



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSO NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

**EFFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN Y
SISTRATOS EN LA PROPAGACIÓN SEXUAL DE *Caesalpinia
spinosa* Mol. Kuntze (GUARANGO) EN EL VIVERO YAKITU**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO FORESTAL

AUTOR:

PAUL ALEXIS VILLEGAS NUÑEZ

Riobamba – Ecuador

2024



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

**EFFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN Y
SISTRATOS EN LA PROPAGACIÓN SEXUAL DE *Caesalpinia
spinosa* Mol. Kuntze (GUARANGO) EN EL VIVERO YAKITU**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO FORESTAL

AUTOR: PAUL ALEXIS VILLEGAS NUÑEZ

DIRECTORA: Ing. VILMA FERNANDA NOBOA SILVA

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Paul Alexis Villegas Nuñez

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

Yo, Paul Alexis Villegas Nuñez, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 04 de junio de 2024



Paul Alexis Villegas Nuñez

C. I: 0604540153

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **EFFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN Y SUSTRATOS EN LA PROPAGACIÓN SEXUAL DE *Caesalpinia spinosa* Mol. Kuntze (GUARANGO) EN EL VIVERO YAKITU**, realizado por el señor: **PAUL ALEXIS VILLEGAS NUÑEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Danny Daniel Castillo Vizuite PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-06-04
Ing. Vilma Fernanda Noboa Silva DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-06-04
Ing. Miguel Ángel Guallpa Calva ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-06-24

DEDICATORIA

A mis padres, quienes me han brindado su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio incansable a lo largo de este camino académico. Su ejemplo de perseverancia y dedicación ha sido mi mayor inspiración. A mis amigos y seres queridos, por su aliento y comprensión en los momentos difíciles. A todos aquellos maestros y mentores que han compartido su sabiduría conmigo, contribuyendo así a mi crecimiento personal y profesional. Esta tesis está dedicada a ustedes, como un modesto tributo a su influencia en mi vida y en este logro académico.

Paul

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme y permitirme conocer excelentes profesores y amigos, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la ingeniera Vilma Noboa y al ingeniero Miguel Guallpa, por su orientación, paciencia y apoyo a lo largo de este proceso de investigación. Sus consejos y sugerencias han sido invaluable para el desarrollo de este trabajo. También quiero agradecer al Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, por brindarme los recursos y el ambiente propicio para llevar a cabo este estudio.

Además, quiero extender mi gratitud a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por su respaldo académico y administrativo durante mi trayectoria universitaria. Agradezco especialmente a mis amigos, por sus conversaciones estimulantes y por compartir ideas que han enriquecido este proyecto.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a mi familia y seres queridos por su constante apoyo, comprensión y motivación a lo largo de este viaje académico. Su amor incondicional ha sido mi mayor fortaleza. Este logro no habría sido posible sin ustedes.

A cada persona que ha contribuido de alguna manera a este trabajo, mi más profundo agradecimiento. Sus aportaciones han dejado una marca imborrable en esta tesis y en mi carrera académica.

Paul

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Hipótesis.....	2
1.3.1. <i>Hipótesis nula</i>	2
1.3.2. <i>Hipótesis alterna</i>	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Bosque nativo.....	4
2.1.1. <i>Especies forestales nativas de la región sierra</i>	4
2.2. Guarango (<i>Caesalpinia spinosa</i>).....	4
2.3. Clasificación taxonómica.....	4
2.4. Distribución.....	5
2.4.1. <i>Distribución en Ecuador</i>	5
2.5. Descripción botánica.....	6
2.5.1. <i>Raíz</i>	6
2.5.2. <i>Hojas</i>	6
2.5.3. <i>Flores</i>	6
2.5.4. <i>Fruto</i>	6
2.5.5. <i>Semilla</i>	6

2.6.	Requerimientos climáticos	7
2.7.	Requerimientos edáficos	7
2.8.	Propagación sexual	7
2.9.	Escarificación	7
2.9.1.	<i>Escarificación Mecánica</i>	8
2.9.2.	<i>Escarificación Física</i>	8
2.9.3.	<i>Escarificación Química</i>	8
2.10.	Sustratos	8
2.10.1.	<i>Tierra negra</i>	8
2.10.2.	<i>Arena</i>	9
2.10.3.	<i>Humus</i>	9
2.10.4.	<i>Plankton turba orgánica</i>	9
2.11.	Labores culturales	10
2.11.1.	<i>Preparación de sustratos</i>	10
2.11.2.	<i>Desinfección</i>	10
2.11.3.	<i>Siembra</i>	10
2.11.4.	<i>Riego</i>	11
2.11.5.	<i>Deshierba</i>	11
2.11.6.	<i>Control fitosanitario</i>	11
2.11.6.1.	<i>Plagas</i>	11

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	12
3.1.	Enfoque de la investigación.....	12
3.2.	Nivel de la investigación	12
3.2.1.	<i>Diseño de la investigación</i>	12
3.2.2.	<i>Tipo de estudio</i>	12
3.3.	Características del área de estudio.....	12
3.3.1.	<i>Lugar de estudio</i>	12
3.3.2.	<i>Ubicación geográfica</i>	13
3.3.3.	<i>Condiciones meteorológicas</i>	13
3.4.	Unidades experimentales.....	14
3.5.	Materiales, equipos, insumos e instalaciones	14
3.5.1.	<i>Materiales</i>	14
3.5.2.	<i>Equipos</i>	14
3.5.3.	<i>Insumos</i>	14

3.5.4.	<i>Instalaciones</i>	14
3.6.	Diseño experimental y tratamiento	14
3.6.1.	<i>Esquema del experimento</i>	15
3.7.	VARIABLES EVALUADAS	16
3.7.1.	<i>VARIABLES PRODUCTIVAS</i>	17
3.7.2.	<i>ANÁLISIS ECONÓMICO</i>	17
3.8.	ANÁLISIS ESTADÍSTICAS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	17
3.8.1.	<i>Esquema del ADEVA</i>	17
3.9.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	18
3.10.	METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN	21
3.10.1.	<i>VARIABLES PRODUCTIVAS</i>	21
3.10.1.1.	<i>Porcentaje de germinación (%)</i>	21
3.10.1.2.	<i>Porcentaje de supervivencia (%)</i>	22
3.10.1.3.	<i>Número de hojas</i>	22
3.10.1.4.	<i>Altura de planta (cm)</i>	22
3.10.1.5.	<i>Diámetro a la altura del cuello (cm)</i>	22
3.10.2.	<i>ANÁLISIS ECONÓMICO</i>	22

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	24
4.1.	Porcentaje de germinación en la propagación sexual de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze (Guarango).	24
4.1.1.	<i>Porcentaje de germinación a los 15 días</i>	24
4.1.2.	<i>Porcentaje de germinación a los 30 días</i>	24
4.1.3.	<i>Porcentaje de germinación a los 45 días</i>	25
4.1.4.	<i>Porcentaje de germinación a los 60 días</i>	26
4.2.	Supervivencia en la propagación sexual de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze (Guarango)	27
4.2.1.	<i>Supervivencia a los 15 días</i>	27
4.2.2.	<i>Supervivencia a los 30 días</i>	27
4.2.3.	<i>Supervivencia a los 45 días</i>	28
4.2.4.	<i>Supervivencia a los 60 días</i>	29
4.3.	Desarrollo vegetativo de las plántulas de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Guarango) por efecto de la escarificación y sustratos a diferentes edades	30
4.3.1.	<i>Número de hojas a los 30 días</i>	30
4.3.2.	<i>Número de hojas a los 60 días</i>	30

4.3.3.	<i>Número de hojas a los 90 días</i>	31
4.3.4.	<i>Número de hojas a los 120 días</i>	32
4.3.5.	<i>Altura de planta a los 30 días</i>	33
4.3.6.	<i>Altura de planta a los 60 días</i>	34
4.3.7.	<i>Altura de planta a los 90 días</i>	35
4.3.8.	<i>Altura de planta a los 120 días</i>	35
4.3.9.	<i>Diámetro a la altura del cuello a los 30 días</i>	36
4.3.10.	<i>Diámetro a la altura del cuello a los 60 días</i>	37
4.3.11.	<i>Diámetro a la altura del cuello a los 90 días</i>	38
4.3.12.	<i>Diámetro a la altura de cuello a los 120 días</i>	39
4.4.	Presupuesto parcial	39
4.4.1.	<i>Costos variables del ensayo por tratamiento</i>	40
4.4.2.	<i>Beneficio neto del ensayo por tratamiento</i>	40
4.4.3.	<i>Análisis de dominancia</i>	41
4.4.4.	<i>Análisis marginal de tratamientos no dominados</i>	42

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
5.1.	Conclusiones	43
5.2.	Recomendaciones	44

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Clasificación taxonómica del Guarango (<i>Caesalpinia spinosa</i>).....	5
Tabla 2-2:	Composición de Plankton turba orgánica.....	9
Tabla 3-1:	Condiciones meteorológicas del cantón Riobamba.....	13
Tabla 3-2:	Esquema del experimento	15
Tabla 3-3:	Descripción de los factores.....	16
Tabla 3-4:	Descripción de los experimentos.....	16
Tabla 3-5:	Esquema de análisis de Varianza (ADEVA).....	17
Tabla 4-1:	Prueba de Tukey del porcentaje de germinación de <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 15 días	24
Tabla 4-2:	Prueba de Tukey del porcentaje de germinación de <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 30 días	25
Tabla 4-3:	Prueba de Tukey del porcentaje de germinación de <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 45 días	26
Tabla 4-4:	Prueba de Tukey del porcentaje de germinación de <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 60 días	26
Tabla 4-5:	Prueba de Tukey del porcentaje de supervivencia de <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 15 días	27
Tabla 4-6:	Prueba de Tukey del porcentaje de supervivencia de <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 30 días	28
Tabla 4-7:	Prueba de Tukey del porcentaje de supervivencia de <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 45 días	28
Tabla 4-8:	Prueba de Tukey del porcentaje de supervivencia de <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 60 días	29
Tabla 4-9:	Mediana de número de hojas de <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 30 días.....	30
Tabla 4-10:	Mediana de número de hojas de <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 60 días.....	31
Tabla 4-11:	Mediana de número de hojas de <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 90 días.....	32
Tabla 4-12:	Mediana de número de hojas de <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 120 días.....	33
Tabla 4-13:	Mediana de altura de planta de <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 30 días.....	33
Tabla 4-14:	Mediana de altura de planta de <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 60 días.....	34
Tabla 4-15:	Mediana de altura de planta de <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 90 días.....	35
Tabla 4-16:	Mediana de altura de planta de <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 120 días.....	36
Tabla 4-17:	Mediana de diámetro a la altura del cuello <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 30 días .	37
Tabla 4-18:	Mediana de diámetro a la altura del cuello <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 60 días .	38
Tabla 4-19:	Mediana de diámetro a la altura del cuello <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 90 días .	38

Tabla 4-20:	Mediana de diámetro a la altura del cuello <i>Caesalpinia spinosa</i> a los 120 días	39
Tabla 4-21:	Costos variables del ensayo por tratamiento	40
Tabla 4-22:	Rendimiento de cada tratamiento	40
Tabla 4-23:	Beneficio neto del ensayo por tratamiento	41
Tabla 4-24:	Análisis de dominancia de tratamientos	41
Tabla 4-25:	Tasa de retorno marginal por tratamiento	42

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Vainas de guarango	5
Ilustración 3-1:	Mapa de ubicación	13
Ilustración 3-2:	a) Limpieza de platabandas y b) árbol plus.....	18
Ilustración 3-3:	Semillas de guarango.	18
Ilustración 3-4:	Escarificación física	19
Ilustración 3-5:	Escarificación mecánica a y b	19
Ilustración 3-6:	Escarificación química	19
Ilustración 3-7:	Preparación de sustratos, enfundado y desinfección.	20
Ilustración 3-8:	a) Porcentaje de germinación y b) supervivencia.....	20
Ilustración 3-9:	a) Número de hojas, b) altura de planta y c) diámetro a la altura del cuello	21

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 15 DÍAS.
- ANEXO B:** DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 30 DÍAS.
- ANEXO C:** DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 45 DÍAS.
- ANEXO D:** DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 60 DÍAS.
- ANEXO E:** DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 15 DÍAS.
- ANEXO F:** DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 30 DÍAS.
- ANEXO G:** DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 45 DÍAS.
- ANEXO H:** DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 60 DÍAS.
- ANEXO I:** DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE HOJAS DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 30 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.
- ANEXO J:** DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE HOJAS DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 60 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.
- ANEXO K:** DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE HOJAS DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 90 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.
- ANEXO L:** DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE HOJAS DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 120 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.
- ANEXO M:** DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 30 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.
- ANEXO N:** DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 60 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.
- ANEXO O:** DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 90 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.
- ANEXO P:** DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 120 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.

- ANEXO Q:** DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO A LA ALTURA DEL CUELLO DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 30 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.
- ANEXO R:** DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO A LA ALTURA DEL CUELLO DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 60 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.
- ANEXO S:** DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO A LA ALTURA DEL CUELLO DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 90 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.
- ANEXO T:** DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO A LA ALTURA DEL CUELLO DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 120 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.
- ANEXO U:** ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS EN ESTUDIO APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL PRESUPUESTO PARCIAL.
- ANEXO V:** RECOLECCIÓN DE SEMILLAS DE GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*) EN GUANO
- ANEXO W:** PREPARACIÓN Y ENFUNDADO DE LOS SUSTRATOS
- ANEXO X:** ESCARIFICACIÓN DE LAS SEMILLAS
- ANEXO Y:** COLOCACIÓN DE LAS FUNDAS, DESINFECCIÓN Y SEMBRADO DE LAS SEMILLAS
- ANEXO Z:** MEDICIÓN DE LAS VARIABLES
- ANEXO AA:** REGAR Y LIMPIEZA DE LAS PLATABANDAS
- ANEXO AB:** ANÁLISIS DE SUELO

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó el efecto de diferentes métodos de escarificación y sustratos en la propagación sexual de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze en el vivero Yakitu, se utilizó 36 unidades experimentales que se establecieron en dos platabandas con una dimensión de 1 x 10 m, el tamaño de la unidad experimental fue de 20 m² aptos para la propagación del guarango, se aplicó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) bajo un arreglo bifactorial, que contó con 9 tratamientos y 4 repeticiones, para lo cual se midió las respuestas del efecto del tratamiento asignado. Para el análisis y prueba de significancia se realizó mediante el análisis de Varianza, prueba de Tukey y la prueba de Friedman. Los resultados obtenidos en esta investigación demostraron una mayor influencia a los 30 días utilizando la escarificación mecánica, logrando un destacado porcentaje de germinación del 98,67% después de la siembra y una supervivencia del 97,33% a los 30 días tras la emergencia. En la evaluación vegetativa los mejores resultados fueron a los 120 días, siendo el mejor tratamiento el T4 (Escarificación mecánica + 40% tierra negra + 40% arena + 20% humus), dando un valor de 70,5 para el número de hojas, 10,6 cm altura de planta y 0,4 cm diámetro a la altura del cuello (DAC). En la evaluación del análisis económico se determinó para el T1 un 5078,08 % el valor más alto estableciéndose fuera del rango, a diferencia del T4 con un 43,65 % se encontró un valor por debajo del valor inferior de la regla considerada para su interpretación en esta investigación. Se recomienda realizar una socialización y seguimiento de las plantaciones de *Caesalpinia spinosa* para garantizar el cultivo sostenible y la conservación de los ecosistemas donde se encuentran, de igual manera el compromiso activo de las comunidades locales y los agricultores para el éxito a largo plazo de estas iniciativas.

Palabras clave: <ESCARIFICACIÓN>, <PROPAGACIÓN>, <SUSTRATO>, <VIVERO>, <PLANTULA>, <GERMINACIÓN>, <SUPERVIVENCIA>, <DESARROLLO VEGETATIVO>.




ABSTRACT

In this research, the effect of different scarification methods and substrates on the sexual propagation of *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze in the Yakitu nursery was evaluated. 36 experimental units were used that were established in two platforms with a dimension of 1 x 10 m., the size of the experimental unit was 20 m² suitable for the propagation of the guarango, a Completely Randomized Block Design was applied under a bifactorial arrangement, which had 9 treatments and 4 repetitions, for which the responses of the effect of the assigned treatment. For the analysis and significance testing, analysis of Variance, Tukey's test and Friedman's test were carried out. The results obtained in this research demonstrated a greater influence at 30 days using mechanical scarification, achieving an outstanding germination percentage of 98.67% after sowing and a survival of 97.33% at 30 days after emergence. In the vegetative evaluation, the best results were at 120 days, with the best treatment being T4 (Mechanical scarification + 40% black soil + 40% sand + 20% humus), giving a value of 70.5 for the number of leaves. 10.6 cm plant height and 0.4 cm diameter at neck height (DAC). In the evaluation of the economic analysis, 5078.08% was determined for T1, the highest value being established outside the range, unlike T4 with 43.65%, a value was found below the lower value of the rule considered for its interpretation in this research. It was recommended to socialize and monitor *Caesalpinia spinosa* plantations to guarantee sustainable cultivation and conservation of the ecosystems where they are located, as well as the active commitment of local communities and farmers for the long-term success of these initiatives.

Keywords: < SCARIFICATION >, < PROPAGATION >, < SUBSTRATE >, < NURSERY >, < SEEDLING >, < GERMINATION >, < SURVIVAL >, < VEGETATIVE DEVELOPMENT >.

Riobamba, June 20th, 2024



Ph.D. Denny Tenelanda López
ID number: 0603342189

INTRODUCCIÓN

Ecuador destaca como uno de los países con mayor biodiversidad del mundo por unidad de área, albergando diversas especies de plantas nativas en sus distintas regiones (Bravo, 2014, pág. 8). Según González (2021, pág. 2) sostiene que las especies forestales nativas de los bosques ecuatorianos desempeñan una función de gran importancia en la ecología ambiental, siendo un componente básico de la biodiversidad; sin embargo, se están perdiendo extensas áreas de bosques debido a la tala indiscriminada, colonizaciones y explotación petrolera, lo cual afecta gravemente a la flora, fauna y suelo.

Una de las especies más significativas presentes en la región andina es el Guarango (*Caesalpinia spinosa*), se desarrolla en bosque seco montano bajo y bosque seco premontano; por ende, su importancia no ha sido valorada en la localidad debido a la falta de conocimiento de los beneficios que aporta esta especie forestal, cabe destacar que el guarango no solo contribuye a mejorar el medio ambiente, sino que también tiene el potencial de generar oportunidades de empleo lo que a su vez puede impulsar la economía de las familias locales (Navas, 2011, pág. 1).

Esta especie además tiene una gran utilidad para la industria al producir taninos que sirven para la curtiembre del cuero de los animales, en este sentido es oportuno promover la propagación (Condoy et al., 2022: pág. 343).

La propagación más común de esta especie es mediante semilla; por lo tanto, deben ser sometidas a distintos procesos de escarificación con el fin de romper la testa dura, permitiendo el ingreso de agua y oxígeno para iniciar el proceso de germinación (Torres, 2019, pág. 4).

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La especie nativa *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, presenta problemas de propagación sexual a nivel de vivero, según Torres (2019, pág. 4) menciona que presenta una testa dura; por ende, esto impide el acceso de agua y oxígeno al embrión lo que dificulta la propagación sexual, por ello es necesario realizar una escarificación para debilitar la testa. Sin embargo, esta especie presenta un bajo porcentaje de germinación en condiciones normales del 33.6 % (Reyes et al., 2023, pág. 49).

1.2. Justificación

El propósito de esta investigación es comparar diversos métodos de escarificación y sustratos, utilizando como base investigaciones previas, con el objetivo de determinar cuál método es más efectivo; en este contexto, la Zona 3 del Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica en la provincia de Chimborazo, específicamente en la unidad de bosques y vida silvestre, busca fomentar la propagación de la especie *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, esto se realiza con la intención de proporcionar una alternativa productiva y de conservación en las zonas áridas de la provincia, aprovechando la capacidad de adaptación de esta especie a diversas condiciones edáficas; además, se considera que la *Caesalpinia spinosa* es una opción viable para programas de reforestación en estas áreas, ya que contribuye a prevenir problemas de desertificación, cabe destacar que esta especie posee la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo al fijar nitrógeno a través de bacterias presentes en sus raíces (Camacho, 2021, pág.2).

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis nula

Los tratamientos de escarificación y tipos de sustratos no influyen en la germinación y desarrollo vegetativo de *Caesalpinia spinosa*.

1.3.2. Hipótesis alterna

Al menos uno de los tratamientos de escarificación y tipos de sustratos influyen en la germinación y desarrollo vegetativo de *Caesalpinia spinosa*.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes métodos de escarificación y sustratos en la propagación sexual de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze (Guarango) en el vivero Yakitu.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de germinación y supervivencia en la propagación sexual de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze (Guarango).
- Evaluar el desarrollo vegetativo de las plántulas de *Caesalpinia spinosa*.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio aplicando la metodología del presupuesto parcial.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Bosque nativo

El bosque nativo o también conocido como bosque primario se refiere a un área forestal que no ha cambiado sus características naturales; es decir, no existe la intervención del ser humano ya que no se evidencia explotaciones productivas y deforestación, además estos bosques son aquellos que albergan gran cantidad de especies de flora y fauna (Pérez y Gardey, 2017 pág. 2).

En el Ecuador el área aproximada de bosque primario es de 11.5 millones de hectáreas (alrededor del 42 % del territorio), de los cuales el 80 % se encuentra en la Amazonía, el 13 % en la Costa y el 7% restante en la Sierra (Zúñiga, 1999, pág. 3).

2.1.1. *Especies forestales nativas de la región sierra*

De acuerdo con Caranqui (2015, pág. 5) menciona que en la región sierra existen varias especies forestales nativas, las más potenciales para la reforestación se mencionan a continuación: yagual, aliso, nogal, pumamaqui, quishuar, guarango, arrayan, cedro, cholán, romerillo y llinllin.


2.2. Guarango (*Caesalpinia spinosa*)

El guarango es un árbol que prospera en condiciones áridas, suelos degradados y terrenos inclinados, requiere un mantenimiento y cuidado mínimo, además, se puede encontrar en cercas o linderos, donde proporciona sombra a los animales y se utiliza como árbol decorativo, a pesar de sus valiosas cualidades, esta especie estuvo al borde de la extinción en el país, su fragilidad no fue la razón principal de este peligro, sino más bien la falta de interés de las personas (Pillajo, 2023, pág. 6).

2.3. Clasificación taxonómica

Según Pillajo (2023, pág. 6) la clasificación taxonómica del Guarango (*Caesalpinia spinosa*) es la siguiente:

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica del Guarango (*Caesalpinia spinosa*)

	<p>Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Fabales Familia: Fabaceae Género: <i>Caesalpinia</i> Especie: <i>Caesalpinia spinosa</i> Nombre común: Guarango</p>
<p>Ilustración 2-1: Vainas de guarango</p>	
<p>Realizado por: Villegas, Paul., 2024.</p>	

Fuente: (Pillajo, 2023)

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

2.4. Distribución

Esta especie habita principalmente en lugares con clima seco localizadas en Bolivia, Perú, norte de Chile, Venezuela, Colombia y Ecuador, también se puede encontrar tanto en la región occidental de los Andes como en los valles interandinos; además, esta especie se encuentra en las Antillas y Cuba, donde es altamente cultivada (Camacho, 2021, pág. 6).

Perú es responsable de aproximadamente el 80% de la producción global de guarango y, en su mayoría, exporta el producto en forma de polvo (taninos) y goma; a pesar de ello, las exportaciones se limitan a unas 5 mil toneladas, mientras que la demanda mundial asciende a unas 10 mil toneladas, los principales mercados de destino incluyen los Estados Unidos, Alemania, Suiza, España e Italia (Camacho, 2021, pág. 6).

2.4.1. Distribución en Ecuador

Se encuentra ubicada en el callejón interandino de Ecuador, especialmente en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Chimborazo y Loja, siendo la provincia de Imbabura la que presenta la mayor concentración de esta especie; por ende, el guarango se encuentra en las regiones semiáridas con una precipitación anual que oscila entre 300 y 800 mm (Camacho, 2021, pág. 6).

2.5. Descripción botánica

2.5.1. Raíz

Presenta una raíz axonomorfa, lo que significa que tiene la facultad de penetrar profundamente en el suelo en busca de agua, esta peculiaridad resulta fundamental; por lo que, esta especie se encuentra en áreas desérticas, las raíces secundarias crecen cerca de la superficie del suelo lo cual generan yemas adventicias que cuando están expuestas dan origen a nuevos brotes; además, las raíces presentan ramificaciones significativas que forman una densa red de raicillas frágiles (Pillajo, 2023, pág. 7).

2.5.2. Hojas

Son hojas compuestas bipinadas, alternas en espiral, con lóbulos ovalados de 3 cm de largo y 2 cm de ancho y presentan espinas en el raquis y en el pecíolo (Lara, 2019, pág. 10).

2.5.3. Flores

Las flores se agrupan en racimos terminales que contienen varias de estas, son delicadamente cubiertas por pubescencias y presenta espinas, estos racimos tienen una longitud de 15 centímetros; por lo tanto, las flores miden entre 9 y 10 milímetros de largo y son sujetadas por un pedúnculo de 5 milímetros de longitud (Torres, 2019, pág. 5).

2.5.4. Fruto

Se trata de una capsula aplanada y curva, no se abren por si solas y tiene un tono anaranjado, también son conocidas nombre de legumbres; además, presenta una forma oblonga y ligeramente achatada con una longitud que varía entre los 6 y 11 centímetros, en su interior se encuentran de 9 a 12 semillas aproximadamente con una forma similar a un riñón y presenta un color marrón oscuro con una superficie brillante y dura, siendo así uno de los lados más grande que el otro (Pillajo, 2023, pág. 7).

2.5.5. Semilla

Cada vaina contiene de 5 a 10 semillas aproximadamente que son ligeramente achatadas y de un color oscuro, casi negruzcas; la semilla de guarango se compone de tres partes esenciales: el tegumento, el endospermo y el embrión (Pillajo, 2023, pág. 7). Según (Lara, 2019, pág. 11) menciona que a partir de la semilla se puede extraer gomas comestibles; tanto que, a partir de sus cotiledones se

obtienen considerables cantidades de proteína, las cuales se utilizan para la elaboración de alimentos.

2.6. Requerimientos climáticos

Su desarrollo se favorece en regiones con precipitaciones moderadas de 300 a 800 mm al año y temperaturas que oscilan entre 12 y 24 °C, esta especie se encuentra en mayor cantidad cerca de fuentes de agua, ya sean permanentes o temporales, particularmente en áreas adyacentes a cuencas fluviales (Torre, 2018, pág. 6).

2.7. Requerimientos edáficos

El guarango se desarrolla mejor en suelos que son francos, arenosos y ligeramente calcáreos, que son sueltos y tienen un buen sistema de drenaje; además, su crecimiento es óptimo en suelos que poseen un alto contenido de materia orgánica, también puede adaptarse a suelos menos ligeros, como aquellos con más contenido de arcilla, e incluso puede sobrevivir en suelos pedregosos y degradados; es decir, en terrenos que no son adecuados para la agricultura tradicional (Torre, 2018, pág. 7). Según lo manifiesta (Lara, 2019, pág. 12) que el pH que requiere esta especie se encuentra en un rango de ligeramente ácido a medianamente alcalino, oscilando entre 6 y 7.7.

2.8. Propagación sexual

La propagación sexual se lleva a cabo mediante la formación y desarrollo de semillas, cuando estas semillas encuentran condiciones ambientales adecuadas, inician el proceso de germinación, dando origen a nuevas plantas, este fenómeno no solo genera diversidad genética, sino que también garantiza la dispersión y establecimiento exitoso de nuevas plantas en diversos entornos, así, la contribución resultante de este proceso es esencial para la adaptación y evolución de las especies vegetales (Doria, 2010, pág. 75).

2.9. Escarificación

El propósito es someter a la testa a un proceso de ruptura para facilitar el contacto del embrión con la humedad y el aire, propiciando así la activación del proceso de germinación; por ende, la escarificación puede realizarse de manera mecánica, física y química (Ponce, 2022, pág. 7).

2.9.1. Escarificación Mecánica

Es un método que se efectúa eficientemente al realizar un suave lijado en cada semilla con papel de lija, cortándolas con un cuchillo o alicate de uñas, lijando la parte opuesta de la radícula hasta que aparezca el cotiledón, las cuales estos métodos no son prácticos al aplicarse para operaciones de gran escala; por lo que, cuando se trate de grandes cantidades se puede lograr agitándolas con arena ya que esta técnica es simple y economía y han demostrado ser efectivas (Ffolliott y Thames, 1983).

2.9.2. Escarificación Física

Este método empleado implica sumergir en agua la semilla durante un período específico; de esta manera, se disminuye la impermeabilidad en cualquier parte de la cubierta, facilitando la absorción de agua y permitiendo el intercambio de gases, lo que da inicio al proceso de germinación (FAO, 1991).

2.9.3. Escarificación Química

Según Urbáez et al., (2014, pág. 45) mencionan que la técnica de escarificación química implica sumergir las semillas en ácido sulfúrico concentrado durante un período específico, el cual varía según la especie; otra opción sería utilizar ácido clorhídrico industrial, conocido como ácido muriático en su forma bruta, como una alternativa potencialmente efectiva para el proceso de escarificación.

2.10. Sustratos

La función del sustrato va más allá de simplemente proporcionar un soporte físico para la planta, sirve como medio para el desarrollo del sistema de raíces; este entorno facilita condiciones propicias para que las raíces puedan absorber adecuadamente los nutrientes necesarios para el crecimiento de la planta, cabe destacar que la composición del sustrato puede desempeñar un papel directo o indirecto en el proceso de nutrición de la planta (Luque, 2020, pág. 12).

2.10.1. Tierra negra

Se caracteriza por su tonalidad oscura, se forma a partir de la descomposición de materia orgánica ya sea derivada de restos de animales o de hojas caídas de los árboles, sus propiedades se destacan

por la presencia de materia orgánica descompuesta en partículas diminutas, el cual mejora su textura, otorgándole la capacidad de retener cantidades adecuadas de agua (Arcoya, 2019, pág. 4).

2.10.2. Arena

De acuerdo con Morici (2013, pág. 10) menciona que la arena es empleada en la composición de sustratos utilizando en proporciones reducidas, su incorporación mejora la estructura del sustrato, pero es importante que la arena seleccionada no contenga componentes perjudiciales como sales, arcillas o plagas, y que su textura no sea demasiado gruesa. Por lo tanto, para utilizar la arena en los sustratos, las más adecuadas son las provenientes de ríos (Ruiz, 2020, pág. 3).

2.10.3. Humus

Específicamente, el humus de lombriz destaca como un fertilizante ecológico de alta calidad derivado de los excrementos de las lombrices rojas de California, estas lombrices lo producen al consumir materiales vegetales y residuos del hogar, como cáscaras de frutas, verduras, papel y madera (Ayala y Valdiviezo, 2022, pág. 16).

De acuerdo con Ayala y Valdiviezo (2022, pág. 16) menciona que el humus convencional comparado con el humus de lombriz ofrece beneficios adicionales, al proporcionar una concentración más elevada de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, junto con microelementos; además, presenta una flora microbiana más robusta, lo que mejora aún más sus propiedades como fertilizante.

2.10.4. Plankton turba orgánica

Es un mejorador de sustrato derivado del proceso de formación de turba rubia, este se forma mediante la acumulación y fosilización de residuos vegetales en áreas húmedas, y está enriquecido con fuentes de nitrógeno y calcio; además posee una humedad elevada y una presencia limitada de oxígeno (Arias, 2019, pág. 2).

Tabla 2-2: Composición de Plankton turba orgánica

Composición	Resultado
Nitrógeno	0,80 % p/p
Fósforo	0,72 % p/p
Potasio	0,50 % p/p
Calcio	0,30 % p/p
Materia orgánica	35-40 % p/p
pH	4,05

Fuente: Bodega agrícola.

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Es adecuado para su utilización en semilleros, viveros, camas de sustrato y aplicaciones directas en el campo; además, contribuye a mejorar la estructura del suelo, muestra una excelente porosidad y liviano en peso, por ende, facilita la aireación en suelos arcillosos (pesados), lo que resulta en un mejor drenaje y, por consiguiente, favorece el crecimiento de las raíces y la absorción de nutrientes (Arias, 2019, pág. 5).

2.11. Labores culturales

Las tareas culturales engloban todas las acciones necesarias en el área de cultivo, desde la fase de siembra hasta la cosecha, con el propósito de garantizar el desarrollo saludable de las plantas y maximizar la producción (Rivera, 2015, pág. 8).

2.11.1. Preparación de sustratos

La preparación de sustratos implica la elaboración de una combinación precisa de materiales esenciales para proporcionar a las plantas los nutrientes necesarios para su crecimiento. Este proceso tiene como objetivo crear un entorno propicio para que las plantas se desarrollen cuando se cultivan en contenedores o macetas. Este enfoque es común en la horticultura y la jardinería, sobre todo cuando se desea cultivar plantas en entornos controlados, como invernaderos o balcones (FAO, 2011, pág. 2).

2.11.2. Desinfección

La desinfección en plantas implica eliminar o disminuir la presencia de organismos perjudiciales, como bacterias, virus, hongos, y otros microorganismos, así como insectos y sus larvas, en las instalaciones de cultivo, este es un paso esencial para evitar la difusión de enfermedades que podrían perjudicar la salud de las plantas y disminuir tanto la calidad como la cantidad de los cultivos (Aguirre, 2013, pág. 8).

2.11.3. Siembra

La siembra es la práctica agrícola de depositar semillas o plántulas en el suelo con el objetivo de dar inicio al crecimiento de nuevas plantas, este acto desempeña un papel crucial en la agricultura marcando el comienzo del ciclo de cultivo y así, estableciendo las condiciones propicias para la germinación de las semillas y desarrollo de los cultivos (Nogales, 2015, págs. 8-9).

2.11.4. Riego

El riego es una de las actividades esenciales en el cultivo, ya que incide directamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas, se aconseja llevar a cabo esta tarea en las primeras horas de la mañana o en la tarde, una vez que el sol se haya ocultado, con el objetivo de prevenir la pérdida de agua por evaporación (Cuenca, 2020, págs. 9-10).

2.11.5. Deshierba

El deshierbe implica la eliminación de plantas no deseadas, denominadas malas hierbas, del área de cultivo, estas plantas se eliminan debido a que pueden afectar negativamente la producción del vivero al competir por nutrientes, luz solar y agua, y estas actúan como atrayentes de plagas y enfermedades (Rivera, 2015, pág. 20).

2.11.6. Control fitosanitario

El control fitosanitario comprende un conjunto de medidas orientadas a prevenir y, en caso necesario, eliminar plagas y enfermedades que afectan a las plantas, el objetivo es garantizar el crecimiento saludable; en términos más claros, el término "fitosanitario" se relaciona con el uso de plaguicidas y otras estrategias de control para hacer frente a los agentes patógenos (Agrocalidad, 2022, pág. 3).

2.11.6.1. Plagas

Según Gamarra (2013, págs. 8-35) menciona que las principales plagas reportadas que atacan al guarango son: pulgón negro (*Aphis craccivora*), piojo blanco (*Pinnaspis sp.*), queresá parda (*Coccus hesperidum*), mosca minadora (*Liriomyza huídobrensis*), hormiga coqui (*Atta cephalotes*), arañita roja (*Tetranychus urticae*), perforador y barrenador de tallos (*Spodoptera sp.*), perforador de vainas (*Heliothis sp.*), salivazo (*Aenolamia sp.*) y ratas (*Rattus sp.*) y dentro de las enfermedades resaltan la oídiosis (*Oidium sp.*), chupadera fungosa (*Rizoctonia sp.*) y fumagina (*Fumago sp.*).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de la investigación

Presenta un enfoque cuantitativo para determinar las variables como: Porcentaje de germinación, porcentaje de supervivencia, número de hojas, altura de planta y diámetro a la altura del cuello. Permite conocer el desarrollo y crecimiento de las plántulas de *Caesalpinia spinosa* en cada uno de los tratamientos, ubicado en el vivero del Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica “Yakitu”, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

3.2. Nivel de la investigación

La investigación tiene un nivel descriptivo y explicativo, ya que se centra en buscar y explicar las relaciones de causa y efecto entre variables o fenómenos, lo que permite realizar un análisis más detallado de cada una de las variables.

3.2.1. *Diseño de la investigación*

Para evaluar la variable características morfológicas se llevó a cabo mediante la implementación de un diseño de bloques completos al azar con arreglo bifactorial, el cual presento 4 bloques, 4 repeticiones, con un total de 9 tratamientos. Los datos se registraron para las variables porcentaje de germinación y supervivencia a los 15, 30, 45 y 60 días y para el número de hojas, altura de planta y diámetro a la altura del cuello a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra.

3.2.2. *Tipo de estudio*

El presente es un trabajo de campo, ya que se llevó a cabo un monitoreo continuo del crecimiento de las plantas de *Caesalpinia spinosa* dentro del vivero forestal.

3.3. Características del área de estudio

3.3.1. *Lugar de estudio*

El presente trabajo experimental se realizó en el vivero forestal del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica en el área del vivero Yakitu, zona 3 ubicado en la ciudad de Riobamba.

3.3.2. Ubicación geográfica

El vivero Yakitu se encuentra a una altitud de 2754 msnm con las siguientes coordenadas Latitud: -1.68307707 y una Longitud: -78.64535831, a continuación, se detalla en la ilustración 3-1 el mapa de ubicación del vivero.

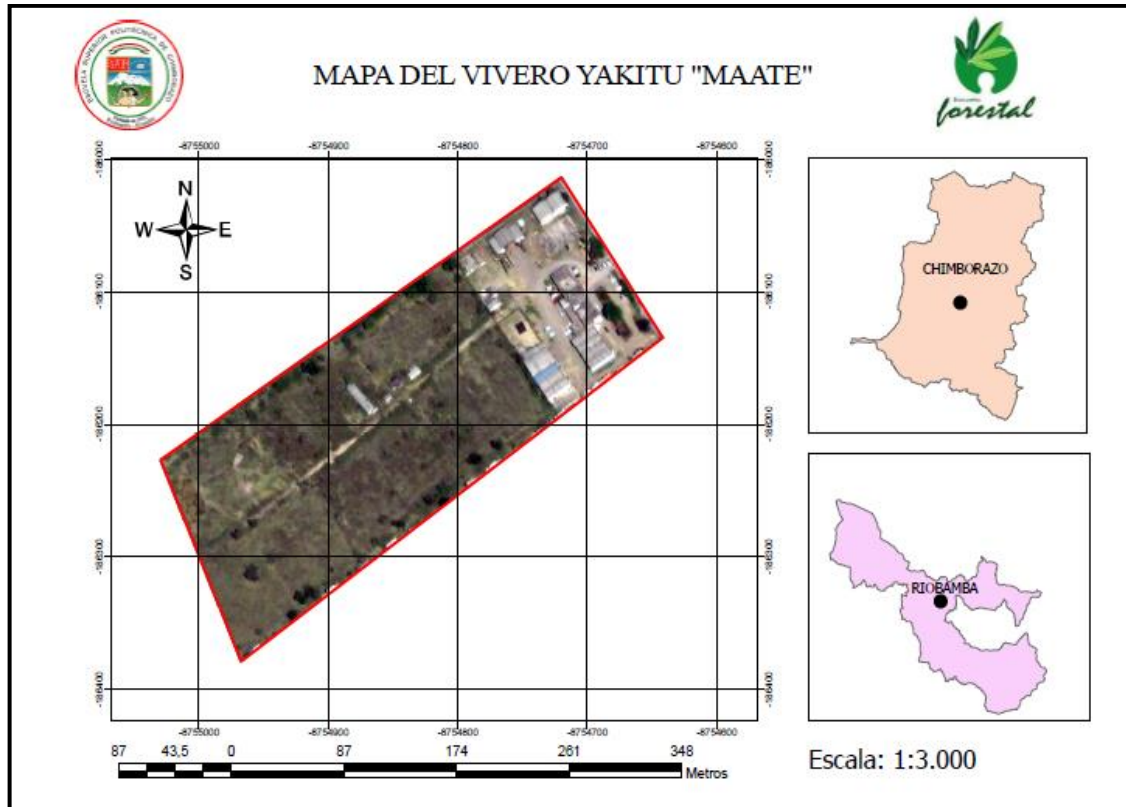


Ilustración 3-1: Mapa de ubicación

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

3.3.3. Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas del cantón Riobamba se describen a continuación en la tabla 3-1.

Tabla 3-1: Condiciones meteorológicas del cantón Riobamba

PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR PROMEDIO AÑO 2023
Temperatura	°C	15,01
Precipitación	mm	357
Humedad relativa	%	71,43

Fuente: (Estación Agrometeorológica de la Facultad de Recursos Naturales, 2023)

3.4. Unidades experimentales

Para esta investigación, se utilizó 36 unidades experimentales que se establecieron en dos platabandas con una dimensión de 1 x 10 m, el tamaño de la unidad experimental fue de 20 m² aptos la propagación del guarango.

3.5. Materiales, equipos, insumos e instalaciones

3.5.1. Materiales

Azadón, calibrador, carretilla, cuaderno, esfero, fundas ziploc, fundas, guantes, jeringas 10 ml, mandil, mica para emplastar, pala, palillos de pincho, papel film, pistola para silicona, recipiente de plástico, regadera, regla, silicona, zaranda.

3.5.2. Equipos

Balanza, bomba de aspersión tipo mochila de 20 litros, cámara fotográfica, computadora, emplastadora, impresora.

3.5.3. Insumos

Agua, arena de río, forward (insecticida agrícola), humus, semillas de guarango (*Caesalpinia spinosa*), tierra negra, turba, vitavax 200 (carboxin y thiram).

3.5.4. Instalaciones

Vivero

3.6. Diseño experimental y tratamiento

El diseño experimental de esta investigación es un Diseño de Boques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo bifactorial, el cual se evaluó diferentes métodos de escarificación (Factor A) sobre las semillas de guarango y los tipos de sustratos (Factor B) con cuatro repeticiones, se contó con 36 Unidades Experimentales.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor de la variable.

μ = Media general.

A_i = Efecto de diferentes métodos de escarificación.

B_j = Efecto de los diferentes tipos de sustratos.

AB_{ij} = Interacción de la escarificación y sustratos.

ϵ_{ijk} = Error experimental.

3.6.1. Esquema del experimento

El diseño experimental utilizado fue un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con un arreglo bifactorial, incluyendo el factor A y el factor B, con 9 tratamientos y 4 repeticiones cada uno. Los detalles se presentan en las tablas 3-2, 3-3 y 3-4.

Tabla 3-2: Esquema del experimento

Bloque 1	Bloque 2
T9	T3
E3S3	E3S1
T5	T7
E2S2	E1S3
T1	T2
E1S1	E2S1
T8	T6
E2S3	E3S2
T3	T1
E3S1	E1S1
T7	T8
E1S3	E2S3
T6	T4
E3S2	E1S2
T4	T9
E1S2	E3S3
T2	T5
E2S1	E2S2
Bloque 3	Bloque 4
T1	T4
E1S1	E1S2
T5	T2
E2S2	E2S1
T4	T1
E1S2	E1S1
T6	T5
E3S2	E2S2
T9	T8
E3S3	E2S3
T2	T6
E2S1	E3S2
T3	T9
E3S1	E3S3
T8	T3
E2S3	E3S1
T7	T7
E1S3	E1S3

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Tabla 3-3: Descripción de los factores

Factores					
Factor A	Código	Descripción	Factor B	Código	Descripción
Escarificación 1	E1	Corte con un alicate para uñas y remojo por 24 h.	Sustrato 1	S1	50% tierra negra + 50% arena
Escarificación 2	E2	Remojo por 7 días	Sustrato 2	S2	40% tierra negra + 40% arena + 20% humus
Escarificación 3	E3	Inmersión en ácido sulfúrico H ₂ SO ₄ durante 10 minutos	Sustrato 3	S3	50% tierra negra + 50% turba

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Tabla 3-4: Descripción de los experimentos

Tratamiento	Código	Descripción
T1	E1S1	Corte con un alicate para uñas e Inmersión en agua por 24 h. 50% tierra negra + 50% arena
T2	E2S1	Inmersión en agua por 7 días 50% tierra negra + 50% arena
T3	E3S1	Inmersión en ácido sulfúrico H ₂ SO ₄ durante 10 minutos 50% tierra negra + 50% arena
T4	E1S2	Corte con un alicate para uñas e Inmersión en agua por 24 h. 40% tierra negra + 40% arena + 20% humus
T5	E2S2	Inmersión en agua por 7 días 40% tierra negra + 40% arena + 20% humus
T6	E3S2	Inmersión en ácido sulfúrico H ₂ SO ₄ durante 10 minutos 40% tierra negra + 40% arena + 20% humus
T7	E1S3	Corte con un alicate para uñas e Inmersión en agua por 24 h. 50% tierra negra + 50% turba
T8	E2S3	Inmersión en agua por 7 días 50% tierra negra + 50% turba
T9	E3S3	Inmersión en ácido sulfúrico H ₂ SO ₄ durante 10 minutos 50% tierra negra + 50% turba

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

3.7. Variables evaluadas

Las variables que se consideraron la para la presente investigación fueron:

3.7.1. Variables productivas

- Germinación (%)
- Supervivencia (%)
- Número de hojas
- Altura de la planta (cm)
- Diámetro a la altura de cuello (cm)

3.7.2. Análisis económico

- Presupuesto parcial

3.8. Análisis estadísticas y pruebas de significancia

Los resultados que se obtuvieron fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos:

- Supuesto de normalidad
- Análisis de varianza (ADEVA)
- Separación de medias según Tukey
- Prueba de Friedman

3.8.1. Esquema del ADEVA

El esquema del análisis de Varianza aplicado se describe a continuación en la tabla 3-5.

Tabla 3-5: Esquema de análisis de Varianza (ADEVA)

Fuentes de Variación	Grados de libertad
TOTAL	35
Factor A	2
Factor B	2
Interacción de A*B	4
Error experimental	27

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

3.9. Procedimiento experimental

El trabajo experimental se dio a cabo en el vivero Yakitu, ubicado en el Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica de la ciudad de Riobamba. Al inicio del estudio se realizó una limpieza de las platabandas a utilizar, además se adecuó el vivero colocando sarán para la protección de las futuras plantas. Se realizó la salida de campo con el apoyo de HEIFER, con el fin de identificar árboles plus en la zona de Guano para recolectar las semillas de guarango.

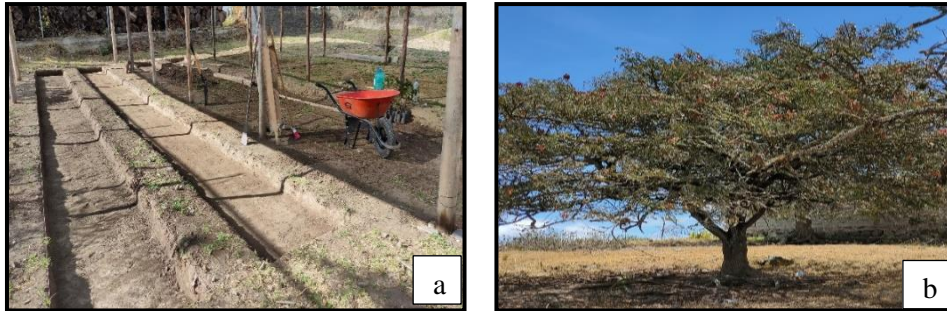


Ilustración 3-2: a) Limpieza de platabandas y b) árbol plus.

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Luego se procedió a pesar las vainas en una balanza analítica, dando como resultado un total de 302 vainas por kilogramo; de igual manera, se realizó el desvaine y se analizó mediante las normas ISTA las mismas que menciona que 100 semillas se proceden a pesar realizando 10 repeticiones y aplicar la fórmula obteniendo un resultado de 3449 semillas en un kilogramo.



Ilustración 3-3: Semillas de guarango.

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

La escarificación física consistió en sumergir las semillas durante 7 días antes de la siembra colocando en un recipiente transparente un litro de agua envasada (Tesalia) con 300 semillas sellando con papel film y realizando cambios diarios de agua.

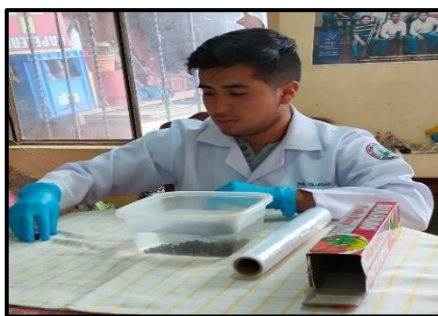


Ilustración 3-4: Escarificación física

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Luego la escarificación mecánica consistió en sumergir las semillas en un recipiente transparente con un litro de agua durante 24 horas antes de la siembra, cortando con un alicate para uñas la testa de la semilla teniendo cuidado de no dañarlas, sellándolas con papel film.

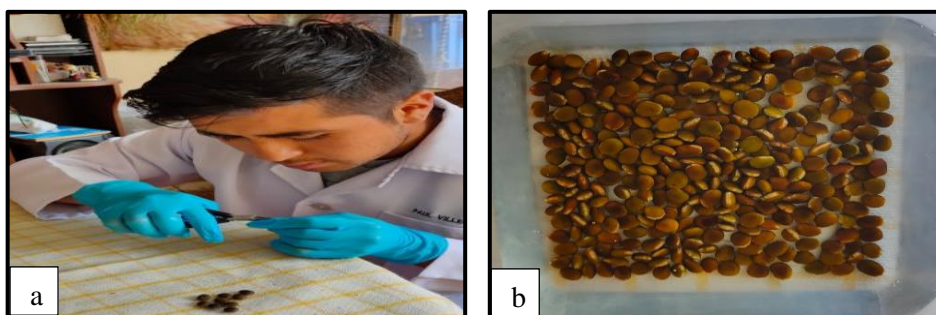


Ilustración 3-5: Escarificación mecánica a y b

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Finalmente, la escarificación química consistió en sumergir 300 semillas en 210 ml de ácido sulfúrico a una concentración del 98% por 10 minutos, luego se procedió a lavar con abundante agua.



Ilustración 3-6: Escarificación química

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Luego se procedió a tamizar la tierra negra y arena para la preparación del Sustrato 1 utilizando 50% de tierra negra y 50% de arena, para el Sustrato 2 se utilizó 40% de tierra negra, 40% de arena y 20% Humus y finalmente para el Sustrato 3 se utilizó 50% de tierra negra y 50% turba; por lo tanto, se procedió a enfundar 300 fundas, se recolecto una muestra de cada sustrato en una funda ziploc con su debida etiqueta para su respectivo análisis químico básico y se realizó la desinfección de las semillas y los sustratos con Vitavax 200 (Carboxin y Thiram), se preparó 1 litro de agua con 3 ml de Vitavax para cada escarificación dejándolas sumergidas en la solución por 30 minutos antes de la siembra, se preparó 22 litros de agua con 66 ml de Vitavax para la desinfección de los sustratos dos días antes de la siembra.



Ilustración 3-7: Preparación de sustratos, enfundado y desinfección.

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Para la ejecución del objetivo uno se procedió a:

Colocar las etiquetas con el número de tratamiento y código, para su respectiva siembra, además, se realizó el riego por medio de una regadera plástica de 6 litros cada dos días, para luego evaluar a los 15, 30, 45 y 60 días el porcentaje de germinación y supervivencia para proceder a la tabulación de los datos.

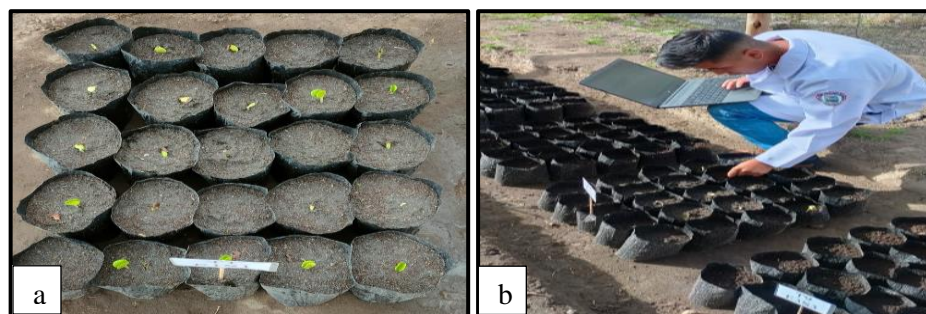


Ilustración 3-8: a) Porcentaje de germinación y b) supervivencia.

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Para la ejecución de objetivo dos se procedió a:

Evaluar a los 30, 60, 90 y 120 días el número de hojas, altura de planta y diámetro a la altura del cuello mediante una regla y un calibrador para al finalizar el trabajo experimental proceder a la tabulación de datos.

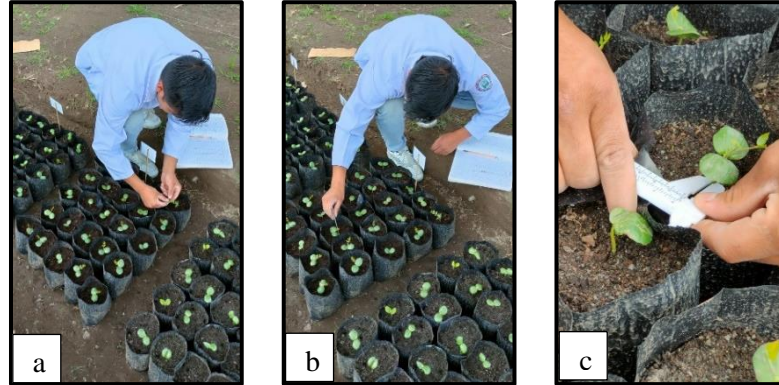


Ilustración 3-9: a) Número de hojas, b) altura de planta y c) diámetro a la altura del cuello

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Para la ejecución del objetivo tres se procedió a:

Realizar el análisis económico mediante el presupuesto parcial, mediante los datos de costos que varían y beneficios netos, de acuerdo con un orden creciente de los datos que varían de menor a mayor de cada uno de los tratamientos (González, 2021, pág. 21).

3.10. Metodología de la evaluación

3.10.1. Variables productivas

3.10.1.1. Porcentaje de germinación (%)

Para esta variable se consideró como semilla germinada la ruptura de la testa, Según Hurtado et al., (2020, pág. 47) menciona que para el cálculo del porcentaje de germinación es mediante la fórmula.

$$\% \text{ de germinación} = \frac{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas}}{N^{\circ} \text{ de semillas sembradas}} \times 100$$

3.10.1.2. Porcentaje de supervivencia (%)

La determinación de la supervivencia se llevó a cabo mediante la comparación entre la cantidad inicial de plantas establecidas y el número de plantas que se encontraban vivas en el momento de la evaluación, para el cálculo del porcentaje de supervivencia se utilizó la siguiente fórmula (López, 2015).

$$\% \text{ de supervivencia} = \frac{\text{Plantas vivas}}{(\text{plantas vivas} + \text{plantas muertas})} \times 100$$

3.10.1.3. Número de hojas

Se realizó un minucioso conteo del número de hojas mediante registros, asegurando que todas las hojas fueran debidamente contabilizadas (Ramos et al., 2022, pág. 39).

3.10.1.4. Altura de planta (cm)

Se determinó la altura de las plantas desde la base del suelo hasta su punto más elevado, y se procedió a medir utilizando una regla como instrumento de medida (López, 2015).

3.10.1.5. Diámetro a la altura del cuello (cm)

Las mediciones se realizaron con un calibrador, se ubicó en el cuello de la plántula, referida al diámetro a la altura del cuello (DAC), dicha variable se midió en centímetros (López, 2015).

3.10.2. Análisis económico

Se optó por emplear el enfoque de presupuestos parciales en el análisis económico, dado que facilita la planificación y la toma de decisiones al centrarse en los cambios en los ingresos y egresos que resultarían de la implementación de una alternativa específica, este método se utiliza para estructurar los datos experimentales con el objetivo de evaluar los costos y beneficios de las diferentes alternativas de tratamiento (González, 2021, pág. 21). A continuación, se detalla el proceso

- Determinar los costos fijos y variables y el análisis.
- Ordenar los tratamientos de la investigación.
- Identificación de los rubros de costos: fuentes de costos que varían, costos de producción de los sustratos.

- Rendimiento económico de los tratamientos.
- Análisis de dominancia; para lo cual se ordena los tratamientos de menor a mayor, según el costo de variación y se determina los Nominados y No Dominados en base al Beneficio Neto.
- Análisis de la tasa marginal de retorno de los tratamientos No Dominados.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Porcentaje de germinación en la propagación sexual de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze (Guarango).

4.1.1. Porcentaje de germinación a los 15 días

Al evaluar el porcentaje de germinación de *Caesalpinia spinosa* a los 15 días después de la siembra se encontró que no existe diferencia significativa para sustrato e interacción, ya que se obtuvo un $p > 0,05$; mientras que se evidenció que si existieron diferencias altamente significativas con un $p < 0,01$ por efecto de la escarificación (Factor A), registrándose 77 plantas germinadas, correspondiendo a la escarificación mecánica, mientras que el menor valor fue reportado con la escarificación física con 6 plantas. Como se puede observar en la tabla 4-1.

Tabla 4-1: Prueba de Tukey del porcentaje de germinación de *Caesalpinia spinosa* a los 15 días

Escarificación	Medias	n	E.E.	
Física	6,00	12	2,69	C
Química	55,33	12	2,69	B
Mecánica	77,00	12	2,69	A

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son superiores a los registrados por (Lara, 2019, pág. 39) quien, al realizar la evaluación de métodos de producción de plántulas de guarango (*Caesalpinia spinosa*) utilizando la escarificación mecánica (cautín) y un sustrato de 50 % de tierra negra + 20 % de cascarilla de arroz + 30 % de arena, obtuvo un 38,89 % de germinación a los 20 días en condiciones de vivero en la ciudad de Latacunga, debido a que el uso del alicate para uñas ayudo a incrementar el porcentaje de germinación a los 15 días en un 38,11 %, ya que se rompe la testa lo cual permite que las semillas entren en contacto con el aire y el agua, así activando el proceso metabólico que promueve la expansión del embrión, desarrollo y emergencia de la radícula.

4.1.2. Porcentaje de germinación a los 30 días

Al evaluar el porcentaje de germinación de *Caesalpinia spinosa* a los 30 días después de la siembra se encontró que no existe diferencia significativa para sustrato e interacción, ya que se

obtuvo un $p > 0,05$; mientras que se evidenció que si existieron diferencias altamente significativas con un $p < 0,01$ por efecto de la escarificación (Factor A), registrándose 99 plantas germinadas, correspondiendo a la escarificación mecánica, mientras que el menor valor fue reportado con la escarificación física con 13 plantas. Como se puede observar en la tabla 4-2.

Tabla 4-2: Prueba de Tukey del porcentaje de germinación de *Caesalpinia spinosa* a los 30 días

Escarificación	Medias	n	E.E.	
Física	13,33	12	1,95	C
Química	87,00	12	1,95	B
Mecánica	98,67	12	1,95	A

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Los hallazgos de este estudio superan los resultados reportados por (Robayo, 2021, pág. 35), quien evaluó cinco tratamientos pregerminativos a tres niveles de luminosidad en la producción de guarango (*Caesalpinia spinosa*), en el vivero del centro experimental, académico Salache, ubicado en Latacunga a una altitud de 2704 msnm, utilizando el método de escarificación mecánica (lijado) y un sustrato de 50 % de tierra negra + 20 % de suelo cultivado + 15 % de cascarilla de arroz + 15 % de materia orgánica, registrándose a los 30 días un porcentaje de germinación del 46,67 %, dado que estuvieron expuestas a condiciones de invernadero a una temperatura de 26,1 °C, por ende el porcentaje de germinación se ve afectado por la temperatura ya que al tener temperaturas bajas o altas pueden inhibir la germinación.

Esto concuerda con (Guamán, 2022, pág. 29), quien logró un índice de germinación del 100% al emplear la escarificación mecánica, este éxito se atribuyó al remojo de las semillas durante 24 horas después de aplicar el lijado, lo que permitió la absorción de agua y activó el proceso de germinación.

4.1.3. Porcentaje de germinación a los 45 días

Al evaluar el porcentaje de germinación de *Caesalpinia spinosa* a los 45 días después de la siembra se determinó que no existe diferencia significativa para sustrato e interacción, ya que se obtuvo un $p > 0,05$; mientras que se evidenció que si existieron diferencias altamente significativas con un $p < 0,01$ por efecto de la escarificación (Factor A), registrándose 97 plantas germinadas, correspondiendo a la escarificación mecánica, mientras que el menor valor fue reportado con la escarificación física con 17 plantas. Como se puede evidenciar en la tabla 4-3.

Tabla 4-3: Prueba de Tukey del porcentaje de germinación de *Caesalpinia spinosa* a los 45 días

Escarificación	Medias	n	E.E.		
Física	17	12	2,03	C	
Química	84,67	12	2,03		B
Mecánica	97,33	12	2,03		A

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

De acuerdo con Mendoza (2015, pág. 43), en su evaluación pregerminativa de la semilla de tara bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos y tres diferentes niveles de sustratos en la comunidad de Inquisivi, usando la escarificación mecánica y un sustrato compuesto de tierra del lugar + humus de lombriz + arenilla, reportando un índice de germinación del 51,88 % a los 45 días al emplear el método de escarificación, este resultado supera el tratamiento de remojo en agua hervida por dos minutos, que logró un porcentaje de emergencia del 44,28 %, por lo tanto, se debió a que la escarificación es indispensable para las semillas con una testa dura, ya que contribuye a acortar el tiempo de germinación en esta especie.

4.1.4. Porcentaje de germinación a los 60 días

Al evaluar el porcentaje de germinación de *Caesalpinia spinosa* a los 60 días después de la siembra se determinó que no existe diferencia significativa para sustrato e interacción, ya que se obtuvo un $p > 0,05$; mientras que se evidenció que si existieron diferencias altamente significativas con un $p < 0,01$ por efecto de la escarificación (Factor A), registrándose 96 plantas germinadas, correspondiendo a la escarificación mecánica, mientras que el menor valor fue reportado con la escarificación física con 19 plantas. Como se puede evidenciar en la tabla 4-4.

Tabla 4-4: Prueba de Tukey del porcentaje de germinación de *Caesalpinia spinosa* a los 60 días

Escarificación	Medias	N	E.E.		
Física	18,67	12	2,37	C	
Química	85,33	12	2,37		B
Mecánica	95,67	12	2,37		A

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Los resultados alcanzados por (González, 2021, pág. 24) son menos favorables en la propagación de guarango mediante cuatro tratamientos pre germinativos en tres tipos de sustratos, bajo condiciones de invernadero, en comparación con esta investigación, logrando el máximo porcentaje de germinación después de 60 días con un 21,09 %, en conclusión, se empleó un método de escarificación física que no resultó eficaz en el ablandamiento de la testa de la especie

de *Caesalpinia spinosa*, debido a que no facilitó la entrada de los elementos necesarios para superar la latencia de las semillas y reducir el tiempo de germinación.

4.2. Supervivencia en la propagación sexual de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze (Guarango)

4.2.1. Supervivencia a los 15 días

Al evaluar el porcentaje de supervivencia de *Caesalpinia spinosa* a los 15 días después de la emergencia se encontró que no existe diferencia significativa para sustrato e interacción, ya que se obtuvo un $p > 0,05$; mientras que se evidenció que si existieron diferencias altamente significativas con un $p < 0,01$ por efecto de la escarificación (Factor A), registrándose 77 plantas vivas, correspondiendo a la escarificación mecánica, mientras que el menor valor fue reportado con la escarificación física con 8 plantas. Como se muestra en la tabla 4-5.

Tabla 4-5: Prueba de Tukey del porcentaje de supervivencia de *Caesalpinia spinosa* a los 15 días

Escarificación	Medias	N	E.E.	
Física	8,33	12	2,26	C
Química	54,33	12	2,26	B
Mecánica	76,67	12	2,26	A

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Al comparar los reportes de esta investigación se determinó que fueron superiores a los datos obtenidos por (Aguar, 2020, pág. 47), quien al evaluar tasas de germinación y supervivencia de cinco especies vegetales en vivero y en áreas degradadas en los bosques montanos del noroccidente de Pichincha, estableció que el porcentaje de supervivencia a los 15 días en *Solanum ovalifolium* es de 25%, esto se debe a la falta de adaptabilidad de esta especie por condiciones ambientales, a diferencia de *Caesalpinia spinosa* que supera con el 51,67 % debido a que puede adaptarse a condiciones extremas.

4.2.2. Supervivencia a los 30 días

Al evaluar el porcentaje de supervivencia de *Caesalpinia spinosa* a los 30 días después de la emergencia se encontró que no existe diferencia significativa para sustrato e interacción, ya que se obtuvo un $p > 0,05$; mientras que se evidenció que si existieron diferencias altamente significativas con un $p < 0,01$ por efecto de la escarificación (Factor A), registrándose 97 plantas

vivas, correspondiendo a la escarificación mecánica, mientras que el menor valor fue reportado con la escarificación física con 14 plantas. Como se puede demostrar en la tabla 4-6.

Tabla 4-6: Prueba de Tukey del porcentaje de supervivencia de *Caesalpinia spinosa* a los 30 días

Escarificación	Medias	N	E.E.	
Física	13,67	12	1,8	C
Química	83	12	1,8	B
Mecánica	97,33	12	1,8	A

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Según (Guanolema, 2022, pág. 35), al evaluar cinco métodos de escarificación y dos sustratos para la producción de plantas en el vivero Guaslán, cantón Riobamba, se reportó que el testigo sin realizar una escarificación y con un sustrato de (tierra negra 75 % + cascarilla 25 %), alcanzó un porcentaje de 95 % a los 30 días, siendo un valor inferior a la presente investigación, por lo tanto, es un porcentaje aceptable, esto se debió a una fertilización de NPK con una proporción 20-20-20 a una dosis de 2 cc por litro, y para el control de plagas y enfermedades se empleó una mezcla de Mancozeb y Cimoxanil a razón de 1 gramo por litro.

4.2.3. Supervivencia a los 45 días

Al evaluar el porcentaje de supervivencia de *Caesalpinia spinosa* a los 45 días después de la emergencia se encontró que no existe diferencia significativa para sustrato e interacción, ya que se obtuvo un $p > 0,05$; mientras que se evidenció que si existieron diferencias altamente significativas con un $p < 0,01$ por efecto de la escarificación (Factor A), registrándose 96 plantas vivas, correspondiendo a la escarificación mecánica, mientras que el menor valor fue reportado con la escarificación física con el 16 plantas. Como se puede evidenciar en la tabla 4-7.

Tabla 4-7: Prueba de Tukey del porcentaje de supervivencia de *Caesalpinia spinosa* a los 45 días

Escarificación	Medias	N	E.E.	
Física	16,33	12	2,27	C
Química	84,33	12	2,27	B
Mecánica	95,67	12	2,27	A

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Al comparar los resultados obtenidos con (Guamán, 2022, pág. 32), quien evaluó la germinación de semilla de guarango, aplicando dos métodos de escarificación en la comunidad Alacao, Guano, Chimborazo, obtuvo un porcentaje del 90 % a los 45 días utilizando el método de escarificación física y un sustrato de arena 50 % + tierra negra 50 %, resultados que son inferiores a esta

investigación, debido a que esta especie es adaptable a diferentes condiciones climáticas por lo que resiste sequías, además el riego es muy indispensable para la supervivencia y desarrollo de las plántulas ya que ayuda a transportar hacia las raíces los elementos y nutrientes disponibles en el sustrato como nitrógeno, fosforo, potasio y materia orgánica.

4.2.4. Supervivencia a los 60 días

Al evaluar el porcentaje de supervivencia de *Caesalpinia spinosa* a los 60 días después de la emergencia se encontró que no existe diferencia significativa para sustrato e interacción, ya que se obtuvo un $p > 0,05$; mientras que se evidenció que si existieron diferencias altamente significativas con un $p < 0,01$ por efecto de la escarificación (Factor A), registrándose 85 plantas vivas, correspondiendo a la escarificación química, compartiendo el mismo rango con la escarificación mecánica, mientras que el menor valor fue reportado con la escarificación física con el 17 plantas. Como se puede evidenciar en la tabla 4-8.

Tabla 4-8: Prueba de Tukey del porcentaje de supervivencia de *Caesalpinia spinosa* a los 60 días

Escarificación	Medias	N	E.E.	
Física	17,33	12	5,9	B
Mecánica	80,33	12	5,9	A
Química	85	12	5,9	A

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

González (2021, pág. 29), al evaluar la propagación de *Caesalpinia spinosa* (molina) kuntze mediante cuatro tratamientos pregerminativos en tres tipos de sustratos, bajo condiciones de invernadero, quien obtuvo una tasa de supervivencia a los 60 días del 92,65 %; tanto en la interacción como en el grupo de control, se obtuvo el mejor resultado del 100 % de supervivencia con la escarificación física (agua a punto de ebullición por 30 segundos) y un sustrato (turba comercial), dato que superó a esta investigación, sin embargo, la escarificación química presenta una supervivencia aceptable ya que reduce el riesgo de daños por estrés o patógenos, lo que mejora la supervivencia; además, germinan rápidamente y desarrollan sistemas de raíces más vigorosas.

4.3. Desarrollo vegetativo de las plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Guarango) por efecto de la escarificación y sustratos a diferentes edades

4.3.1. Número de hojas a los 30 días

Al evaluar el número de hojas de *Caesalpinia spinosa*, mediante la prueba de Friedman se encontraron siete rangos, considerando al T4 como mejor tratamiento con el código E1S2 (Escarificación mecánica + 40 % tierra negra + 40 % arena + 20 % humus), con una mediana de 6,5; mientras que el menor valor fue reportado por el T6 con el código E3S2 (Escarificación química + 40 % tierra negra + 40 % arena + 20 % humus), con una mediana de 3,5 así como se puede observar en la tabla 4-9.

Tabla 4-9: Mediana de número de hojas de *Caesalpinia spinosa* a los 30 días

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	N							
T6	E3S2	3,5	4	G						
T9	E3S3	4	4	G	F					
T5	E2S2	3	4	G	F	E				
T8	E2S3	3	4	G	F	E	D			
T2	E2S1	4,5	4	G	F	E	D	C		
T3	E3S1	4,5	4	G	F	E	D	C	B	
T1	E1S1	6	4					C	B	A
T7	E1S3	6	4					C	B	A
T4	E1S2	6,5	4					A		

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Según los resultados recopilados por (Guamán, 2022, pág. 37), quien al evaluar la germinación de semilla de guarango (*Caesalpinia spinosa*) (mol.) o. kuntze aplicando dos métodos de escarificación, registrándose que a los 30 días no se observaron hojas verdaderas, pero a los 45 días se registró la presencia de una hoja, con la escarificación mecánica (lijar y remojar en agua fría 24 horas) y un sustrato (arena 50 % + tierra negra 50 %), esto influyo a la elección específica de métodos de escarificación y sustratos utilizados en el estudio, cabe destacar que, en el caso del guarango, el crecimiento de las hojas es crucial, ya que facilita una mayor absorción de energía lumínica para llevar a cabo la fotosíntesis; estos compuestos resultantes de la fotosíntesis se utilizan como fuente de energía para impulsar el crecimiento y desarrollo general de la planta.

4.3.2. Número de hojas a los 60 días

Al evaluar el número de hojas de *Caesalpinia spinosa*, mediante la prueba de Friedman se encontraron siete rangos, considerando al T4 como mejor tratamiento con el código E1S2

(Escarificación mecánica + 40 % tierra negra + 40 % arena + 20 % humus), con una mediana de 26,5; mientras que el menor valor fue reportado por el T6 con el código E3S2 (Escarificación química + 40 % tierra negra + 40 % arena + 20 % humus), con una mediana de 17, así como, se puede observar en la tabla 4-10.

Tabla 4-10: Mediana de número de hojas de *Caesalpinia spinosa* a los 60 días

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	N							
T6	E3S2	17	4	G						
T5	E2S2	14,5	4	G	F					
T8	E2S3	15	4	G	F	E				
T9	E3S3	19,5	4	G	F	E	D			
T3	E3S1	20	4	G	F	E	D	C		
T2	E2S1	19,5	4	G	F	E	D	C	B	
T1	E1S1	24,5	4				D	C	B	A
T7	E1S3	26	4						B	A
T4	E1S2	26,5	4							A

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Los resultados obtenidos en este estudio superaron los registrados por (Robayo, 2021, pág. 40), quien al evaluar cinco tratamientos pregerminativos a tres niveles de luminosidad en la producción de guarango (*Caesalpinia spinosa*), en el vivero, donde alcanzó el mayor número de hojas a los 60 días obteniendo 14 hojas, con la aplicación de la escarificación mecánica (lijado) y un sustrato (50 % de tierra negra + 20 % de suelo cultivado + 15 % de cascarilla de arroz + 15 % de materia orgánica), esta diferencia se atribuye a las condiciones ambientales favorables, como la disponibilidad de agua, luz y nutrientes, debido a que al utilizar el sustrato (tierra negra 40 % + arena 40 % + humus 20 %) proporciona una mayor producción de hoja, ya que es rico en nutrientes por lo que, en estas condiciones se promueven la actividad metabólica de las células y facilitan la síntesis de nuevos tejidos.

4.3.3. Número de hojas a los 90 días

Al evaluar el número de hojas de *Caesalpinia spinosa*, mediante la prueba de Friedman se encontraron siete rangos, considerando al T4 como mejor tratamiento con el código E1S2 (Escarificación mecánica + 40 % tierra negra + 40 % arena + 20 % humus), con una mediana de 51,5; mientras que el menor valor fue reportado por el T8 con el código E2S3 (Escarificación física + 50 % tierra negra + 50 % turba), con una mediana de 34, así como, se puede observar en la tabla 4-11.

Tabla 4-11: Mediana de número de hojas de *Caesalpinia spinosa* a los 90 días

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	N							
T8	E2S3	34	4	G						
T5	E2S2	32,5	4	G	F					
T2	E2S1	42,5	4	G	F	E				
T3	E3S1	47	4		F	E	D			
T1	E1S1	46,5	4		F	E	D	C		
T6	E3S2	46,5	4		F	E	D	C	B	
T7	E1S3	47,5	4		F	E	D	C	B	A
T9	E3S3	48,5	4		F	E	D	C	B	A
T4	E1S2	51,5	4							A

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

(González, 2021, pág. 37), quien al evaluar la propagación del guarango mediante cuatro tratamientos pre germinativos en tres tipos de sustratos, bajo condiciones de invernadero, manifiesta que a los 90 días existen diferencias altamente significativas en tratamientos pre germinativos para el guarango, donde el tratamiento A1 alcanzo 3 hojas en comparación al testigo, debido a que el pH del sustrato es crucial ya que afecta la disponibilidad de nutrientes para el guarango, en esta investigación se obtuvo un pH de 7,23 en este caso es favorable ya que este ayuda a la biodisponibilidad de los nutrientes en el suelo para la planta.

4.3.4. Número de hojas a los 120 días

Al evaluar el número de hojas de *Caesalpinia spinosa*, mediante la prueba de Friedman se encontraron ocho rangos, considerando al T4 como mejor tratamiento con el código E1S2 (Escarificación mecánica + 40 % tierra negra + 40 % arena + 20 % humus), con una mediana de 70,5; mientras que el menor valor fue reportado por el T5 con el código E2S2 (Escarificación física + 40 % tierra negra + 40 % arena + 20 % humus), con una mediana de 51,5, así como, se puede observar en la tabla 4-12.

Al comparar los reportes de esta investigación se determinó que fueron superiores a los datos obtenidos por (González, 2021, pág. 38), quien al evaluar la propagación de *Caesalpinia spinosa* mediante cuatro tratamientos pre germinativos en tres tipos de sustratos, bajo condiciones de invernadero, reporta que el A1 (Escarificación mecánica con lija: raspado de las semillas con una lija N 50 y remojo por 24 horas) obteniendo el porcentaje más alto de 3,98 %, mientras que A3 (inmersión en agua a punto de ebullición 3 min) fue el menor con un 3,01 %, esto se debió al exceso de humedad ya que la frecuencia de riego fue diaria durante 5 minutos utilizando 9 litros, por lo tanto, esto hace que tenga un desarrollo más lento y sus hojas tienden a marchitarse.

Tabla 4-12: Mediana de número de hojas de *Caesalpinia spinosa* a los 120 días

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	N								
T5	E2S2	51,5	4	H							
T2	E2S1	55	4	H	G						
T8	E2S3	54,5	4	H	G	F					
T1	E1S1	57	4	H	G	F	E				
T3	E3S1	60	4	H	G	F	E	D			
T6	E3S2	61	4				F	E	D	C	
T9	E3S3	60	4				F	E	D	C	B
T7	E1S3	62	4					D	C	B	A
T4	E1S2	70,5	4							A	

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

4.3.5. Altura de planta a los 30 días

Al evaluar la variable altura de planta de *Caesalpinia spinosa*, mediante la prueba de Friedman se encontraron cinco rangos, considerando al T4 como mejor tratamiento con el código E1S2 (Escarificación mecánica + 40 % tierra negra + 40 % arena + 20 % humus), con una mediana de 5,15 cm; mientras que el menor valor fue reportado por el T2 con el código E2S1 (Escarificación física + 50 % tierra negra + 50 % arena), con una mediana de 3,88 cm, como se puede evidenciar en la tabla 4-13.

Tabla 4-13: Mediana de altura de planta de *Caesalpinia spinosa* a los 30 días

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	N								
T2	E2S1	3,88	4	E							
T8	E2S3	3,41	4	E	D						
T5	E2S2	3,38	4	E	D	C					
T3	E3S1	4,18	4	E	D	C	B				
T9	E3S3	4,33	4	E	D	C	B	A			
T1	E1S1	4,25	4	E	D	C	B	A			
T6	E3S2	4,56	4				D	C	B	A	
T7	E1S3	4,6	4					B	A		
T4	E1S2	5,15	4							A	

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Al comparar los resultados obtenidos con (González, 2021, pág. 33), quien al evaluar la propagación de *Caesalpinia spinosa* mediante cuatro tratamientos pre germinativos en tres tipos de sustratos, bajo condiciones de invernadero, obteniendo la mayor altura con la escarificación mecánica (lija y remojo por 24 horas) y un sustrato (turba comercial) con una media de 1,90 cm a los 30 días,

resultados que son inferiores a esta investigación, esto se debe al tipo de sustrato utilizado para el desarrollo vegetativo, el cual es necesario que el sustrato tenga un alto contenido de nitrógeno ya que es esencial para el crecimiento y desarrollo de hojas, tallos y ramas.

4.3.6. *Altura de planta a los 60 días*

Al analizar la variable altura de planta de *Caesalpinia spinosa*, por medio de la prueba de Friedman se encontraron cuatro rangos, siendo el T4 el mejor tratamiento con el código E1S2 (Escarificación mecánica + 40 % tierra negra + 40 % arena + 20 % humus), con una mediana de 7,66 cm; por el contrario, el menor valor fue el T5 con el código E2S2 (Escarificación física + 40 % tierra negra + 40 % arena + 20 % humus), con una mediana de 5,1 cm, como se puede evidenciar en la tabla 4-14.

Tabla 4-14: Mediana de altura de planta de *Caesalpinia spinosa* a los 60 días

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	N				
T5	E2S2	5,1	4	D			
T1	E1S1	6,92	4	D	C		
T2	E2S1	6,9	4	D	C	B	
T3	E3S1	6,85	4	D	C	B	A
T8	E2S3	6,86	4	D	C	B	A
T6	E3S2	7	4	D	C	B	A
T7	E1S3	6,96	4		C	B	A
T9	E3S3	7,33	4		C	B	A
T4	E1S2	7,66	4				A

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Según los estudios realizados por (Guamán, 2022, pág. 36), quien evaluó la germinación de semilla de guarango aplicando dos métodos de escarificación, obteniendo la mayor altura con la escarificación mecánica (lija y remojo por 24 horas) y un sustrato (arena 50 % + tierra negra 50 %) con una media de 5,2 cm a los 60 días, resultados que son inferiores a esta investigación, esto se debe a que el crecimiento se ve afectado por la luz y la cantidad de humedad necesaria para que las plántulas puedan adquirir los nutrientes esenciales como es el nitrógeno, fosforo y potasio, ya que estos son encargados del crecimiento y desarrollo de las plantas.

En relación con el aumento en altura señalado por (De la Cruz, 2004, pág. 7), los valores no poseen una importancia significativa. Al igual que otras especies nativas, *Caesalpinia spinosa* enfrenta desafíos de crecimiento, lo que impide identificar grandes diferencias en su desarrollo durante los primeros años.

4.3.7. Altura de planta a los 90 días

Al determinar la variable altura de planta de *Caesalpinia spinosa*, se utilizó la prueba de Friedman encontrando cuatro rangos, siendo el T4 el mejor tratamiento con el código E1S2 (Escarificación mecánica + 40 % tierra negra + 40 % arena + 20 % humus), con una mediana de 9,36 cm; encontrando el menor valor en el T2 con el código E2S1 (Escarificación física + 50 % tierra negra + 50 % arena), con una mediana de 7,98 cm, como se puede verificar en la tabla 4-15.

Tabla 4-15: Mediana de altura de planta de *Caesalpinia spinosa* a los 90 días

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	N				
T2	E2S1	7,98	4	D			
T5	E2S2	7,53	4	D	C		
T1	E1S1	8,44	4	D	C	B	
T3	E3S1	8,56	4	D	C	B	A
T6	E3S2	9,08	4	D	C	B	A
T8	E2S3	8,73	4	D	C	B	A
T7	E1S3	8,7	4		C	B	A
T9	E3S3	9,19	4				A
T4	E1S2	9,36	4				A

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

De acuerdo a la investigación realizada por (González, 2021, pág. 34), quien aplico dos métodos de escarificación, obteniendo la mayor altura con la escarificación mecánica con una media de 3,17 cm a los 90 días, resultados que son inferiores a esta investigación, debido a que se utilizó un sustrato (40 % tierra negra + 40 % arena + 20 % humus) con una pH de 7,23 siendo este el motivo por el cual la planta puede asimilar los nutrientes esenciales presentes en el sustrato porque se encuentra en el rango óptimo.

En su estudio, (Guanolema, 2022, pág. 46) indica haber obtenido valores superiores a la investigación, con una altura promedio de 19,32 cm a los 90 días; los resultados de este estudio fueron posibles gracias a la aplicación de la escarificación mecánica, por lo que es evidente el óptimo crecimiento debido a la presencia de nutrientes esenciales como: nitrógeno, fósforo y potasio en el sustrato, factores cruciales para el desarrollo saludable del guarango.

4.3.8. Altura de planta a los 120 días

Al evaluar la variable altura de planta de *Caesalpinia spinosa*, se utilizó la prueba de Friedman encontrando seis rangos, el cual resulto el T4 como el mejor tratamiento con el código E1S2

(Escarificación mecánica + 40 % tierra negra + 40 % arena + 20% humus), con una mediana de 10,6 cm; así como el menor valor presentó el T2 con el código E2S1 (Escarificación física + 50 % tierra negra + 50 % arena), con una mediana de 8,68 cm, como se puede observar en la tabla 4-16.

Tabla 4-16: Mediana de altura de planta de *Caesalpinia spinosa* a los 120 días

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	N						
T2	E2S1	8,68	4	F					
T5	E2S2	9,1	4	F	E				
T8	E2S3	9,46	4	F	E	D			
T1	E1S1	9,15	4	F	E	D	C		
T3	E3S1	8,84	4	F	E	D	C	B	
T7	E1S3	9,46	4			D	C	B	A
T9	E3S3	10,03	4			D	C	B	A
T6	E3S2	10,33	4						A
T4	E1S2	10,6	4						A

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Según Lara (2019, pág. 58), manifiesta que al evaluar métodos de producción de plántulas de *Caesalpinia spinosa*, en el vivero, utilizando la escarificación mecánica (cautín) y sustrato (50% de tierra negra + 20 % de cascarilla de arroz + 30 % de arena), se obtuvo una altura de 4,88 cm a los 120 días, esto se debió a la escarificación mecánica (cortar con un alicate para uñas más remojo por 24 horas) así incrementando la altura con una diferencia de 5,72 cm; ya que al germinar más fácilmente por la escarificación existe mayor densidad de plantas, por ello la existencia de competencia por la luz, favorece a la altura final de la planta.

4.3.9. Diámetro a la altura del cuello a los 30 días

Al evaluar la variable diámetro a la altura del cuello de *Caesalpinia spinosa*, se utilizó la prueba de Friedman encontrando dos rangos, el cual resultó el T5 como el mejor tratamiento con el código E2S2 (Escarificación física + 40 % tierra negra + 40 % arena + 20 % humus), con una mediana de 0,2 cm; así como el menor valor presentó el T8 con el código E2S3 (Escarificación física + 50 % tierra negra + 50 % turba), con una mediana de 0,19 cm, como se puede observar en la tabla 4-17.

Tabla 4-17: Mediana de diámetro a la altura del cuello de *Caesalpinia spinosa* a los 30 días

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	N		
T8	E2S3	0,19	4	B	
T2	E2S1	0,2	4	B	A
T6	E3S2	0,2	4	B	A
T7	E1S3	0,2	4		A
T9	E3S3	0,2	4		A
T1	E1S1	0,2	4		A
T3	E3S1	0,2	4		A
T4	E1S2	0,2	4		A
T5	E2S2	0,2	4		A

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Según (Jordán, 2017, pág. 34) obtuvo en su evaluación del efecto de la aplicación del fertilizante foliar 25-16-12 en el crecimiento de plantas de *Caesalpinia spinosa*, obteniendo el diámetro a la altura del cuello a los 30 días de iniciado la aplicación del fertilizante foliar no presentó significancia para ninguno de los factores, lo cual procedió a realizar la separación de medias obteniendo 4,12 mm siendo este el valor más alto y superando a esta investigación, esto se debió a que intervinieron factores climáticos como es la disponibilidad de agua, nutrientes y luz, obteniendo un aumento del diámetro de la planta.

4.3.10. Diámetro a la altura del cuello a los 60 días

Al analizar la variable diámetro a la altura del cuello de *Caesalpinia spinosa*, se aplicó la prueba de Friedman encontrando dos rangos, obteniendo al T1 como el mejor tratamiento con el código E1S1 (Escarificación mecánica + 50 % tierra negra + 50 % arena), presentando una mediana de 0,3 cm; en cambio el T5 con el código E2S2 (Escarificación física + 40 % tierra negra + 40 % arena + 20 % humus), presentó el menor valor con una mediana de 0,25 cm, como se puede visualizar en la tabla 4-18.

Los datos corroborados por (Benavides, 2023, pág. 35) quien al evaluar sustratos y métodos pregerminativos para la propagación sexual de *Swietenia macrophylla* King, obtuvo los mejores resultados a los 60 días con el tratamiento 7 (Arena de río 50 % + Turba 25 % + Tierra agrícola 25 % + Semillas en agua por 24 horas) presentando una media de 2,65 mm, siendo inferiores al de este estudio, esto se debió a diversas características genéticas de la planta de guarango ya que influye en el desarrollo y diámetro; por lo que, se recolectó semillas de árboles de la zona de Guano.

Tabla 4-18: Mediana de diámetro a la altura del cuello de *Caesalpinia spinosa* a los 60 días

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	N		
T5	E2S2	0,25	4	B	
T6	E3S2	0,29	4	B	A
T8	E2S3	0,27	4	B	A
T9	E3S3	0,29	4		A
T4	E1S2	0,29	4		A
T2	E2S1	0,29	4		A
T3	E3S1	0,29	4		A
T7	E1S3	0,3	4		A
T1	E1S1	0,3	4		A

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

4.3.11. Diámetro a la altura del cuello a los 90 días

Al determinar la variable diámetro a la altura del cuello de *Caesalpinia spinosa*, mediante la prueba de Friedman se encontró un rango, reportándose como el mejor con una mediana de 0,3 cm en todos sus tratamientos, como se puede verificar en la tabla 4-19.

Tabla 4-19: Mediana de diámetro a la altura del cuello de *Caesalpinia spinosa* a los 90 días

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	n	
T1	E1S1	0,3	4	A
T5	E2S2	0,3	4	A
T7	E1S3	0,3	4	A
T9	E3S3	0,3	4	A
T3	E3S1	0,3	4	A
T8	E2S3	0,3	4	A
T4	E1S2	0,3	4	A
T2	E2S1	0,3	4	A
T6	E3S2	0,3	4	A

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Según los datos reportados por (Merchán, 2014, pág. 81), quien observó el comportamiento de las especies forestales *Caesalpinia spinosa* y Algarrobo Amarillo (*Prosopis pallida*), a través de tres niveles de sustratos en vivero, obteniendo valores inferiores a esta investigación, presentando un promedio a los 90 días de 1,18 mm tratándose este del testigo, esto se debe a que se utilizó un sustrato 100 % de tierra negra; por ende, este sustrato llega a compactarse dando como resultado la falta de desarrollo radicular ya que dificulta el flujo de agua y nutrientes.

4.3.12. Diámetro a la altura de cuello a los 120 días

Al determinar la variable diámetro a la altura del cuello de *Caesalpinia spinosa*, mediante la prueba de Friedman se encontró un rango, reportándose como el mejor con una mediana de 0,4 cm en todos sus tratamientos, como se puede mostrar en la tabla 4-20.

Tabla 4-20: Mediana de diámetro a la altura del cuello de *Caesalpinia spinosa* a los 120 días

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	n	
T2	E2S1	0,4	4	A
T1	E1S1	0,4	4	A
T5	E2S2	0,4	4	A
T3	E3S1	0,4	4	A
T8	E2S3	0,4	4	A
T7	E1S3	0,4	4	A
T9	E3S3	0,4	4	A
T6	E3S2	0,4	4	A
T4	E1S2	0,4	4	A

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Según los estudios reportados por (Sinaluisa, 2023, pág. 37) quien al evaluar la propagación sexual de *Cedrela odorata* L. en distintos sustratos, en la parroquia la candelaria, obtuvo valores inferiores a esta investigación presentando una media de 2,37 mm para el diámetro a la altura del cuello a los 120 días, conformado por el sustrato (50 % de arena de río, 30 % de tierra negra, 10 % de tamo de arroz y 10 % gallinaza), esto se debió a los diferentes nutrientes como nitrógeno, fosforo, potasio y materia orgánica presentes en el sustrato ya que influye en el engrosamiento del DAC.

4.4. Presupuesto parcial

Para llevar a cabo la evaluación económica de los tratamientos en el proceso de propagación de *Caesalpinia spinosa*, mediante la aplicación de tres métodos de escarificación en tres diferentes sustratos se adoptó la metodología propuesta por (Perrin et al., 1988). En este contexto, se calcularon los costos variables asociados a cada tratamiento, como se detalla en la (Tabla 4-21). Estos costos están provistos por los diferentes sustratos utilizados y los costos de producción (González, 2021, pág. 21).

4.4.1. Costos variables del ensayo por tratamiento

Los costos utilizados son: sustratos, mano de obra, materiales para los tratamientos. Estos varían de acuerdo a la cantidad utilizada en cada tratamiento y se estimó en relación a un metro cuadrado de producción.

Tabla 4-21: Costos variables del ensayo por tratamiento

Código	Tratamientos pregerminativos	Sustrato (\$/m2)	Costos que varían (\$/m2)
E1S1	3,23	2,93	6,16
E2S1	2,5	2,93	5,43
E3S1	5,08	2,93	8,01
E1S2	3,23	8,36	11,59
E2S2	2,5	8,36	10,86
E3S2	5,08	8,36	13,44
E1S3	3,23	10,60	13,83
E2S3	2,5	10,60	13,10
E3S3	5,08	10,60	15,68

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

4.4.2. Beneficio neto del ensayo por tratamiento

Para calcular el beneficio neto derivado de la propagación de guarango, es esencial conocer el rendimiento de cada tratamiento. En este sentido resulta crucial considerar tanto el área empleada como la cantidad de plantas vivas en fase de crecimiento.

Tabla 4-22: Rendimiento de cada tratamiento

Tratamiento	Unidades	Superficie de tratamiento (m2)	Rendimiento (und/m2)
E1S1	90	1,65	54,55
E2S1	22	1,65	13,33
E3S1	86	1,65	52,12
E1S2	98	1,65	59,39
E2S2	17	1,65	10,30
E3S2	85	1,65	51,52
E1S3	96	1,65	58,18
E2S3	17	1,65	10,30
E3S3	84	1,65	50,91

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Tabla 4-23: Beneficio neto del ensayo por tratamiento

Tratamiento	Código	Rendimiento (und/superficie tratamiento)	Rendimiento	Precio de la planta (\$/und)	Ingreso Bruto (\$/1,65 m2)	Costo que varían (\$/1,65 m2)	Beneficio Neto (\$/1,65 m2)
			ajustado al 10% (und/1,65 m2)				
T1	E1S1	85	72,25	0,60	51,00	6,16	44,84
T2	E2S1	22	18,70	0,60	13,20	5,43	7,77
T3	E3S1	86	73,10	0,60	51,60	8,01	43,59
T4	E1S2	98	83,30	0,60	58,80	11,59	47,21
T5	E2S2	17	14,45	0,60	10,20	10,86	-0,66
T6	E3S2	85	72,25	0,60	51,00	13,44	37,56
T7	E1S3	96	81,60	0,60	57,60	13,83	43,77
T8	E2S3	17	14,45	0,60	10,20	13,10	-2,90
T9	E3S3	84	71,40	0,60	50,40	15,68	34,72

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Según los costos de variables y los ingresos por tratamiento, se calculó los beneficios netos (Tabla 4-23) obteniendo como mejor resultado el tratamiento T4 (Escarificación mecánica + 40 % de tierra negra + 40 % arena + 20 % humus) con el mayor beneficio neto de USD 47,21.

4.4.3. Análisis de dominancia

El análisis de dominancia se llevó a cabo mediante la clasificación de los tratamientos de menor a mayor según los costos totales que varían. Este análisis proporciona recomendaciones de los tratamientos basados en los beneficios obtenidos. Como se puede verificar en la tabla 4-24.

Tabla 4-24: Análisis de dominancia de tratamientos

Tratamiento	Beneficio Neto (\$)	Costos que varían (\$)	Criterio
T2	7,77	5,43	ND
T1	44,84	6,16	ND
T3	43,59	8,01	D
T5	-0,66	10,86	D
T4	47,21	11,59	ND
T8	-2,90	13,10	D
T6	37,56	13,44	D
T7	43,77	13,83	D
T9	34,72	15,68	D

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

4.4.4. Análisis marginal de tratamientos no dominados

Para calcular la tasa de retorno marginal los tratamientos no dominados fueron sometidos al cálculo del beneficio marginal y costo marginal.

Tabla 4-25: Tasa de retorno marginal por tratamiento

Tratamiento	Beneficio Neto (\$)	Costos Variable (\$)	Beneficio Marginal (\$)	Costo marginal (\$)	Tasa de Retorno Marginal	Tasa de Retorno Marginal (%)
T2	7,77	5,43				
T1	44,84	6,16	37,07	0,73	50,78	5078,08
T4	47,21	11,59	2,37	5,43	0,44	43,65

Realizado por: Villegas, Paul., 2024.

Se refleja que el tratamiento T1 (Escarificación mecánica + 50 % tierra negra + 50 % arena) obtuvo la mayor tasa de retorno marginal de 5078,08 %, T4 (Escarificación mecánica + 40 % de tierra negra + 40 % arena + 20 % humus) obtuvo la menor tasa de retorno marginal de 43,65 %.

Se aplicó la regla empírica que indica que la Tasa de Retorno Marginal es aceptable cuando se encuentra entre el 50 - 100%. De acuerdo con lo manifestado, T1 con un 5078,08 % el valor más alto estableciéndose fuera del rango, a diferencia del T4 con un 43,65 % se encontró un valor por debajo del valor inferior de la regla considerada para su interpretación en esta investigación.

La tasa encontrada muestra una tendencia preliminar que deben ser sustentadas con un proceso de cálculo que integre más componentes y elementos como parte de una evaluación económica para la toma de decisiones de producción de la especie en estudio a mediana y gran escala.

Según (González, 2021, pág. 44), menciona en cuanto al análisis económico que el tratamiento A2B2 (Inmersión en agua a punto de ebullición 30 s + Turba Comercial) obtuvo datos superiores a la investigación con 813,3 % de retorno marginal, lo que represento el mayor rubro. Esto se debió al emplear diferentes métodos de escarificación y tipos de sustrato para la propagación sexual del guarango, un análisis exhaustivo abarca varios componentes y elementos, pudiendo realizarse bajo distintos escenarios y durante un período más prolongado, hasta que la planta alcance una altura adecuada para su plantación definitiva.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En cuanto a los tratamientos pregerminativos relacionados a la escarificación, el que mostró mejores resultados a los 30 días fue la escarificación mecánica, logrando un porcentaje de germinación del 98,67 % después de la siembra y una supervivencia del 97,33 % a los 30 días tras la emergencia. Es importante destacar que los resultados obtenidos no fueron influenciados por el tipo de sustrato o la interacción entre variables, subrayando la efectividad independiente de estos factores en los resultados observados.

En la evaluación vegetativa los mejores resultados fueron a los 120 días, siendo el mejor tratamiento el T4 (Escarificación mecánica + 40% tierra negra + 40% arena + 20% humus), dando un valor de 70,5 para el número de hojas, 10,6 cm altura de planta y 0,4 cm diámetro a la altura del cuello (DAC).

Para propagar *Caesalpinia spinosa* mediante el tratamiento T1 con un 5078,08 % el valor más alto estableciéndose fuera del rango, a diferencia del T4 con un 43,65 % se encontró un valor por debajo del valor inferior de la regla considerada para su interpretación en esta investigación.

5.2. Recomendaciones

Investigar, identificar y optimizar las condiciones agronómicas que promuevan un crecimiento rápido y saludable de *Caesalpinia spinosa*, además evaluar diferentes factores como tipos de suelo, regímenes de riego, exposición a la luz solar, temperatura, técnicas de fertilización y prácticas de poda para una mayor velocidad de crecimiento y rendimiento.

Desarrollar estrategias de conservación y manejo sostenible de poblaciones naturales de *Caesalpinia spinosa*, incluyendo la identificación de áreas prioritarias para su conservación y la implementación de prácticas de recolección y cultivo que minimicen su impacto ambiental.

Realizar una socialización y seguimiento de las plantaciones de *Caesalpinia spinosa* para garantizar el cultivo sostenible y la conservación de los ecosistemas donde se encuentran, de igual manera el compromiso activo de las comunidades locales y los agricultores para el éxito a largo plazo de estas iniciativas.

BIBLIOGRAFÍA

1. **AGROCALIDAD.** “Qué es el control fitosanitario”. *Emagister*, (2022), (Ecuador). págs. 1-7.
2. **AGUIAR ZABALA, María Gabriela.** Evaluación de las tasas de germinación y supervivencia de cinco especies vegetales en vivero y en áreas degradadas en los bosques montanos del noroccidente de Pichincha [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, Ecuador. 2020, págs. 46-48. [Consulta: 05 febrero 2024]. Disponible en: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/7429/1/T3225-MCCSD-Aguiar-Evaluacion.pdf>
3. **AGUIRRE BUENAÑO, Norma.** Métodos de desinfección de sustrato para el control de damping-off en semillero de teca (*Tectona grandis* linn f.), bajo invernadero en la empresa Seragroforest, Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal. Riobamba-Ecuador. 2013. págs. 1-8. [Consulta: 09 diciembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2992/1/33T0120%20.pdf>
4. **ARCOYA, Encarni.** “Que es la tierra negra”. *Agrotécnia*, (2019), (Chile). págs. 3-11.
5. **ARIAS VERA, Fabian francisco.** “Turba orgánica Plankton”. *Scielo*, (2019), (Ecuador). págs. 1-5.
6. **AYALA & VALDIVIEZO.** Efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*). [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión la Maná, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Carrera Ingeniería Agronómica. La Maná-Ecuador. 2022. págs. 1-16. [Consulta: 09 diciembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8569/1/UTC-PIM-%20000451.pdf>
7. **BENAVENTES, Manuel Alejandro.** Tratamiento mecánico, físico y químico de la semilla en la germinación y emergencia de plántulas de tara (*Caesalpinia spinosa* (molina) kuntze. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú. 2019. pp. 4-5. [Consulta: 2023-10-13]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/233005061.pdf>
8. **BENAVIDES ROSERO, Carolina Tahiz.** Evaluación de sustratos y métodos pregerminativos para la propagación sexual de *Swietenia macrophylla* King, en el cantón San Miguel de los Bancos, provincia de Pichincha [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2023. págs. 34-36. [Consulta: 06 febrero 2024]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/19420/1/33T0455.pdf>
9. **BODEGA AGRICOLA.** “Plankton turba orgánica”. *KIWA BCS*, (2023), (Ecuador).

10. **CAMACHO GAHONA, Yazmin Isabel.** Determinación del contenido de taninos extraído de la vaina de la tara (*Caesalpinia spinosa*) proveniente del barrio el Portete, Cantón Gonzanamá de la Provincia de Loja. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. 2021. pp. 1-2. [Consulta: 2023-10-13]. Disponible en: <file:///C:/Users/User/Downloads/Yazmin%20Isabel%20Camacho%20Gahona.pdf>
11. **CARANQUI, Jorge.** “Árboles y arbustos nativos potenciales para reforestación en la Sierra Central, Ecuador”. *ResearchGate* [en línea], 2015, Ecuador, pp. 5. [Consulta: 18 octubre 2023]. Disponible en: https://www.academia.edu/19597781/%C3%81rboles_y_arbustos_nativos_potenciales_para_reforestaci%C3%B3n_en_la_Sierra_Central_Ecuador#:~:text=Myrcianthes%20sp.,Cedrela%20montana%20Nogal%20Juglans%20sp.
12. **CONABIO.** *¿Qué es la biodiversidad?* [blog]. México: 2022. [Consulta: 14 octubre 2023]. Disponible en: https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es.html
13. **CONDOY GIRON, V.** Coeficiente de cultivo de *Caesalpinia spinosa* (Guarango en etapa de vivero. Polo del conocimiento [en línea], 2022, (Ecuador) 7, pp. 343. [Consulta: 19 octubre 2023]. ISSN 2550-682X. Disponible en: <file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-CoeficienteDeCultivoDeCaesalpiniaSpinosaGuarangoEn-9042957.pdf>
14. **CUENCA, Jorge.** *Sistemas de riego por goteo, microaspersión y aspersión* [en línea]. Loja-Ecuador: Cosmos, 2020. [Consulta: 10 diciembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/21092/BVE22098484e.pdf?sequence=1>
15. **DORIA, Jessica.** “Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento”. *Cultivos tropicales*, vol. 31, n° 1, (2010), (Cuba). págs. 74-85.
16. **FAO.** *Guía para la manipulación de semillas forestales.* [en línea]. Arizona-Estados Unidos de América: 1991. [Consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/AD232S/ad232s00.htm#TOC>
17. **FAO.** *Prácticas para la producción de huertos familiares urbanos* [en línea]. Honduras: Comunica, 2011. [Consulta: 09 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/as163s/as163s.pdf>
18. **FFOLIOTT PETER & THAMES JOHN.** *Recolección, manipuleo, almacenaje y pretratamientos de semillas de Prosopis en América Latina.* [en línea]. Arizona-Estados Unidos de América: 1983. [Consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/q2180s/Q2180S00.htm#TOC>
19. **GAMARRA DEL GADO, Isabel.** Plagas y enfermedades de la tara *Caesalpinia spinosa*. (mol) o. Kuntze. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Ingeniería Forestal. Cajamarca-Perú. 2013. págs. 8-35. [Consulta: 10 diciembre 2023]. Disponible en:

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/405/T%20H10%20G184%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

20. **GONZÁLEZ ALCÍVAR, Diomedes Enrique.** Adaptabilidad y crecimiento inicial de cuatro especies forestales nativas establecidas en áreas degradadas del Sitio Quimis, cantón Jipijapa [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador. 2021. pp. 2. [Consulta: 2023-10-13]. Disponible en <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3217/1/CD%20PROYECTO%20DE%20INVESTIGACION%20DIOMEDES%20GONZALEZ.pdf>
21. **GONZÁLEZ LASCANO, Denisse Karina.** Propagación de *Caesalpinia spinosa* (Molina) kuntze mediante cuatro tratamientos pre germinativos en tres tipos de sustratos, bajo condiciones de invernadero [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2021. págs. 20-45. [Consulta: 25 febrero 2024]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15881/1/33T00288.pdf>
22. **GUAMÁN OROZCO, Blanca Elena.** Evaluación de la germinación de semilla de guarango (*Caesalpinia spinosa*) (mol.) o. Kuntze aplicando dos métodos de escarificación en la comunidad Alacao, Guano, Chimborazo [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2022. págs. 29-37. [Consulta: 11 febrero 2024]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16102/1/33T00340.pdf>
23. **GUANOLEMA TUQUIMGA, Mauro Patricio.** Evaluación de cinco métodos de escarificación y dos sustratos para la producción de plantas de nogal (*Juglans neotropica*), en el vivero Guaslán, cantón Riobamba [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2022. págs. 45-48. [Consulta: 14 febrero 2024]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17047/1/33T00373.pdf>
24. **HURTADO TREJO, Leslye; et al.** “Aplicabilidad de las Normas ISTA: Análisis de la calidad de semillas en especies forestales en el Sur del Ecuador”. *Red Iberoamericana*, vol. 10, nº 2, (2020), (Ecuador). págs. 44-57.
25. **JORDÁN TAPIA, Alexis Sebastián.** 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 [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. págs. 33-35. [Consulta: 10 febrero 2024]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7666/1/33T0172.pdf>
26. **LARA DIAZ, Rosa Mercedes.** Evaluación de métodos de producción de plántulas de guarango (*Caesalpinia spinosa*), en el vivero experimental CEASA de la Universidad Técnica de Cotopaxi [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad técnica de Cotopaxi,

- Latacunga, Ecuador. 2019. pp. 10-59. [Consulta: 20 octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5269/6/PC-000724.pdf>
27. **LÓPEZ BARRETO, Carlos Alberto.** Evaluación de sobrevivencia e incremento de seis especies forestales maderables en plantaciones de la finca Eco forestal, San Juan del Sur. (Trabajo de titulación). Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, Ingeniería Forestal. Managua-Nicaragua. 2015. págs. 1-15.
 28. **LUQUE.** *Que es el sustrato de cultivo.* [blog]. Córdoba: 2020. [Consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.suministrosagricolasluque.com/que-es-el-sustrato-de-cultivo/>
 29. **MENDOZA CANAVIRI, Ramiro Luis.** Evaluación germinativa de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa* (molina) kuntze) bajo el efecto de dos tratamientos pre germinativos y tres diferentes niveles de sustratos en la comunidad de Inquisivi [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Mayores de San Andrés, La Paz, Bolivia. 2015. págs. 43-45. [Consulta: 08 febrero 2024]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5734/T-2083.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
 30. **MERCHÁN GONZÁLEZ, Jenny Alexandra.** Comportamiento de las especies forestales Cascol (*Caesalpinia spinosa*) y Algarrobo Amarillo (*Prosopis pallida*), a través de tres niveles de sustratos, en vivero [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador. 2014. págs. 81-82. [Consulta: 26 febrero 2024]. Disponible en: <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/115/1/MERCH%C3%81N%20GONZ%C3%81LEZ%20JENNY%20ALEXANDRA.pdf>
 31. **MORICI, Carlo.** “Turbas y otros sustratos”. *Flora ornamental española*, (2013), (España). págs. 4-12.
 32. **NAVAS SALAZAR, Alex Vladimir.** Inventariación y evaluación de árboles de guarango (*Caesalpinia spinosa*) y determinación de áreas potenciales para su cultivo en cuatro comunidades del cantón Guano [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 2011. pp. 1. [Consulta: 19 octubre 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/777/1/33T0082.pdf>
 33. **NOGALES, María.** *Guía para iniciar un huerto orgánico y saludable* [en línea]. La Paz-Bolivia: Wokideas, 2015. [Consulta: 09 diciembre 2023]. Disponible en: https://alternativascc.org/wp-content/uploads/2018/05/siembra_web-1.pdf
 34. **PÉREZ PORTO, J; & GARDEY, A.** *Bosque nativo* [blog]. España: 17 agosto 2017, 2017. [Consulta: 14 octubre 2023]. Disponible en: <https://definicion.de/bosque-nativo/>
 35. **PILLAJO QUIÑONES, Joanna Lisbeth.** Evaluación de tres métodos en la propagación de guarango (*Caesalpinia spinosa*) con tres tipos de sustratos en el vivero del campus Salache,

- del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. 2023. pp. 6-7. [Consulta: 19 octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/10764/1/PC-002775.pdf>
36. **PONCE SALINAS, Jordano Damián.** Evaluación de métodos de escarificación química en semillas de tamarindo (*Tamarindus indica L.*) [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Estatal Península de Santa Elena, Salinas, Ecuador. 2022. págs. 7-9. [Consulta: 03 febrero 2024]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/7563/1/UPSE-TIA-2022-0019.pdf>.
 37. **RAMOS, Leidy; et al.** “Evaluación de variables agronómicas en cultivo de lechuga con sistema de recirculación”. *Sociedad colombiana de la ciencia del suelo*, (2022), (Colombia). págs. 37-44.
 38. **REYES RAMÍREZ, S.** “Tratamientos pregerminativos de semillas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze con distintos sustratos en el vivero de la Universidad Nacional de Loja” *Journal of Red Iberoamericana* [en línea], 2023, (Ecuador) 13(2), pp. 43-55. [Consulta: 2023-10-13]. ISSN: 2528-7818. Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/1868/1214>
 39. **RIVERA RODRÍGUEZ, Mariela.** *Labores culturales* [en línea]. La Paz-Bolivia: Wokideas, 2015. [Consulta: 09 diciembre 2023]. Disponible en: https://alternativascc.org/wp-content/uploads/2018/05/labores-culturales_web-1.pdf
 40. **ROBAYO CARRILLO, Alex Geovanny.** 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 [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. 2021. págs. 35-40. [Consulta: 10 febrero 2024]. Disponible en: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7828/1/PC-001082.pdf>
 41. **RUIZ DE ANGULO, Juan.** “Tipos de sustrato”. *Agromática*, (2020), (España). págs. 3-12.
 42. **SINALUISA AUQUILLA, Julia Catalina.** Evaluación de la propagación sexual de *Cedrela odorata L.* en distintos sustratos, en la parroquia la Candelaria, cantón Penipe, provincia de Chimborazo [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2023. págs. 36-38. [Consulta: 02 febrero 2024]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/19405/1/33T0450.pdf>
 43. **TORRE, Lucia.** *La tara beneficios ambientales y recomendaciones para su manejo sostenible en relictos de bosque y sistemas agroforestales*. Primera edición. Quito-Ecuador: CONDESAN, 2018, págs. 4-47.
 44. **URBAEZ, Martin; et al.** “Evaluación de métodos químicos y mecánicos para promover la germinación de semillas y producción de fosforitos en café (*Coffea arábica*) var. *Catuai*

Rojo". *IDESIA* [en línea], 2014, (Chile), vol. 32 (1), págs. 43-53. [Consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v32n1/art06.pdf>

45. **ZÚÑIGA SUÁREZ, Tony**. "Situación actual de la forestación y deforestación en el Ecuador". *FAO* [en línea], 1999, Ecuador, pp. 3. [Consulta: 14 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ad102s/AD102S08.htm>

Total 45 referencias bibliográficas



ANEXOS

ANEXO A: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 15 DÍAS.

1. Análisis de varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R²Aj</u>	<u>CV</u>
<u>% G</u>	36	0,88	0,85	22,85

1.1. Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III)

<u>E.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	17322,38	8	2165,30	24,98	<0,0001
Escarificación	16620,30	2	8310,15	95,87	<0,0001
Sustrato	172,19	2	86,10	0,99	0,3835
E*S	529,88	4	132,47	1,53	0,2221
Error	2340,42	27	86,68		
<u>Total</u>	<u>19662,79</u>	<u>35</u>			

2. Separación de medias según Tukey (p<0,05)

2.1. Escarificación (A)

<u>Escarificación</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
Física	6,00	12	2,69	C
Química	55,33	12	2,69	B
Mecánica	77,00	12	2,69	A

2.2. Sustrato (B)

<u>Sustrato</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
S3	37,72	12	2,69	A
S1	41,67	12	2,69	A
S2	42,83	12	2,69	A

2.3. Interacción (A*B)

<u>E</u>	<u>S</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
F	S2	9,18	4	4,66	C
F	S3	10,14	4	4,66	C
F	S1	15,21	4	4,66	C
Q	S3	43,18	4	4,66	B
Q	S2	48,51	4	4,66	B
Q	S1	52,87	4	4,66	B A
M	S1	56,92	4	4,66	B A
M	S3	59,86	4	4,66	B A
M	S2	70,82	4	4,66	A

ANEXO B: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 30 DÍAS.

1. Análisis de varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
% G	36	0,96	0,95	11,42

1.1 Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III)

E.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	28473,19	8	3559,15	78,32	<0,0001
Escarificación	28294,15	2	14147,08	311,32	<0,0001
Sustrato	93,30	2	46,65	1,03	0,3718
E*S	85,74	4	21,43	0,47	0,7560
Error	1226,96	27	45,44		
Total	29700,15	35			

2. Separación de medias según Tukey (p<0,05)

2.1. Escarificación (A)

Escarificación	Medias	n	E.E.	
Física	13,33	12	1,95	C
Química	87,00	12	1,95	B
Mecánica	98,67	12	1,95	A

2.2. Sustrato (B)

Sustrato	Medias	n	E.E.	
S2	57,20	12	1,95	A
S3	58,83	12	1,95	A
S1	61,13	12	1,95	A

2.3. Interacción (A*B)

E	S	Medias	n	E.E.	
F	S2	17,18	4	3,37	C
F	S3	20,35	4	3,37	C
F	S1	24,35	4	3,37	C
Q	S2	67,30	4	3,37	B
Q	S3	69,03	4	3,37	B
Q	S1	73,13	4	3,37	B A
M	S1	85,90	4	3,37	A
M	S2	87,13	4	3,37	A
M	S3	87,13	4	3,37	A

ANEXO C: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 45 DÍAS.

1. Análisis de varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
% G	36	0,94	0,93	12,13

1.1 Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III)

E.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	22938,62	8	2867,33	57,90	<0,0001
Escarificación	22769,68	2	11384,84	229,91	<0,0001
Sustrato	62,89	2	31,44	0,63	0,5377
E*S	106,05	4	26,51	0,54	0,7109
Error	1337,01	27	49,52		
Total	24275,63	35			

2. Separación de medias según Tukey (p<0,05)

2.1. Escarificación (A)

Escarificación	Medias	n	E.E.	
Física	17,00	12	2,03	C
Química	84,67	12	2,03	B
Mecánica	97,33	12	2,03	A

2.2. Sustrato (B)

Sustrato	Medias	n	E.E.	
S3	57,01	12	2,03	A
S2	57,18	12	2,03	A
S1	59,89	12	2,03	A

2.3. Interacción (A*B)

E	S	Medias	n	E.E.	
F	S2	20,65	4	3,52	C
F	S3	21,58	4	3,52	C
F	S1	28,48	4	3,52	C
Q	S2	66,63	4	3,52	B
Q	S3	68,08	4	3,52	B A
Q	S1	68,18	4	3,52	B A
M	S3	81,38	4	3,52	B A
M	S1	83,03	4	3,52	B A
M	S2	84,25	4	3,52	A

ANEXO D: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 60 DÍAS.

1. Análisis de varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
% G	36	0,92	0,90	14,10

1.1 Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III)

E.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20958,54	8	2619,82	38,99	<0,0001
Escarificación	20848,56	2	10424,28	155,12	<0,0001
Sustrato	8,05	2	4,03	0,06	0,9420
E*S	101,92	4	25,48	0,38	0,8215
Error	1814,41	27	67,20		
Total	22772,95	35			

2. Separación de medias según Tukey (p<0,05)

2.1. Escarificación (A)

Escarificación	Medias	n	E.E.	
Física	18,67	12	2,37	C
Química	85,33	12	2,37	B
Mecánica	95,67	12	2,37	A

2.2. Sustrato (B)

Sustrato	Medias	n	E.E.	
S3	57,52	12	2,37	A
S2	58,26	12	2,37	A
S1	58,66	12	2,37	A

2.3. Interacción (A*B)

E	S	Medias	n	E.E.	
F	S2	23,08	4	4,10	B
F	S3	24,03	4	4,10	B
F	S1	27,73	4	4,10	B
Q	S2	67,45	4	4,10	A
Q	S3	68,38	4	4,10	A
Q	S1	69,00	4	4,10	A
M	S1	79,25	4	4,10	A
M	S3	80,15	4	4,10	A
M	S2	84,25	4	4,10	A

ANEXO E: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 15 DÍAS.

1. Análisis de varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
% S	36	0,89	0,86	18,64

1.1 Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III)

E.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13848,02	8	1731,00	28,13	<0,0001
Escarificación	13176,77	2	6588,38	107,06	<0,0001
Sustrato	120,93	2	60,47	0,98	0,3873
E*S	550,32	4	137,58	2,24	0,0916
Error	1661,51	27	61,54		
Total	15509,54	35			

2. Separación de medias según Tukey (p<0,05)

2.1. Escarificación (A)

Escarificación	Medias	n	E.E.	
Física	8,33	12	2,26	C
Química	54,33	12	2,26	B
Mecánica	76,67	12	2,26	A

2.2. Sustrato (B)

Sustrato	Medias	n	E.E.	
S3	40,18	12	2,26	A
S1	41,53	12	2,26	A
S2	44,56	12	2,26	A

2.3. Interacción (A*B)

E	S	Medias	n	E.E.	
F	S2	14,95	4	3,92	C
F	S1	16,17	4	3,92	C
F	S3	18,09	4	3,92	C
Q	S3	42,60	4	3,92	B
Q	S2	47,93	4	3,92	B
Q	S1	52,25	4	3,92	B A
M	S1	56,18	4	3,92	B A
M	S3	59,86	4	3,92	B A
M	S2	70,82	4	3,92	A

ANEXO F: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 30 DÍAS.

1. Análisis de varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
% S	36	0,96	0,95	11,00

1.1 Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III)

E.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	24528,33	8	3066,04	78,65	<0,0001
Escarificación	24432,24	2	12216,12	313,37	<0,0001
Sustrato	41,86	2	20,93	0,54	0,5907
E*S	54,23	4	13,56	0,35	0,8432
Error	1052,54	27	38,98		
Total	25580,87	35			

2. Separación de medias según Tukey (p<0,05)

2.1. Escarificación (A)

Escarificación	Medias	n	E.E.	
Física	13,67	12	1,80	C
Química	83,00	12	1,80	B
Mecánica	97,33	12	1,80	A

2.2. Sustrato (B)

Sustrato	Medias	n	E.E.	
S2	55,88	12	1,80	A
S3	56,10	12	1,80	A
S1	58,27	12	1,80	A

2.3. Interacción (A*B)

E	S	Medias	n	E.E.	
F	S2	18,40	4	3,12	D
F	S3	21,58	4	3,12	D
F	S1	23,60	4	3,12	D
Q	S2	64,98	4	3,12	C
Q	S3	65,35	4	3,12	C
Q	S1	68,18	4	3,12	C B
M	S3	81,38	4	3,12	B A
M	S1	83,03	4	3,12	B A
M	S2	84,25	4	3,12	A

ANEXO G: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 45 DÍAS.

3. Análisis de varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
% S	36	0,93	0,91	13,76

1.1 Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III)

E.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	22311,24	8	2788,91	44,94	<0,0001
Escarificación	22116,92	2	11058,46	178,20	<0,0001
Sustrato	25,56	2	12,78	0,21	0,8151
E*S	168,76	4	42,19	0,68	0,6119
Error	1675,51	27	62,06		
Total	23986,75	35			

4. Separación de medias según Tukey (p<0,05)

2.1. Escarificación (A)

Escarificación	Medias	n	E.E.	
Física	16,33	12	2,27	C
Química	84,33	12	2,27	B
Mecánica	95,67	12	2,27	A

2.4. Sustrato (B)

Sustrato	Medias	n	E.E.	
S3	56,38	12	2,27	A
S2	56,97	12	2,27	A
S1	58,38	12	2,27	A

2.5. Interacción (A*B)

E	S	Medias	n	E.E.	
F	S2	20,03	4	3,94	B
F	S3	21,58	4	3,94	B
F	S1	27,73	4	3,94	B
Q	S2	66,63	4	3,94	A
Q	S3	67,40	4	3,94	A
Q	S1	68,18	4	3,94	A
M	S1	79,25	4	3,94	A
M	S3	80,15	4	3,94	A
M	S2	84,25	4	3,94	A

ANEXO H: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 60 DÍAS.

5. Análisis de varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
% S	36	0,61	0,50	38,69

1.1 Cuadro de análisis de varianza (SC tipo III)

E.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	17772,54	8	2221,57	5,31	0,0005
Escarificación	16052,39	2	8026,19	19,20	<0,0001
Sustrato	531,74	2	265,87	0,64	0,5371
E*S	1188,40	4	297,10	0,71	0,5917
Error	11285,65	27	417,99		
Total	29058,18	35			

6. Separación de medias según Tukey (p<0,05)

2.1. Escarificación (A)

Escarificación	Medias	n	E.E.	
Física	17,33	12	5,90	B
Mecánica	80,33	12	5,90	A
Química	85,00	12	5,90	A

2.6. Sustrato (B)

Sustrato	Medias	n	E.E.	
S3	49,80	12	5,90	A
S1	50,45	12	5,90	A
S2	58,26	12	5,90	A

2.7. Interacción (A*B)

E	S	Medias	n	E.E.	
F	S1	21,83	4	10,22	B
F	S2	23,08	4	10,22	B
F	S3	24,03	4	10,22	B
M	S3	57,65	4	10,22	B A
M	S1	60,53	4	10,22	B A
Q	S2	67,45	4	10,22	B A
Q	S3	67,73	4	10,22	B A
Q	S1	69,00	4	10,22	B A
M	S2	84,25	4	10,22	A

ANEXO L: DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE HOJAS DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 120 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	N						
T5	E2S2	51,5	4	H					
T2	E2S1	55	4	H	G				
T8	E2S3	54,5	4	H	G	F			
T1	E1S1	57	4	H	G	F	E		
T3	E3S1	60	4	H	G	F	E	D	
T6	E3S2	61	4			F	E	D	C
T9	E3S3	60	4			F	E	D	C B
T7	E1S3	62	4					D	C B A
T4	E1S2	70,5	4						A

ANEXO M: DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 30 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	N						
T2	E2S1	3,88	4	E					
T8	E2S3	3,41	4	E	D				
T5	E2S2	3,38	4	E	D	C			
T3	E3S1	4,18	4	E	D	C	B		
T9	E3S3	4,33	4	E	D	C	B	A	
T1	E1S1	4,25	4	E	D	C	B	A	
T6	E3S2	4,56	4		D	C	B	A	
T7	E1S3	4,6	4				B	A	
T4	E1S2	5,15	4						A

ANEXO N: DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 60 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	n						
T5	E2S2	5,1	4	D					
T1	E1S1	6,92	4	D	C				
T2	E2S1	6,9	4	D	C	B			
T3	E3S1	6,85	4	D	C	B	A		
T8	E2S3	6,86	4	D	C	B	A		
T6	E3S2	7	4	D	C	B	A		
T7	E1S3	6,96	4		C	B	A		
T9	E3S3	7,33	4		C	B	A		
T4	E1S2	7,66	4						A

ANEXO O: DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 90 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	n					
T2	E2S1	7,98	4	D				
T5	E2S2	7,53	4	D	C			
T1	E1S1	8,44	4	D	C	B		
T3	E3S1	8,56	4	D	C	B	A	
T6	E3S2	9,08	4	D	C	B	A	
T8	E2S3	8,73	4	D	C	B	A	
T7	E1S3	8,7	4		C	B	A	
T9	E3S3	9,19	4				A	
T4	E1S2	9,36	4				A	

ANEXO P: DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 120 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	N						
T2	E2S1	8,68	4	F					
T5	E2S2	9,1	4	F	E				
T8	E2S3	9,46	4	F	E	D			
T1	E1S1	9,15	4	F	E	D	C		
T3	E3S1	8,84	4	F	E	D	C	B	
T7	E1S3	9,46	4			D	C	B	A
T9	E3S3	10,03	4			D	C	B	A
T6	E3S2	10,33	4						A
T4	E1S2	10,6	4						A

ANEXO Q: DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO A LA ALTURA DEL CUELLO DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 30 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	N				
T8	E2S3	0,19	4	B			
T2	E2S1	0,2	4	B		A	
T6	E3S2	0,2	4	B		A	
T7	E1S3	0,2	4			A	
T9	E3S3	0,2	4			A	
T1	E1S1	0,2	4			A	
T3	E3S1	0,2	4			A	
T4	E1S2	0,2	4			A	
T5	E2S2	0,2	4			A	

ANEXO R: DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO A LA ALTURA DEL CUELLO DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 60 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	N		
T5	E2S2	0,25	4	B	
T6	E3S2	0,29	4	B	A
T8	E2S3	0,27	4	B	A
T9	E3S3	0,29	4		A
T4	E1S2	0,29	4		A
T2	E2S1	0,29	4		A
T3	E3S1	0,29	4		A
T7	E1S3	0,3	4		A
T1	E1S1	0,3	4		A

ANEXO S: DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO A LA ALTURA DEL CUELLO DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 90 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	n	
T1	E1S1	0,3	4	A
T5	E2S2	0,3	4	A
T7	E1S3	0,3	4	A
T9	E3S3	0,3	4	A
T3	E3S1	0,3	4	A
T8	E2S3	0,3	4	A
T4	E1S2	0,3	4	A
T2	E2S1	0,3	4	A
T6	E3S2	0,3	4	A

ANEXO T: DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO A LA ALTURA DEL CUELLO DE *Caesalpinia spinosa* A LOS 120 DÍAS MEDIANTE LA PRUEBA DE FRIEDMAN.

Tratamiento	Código	Mediana (Ranks)	n	
T2	E2S1	0,4	4	A
T1	E1S1	0,4	4	A
T5	E2S2	0,4	4	A
T3	E3S1	0,4	4	A
T8	E2S3	0,4	4	A
T7	E1S3	0,4	4	A
T9	E3S3	0,4	4	A
T6	E3S2	0,4	4	A
T4	E1S2	0,4	4	A

**ANEXO U: ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS EN ESTUDIO
APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL PRESUPUESTO PARCIAL.**

1. Costo variable del ensayo por tratamiento

Código	Tratamientos pregerminativos	Sustrato (\$/m²)	Costos que varían (\$/m²)
E1S1	3,23	2,93	6,16
E2S1	2,5	2,93	5,43
E3S1	5,08	2,93	8,01
E1S2	3,23	8,36	11,59
E2S2	2,5	8,36	10,86
E3S2	5,08	8,36	13,44
E1S3	3,23	10,60	13,83
E2S3	2,5	10,60	13,10
E3S3	5,08	10,60	15,68

2. Rendimiento de cada tratamiento

Tratamiento	Unidades	Superficie de tratamiento (m²)	Rendimiento (und/m²)
E1S1	90	1,65	54,55
E2S1	22	1,65	13,33
E3S1	86	1,65	52,12
E1S2	98	1,65	59,39
E2S2	17	1,65	10,30
E3S2	85	1,65	51,52
E1S3	96	1,65	58,18
E2S3	17	1,65	10,30
E3S3	84	1,65	50,91

3. Beneficio neto del ensayo por tratamiento

Tratamiento	Código	Rendimiento (und/superficie tratamiento)	Rendimiento ajustado al 10% (und/1,65 m²)	Precio de la planta (\$/und)	Ingreso Bruto (\$/1,65 m²)	Costo que varían (\$/1,65 m²)	Beneficio Neto (\$/1,65 m²)
T1	E1S1	85	72,25	0,60	51,00	6,16	44,84
T2	E2S1	22	18,70	0,60	13,20	5,43	7,77
T3	E3S1	86	73,10	0,60	51,60	8,01	43,59
T4	E1S2	98	83,30	0,60	58,80	11,59	47,21
T5	E2S2	17	14,45	0,60	10,20	10,86	-0,66
T6	E3S2	85	72,25	0,60	51,00	13,44	37,56
T7	E1S3	96	81,60	0,60	57,60	13,83	43,77
T8	E2S3	17	14,45	0,60	10,20	13,10	-2,90
T9	E3S3	84	71,40	0,60	50,40	15,68	34,72

4. Análisis de dominancia de tratamientos

Tratamiento	Beneficio Neto (\$)	Costos que varían (\$)	Criterio
T2	7,77	5,43	ND
T1	44,84	6,16	ND
T3	43,59	8,01	D
T5	-0,66	10,86	D
T4	47,21	11,59	ND
T8	-2,90	13,10	D
T6	37,56	13,44	D
T7	43,77	13,83	D
T9	34,72	15,68	D

5. Tasa de retorno marginal por tratamiento

Tratamiento	Beneficio Neto (\$)	Costos Variable (\$)	Beneficio Marginal (\$)	Costo marginal (\$)	Tasa de Retorno Marginal	Tasa de Retorno Marginal (%)
T2	7,77	5,43				
T1	44,84	6,16	37,07	0,73	50,78	5078,08
T4	47,21	11,59	2,37	5,43	0,44	43,65

ANEXO V: RECOLECCIÓN DE SEMILLAS DE GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*) EN GUANO.

1. Lugar donde se recolectó las semillas



2. Desvaine, selección y pesado de las semillas



ANEXO W: PREPARACIÓN Y ENFUNDADO DE LOS SUSTRATOS.

1. Mezcla de los sustratos



2. Enfundado de los sustratos



ANEXO X: ESCARIFICACIÓN DE LAS SEMILLAS

1. Conteo de las semillas



2. Escarificación de las semillas (mecánica, física y química)



ANEXO Y: COLOCACIÓN DE LAS FUNDAS, DESINFECCIÓN Y SEMBRADO DE LAS SEMILLAS

1. Colocación de las fundas



2. Desinfección de los sustratos



3. Siembra de las semillas escarificadas



ANEXO Z: MEDICIÓN DE LAS VARIABLES

1. Germinación, Supervivencia, Número de hojas

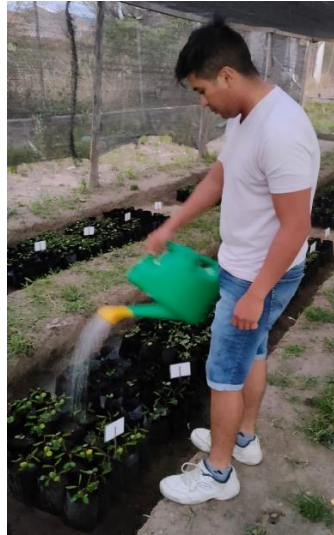


2. Altura de Planta, Diámetro a la altura del cuello



ANEXO AA: RIEGO Y LIMPIEZA

1. Riego



2. Limpieza de platabandas



ANEXO AB: ANÁLISIS DE SUELO



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE SUELOS



Nombre del Propietario: Sr. Paul Alexis Villegas Nuñez

Fecha de ingreso: 06/11/2023
Fecha de salida: 04/01/2024

TEMA TIC: "EFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN Y SUSTRATOS EN LA PROPAGACIÓN SEXUAL DE *Caesalpinia spinosa* Mol. Kuntze (GUARANGO) EN EL VIVERO YAKITU"

CARRERA: FORESTAL

SEMESTRE: NOVENO

Ubicación:

VIVERO MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA EN RIOBAMBA
Parroquia Cantón

CHIMBORAZO
Provincia

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUSTRATOS

Ident.	pH	Cond. Eléct. ($\mu S/cm$)	% NPK			% M.Org.
			N	P	K	
SUSTRATO 1 = 50% tierra negra + 50% de arena	7.010 N	440.0 NS	0.02	0.29	0.25	2.83
SUSTRATO 2 = 40% tierra negra + 40% arena + 20% humus	7.230 N	894.0 NS	0.04	0.31	0.33	4.46
SUSTRATO 3 = 50% tierra negra + 50% turba	5.494 Ac	776.0 NS	0.06	0.29	0.22	15.09

CODIGO	
Al: Alcalino	A: alto
NS: No salino	M: medio
Ac: Ácido	B: bajo



Ing. Víctor Lindao PhD.
JEFE DE LAB. SUELOS

Ing. Elizabeth Pachacama Ch.
TECNICO DOCENTE

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km 1 1/2, Facultad de Recursos Naturales, Teléfono 2998220 Extensión 418
"Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza"