  | Testigo                          | 0% luminosidad   | 20,0  | 20,0  | 20,0  | 1,8   | 2,0   | 7,5   | 13,0  |
| 2   | T1   | Ácido giberélico                 | 100% luminosidad | 20,0  | 10,0  | 30,0  | 3,0   | 2,8   | 6,0   | 9,3   |
| 2   | T2   | Ácido giberélico                 | 50% luminosidad  | 20,0  | 30,0  | 40,0  | 1,8   | 3,6   | 5,3   | 10,6  |
| 2   | T3   | Ácido giberélico                 | 0% luminosidad   | 10,0  | 20,0  | 20,0  | 3,0   | 2,8   | 7,5   | 13,0  |
| 2   | T4   | Escarificación con lija          | 100% luminosidad | 60,0  | 20,0  | 60,0  | 2,6   | 4,4   | 8,0   | 15,8  |
| 2   | T5   | Escarificación con lija          | 50% luminosidad  | 60,0  | 80,0  | 90,0  | 3,4   | 4,6   | 8,4   | 12,3  |
| 2   | T6   | Escarificación con lija          | 0% luminosidad   | 60,0  | 70,0  | 70,0  | 2,3   | 2,9   | 10,1  | 10,9  |
| 2   | T7   | Escarificación con cautín        | 100% luminosidad | 50,0  | 30,0  | 80,0  | 1,8   | 4,0   | 5,7   | 4,4   |
| 2   | T8   | Escarificación con cautín        | 50% luminosidad  | 50,0  | 40,0  | 60,0  | 1,9   | 3,8   | 6,5   | 4,8   |
| 2   | T9   | Escarificación con cautín        | 0% luminosidad   | 40,0  | 30,0  | 20,0  | 2,4   | 3,6   | 10,3  | 6,3   |
| 2   | T10  | Humedecimiento con agua caliente | 100% luminosidad | 10,0  | 10,0  | 20,0  | 2,0   | 3,5   | 5,0   | 14,0  |
| 2   | T11  | Humedecimiento con agua caliente | 50% luminosidad  | 30,0  | 20,0  | 40,0  | 1,5   | 2,9   | 5,0   | 5,3   |
| 2   | T12  | Humedecimiento con agua caliente | 0% luminosidad   | 30,0  | 20,0  | 30,0  | 2,2   | 3,3   | 7,5   | 9,3   |
| 2   | T13  | Testigo                          | 100% luminosidad | 20,0  | 10,0  | 20,0  | 1,3   | 3,0   | 4,0   | 12,5  |
| 2   | T14  | Testigo                          | 50% luminosidad  | 20,0  | 10,0  | 30,0  | 1,9   | 2,7   | 4,0   | 6,3   |
| 2   | T15  | Testigo                          | 0% luminosidad   | 20,0  | 20,0  | 40,0  | 1,5   | 2,5   | 7,0   | 7,0   |

**Anexo 2***Fotografías de la Instalación, Seguimiento y Evaluación del ensayo*

Recolección



Desvainado



Clasificación de las semillas



Movimiento del suelo



Preparación de puntales



Instalación de puntales



Pesado de los insumos



Componentes del sustrato



Mezcla final sustrato



Llenado de fundas



Medición del área y colocación de unidades experimentales



Altura de puntales



Extensión de polisombra



Instalación de polisombra



Identificación



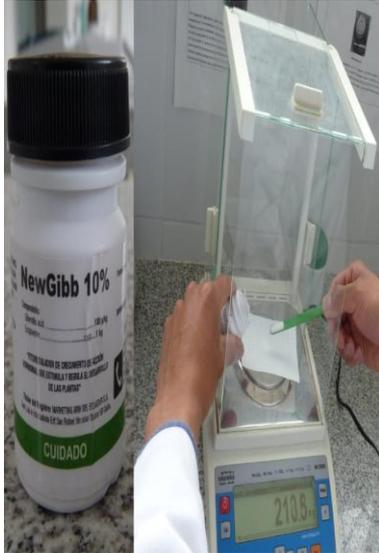
Tratamiento caudín



Tratamiento agua hervida



Tratamiento A. Giberélico



Tratamiento lijado



Siembra



Humedecimiento de las camas



Evaluación altura



Evaluación % germinación



### Anexo 3

#### *Glosario de términos técnicos*

**Auxinas:** Hormona vegetal que potencia al crecimiento de las plantas.

**Enzimas:** Molécula formada principalmente por proteínas que producen las células vivas y que actúa como catalizador y regulador en los procesos químicos del organismo.

**Escarificación:** Acción de escarificar o romper la testa de la semilla por métodos químicos o mecánicos.

**Estratificación:** Es aquella que se realiza cuando las semillas necesitan ser afectadas por temperaturas bajas para poder germinar.

**Genotipo:** Conjunto de genes característicos de cada especie vegetal o animal.

**Imbibición:** Es un proceso fisiológico que inicia la germinación. Consiste en la absorción de agua por parte de la semilla ocasionando un hinchamiento de esta, aumentando su peso y su volumen. Inicialmente este proceso físico (absorción de agua) no depende de la temperatura, una vez los tejidos embrionarios han sido hidratados la absorción de agua pasa a ser un proceso físico químico regulado por la temperatura. La imbibición cesa cuando el incremento del peso llega hasta un 40% y 60% con respecto al peso inicial.

**Latencia:** Tiempo del estado o cualidades del proceso de germinación de una semilla.

**Micorrizas:** Conjunto de hifas de un hongo que se asocian por simbiosis a las raíces de una planta, obtiene hidratos de carbono y transmite a la planta los nutrientes del suelo.

**Plántula:** Embrión en crecimiento o planta joven que emerge de la semilla mientras depende de sus propios constituyentes. Consiste en un epicotíleo con uno o dos cotiledones y raíz.

**Remanentes:** Residuos o partes de una planta, los cuales pueden servir como estaca para dar vida a una nueva planta.

**Sustrato:** El subsuelo, o sustrato, es la capa de suelo debajo de la capa superficial del suelo en la superficie de la tierra. El subsuelo puede incluir sustancias como arcilla y/o arena, que sólo han sido parcialmente desglosadas por aire, luz solar, agua, viento, etc., para producir suelo verdadero. Debajo del subsuelo está el sustrato, que puede ser rocoso, de sedimentos o

depósitos eólicos, en gran medida afectados por factores formadores de suelo activo en el subsuelo.

**Taninos:** Sustancia muy astringente, que se extrae de la corteza de algunos árboles, como el Guarango, castaño o el roble, y se emplea principalmente en el curtido de pieles y en la elaboración de ciertos fármacos.

**Tegumento:** Membrana que cubre toda la superficie de una semilla o de ciertos órganos de las plantas.

**Trasloca:** Mutación genética que consiste en el cambio de posición de dos o más nucleótidos en la secuencia del ADN.

**Yemas axilares:** Es el renuevo vegetal en forma de botón que da origen a que se desarrollen ramas, hojas o flores.

**Anexo 4**

## Aval de Traducción

***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“EVALUACIÓN DE CINCO TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS A TRES NIVELES DE LUMINOSIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE GUARANGO (Caesalpinia spinosa), EN EL VIVERO DEL CENTRO EXPERIMENTAL, ACADÉMICO SALACHE, 2021.”** presentado por: **Robayo Carrillo Alex Geovanny**, egresado de la Carrera de: **Ingeniería de Medio Ambiente**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2021

Atentamente,

**Mg. Lidia Rebeca Yugla Lema**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
**CI:0502652340**



Forma digitalizada por  
**MARCO PAUL**  
**BELTRAN**  
**SEMBLANTE**



**CENTRO**  
**DE IDIOMAS**