

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL



TEMA:

**“DETERMINACIÓN DE TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS DE
SEMILLAS DE *Caesalpinia spinosa* (MOLINA) KUNTZE”**

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal

AUTOR(A):

Cynthia Alejandra Buitrón Sierra

DIRECTOR(A):

Ing. Jorge Luis Cué García, PhD.

Ibarra, 2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1717662561		
APELLIDOS Y NOMBRES:	BUITRÓN SIERRA CYNTHIA ALEJANDRA		
DIRECCIÓN:	Aurelio Mosquera N16-128 y Antonio Flores		
EMAIL:	cabuitrons@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	022422945	TELÉFONO MÓVIL:	0996931411

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DETERMINACIÓN DE TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS DE SEMILLAS DE <i>Caesalpinia spinosa</i> (MOLINA) KUNTZE
AUTOR (ES):	BUITRÓN SIERRA CYNTHIA ALEJANDRA
FECHA: DD/MM/AAAA	27/11/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERA FORESTAL
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Daniel David Sono Toledo, Ph.D / Ing. Jorge Luis Cué García, Ph.D.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 27 días del mes de noviembre de 2023

LA AUTORA:

Cynthia Alejandra Buitrón Sierra

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 27 de noviembre de 2023.

Ing. Jorge Luis Cué García, Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



.....
Ing. Jorge Luis Cué García , Ph.D.

C.C.: 1754608709

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificador del Trabajo de Integración Curricular “DETERMINACIÓN DE TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS DE SEMILLAS DE *Caesalpinia spinosa* (MOLINA) KUNTZE” elaborado por CYNTHIA ALEJANDRA BUITRÓN SIERRA, previo a la obtención del título de INGENIERA FORESTAL, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



Ing. Jorge Luis Cué García, Ph.D.
C.C.: 1754608709



Ing. Daniel David Sono Toledo, Ph.D.
C.C.: 1714331913

DEDICATORIA

A mis padres,

Gracias por todo su amor y apoyo. Siempre han estado ahí para mí, en las buenas y en las malas.

Me han enseñado el valor del trabajo duro, la perseverancia y el amor. Me apoyaron desde el momento que decidí dejar todo atrás, mi hogar, mis amigos, mi trabajo, mis locuras.

Gracias por todo lo que han hecho por mí. No podría haber logrado nada sin su apoyo.

Los amo mucho.

A mi hermana,

Gracias por ser mi mejor amiga. Siempre has estado ahí para mí, apoyándome y animándome a pesar de tus regaños. Eres la persona más divertida y cariñosa que conozco, gracias porque con tus momentos de debilidad me enseñaste a ser fuerte para poder defenderme en la vida y me enseñaste que una mujer en la ciencia puede hacer la diferencia.

Te amo con todo mi corazón.

A mis ángeles en el cielo,

Sé que están conmigo en espíritu. Me han guiado y apoyado a lo largo de este viaje.

Esta tesis es para ustedes.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por su infinita misericordia y amor. Me ha dado la oportunidad de estudiar y aprender, y me ha permitido llegar a este momento de mi vida con salud y felicidad.

También quiero agradecer a mis padres, que siempre han estado ahí para mí, apoyándome y animándome. Han sido mi mayor fuente de inspiración y motivación, y me han enseñado el valor del trabajo duro, la perseverancia y la excelencia.

A mi hermana, que siempre ha estado ahí para mí, escuchándome y ayudándome. Es mi ejemplo para seguir y mi inspiración, estoy muy agradecida por su amor y apoyo.

A mis amigos que a pesar de la distancia siempre estuvieron pendientes y se alegraban de cada triunfo.

A mis compañeros que me han hecho reír y llorar, y me han ayudado a crecer como persona.

A mis profesores, que me han transmitido su conocimiento y pasión por la carrera. Me han ayudado a aprender y a crecer como estudiante.

A todos los que han contribuido de alguna manera a este trabajo, les agradezco de corazón. Sin su apoyo, esta tesis no habría sido posible.

Gracias a todos.

RESUMEN EJECUTIVO

Las semillas de *Caesalpinia spinosa*, presentar germinación reducida en condiciones naturales en el entorno de los bosques secos de la sierra norte del Ecuador. La investigación aborda el desafío de superar la dormancia física que se presenta debido a la capa externa dura de las semillas de la especie estudiada. El objetivo principal del estudio es determinar los efectos de los tratamientos pre-germinativos en la germinación y calidad de las plántulas. El estudio utiliza un diseño experimental con cuatro tratamientos pre-germinativos y analiza datos de germinación y calidad de plántulas mediante pruebas estadísticas. La metodología incluye la recolección de semillas, análisis de calidad, aplicación de tratamientos, siembra y seguimiento. Los resultados indican que la escarificación mixta mejora la germinación al romper la capa dura de las semillas, permitiendo la entrada de agua y oxígeno. El tratamiento T2 (lijado semillas, lija No. 80 como en la escarificación mecánica y sumergir en agua a temperatura ambiente por 24 horas) fue el más efectivo para acelerar la germinación ya que la media de su índice de germinación fue del 17,536 y la media de la esbeltez fue de 4.35 en cuanto al crecimiento de las plántulas. En conclusión, la escarificación con lijado e inmersión en agua es una herramienta útil para aumentar la germinación, morfología y fisiología, crecimiento de las plántulas de *Caesalpinia spinosa*.

Palabras clave:

Dormancia, calidad de semillas, variables morfológicas y Variables Fisiológicas

ABSTRACT

The seeds of *Caesalpinia spinosa*, present reduced germination under natural conditions in the dry forest environment of the northern highlands of Ecuador. The research addresses the challenge of overcoming the physical dormancy that occurs due to the hard outer layer of the seeds of the species studied. The main objective of the study is to determine the effects of pre-germinative treatments on seedling germination and quality. The study uses an experimental design with four pre-germinative treatments and analyzes germination and seedling quality data using statistical tests. The methodology includes seed collection, quality analysis, treatment application, sowing and monitoring. Results indicate that mixed scarification improves germination by breaking the hard seed coat, allowing water and oxygen to enter. Treatment T2 (sanding seeds, sandpaper No. 80 as in mechanical scarification and soaking in water at room temperature for 24 hours) was the most effective in accelerating germination since the mean germination index was 17.536 and the mean slenderness was 4.35 in terms of seedling growth. In conclusion, scarification with sanding and immersion in water is a useful tool to increase germination, morphology and physiology, growth of *Caesalpinia spinosa* seedlings.

Keywords

- Dormancy, Seed quality, Morphological Variables, Physiological Variables.

INDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	i
CERTIFICACION DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR.....	ii
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN EJECUTIVO	vi
PALABRAS CLAVES	vi
ABSTRACT	vii
KEYWORDS	vii
índice de contenido.....	viii
INTRODUCCIÓN	1
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4. HIPÓTESIS O PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.	3

CAPÍTULO I.....	5
MARCO TEÓRICO	5
1.1. GERMINACIÓN	5
1.2. DORMANCIA	7
1.2.1. DORMANCIA POR LA CUBIERTA DE LAS SEMILLAS O EXÓGENA:.....	9
1.2.2. DORMANCIA MORFOLÓGICA O ENDÓGENA	10
1.2.3. DORMANCIA INTERNA	11
1.2.4. DORMANCIA COMBINADA MORFOFISIOLÓGICA	12
1.2.5. DORMANCIA COMBINADA EXÓGENA – ENDÓGENA.....	13
1.3. TRATAMIENTOS PRE – GERMINATIVOS	13
1.4. CARACTERIZACIÓN DE LA ESPECIE A ESTUDIAR.....	16
CARACTERÍSTICAS GENERALES	16
FISONOMÍA DEL ÁRBOL.....	17
CARACTERES BOTÁNICOS	17
DISTRIBUCIÓN.....	17
1.5. TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS APLICADOS A <i>CAESALPINIA SPINOSA</i>	18
CAPITULO II	20
MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. UBICACIÓN DEL LUGAR	20

POLÍTICA: PARROQUIA, CANTÓN, PROVINCIA	20
GEOGRAFÍA DEL SITIO DE INVESTIGACIÓN	20
LÍMITES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO YUYUCOCHA	20
3.2 CARACTERIZACIÓN EDAFOCLIMÁTICA DEL LUGAR	20
SUELO	20
CLIMA	21
3.3 MATERIALES, EQUIPOS Y SOFTWARE	21
3.4 METODOLOGÍA	22
3.4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL:	22
3.4.2. TABULACIÓN DE DATOS PRIMARIOS	24
3.4.3 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS.	24
3.4.4. INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	24
3.5 VARIABLES:	28
3.5.1. DETERMINACIÓN DE CALIDAD DE SEMILLA.....	28
3.5.2. ÍNDICES DE GERMINACIÓN	29
3.5.3 CALIDAD DE PLÁNTULAS, MORFOFISIOLOGÍA.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	34
CAPITULO V	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57

5.1. CONCLUSIONES	57
5.2. RECOMENDACIONES	57
CAPITULO VI.....	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

INTRODUCCIÓN

1.1 Problema de investigación.

- Problemática a investigar.

Las semillas de la familia Caesalpinaceae poseen dormancia física debido a la dureza de su testa. La *Caesalpinia spinosa*, al pertenecer a la familia antes mencionada, tiene las características señaladas en sus semillas, por tal razón su germinación de manera natural es limitada. En las condiciones de métodos tradicionales de propagación sexual, se mantiene el bajo porcentaje de germinación, reduciendo las cantidades de producción de plántulas.

En Ecuador, *Caesalpinia spinosa*, es una especie que no ha tenido un manejo adecuado en su cadena de producción, por tal razón, algunos de los individuos de esta especie han sido talados debido al desconocimiento de su potencial y carencia de un mercado local (Martínez-Espinoza & García-Morales, 2023).

En la actualidad existen tratamientos pre-germinativos que buscan romper o ablandar la testa de semillas con dormancia física con el fin de facilitar su germinación. Los mismos se integran en investigaciones de propagación de la especie, sin embargo, en la provincia de Imbabura no se han planteado estudios que apliquen tratamientos pre-germinativos en semillas de *Caesalpinia spinosa*.

- Formulación del problema de investigación.

La semilla de *Caesalpinia spinosa* presenta dormancia física que limita la germinación disponiendo de información limitada respecto a tratamientos pre-germinativos físico y mecánico en las condiciones de Imbabura.

1.2 Justificación

La investigación sobre los tratamientos pre-germinativos para *Caesalpinia spinosa* es esencial debido a diversas razones de gran relevancia. El porcentaje de germinación y el tiempo necesario para la germinación de las semillas de *Caesalpinia spinosa* son factores críticos que limitan la producción de plántulas en viveros. Mejorar estos aspectos es fundamental para garantizar que las plántulas producidas sean económicamente viables y ambientalmente sostenibles.

La especie estudiada muestra adaptabilidad a condiciones adversas y puede ser una alternativa valiosa para proyectos de reforestación en suelos degradados, laderas y áreas con problemas de erosión. Su potencial para la producción de productos forestales no maderables también puede generar ingresos adicionales para los productores. Esta especie aporta nitrógeno al suelo, lo que mejora su fertilidad. Esto la convierte en una buena opción para mejorar la productividad de los cultivos y para prevenir la erosión del suelo al incorporarla a sistemas agroforestales.

Esta investigación puede presentar a los productores alternativas para reducir el tiempo de producción de *Caesalpinia spinosa* para crear microempresas agroindustriales y de exportación.

El procesamiento y comercio de los frutos, junto con la cobertura permanente del suelo, pueden generar beneficios económicos y contribuir a la protección de cuencas hidrográficas y al equilibrio del régimen de lluvias.

La investigación propuesta busca abordar un problema relevante relacionado con la dormancia de las semillas de *Caesalpinia spinosa* en Imbabura, con el potencial de tener un impacto significativo en el campo forestal, la agricultura, la conservación, la agroforestería y la economía local. La resolución de este problema puede contribuir al desarrollo sostenible de la región y al bienestar de sus habitantes.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar tratamientos pre-germinativos en la germinación y calidad de plántulas de *Caesalpinia spinosa*.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de los tratamientos pre-germinativos en la germinación de *Caesalpinia spinosa*.
- Determinar la influencia de los tratamientos pre-germinativos en la calidad de plántulas.

1.4. Hipótesis o preguntas de investigación.

H_{0.1}. Los tratamientos pre-germinativos no influyen significativamente en la germinación de *Caesalpinia spinosa*.

H_{1.1}. Los tratamientos pre-germinativos influyen significativamente en la germinación de *Caesalpinia spinosa*.

H_{0.2}. Los tratamientos pre-germinativos no influyen significativamente en la calidad de las plántulas de la especie estudiada.

H_{1.2}. Los tratamientos pre-germinativos influyen significativamente en la calidad de las plántulas de la especie estudiada.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Germinación

En la reproducción sexual perteneciente por excelencia a las plantas superiores, la semilla se encarga de propagar la especie y dispersarla. La germinación es un proceso complejo que implica una serie de cambios fisiológicos y morfológicos (El-Maarouf-Bouteau, H., 2022). Estos cambios comienzan con la absorción de agua, que estimula la actividad metabólica de la semilla. La semilla también comienza a sintetizar nuevas proteínas y enzimas, que son necesarias para la germinación

La semilla es el sitio de desarrollo de la nueva esporofita (embrión) y el lazo de unión entre generaciones sucesivas. Es una estructura que contiene un embrión, que es el futuro de la planta, y un tejido de reserva, que proporciona alimento al embrión durante la germinación. La semilla también contiene estructuras que ayudan a su dispersión y germinación (Heslop-Harrison, 2023)

La germinación, según se refiere a los procesos que ocurren en la semilla, desde el crecimiento del embrión hasta la formación de una pequeña planta capaz de sobrevivir por sí misma, independientemente del alimento de reserva presente en la semilla. Es considerada como el reinicio del crecimiento embrionario que ha sido detenido durante la maduración. Durante la germinación, se activan procesos fisiológicos que requieren actividades metabólicas, como el aumento en la humedad y la actividad respiratoria de las semillas (Khaeim et al., 2022)

El interés por la energía germinativa o el porcentaje de germinación se basa en la teoría de germinación propuesta por Aldhous (1972) que plantea que las semillas germinan rápida y vigorosamente solo en condiciones favorables.

De acuerdo con Bakhchevnikov & Braginets (2022), el proceso de germinación de una semilla se divide en tres fases:

- Fase de imbibición: En esta fase, la semilla absorbe agua del medio ambiente, lo que provoca la hinchazón de sus tejidos. Este proceso es esencial para que la semilla comience a germinar, ya que permite que el embrión y las sustancias de reserva se hidraten.
- Fase de activación metabólica: En esta fase, el embrión comienza a utilizar las sustancias de reserva para obtener energía. También se activan los procesos de respiración y síntesis de proteínas, que son necesarios para el desarrollo del embrión.
- Fase de elongación del embrión: En esta fase, el embrión comienza a crecer y a extenderse. La radícula, que es la raíz primaria de la planta, emerge de la testa y comienza a crecer hacia el suelo.

La germinación de las semillas es un proceso complejo que está influenciado por factores internos y externos. Los factores internos incluyen la madurez de la semilla, la cantidad de reservas nutritivas y la presencia de inhibidores de la germinación. Los factores externos incluyen la temperatura, la humedad, la luz y la composición del suelo (Mascot, 2020).

El diámetro y tamaño de la semilla puede influir en las características de la germinación. Según Abril-Saltos et al. (2017), las semillas más pequeñas tienden a tener una germinación mayor. Esto podría deberse a que las semillas de menor diámetro tienen células más pequeñas, con menor contenido de ADN y un tiempo de división más corto. Sin embargo, otros estudios señalan que las semillas más grandes tienen una mayor resistencia a condiciones adversas y presentan mejores porcentajes de germinación (Aguiar, 2020). Estas características varían entre especies, por lo tanto, es importante clasificar las semillas según su tamaño e identificar las características de germinación específicas de cada especie. La germinación de una semilla se considera completa cuando la radícula, una raíz embrionaria, emerge de las cubiertas seminales. Sin embargo, en el ámbito de la producción es aceptado que la señal de la germinación suele tomarse como la visualización de la plántula viable emergiendo del suelo (Delbrück et al., 2021).

1.2. Dormancia

La dormancia de la semilla es un estado en el que una semilla viva no germina, incluso en condiciones favorables. Este mecanismo de adaptación ecológico ayuda a las plantas a sobrevivir en condiciones ambientales desfavorables, como la sequía o el frío. La capacidad de germinación de la semilla puede ser regulada por señales ambientales, como la temperatura, la luz y el agua (Nee et al., 2017; Asgari et al., 2018).

En agricultura, la dormancia de semillas puede dificultar la germinación y el establecimiento de cultivos (Abril-Saltos et al., 2017). Por lo tanto, es importante comprender los mecanismos de la dormancia de semillas para poder superarla y mejorar la productividad agrícola. Dormancia o dormición se define como la incapacidad de algunas semillas viables e intactas, de germinar

en condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases adecuadas para la germinación (Calzada López et al., 2018).

El carácter durmiente o ausencia de germinación de las semillas en un momento dado puede expresarse de tres formas. La dormancia innata ocurre cuando las semillas están en estado latente al ser liberadas de la planta madre, mientras que la dormancia inducida se utiliza para describir una situación en la que la dormancia se desarrolla a través de alguna experiencia después de la liberación de la planta madre. La dormancia forzada es la incapacidad de una semilla para germinar debido a una restricción ambiental, como la escasez de agua, las bajas temperaturas o la mala aireación (Qaderi, 2023)

La dormancia de las semillas es un mecanismo de adaptación que permite que las semillas permanezcan viables en su medio natural durante períodos prolongados de tiempo (Moreno et al., 2018). La dormancia puede verse afectada por factores internos y externos, como la procedencia de las semillas, el año de cosecha y la especie a la que pertenecen. Los factores internos que pueden causar dormancia incluyen embriones no desarrollados, testas seminales duras impermeables al agua y sustancias químicas inhibidoras de la germinación (Baskin & Baskin, 2014).

La capacidad de las semillas de permanecer viables durante largos períodos de tiempo sin germinar fue descrita por Teofrasto hace 2.300 años. Es probable que los agricultores hayan observado este fenómeno desde el principio de la agricultura, ya que les permitía almacenar semillas para su uso futuro. Tweddle et al. (2003) sugirieron que la dormancia de las semillas, en combinación con su estado de ortodoxia, es un factor importante en la ecología de la regeneración poblacional. La dormancia y la ortodoxia son atributos que se presentan en las

semillas de *Caesalpinia spinosa*, un género pantropical con unas 150 especies distribuidas en América, África y Asia (Ulibarri, 2008). Las semillas de leguminosas tienen una cubierta de semilla dura que impide la germinación. Esta condición, conocida como dormancia física, para (Janzen, 1981), es una adaptación que ayuda a las semillas a sobrevivir en condiciones adversas.

La dormancia física es un tipo de dormancia interna que se produce por la semipermeabilidad de la cubierta de la semilla. Esta condición impide la germinación hasta que la cubierta se ablande, lo que puede ocurrir por la acción de factores ambientales, como el frío o la luz (Herrera et al., 2006).

Por otra parte, Hartmann & Kester (2014), manifiesta que dormancia morfológica es un tipo de dormancia embrionaria que se produce cuando el embrión no está completamente desarrollado. Esta condición puede superarse con tratamiento de frío o luz, que estimulan el desarrollo del embrión.

La dormancia puede presentarse en varias categorías que se basan en diferencias morfológicas y fisiológicas descritas.

1.2.1. Dormancia por la cubierta de las semillas o exógena:

Dormancia Física:

Es común que, en muchas familias de plantas, en las cuales, la testa y en ocasiones otras partes endurecidas de la cubierta de la semilla sean impermeables. Esto significa que el embrión se encuentra en estado de quiescencia, pero está encerrado dentro de una cubierta que es

impermeable y puede proteger las semillas incluso cuando tienen un bajo contenido de humedad (Hartmann & Kester, 2014).

Dormancia mecánica:

La dormancia mecánica se refiere a una forma de dormancia en la cual las cubiertas de las semillas son muy duras para permitir la expansión del embrión durante la germinación (Hartmann & Kester, 2014). Sin embargo, es importante tener en cuenta que este factor no suele ser la única causa de la dormancia, ya que en la mayoría de los casos se combina con otros tipos de dormancia para retrasar la germinación.

Dormancia química:

Según Hartmann & Kester (2014), es un tipo de dormancia que se produce por la acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación. Estas sustancias pueden producirse en el fruto o en las cubiertas de las semillas.

1.2.2. Dormancia morfológica o endógena

La dormancia morfológica es un mecanismo de defensa de las plantas que impide la germinación de las semillas hasta que el embrión esté completamente desarrollado. Esto se produce porque el embrión no está listo para germinar cuando la semilla madura (Hartmann & Kester, 2014).

Dentro de esta categoría de dormancia endógena hay dos grupos:

- **Embriones rudimentarios:** Las semillas con embriones rudimentarios son un tipo de semilla que no puede germinar porque el embrión no está completamente desarrollado en el momento

de la maduración del fruto. Este tipo de dormancia se produce también por la presencia de inhibidores químicos en el endospermo, que se activan con altas temperaturas.

- Embriones no desarrollados: Algunas semillas tienen embriones pequeños y poco desarrollados en la madurez del fruto. Estos embriones pueden crecer antes de la germinación, hasta alcanzar la mitad del tamaño de la cavidad de la semilla.

1.2.3. Dormancia interna

Por otro lado, la dormancia interna se refiere a factores o condiciones dentro de la semilla que retrasan o inhiben su germinación, pero que no están directamente relacionados con su desarrollo o madurez. Surgen de la presencia de inhibidores de la germinación dentro de la semilla, es causada por la falta de enzimas, necesarias para la maduración fisiológica completa (Yildiz et al., 2017). En este caso, la dormancia interna se debe a características físicas o estructurales de la semilla que dificultan su proceso de germinación.

Se presentan tres tipos de dormancias internas:

- Fisiológica. Se refieren a los procesos internos y biológicos que determinan el momento en el que una semilla germinará y comenzará a desarrollarse como una planta. Estos procesos son fundamentales para la supervivencia y la reproducción de muchas especies vegetales, ya que permiten que las semillas permanezcan en un estado de dormancia o inactividad hasta que se den las condiciones adecuadas para el crecimiento y la germinación (Chenyin et al., 2023). Las dormancias internas fisiológicas de semillas pueden estar relacionadas con una variedad de factores, como la impermeabilidad de la cubierta de la semilla, la presencia de inhibidores químicos en la semilla o la respuesta a señales ambientales específicas, como la temperatura, la

humedad, la luz y la presión del suelo. Estos factores pueden restringir temporalmente el proceso de germinación de la semilla hasta que se cumplan las condiciones óptimas para el crecimiento.

- **Interno intermedio:** esta dormancia se produce por la presencia de cubiertas de semillas duras y tejidos de almacenamiento circundantes que inhiben la germinación, así como por la falta de condiciones ambientales favorables para la germinación, como la temperatura y la luz.

- **Del embrión:** es un tipo de dormancia que se produce por factores internos al embrión. Se caracteriza por la necesidad de un período de enfriamiento en húmedo para romper la dormancia, y por la incapacidad del embrión separado de germinar con normalidad.

En resumen, mientras que la dormancia endógena se refiere a factores internos inherentes a la semilla que retrasan la germinación, la dormancia interna se relaciona con condiciones o características físicas de la semilla que dificultan su capacidad de germinar. Ambos conceptos son importantes para comprender los mecanismos de dormancia en las semillas y su adaptación a diferentes condiciones ambientales.

1.2.4. Dormancia combinada morfofisiológica

Es un tipo de dormancia que se produce por la combinación de factores morfológicos y fisiológicos. En este caso, el embrión no está completamente desarrollado y también hay mecanismos fisiológicos inhibidores que impiden la germinación.

1.2.5. Dormancia combinada exógena – endógena

Es un tipo de dormancia que se produce por la combinación de factores externos e internos. En este caso, la dormancia se produce por la presencia de cubiertas o pericarpio que inhiben la germinación, así como por mecanismos fisiológicos inhibidores que impiden la germinación.

1.3. Tratamientos pre – germinativos

Los tratamientos pregerminativos son procesos que se aplican a las semillas para romper la dormancia, un estado en el que las semillas están vivas, pero no pueden germinar hasta que las condiciones ambientales sean adecuadas (Nelson, 2015).

Los tratamientos pre-germinativos más conocidos son: estratificación, escarificación.

- **Estratificación:**

La estratificación es un tratamiento que se aplica a semillas en letargo para romper la dormancia. En este tratamiento, las semillas se humedecen y luego se exponen a temperaturas frías durante un período de tiempo. Este proceso permite que el embrión de la semilla madure y se prepare para la germinación (Castillo, 2013). La estratificación es un proceso de enfriamiento húmedo que se utiliza para romper la dormancia de las semillas. La baja temperatura es el factor que desencadena la iniciación o la aceleración de los procesos que conducen a la germinación. Consiste en colocar las semillas, en capas o estratos húmedos, usando, como sustrato, por ejemplo, arena (Nelson, 2015).

El período de estratificación necesario para romper la dormancia de las semillas varía según la especie de planta. La estratificación se utiliza para superar la dormancia embrionaria, que puede

ser de dos tipos; dormancia cálida que se supera mediante estratificación a temperaturas altas (22 a 30 °C) y dormancia fría que se supera mediante estratificación a temperaturas bajas (0 a 10 °C) (Figuroa & Jaksic, 2004).

- **Escarificación**

Sobrevilla et al. (2013) definieron los tratamientos de escarificación como un grupo de actividades previas a la germinación que tienen como objetivo ablandar, perforar, rasgar o abrir la cubierta de la semilla para hacerla permeable, sin dañar el embrión ni el endospermo. Esto permite la imbibición y el intercambio gaseoso, lo que es necesario para la germinación.

La escarificación es un tratamiento que se aplica a las semillas para romper la dormancia. Este tratamiento consiste en raspar o corar la cubierta de la semilla, ya sea con una herramienta física o con un ácido. Esto permite que el embrión de la semilla entre en contacto con el agua y el oxígeno, lo que inicia el proceso de germinación (Coa Urbaez et al., 2014).

Esta puede subdividirse en dos:

1) Mecánica: Consiste en raspar la cubierta de las semillas con lijas, limas o quebrarlas con un martillo o pinzas.

Si es a gran escala se utilizan maquinas especiales como tambores giratorios recubiertos en su interior con papel lija, o combinados con arena gruesa o grava. En el caso de tratar grandes cantidades de semillas, se puede utilizar una hormigonera con grava o arena en su interior, o bien en un tambor forrado en su interior con material abrasivo (ej.: lija, cemento) o dotados de discos abrasivos giratorios (García Salmerón, 2002).

2) Química: La escarificación química, consiste en remojar las semillas por períodos, en compuestos químicos. Las semillas secas se colocan en recipientes que no sean de metal y se cubren con una solución de ácido en una proporción de una parte de semillas por dos partes de ácido. Durante el período de tratamiento las semillas deben agitarse regularmente con el fin de obtener resultados uniformes (Vásquez et al., 2019).

“El tiempo de tratamiento varía según la especie. Al final del período de tratamiento se escurre el ácido y las semillas se lavan con abundante agua para quitarles el restante” (Varela & Arana 2011). Las sustancias más utilizadas son los ácidos sulfúrico y clorhídrico concentrado. Este mecanismo genera un proceso de aireación exotérmica, por lo cual es necesario dejarlas que se enfrían antes de otros tratamientos (Utami et al., 2021)

Los métodos de escarificación mecánica y química influyen en la ruptura de la dormancia de las semillas al propiciar el ablandamiento de la testa de las semillas (Sánchez-Soto et al., 2016). En el caso de *Caesalpinia spinosa*, (Mendoza, 2015), indica que el tratamiento pre germinativo escarificación de las semillas, reporto el mayor valor de germinación.

Las semillas presentan buena respuesta en tiempo y porcentaje de germinación después del uso de tratamientos para romper la dormancia tegumentaria que consiste en el remojo durante veinticuatro horas a temperatura ambiente, lo cual podría deberse a la inhibición acelerada en comparación con la que se obtendría en semilleros humedecidos (Willan, 1991, como se citó en Abril-Saltos et al., 2017). Para que el embrión de la semilla pueda absorber agua y oxígeno, es necesario debilitar la cubierta que lo rodea. Esto se puede hacer mediante tratamientos mecánicos, como incisiones, calor o el uso de papel lija o arena gruesa. (Oliveira Prendes et al., 2007). También es común realizar escarificación con tratamientos químicos.

Lixiviación: Es un tratamiento pre-germinativo que consiste en remojar las semillas en agua corriente. El objetivo de este tratamiento es remover los inhibidores químicos presentes en la cubierta de la semilla, lo que permite la germinación. El tiempo de remojo puede variar de 12 a 72 horas, y en algunos casos, se recomienda cambiar el agua con cierta frecuencia. (Willan, 1991, citado por Quiroz Marchant et al., 2009).

Hormonas y otros estimulantes químicos: son un tipo de tratamiento pregerminativo que consiste en aplicar compuestos químicos a las semillas. Estos compuestos pueden ayudar a romper la dormancia de las semillas y mejorar la germinación. Los compuestos químicos más utilizados son el nitrato de potasio, la tiourea, el etileno, el ácido giberélico y las citoquininas. El tiempo de exposición y la concentración de los compuestos químicos dependen de la especie de planta y del tipo de dormancia de las semillas (Carranza et al., 2016).

1.4. Caracterización de la especie a estudiar

La *Caesalpinia spinosa* (guarango), es un árbol que pertenece a la familia de las Caesalpinaceae, anteriormente considerada una leguminosa.

Características generales

La *Caesalpinia spinosa* es un árbol pequeño que mide de 4 a 8 m de altura y puede llegar hasta 12 m en condiciones favorables. Tiene una raíz principal profunda y raíces laterales abundantes. Su copa es irregular y aparasolada, brindando sombra, pero no excesiva. Sus flores están dispuestas en racimos y sus frutos son vainas aplanadas que cambian de color de verde a rosado, rojo parduzco o café rojizo a medida que maduran. Las vainas contienen hasta 10 semillas aplanadas y café-negruczas cuando maduran (De La Torre, 2018).

Fisonomía del árbol

El árbol de *Caesalpinia spinosa* es un árbol pequeño, de 4 a 8 metros de altura. Su tronco es corto, cilíndrico y a veces tortuoso, con un diámetro de hasta 30 cm. La corteza externa es de color marrón grisáceo y fisurada verticalmente, y la corteza interna es de color crema amarillento y fibrosa. La copa es irregular, aparasolada y poco densa, con ramas ascendentes (Pretell et al., 1985).

Caracteres botánicos

Sus hojas son compuestas bipinnadas, con 6 a 8 pares de lóbulos ovalados y brillantes. Las flores son de color amarillo rojo, dispuestas en racimos de 8 a 15 cm de largo. Los frutos son unas vainas aplanadas y curvas, de color naranja, de 5 a 10 cm de largo y 1 a 3 cm de ancho. Cada vaina contiene de 5 a 10 semillas algo aplanadas de color café (Ministerio de Agricultura [MAG], 2010).

Distribución

La *Caesalpinia spinosa* es un árbol nativo de los Andes, que se distribuye desde Venezuela hasta Bolivia. También se encuentra en las Antillas, Cuba, Estados Unidos, Brasil y Argentina, donde es una especie introducida o invasora. La *Caesalpinia spinosa* ha sido introducida en el norte y este de África, la India e Islas Canarias (Brack, 1999; Duster et al., 2009; Gagnon et al., 2016).

1.5. Tratamientos pre-germinativos aplicados a *Caesalpinia spinosa*

En relación con los tratamientos pre-germinativos en *Caesalpinia spinosa*, existen varios estudios realizados por diferentes autores que han comparado los resultados de dichos tratamientos.

Un estudio realizado por Robayo Carrillo (2021) evaluó cinco tratamientos pre-germinativos (escarificación mecánica, escarificación química, inmersión en agua caliente, inmersión en agua fría y tratamiento control) a tres niveles de luminosidad (baja, media y alta) en la producción de *Caesalpinia spinosa*. Los resultados mostraron que el tratamiento pre-germinativo más eficaz fue la escarificación mecánica, con un porcentaje de germinación de 86,67% a los 120 días de tratamiento, seguido de la escarificación química con un porcentaje de germinación de 75,83%. Los tratamientos de inmersión en agua caliente e inmersión en agua fría no mostraron diferencias significativas con el tratamiento control.

El estudio realizado por Díaz Vázquez et al. (2020), evaluó la eficacia de cuatro tratamientos para mejorar la germinación de semillas sanas, mismos que fueron: Hidrotérmico (100 °C) por 10, 20 y 30 min, Escarificación con lija de agua de N° 400, Escarificación con ácido sulfúrico concentrado por 10, 15 y 20 min y un testigo. Los resultados mostraron que el tratamiento con lija fue el más efectivo, con un porcentaje de germinación del 100%. El tratamiento con ácido sulfúrico por 15 minutos también fue eficaz, con un porcentaje de germinación del 86.7%. El tratamiento hidrotérmico por 10 minutos fue el menos eficaz, con un porcentaje de germinación del 83.3%.

En un estudio de germinación realizado por Ordóñez Gutiérrez et al. (2023), evaluaron seis tratamientos para mejorar la germinación de semillas de especies de plantas tropicales. Los tratamientos fueron: TP0 (testigo): Sin escarificación, TP1 (mecánica): Limado de un lado de la semilla con una lija hasta que se rompa la testa, TP2 (química): Inmersión de las semillas en una solución de urea durante 2 horas, TP3 (física): Tratamiento térmico con agua hirviendo durante 24 horas, TP4 (física): Remojo en agua fría durante 72 horas, con cambios de agua cada 24 horas y TP5 (estratificación): Exposición a bajas temperaturas durante 120 horas. El tratamiento de escarificación mecánica, que consiste en lijar la cubierta de la semilla, fue el más efectivo para promover la germinación, con un porcentaje del 85,83%. Este tratamiento se realizó en un sustrato compuesto por tierra, arena y nitrosano en proporción 2:1:1. La condición de sombra al 50% favoreció el crecimiento en altura de las plántulas y longitud de la raíz, con un promedio de 9,75 cm y 14,99 cm, respectivamente. Por otro lado, la condición al aire libre favoreció el crecimiento en diámetro del tallo y número de hojas, con un promedio de 3,43 mm y 7,75, respectivamente.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del lugar

Política: parroquia, cantón, provincia

El presente estudio tuvo lugar en Campus Experimental Yuyucocha. Ubicado en la ciudad de Ibarra- Imbabura.

Geografía del sitio de investigación

El Campus Universitario Yuyucocha se encuentra georreferenciado en latitud $00^{\circ} - 21' - 53''$ N y longitud $78^{\circ} - 06' - 32''$ W.

Límites del Campus Universitario Yuyucocha

El Campus Universitario Yuyucocha presenta como límites; al norte Calle Abelardo Páez Torres, al sur propiedad privada, al este Calle Leonardo Páez y al oeste Quebrada Grande.

3.2 Caracterización edafoclimática del lugar

Suelo

El suelo del lugar de estudio es de tipo Inceptisol, formado por cenizas volcánicas, de topografía plana a ondulada, superficiales a moderadamente profundos, con un horizonte cámbico (B) de matices pardo amarillento. Presentan alto contenido de materiales piroclásticos y muchas veces

horizontes enterrados que corresponden a anteriores capas superficiales ricas en materia orgánica. (Nishimura, 1977; SOIL TAXONOMY, 1975).

Clima

El lugar de estudio presenta una temperatura media anual de 18,4°C y una precipitación media anual de 589,3 mm. Los meses en los cuales se considera seco el lugar de estudio son julio, agosto y septiembre debido a su humedad relativa del 73,9%. Se clasifica como un Bosque Seco Montano Bajo Sub-Hmedo Templado (Cadena & Enríquez, 2013).

3.3 Materiales, equipos y software

Los materiales de campo, materiales de laboratorio, equipos y software que se emplearon en el desarrollo de la investigación están descritos en la Tabla 3.

Tabla 3

Materiales, equipos y software a emplear en la investigación.

Materiales de campo	Material vegetativo	Materiales de laboratorio	Equipos	Software
Fundas	Semillas de <i>Caesalpinia spinosa</i>	Termómetro	Cámara fotográfica.	Microsoft Word.
Hoja de campo		Cajas Petri	Computadora.	Microsoft Excel.
Palas		Papel filtro	Balanza electrónica	InfoStat, Minitab y Statgrafic
Tamiz		Lija	Calibrador	Microsoft Power point
Sustrato		Pinzas	Cinta métrica	Gestor bibliográfico
Etiquetas Estacas		Estufa		

Sarán
Bandejas de germinación
Bomba
Vitabax
Fungicida
Carretilla
Pomina

3.4 Metodología

Investigación de tipo cuantitativa, aplicada, explicativa, experimental, sincrónica y de campo.

3.4.1 Diseño experimental:

- Factor: Tratamientos pre-germinativos.

Los tratamientos pre-germinativos expuestos en la Tabla 4 que se plantearon para este estudio consisten en diferentes tipos de escarificación que buscan ablandar la testa de las semillas de *Caesalpinia spinosa*.

Tabla 4

Codificación de tratamientos pre-germinativos aplicados a semillas de Caesalpinia spinosa.

Tratamiento pre germinativo	Código	Descripción
Escarificación física	<i>T1</i>	Sumergir las semillas en agua caliente a 80 °C, las semillas se dejan remojar durante 12 a 24 horas en el agua que se va enfriando gradualmente. Las semillas se deben sembrar inmediatamente después del tratamiento.

Escarificación mixta	T2	Lijado semillas, lija No. 80 como en la escarificación mecánica y sumergir en agua a temperatura ambiente por 24 horas.
Escarificación mecánica	T3	Lijado de semillas, con lija No. 80, hasta romper ligeramente la testa.
Testigo	T4	Semillas al natural

El diseño que se empleó fue un diseño irrestricto al azar con cuatro tratamientos pregerminativos distribuidos en cinco repeticiones como se detalla en la Tabla 5, dando un total de 20 unidades experimentales con 25 semillas por unidad experimental con un total de 500 semillas.

- **Modelo estadístico**

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \epsilon_{ij}$$

En donde:

- Y_{ij} Variable respuesta de la ij-esima unidad experimental
- μ Efecto de la media general
- t_i Efecto del i-esimo tratamiento
- ε_{ij} Efecto del error experimental asociado a la i-esima unidad experimental

Tabla 5

Arreglo experimental – Diseño irrestricto al azar

T2R3	T1R2	T3R1	T1R5	T4R4
T2R1	T3R4	T1R3	T4R2	T3R2
T4R5	T1R1	T2R2	T2R4	T1R4
T3R5	T4R1	T3R3	T4R3	T2R5

3.4.2. Tabulación de datos primarios

Para la tabulación de datos de germinación se contabilizó todos los días el número de semillas germinadas a partir del día cinco de siembra, a la misma hora 14:00 h, hasta el día 20. Los datos fueron registrados en una matriz.

La calidad de plántulas se evaluó mediante dos grupos de variables. La morfología de plántulas en tres momentos, a los 50, 65 y 80 días después de la siembra (DDS), tomando cinco plántulas por cada tratamiento/replica. Se evaluó la fisiología a los 85 DDS, tomando cinco plántulas por tratamiento y replica. Los datos fueron registrados en matrices.

3.4.3 Métodos de análisis de datos.

Los métodos de análisis de la germinación pueden ser analíticos que aplican de funciones matemáticas para describir el comportamiento de la germinación o propagación de las especies.

Se realizó las comprobaciones de cumplimiento de los supuestos paramétricos de los datos para las variables de estudio. La normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilks y homogeneidad a través de la prueba de Levene, ambas para α : 0.05. Si cumplen con la normalidad y homogeneidad se aplicó ADEVA con una significancia del 5%, caso contrario se aplicará la prueba de Kruskal-Wallis con igual nivel de significancia. En caso de existir diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó una prueba de Dunnett de comparación de medias.

3.4.4. Instalación del experimento.

Para la instalación del experimento se cumplió con las actividades planteadas en el siguiente orden:

1. La recolección de semillas se realizó en las laderas de la Quebrada Carretas ubicada en la etapa E bajo del barrio de Carapungo y parte del barrio Nuevo Ecuador de la ciudad de Quito.

2. Determinación de la calidad de las semillas: Se realizó el análisis de calidad de semillas para lo cual se establecieron ocho muestras con las cuales se determinó: a) análisis de pureza, b) determinación de peso, c) análisis de contenido de humedad y d) porcentaje de germinación.

El proceso de germinación se llevó a cabo en tres experimentos; el primer experimento se realizó en camas de germinación únicamente con arena esterilizada con cúprico como fungicida, para reducir el posible apareamiento de dumpin off que dañara el material vegetativo. Después de 48 horas de realizado el tratamiento de esterilización, se procedió a la siembra de las semillas a una profundidad de 2 a 3 cm en surcos. Se espacio la semilla a unos 2cm, colocando 200 semillas por cada tratamiento, de manera que se garantice los individuos por unidad experimental requeridos para el análisis de calidad de plántulas, además se aplicó periódicamente insecticida organofosforado (patriarca) para eliminar en lo posible la presencia de insectos patógenos. Pese a tener una germinación significativa y desinfección constante, las condiciones climáticas no pudieron ser controladas, por lo que la humedad del lugar de germinación fue muy elevada, presentándose así dumping off que afecto a más del 50% de plántulas, matándolas.

Después de los primeros resultados obtenidos, se decide realizar una nueva experimentación cambiando la cama de germinación por bandejas de germinación para

tener un mayor control. Además, en la segunda experimentación se siembran 250 semillas por tratamiento con el fin de garantizar el número de unidades experimentales.

Tomando en cuenta los resultados del primer experimento, se aplicó periódicamente fungicida e insecticida además de controlar la humedad cubriendo las bandejas con sarán. Pese al control en este segundo experimento, las semillas plantadas no presentaron germinación. Al realizar una evaluación, se pudo evidenciar la presencia de insectos en el interior de las semillas que se alimentaron de los embriones, dejando únicamente la testa de estas. Con estos resultados se decide realizar una tercera experimentación.

Para el tercer experimento se siembran 250 semillas por tratamiento en bandejas de germinación, mismas que fueron ubicadas a una altura aproximada un metro del suelo en un lugar cubierto pero que cuenta con ventilación, pudiendo así controlar la humedad además de reducir el posible apareamiento de hongos e insectos patógenos. Se realizó desinfección tanto del sustrato, como de las semillas para posterior a esto realizar la siembra.

Durante el proceso germinativo se aplicó una combinación de fungicida e insecticida, teniendo así una germinación mayor al 50% del total de semillas sembradas.

Posterior a esto se realizó el repique a las fundas cuando las plántulas presentaron el apareamiento de hojas verdaderas y una altura aproximada de tres a cuatro centímetros, es decir cuando aparecen hojas no cotiledóneas.

Posterior al repique se pudo evidenciar que las plántulas al ser una especie propia de bosque seco necesitaban de la luz solar para su crecimiento, por lo que fueron ubicadas en platabandas que cuenten con esta condición.

3. Preparación de sustrato

El sustrato tuvo los siguientes porcentajes:

- Humus de lombriz 15%
- Cascarilla de arroz 10%
- Suelo de sitio 75%

4. Llenado de fundas y traslado

Para la siembra se llenaron fundas de 10.16 x 15.24 cm (4x5 pulgadas), mismas que fueron utilizadas para el repique de las plántulas.

5. Limpieza y acondicionamiento de las platabandas

6. Aplicación de los tratamientos pre-germinativos a las semillas

7. Elaboración de la señalética

8. Instalación de experimento

3.5 Variables:

3.5.1. Determinación de calidad de semilla

Se tomó la metodología propuesta por las Normas ISTA (ISTA, 2016) en la que se plantea:

- **Análisis de pureza**

Se pesó ocho muestras de trabajo un peso promedio de 33,31 g cada una, mismas que contienen todas las impurezas y después se apartó las impurezas y se pesó por separado la semilla pura (ISTA, 2016).

$$\% \text{ pureza} = \frac{\text{Peso de la semilla pura}}{\text{Peso total de la muestra original}} * 100$$

- **Determinación del peso**

Según las normas (ISTA, 2016) se realizó ocho muestras o repeticiones de 100 semillas puras cada una. Luego se pesó por separado tomando los valores de cada muestra para obtener una sumatoria y dividirla luego por el número de muestras para obtener así un promedio representativo.

$$\text{Peso de 100 semillas} = \frac{\sum \text{peso por muestra}}{\text{No. de muestras}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de semillas por kilogramo} = \frac{100 \times 1000}{\text{Peso promedio de 100 semillas}}$$

- **Análisis del contenido de humedad**

Se tomaron ocho muestras con 100 semillas cada una y se sometieron a un proceso gradual de secado en horno o estufa a los 103 °C a los cuales posteriormente se pesó y se aplicó la siguiente fórmula (ISTA, 2016).

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\Sigma Pi - \Sigma Ps}{\Sigma Pi} \times 100$$

Donde:

Pi es peso inicial de la muestra

Ps es peso seco de la muestra

3.5.2. Índices de germinación

Los índices de germinación son medidas que se utilizan para evaluar la calidad de las semillas. Estos índices se calculan utilizando diferentes parámetros de la germinación, como el porcentaje de semillas germinadas, la velocidad de germinación y el vigor de las plántulas.

- **Porcentaje de germinación**

Ensayos evaluados con semillas puras, escogidas del ensayo de pureza. Se calculó tomando 50 semillas puras evaluadas en 5 repeticiones de 10 unidades cada una, a cada repetición se realiza el cálculo de porcentaje (ISTA, 2016).

$$\%G = \frac{N^{\circ} \text{ semillas germinadas}}{N^{\circ} \text{ Semillas colocadas}} * 100$$

- **Coefficiente de velocidad**

Este índice se basa en la relación entre el número de semillas germinadas y el tiempo. El índice es mayor cuanto más rápido germinan las semillas.

Es una medida de la distribución de la germinación en el tiempo en relación con el número de semillas germinadas (Reddy, 2015).

$$CV = \frac{\sum n}{\sum nt} * 100$$

Donde

CV = coeficiente de velocidad
n = número de semillas germinadas el día i,
t = número de días desde la siembra.

- **Velocidad de germinación**

La velocidad de germinación de las semillas se mide como la relación entre el número de semillas germinadas y el tiempo que tarda en germinar la última semilla (Maguire, 1962).

$$M = \frac{\sum ni}{t}$$

Donde

M = velocidad de germinación
n = número de semillas germinadas el día i
t = tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla

- **Tiempo promedio de germinación:** Es una medida del tiempo promedio de germinación que necesitan las semillas para germinar (González-Zertuche & Orozco-Segovia, 2017)

$$T = \frac{\sum(n_i t_i)}{\sum n_i}$$

Donde

T= tiempo promedio de germinación,
 t_i = número de días después de la siembra,
 n_i = número de semillas germinadas el día i .

- **Índice de germinación:** Utiliza la misma fórmula que en el caso anterior, pero lo relaciona con el número de semillas sembradas (González-Zertuche & Orozco-Segovia, 2017)

$$IG = \frac{\sum(n_i t_i)}{N}$$

Donde

IG = índice de germinación,
 t_i = número de días después de la siembra,
 n_i = número de semillas germinadas el día i .
 N = número de semillas sembradas

3.5.3 Calidad de plántulas, morfofisiología

- **Diámetro cuello de raíz**

Indicador de capacidad de transporte de agua hacia la parte aérea, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa de tolerancia a la temperatura (Arnold, F., 1996).

Este fue medido al ras del sustrato con calibrador digital de alta precisión en los días 20, 30 y 40 después de la siembra.

- **Altura**

Se tomó la medida desde el meristemo apical hasta el ras del sustrato, mismo que fue medido con cinta métrica y regla graduada en los días 20, 30 y 40 posterior a la siembra.

- **Esbeltez**

Cociente entre la altura y el diámetro en el cuello de la raíz en el cual manifiesta Paz Paz et al. (2023), toma el diámetro expresado en milímetros y la altura expresada en centímetros según la ecuación :

$$E = \frac{h}{dcr}$$

Donde:

E = Esbeltez

h = altura de plántulas

dcr = diámetro de cuello de raíz

- **Masa fresca de las plantas**

Se determinó la masa fresca de las plantas mediante el peso tomado con una balanza analítica después de extraer cinco plántulas por tratamiento/repetición, para lo cual se extraen las plántulas y se elimina la mayor cantidad de tierra posible, así como las hojas muertas.

- **Masa seca de las plantas**

Las plántulas tomadas para la medición de masa fresca se colocaron en horno a 80°C por dos horas (Martinez et al., 1989). Una vez salido del horno se tomó el peso de la muestra en balanza analítica AEDAM con una precisión de 0,001 g.

- **Contenido de masa seca**

Para calcular el índice de masa seca se tomó en cuenta el peso de la materia verde disecada, así como su peso antes de la disecación. Posterior esto se dividió el peso de la muestra después de la disecación para el peso de la muestra antes de la disecación y su resultado se multiplicó por 100 para así expresar el contenido de masa seca en porcentaje.

$$MS \% = \frac{P_i}{P} * 100$$

Donde:

P_i = peso de la muestra después de la disecación

P = peso de la muestra antes de la disecación

MS = Contenido de masa seca

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Calidad de semillas

El análisis de calidad de semillas incluye la determinación de la pureza, que es el porcentaje de material que no es semilla en una muestra de semillas. El resultado muestra un porcentaje promedio de 89,48 %, al compararlo con el resultado de 97,1% obtenido por Mamani, (2020), se aprecia un comportamiento por debajo del mismo, sin que ello represente mayor variabilidad. La impureza de semillas puede afectar la germinación y vigor de las semillas. Según la FAO (2009), las semillas de mayor tamaño suelen tener menor cantidad de impurezas que las semillas más pequeñas. Esto se debe a que las semillas de mayor tamaño son más fáciles de separar de las impurezas. El tipo de fruto también puede influir en el nivel de impureza de las semillas. En general, los frutos con estructuras complejas, como los frutos secos, son más propensos a contener impurezas que los frutos con estructuras simples, como las bayas.

Para la determinación del peso, se pesaron las muestras libres de impurezas y posterior a esto se estimó el número de semillas por kilogramo. Los resultados obtenidos son un peso promedio de 29,82g en 100 semillas y un aproximado de 3353 semillas por kilogramo. Expone Mamani (2020) en su estudio realizado en las semillas *Caesalpinia spinosa*, un peso promedio de 4250 semillas por kilogramo mientras que el estudio realizado tiene 3353,45 semillas por kilogramo, demostrando así una diferencia entre los resultados de los dos estudios.

En cuanto al análisis de contenido de humedad se sometió las muestras a 140°C en una estufa por tres horas, obteniendo así porcentaje de humedad promedio de 6,46%, resultados que son

presentados en la Tabla 4. Cabe recalcar que las semillas evaluadas se encontraban en etapa madura.

Tabla 4

*Análisis de contenido de humedad en semillas de *Caesalpinia spinosa**

Muestra	Peso inicial	Peso seco	Contenido de humedad	Porcentaje de humedad (%)
1	33,193	30,645	2,548	7,676
2	29,773	27,645	2,128	7,147
3	29,29	27,645	1,645	5,616
4	28,751	26,645	2,106	7,325
5	29,556	27,645	1,911	6,466
6	30,816	28,645	2,171	7,045
7	29,075	27,639	1,436	4,939
8	28,12	26,645	1,475	5,245
Promedio	29,82175	27,89425	1,9275	6,463

En el estudio citado anteriormente, (Mamani, 2020) muestra un contenido de humedad promedio de 4% mientras que en el estudio realizado se tiene un contenido de humedad del 6%, este resultado pudo deberse a la temporada lluviosa en la que fueron analizadas las semillas.

Un contenido de humedad más alto podría favorecer la germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa*. Sin embargo, es importante tener en cuenta que un contenido de humedad demasiado alto puede provocar la pudrición de las semillas.

Para el análisis de porcentaje de germinación se aplicaron cinco muestras de 10 semillas cada una en cajas Petri con humedad, así se obtuvieron los resultados que exponen que el porcentaje germinación sin tratamientos pre-germinativos es de 92%.

En el estudio realizado por Romero-Saritama et al. (2016) , el raspado de la semilla con lija al agua No. 80, obtuvo una germinación del 96% lo que ratifica que la escarificación mixta aumenta en porcentaje de germinación de semillas, esto en condiciones de laboratorio similares a las del estudio realizado.

Los resultados obtenidos en el estudio realizado por Ordóñez Gutiérrez et al. (2023), con un porcentaje de germinación del 92% sin tratamientos pre-germinativos, son comparables a los obtenidos por Romero-Saritama et al. (2016), quienes obtuvieron una germinación del 96% con escarificación mixta.

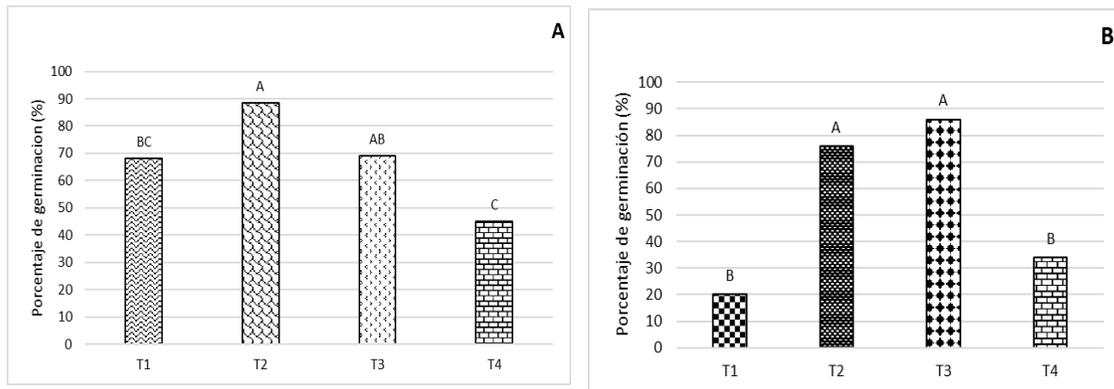
4.2. Índices de germinación

4.2.1. Porcentaje de germinación.

La prueba de Shapiro-Wilks y la prueba de Levene, realizadas para observar el cumplimiento de los supuestos de normalidad explican que tanto en el experimento A, como en el experimento B, se cumple con dichos supuesto con un p valor de 0,008 y 0,137 para el caso de normalidad y con un p valor de 0,99 en el caso de homogeneidad, por lo que se realiza un análisis de varianza y un prueba de medias.

Figura 1

Porcentaje de germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa* para el experimento (A) y experimento (B).



Nota: Letras diferentes presentan diferencia significativa entre las medias con $\alpha = 0,05$.

T1: Escarificación física, T2: Escarificación mixta, T3: Escarificación mecánica y T4: Testigo.

Ambos experimentos muestran que el tratamiento T2 y T3 presentan un porcentaje de germinación aritméticamente mayor y una diferencia estadísticamente significativa en comparación con el tratamiento T4, esto quiere decir que las semillas que fueron sometidas a un proceso de escarificación aumentaron el porcentaje de germinación en comparación con las semillas que no fueron tratadas.

Si bien las semillas no tratadas o testigo tuvieron un porcentaje de germinación promedio de 39,5%, las semillas sometidas a un proceso de escarificación obtuvieron un porcentaje de germinación de 79,88%. Estos resultados si bien no son iguales a los expuestos en el estudio realizado por Romero-Saritama et al. (2016) , que obtuvo una germinación del 96% semilla raspadas con lija al agua No. 80, se puede ratificar que la escarificación aumenta le porcentaje de germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa*.

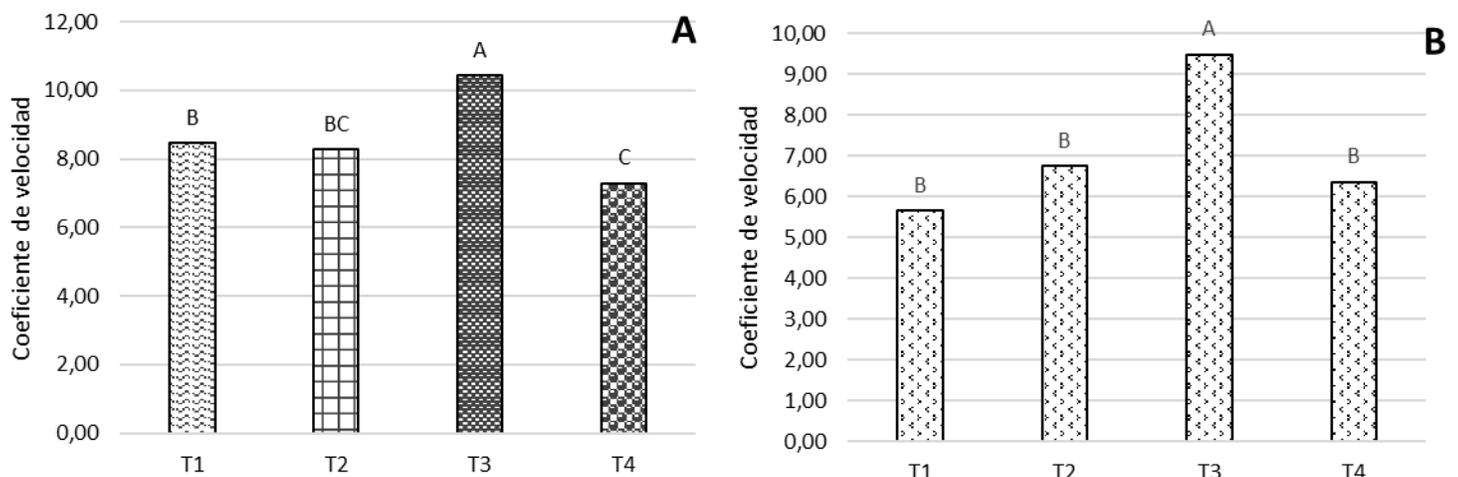
4.2.2. Coeficiente de velocidad.

Con el fin de evaluar el coeficiente de velocidad de germinación en semillas de *Caesalpinia spinosa*, se observó la germinación diaria de los diferentes tratamientos y los datos fueron procesados con una prueba de Shapiro- Wilks para normalidad y de Levene para homogeneidad, los mismos que cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad con un p valor de 0,1761 y 0,9117 respectivamente.

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor para la variable Coeficiente de velocidad (CV) en relación con diferentes tratamientos muestran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. La hipótesis nula de que todas las medias son iguales fue rechazada debido a un valor p muy bajo ($p = 0,00001$), lo que sugiere que al menos un tratamiento tiene un efecto significativamente diferente.

Figura 2

Coeficiente de velocidad de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa para el experimento (A) y experimento (B).



Nota: Letras diferentes presentan diferencia significativa entre las medias con $\alpha = 0,05$.

T1: Escarificación física, T2: Escarificación mixta, T3: Escarificación mecánica y T4: Testigo.

Los resultados expuestos en la Figura 2 indican que el tratamiento T3 tiene un efecto significativamente diferente en la variable CV en comparación con los otros tratamientos. T3 muestra un valor de CV más alto que los demás tratamientos, lo que sugiere una mayor variabilidad en los datos en ese grupo. Por otro lado, T1, T2 y T4 no muestran diferencias significativas entre sí en términos de CV.

En el estudio realizado por Neri et al. (2018) se obtuvo un Coeficiente de velocidad de germinación fue significativo para los tratamientos escarificación mixta que aceleraron el proceso germinativo con valores de 14.16 y 14.85. Estos datos ratifican que tanto la escarificación mixta, como la escarificación mecánica facilitan la germinación en semillas de *Caesalpinia spinosa* ya que en el estudio realizado se tuvo valores de 8,28 para escarificación mixta y de 10,43 para escarificación mecánica.

Los resultados obtenidos en el estudio realizado por Ordóñez Gutiérrez et al. (2023), con un coeficiente de velocidad de germinación de 8,28 para escarificación mixta y de 10,43 para escarificación mecánica, son comparables a los obtenidos por Neri et al. (2018), quienes obtuvieron un CV de 14,16 y 14,85 para escarificación mixta.

Este resultado sugiere que la escarificación mixta es un tratamiento eficaz para mejorar la velocidad de germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa*.

4.2.3. Velocidad de germinación

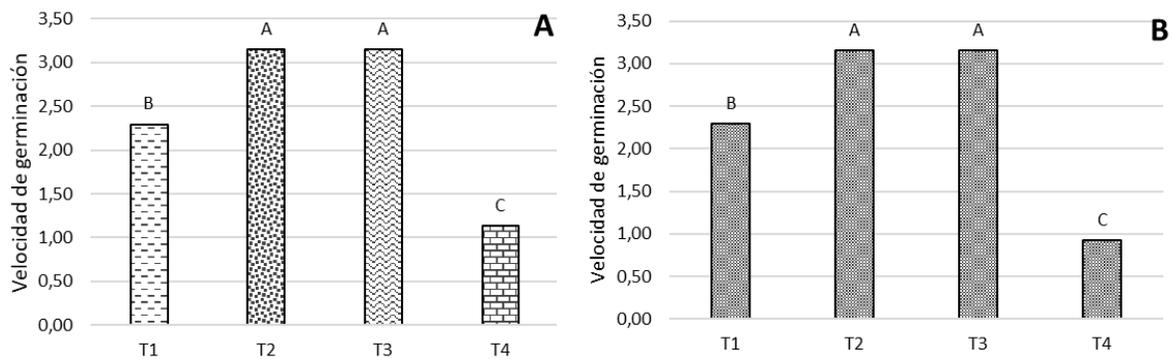
Los resultados del análisis de ANOVA de un solo factor para comparar los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) indican que existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos,

además de cumplir con el supuesto de normalidad con un p valor de 0,2394 y el supuesto de homogeneidad con un p valor de 0,2692 según las pruebas de Shapiro-Wilks y Levene aplicadas. El valor p del análisis de varianza es menor que 0,05, lo que indica que la probabilidad de que las diferencias entre las medias se deban al azar es menor del 5%.

Los resultados del ANOVA de un solo factor indican que existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos.

Figura 3

Velocidad de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa para el experimento (A) y experimento (B)



Nota: Letras diferentes presentan diferencia significativa entre las medias con $\alpha = 0,05$.

T1: Escarificación física, T2: Escarificación mixta, T3: Escarificación mecánica y T4: Testigo.

La media de los tratamientos T3 y T2 es de 3,15 para los 2 experimentos, mientras que la media de los tratamientos T1 y T4 es de 2,295 y 1,130, respectivamente para el experimento 1 y de 2,30 y 0,92 respectivamente para el experimento 2. Esto indica que los tratamientos T3 y T2 tienen un valor de M significativamente mayor que los tratamientos T1 y T4. Además que las medias de los tratamientos T3 y T2 están claramente separadas de las medias de los tratamientos T1 y T4. Esto es consistente con los resultados del ANOVA de un solo factor.

Esto coincide con los resultados presentados por (Romero-Saritama et al., 2016), que expone que las semillas sometidas a escarificación mixta empezaron a germinar a las 24 horas de la siembra, no obstante a las 12 horas ya existió el apareamiento de la radícula, finalizando su germinación en menos de 10 días.

Los resultados obtenidos en el estudio realizado por Ordóñez Gutiérrez et al. (2023) coinciden con los resultados presentados por Romero-Saritama et al. (2016), muestran que las semillas sometidas a escarificación mixta no afectan negativamente la viabilidad de las semillas y comienzan a germinar a las 24 horas de la siembra y alcanzan el mayor valor de germinación con 92%.

Un estudio realizado por Ortega-Baes et al. (1999) encontró que la escarificación mecánica con lija al agua No. 80 redujo el tiempo de germinación de semillas de *Caesalpinia paraguariensis* de 120 horas a 48 horas, en tanto en la presente investigación se prolongó hasta los ocho días.

Estos resultados sugieren que la escarificación mixta puede ser una herramienta eficaz para mejorar la velocidad de germinación de semillas de *Caesalpinia*.

4.2.4. Tiempo de germinación.

En el registro del ensayo de tiempo de germinación se aplicó una prueba de Shapiro-Wilks en la cual se obtuvo un p valor de 0,5684 para normalidad y una prueba de Levene que arrojó un p valor de 0,9084 para homogeneidad, por lo que se aceptan dichos supuestos.

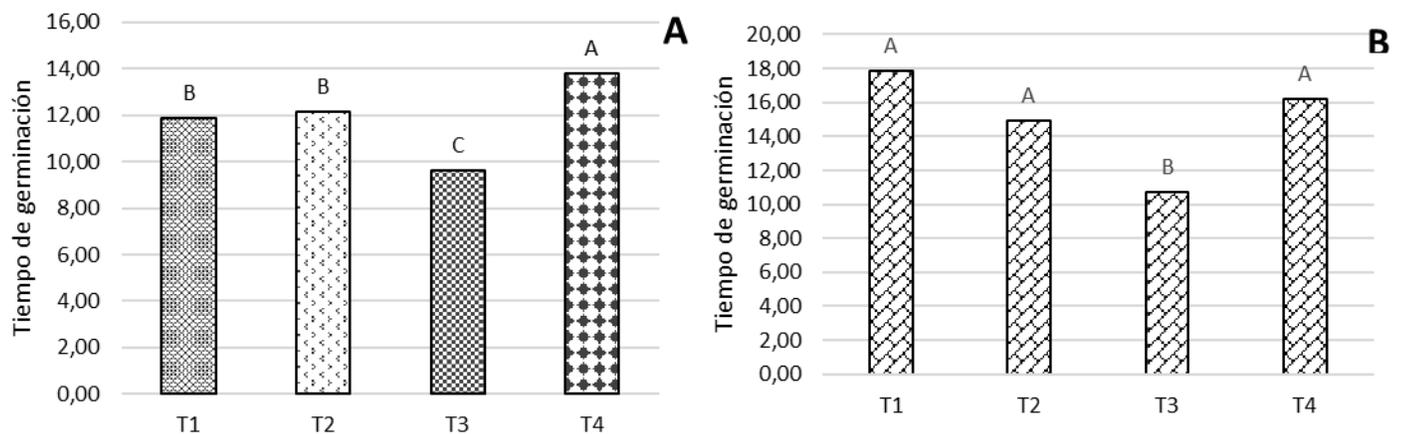
El ANOVA mostró que al menos una de las medias de los tratamientos es significativamente diferente de las demás, ya que el valor p obtenido fue muy bajo ($p = 0,0001$), lo que llevó al rechazo de la hipótesis nula de que todas las medias son iguales.

Utilizando la prueba de medias establecida para este caso, con T4 como control, se encontró que T1, T2 y T3 tienen medias significativamente más bajas en comparación con T4 según un

análisis estadístico.

Figura 4

Tiempo de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa para experimento (A) y experimento (B).



Nota: Letras diferentes presentan diferencia significativa entre las medias con $\alpha = 0,05$.

T1: Escarificación física, T2: Escarificación mixta, T3: Escarificación mecánica y T4: Testigo.

Los resultados indican que T4 (control) tiene una media significativamente más alta en la variable TG en comparación con T1, T2 y T3. Además, las diferencias entre T1, T2 y T3 no son significativas entre sí en términos de TG. Estos hallazgos sugieren que T4 muestra un tiempo mayor de germinación en comparación con los otros tratamientos, mientras que los tratamientos T1, T2 y T3 son estadísticamente similares lo que garantiza una reducción en el tiempo de germinación, lo que sugiere que desde el punto de vista

El estudio realizado por Moreno et al. (2018) explica que los tratamientos pregerminativos de escarificación mecánica e imbibición en agua reducen significativamente el tiempo de germinación de las semillas iniciando la germinación hasta a 48 horas dependiendo del tiempo

de inmersión de las semillas en agua. Esto coincide con los resultados obtenidos en este estudio ya que las semillas sometidas a escarificación mecánica y redujeron el tiempo de germinación.

En el estudio de Ordóñez Gutiérrez et al. (2023), se utilizaron tres tratamientos pregerminativos: escarificación mecánica, imbibición en agua y escarificación mixta. Los resultados mostraron que el tratamiento de escarificación mecánica fue el que redujo más el tiempo de germinación, con un promedio de 64 horas. El tratamiento de imbibición en agua tuvo un promedio de 72 horas, y el tratamiento de escarificación mixta tuvo un promedio de 76 horas.

En el estudio de Moreno et al. (2018), se utilizaron dos tratamientos pregerminativos: escarificación mecánica e imbibición en agua. Se encontró que la escarificación mecánica redujo el tiempo de germinación de las semillas de *Caesalpinia platyloba* de 2,7 días a 24 horas, mientras que la imbibición en agua redujo el tiempo de germinación de 2,7 días a 48 horas.

4.2.5. Índice de germinación.

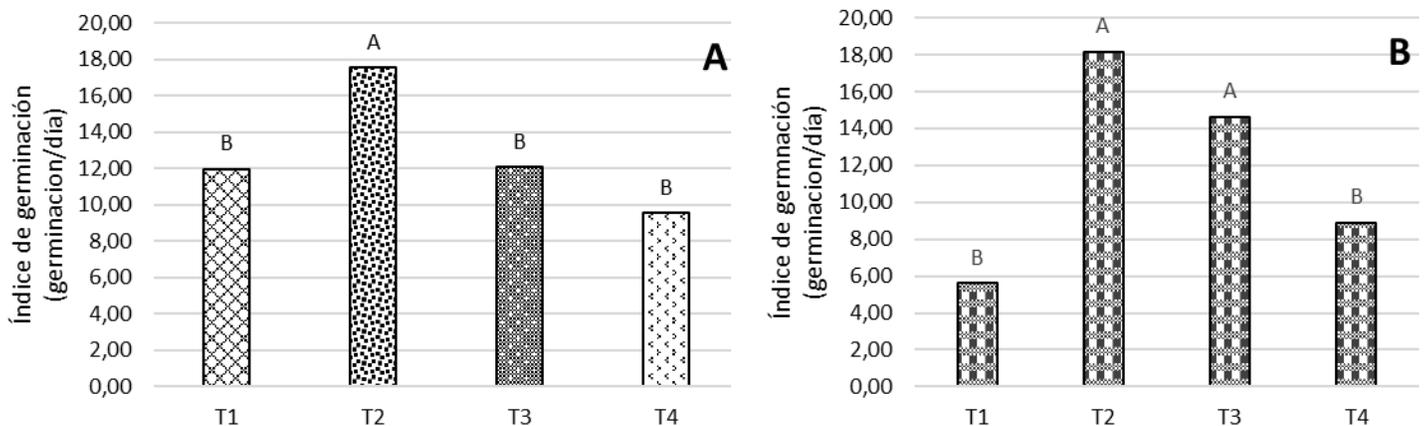
En los resultados del índice de germinación, se evidenció que mantienen el mismo comportamiento que el caso anterior en cuanto a normalidad y homogeneidad con un p valor de 0,1490 y 0,6459 respectivamente, después de aplicar las pruebas de Shapiro-Wilks y Levene.

Los resultados del ANOVA de un solo factor indican que existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. El valor p del análisis de varianza es menor que 0,05, lo que indica que la probabilidad de que las diferencias entre las medias se deban al azar es menor del 5%.

Se ha utilizado el tratamiento T4 como control y se han comparado las medias de los otros tratamientos con él y entre, los tratamientos pregerminativos.

Figura 5

Índice de germinación de semillas de Caesalpinia spinosa para el experimento (A) y experimento (B)



Nota: Letras diferentes presentan diferencia significativa entre las medias con $\alpha = 0,05$.

T1: Escarificación física, T2: Escarificación mixta, T3: Escarificación mecánica y T4: Testigo.

En la Figura 5, se observa que la media del tratamiento T2 es de 17,536, mientras que la media de los tratamientos T1, T3 y T4 es de 11,97, 12,104 y 9,55, respectivamente. Esto indica que el tratamiento T2 tiene un valor de IG significativamente mayor que los tratamientos T1, T3 y T4.

En la gráfica, se observa que la media de T2 está claramente separada de las medias de T1, T3 y T4. Esto es consistente con los resultados del ANOVA de un solo factor.

Los resultados indican que al menos algunos de los tratamientos tienen medias significativamente diferentes en relación con la variable IG. Las pruebas de comparación en parejas y con el control proporcionan información adicional sobre qué tratamientos son diferentes entre sí. El tratamiento T2 tiene un valor de IG significativamente mayor que los tratamientos T1, T3 y T4.

Estos resultados son consistentes con los hallazgos de otros estudios que han demostrado que la escarificación mecánica es un método eficaz para mejorar la germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa*. Por ejemplo, un estudio realizado por Reyes Ramírez (2023) encontró que la escarificación mecánica con lija produjo una media del índice de germinación de 18, mientras que la escarificación física produjo un índice de germinación de 15 , además, un estudio realizado por López-Romero et al. (2023) encontró que la escarificación mecánica produjo un IG significativamente mayor que la escarificación física.

4.3. Morfología

- **Diámetro cuello de raíz (DCR)**

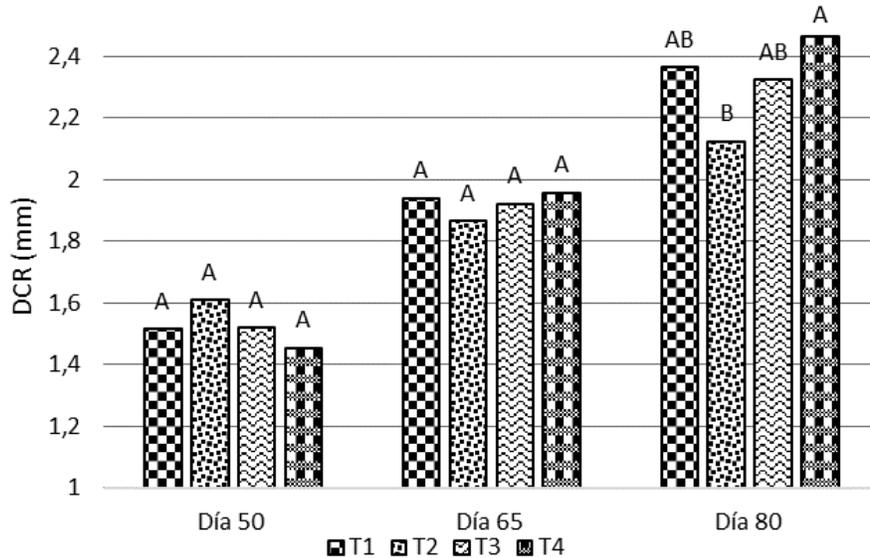
Una vez recopilados los datos, se realizaron análisis estadísticos para comparar los efectos de los tratamientos, con el cual se encontró que se cumple con el supuesto de normalidad únicamente para el día 80 con un p valor de 0,4813 después de realizada la prueba de Shapiro – Wilks; mientras que la prueba de Levene para el supuesto de homogeneidad muestra que se cumple para los días 50, 65 y 80 con p valor de 0,0932; 0,6162 y 0,1424 respectivamente

Para el análisis de varianza de los días 50 y 65, no se muestra diferencias estadísticas significativas, ya que tienen un p-valor igual o superior a 0,05 con un nivel de confianza del 95%., mientras que para el día 80 existe diferencia estadísticamente significativa ya que P-valor es de 0,0063., lo que expresa que no se cumple con los supuestos establecidas para el presente estudio, por lo que se aplica una prueba de Kruskal-Wallis.

La Figura 5 muestra el crecimiento diamétrico expresado en centímetros de las plántulas a tres momentos diferentes frente a los tratamientos aplicados.

Figura 6

Diámetro de cuello de raíz de plántulas de Caesalpinia spinosa



Nota: Letras diferentes presentan diferencia significativa entre las medias con $\alpha = 0,05$.

T1: Escarificación física, T2: Escarificación mixta, T3: Escarificación mecánica y T4: Testigo.

Como resultado se puede evidenciar que en el día 65 y 80, el tratamiento T4 (testigo) tiene el diámetro promedio mayor a los tratamientos, mientras que en el día 50, el tratamiento T2 (lijado de semillas y sumergir en agua a temperatura ambiente) tiene el diámetro promedio más grande.

Esto concuerda con los resultados del estudio realizado por Torres Benavente (2019), que expresan que el diámetro de cuello de raíz no ha sido influido con los tratamientos pre germinativos aplicados a las semillas para promover la germinación sobre el diámetro del tallo en las plántulas de *Caesalpinia spinosa*, pese a en algunos casos presentar un diámetro mayor, la diferencia no es estadísticamente significativa

De acuerdo con el estudio de López-Romero et al. (2023), los tratamientos pregerminativos no afectan el diámetro del cuello de raíz de plántulas de *Caesalpinia mexicana*. Los autores evaluaron cuatro tratamientos diferentes: escarificación, lijado, remojo en agua fría y remojo en agua caliente. No encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en el diámetro del cuello de raíz.

- **Altura**

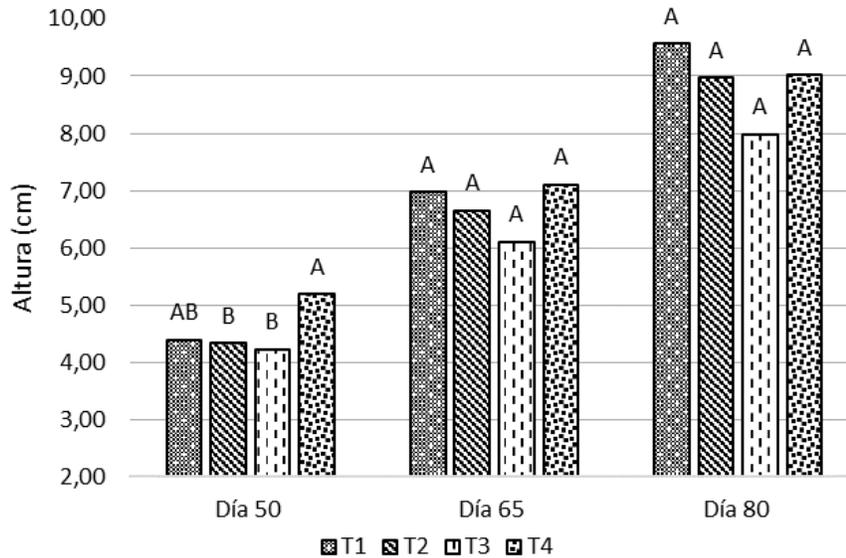
El supuesto de normalidad arrojado por la prueba de Shapiro – Wilks, para la variable de altura, presentó un p valor de 0,0033 para el día 50, menor a 0,0000 para el día 65 y 0,4813 para el día 85 después de la siembra, mientras que la prueba de Levene, para el supuesto de homogeneidad, presenta un p valor de 0,0932 para el día 50; 0,6162 para el día 65 y 0,14 24 para el día 80 después de la siembra, razón por lo cual se rechaza uno de los supuestos que en este caso es el supuesto de normalidad.

La determinación de la altura en las plántulas resultantes del estudio se realizó midiendo estas con un calibrador electrónico desde la superficie del suelo hasta el meristemo apical durante los días 50, 65 y 80 y estas medidas se presentaron en centímetros.

Con los datos obtenidos de medición se realizó el análisis estadístico correspondiente con una diferencia significativa del 5%, teniendo así que existe diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento de las plántulas con el transcurso del tiempo.

Figura 7

Altura de plántulas de Caesalpinia spinosa



Nota: Letras diferentes presentan diferencia significativa entre las medias con $\alpha = 0,05$.

T1: Escarificación física, T2: Escarificación mixta, T3: Escarificación mecánica y T4: Testigo.

En resumen, a medida que pasa el tiempo, el Tratamiento 4 presenta el mayor crecimiento en altura, seguido por el Tratamiento 1, el Tratamiento 2 y finalmente el Tratamiento 3, sin embargo no se presenta diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos para el momento 65 y 80 (DDS) en el crecimiento de las plantas. Estos resultados concuerdan con los presentados por Torres Benavente (2019), que indican que no influye los tratamientos pregerminativos sobre la altura de planta.

El estudio realizado por López-Romero et al. (2023) evaluaron el efecto de cuatro tratamientos pregerminativos (escarificación, lijado, remojo en agua fría y remojo en agua caliente) sobre el crecimiento de plántulas de *Caesalpinia mexicana*. Los autores encontraron que el tratamiento

con agua a 40 °C durante tres minutos fue el más efectivo para mejorar la altura de las plántulas. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos a los 65 y 80 días después de la siembra.

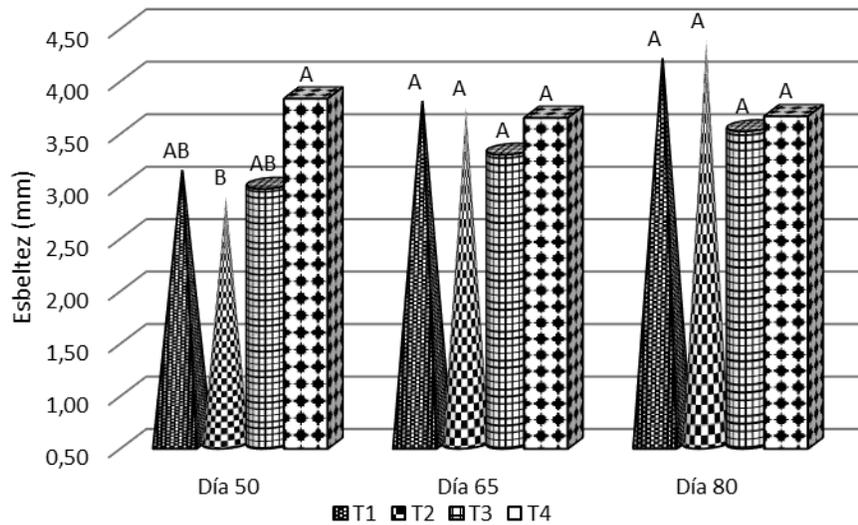
- **Índice de esbeltez**

La esbeltez es el resultado de la relación entre de la altura de las plántulas para con el diámetro del cuello de raíz, evaluadas en los días 50, 65 y 80, con el cual se estima la viabilidad de las plántulas en su capacidad de adaptación a la plantación. El análisis de la normalidad con la prueba de Shapiro – Wilks, muestra un p valor menor a 0,0001 para el día 50; 0,0606 para el día 65 y 0,1190 para el día 80, respectivamente, por lo cual se rechaza el supuesto de normalidad al día 50. Sin embargo, para el supuesto de homogeneidad, la prueba de Levene presenta que el p valor es de: 0,2957 a los 50 días, 0,0271 en 60 días y para el día 80 el p valor es de 0,0062, por lo que no se acepta este supuesto.

Para en día 50 se evidencia una diferencia significativa entre los tratamientos, posicionando a T4 (control) como el mejor tratamiento, sin embargo, T1 y T3 no muestran una diferencia estadísticamente representativa. En el segundo momento de evaluación se evidencia que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, al igual que en el tercer momento, sin embargo, en el día 80, el tratamiento T3 tiene el valor de esbeltez más alto (4.35), lo que sugiere que este tratamiento podría estar teniendo un impacto positivo en la esbeltez en comparación con los demás en ese día. Para el día 65, el tratamiento T1 muestran una esbeltez mayos con relación a los otros tratamientos como se evidencia en el día 50, que el Tratamiento T4 tenía el valor de esbeltez más alto, pero en el día 80, su valor disminuyó.

Figura 8

Esbeltez en cm de plántulas de Caesalpinia spinosa



Nota: Letras diferentes presentan diferencia significativa entre las medias con $\alpha = 0,05$.

T1: Escarificación física, T2: Escarificación mixta, T3: Escarificación mecánica y T4: Testigo.

El estudio muestra que no existe diferencia significativa a los 65 y 80 días en cuanto al índice de esbeltez en los cuatro tratamientos aplicados presentando un promedio de 3,6. Estos resultados concuerdan con los presentados en el estudio realizado por Orozco Gutiérrez et al. (2010), en el cual se obtuvo un índice de esbeltez de 3,8 para plántulas de *Caesalpinia platyloba*. En cuanto al estudio este valor es similar al valor promedio encontrado en el estudio de López-Romero et al. (2023) para plántulas de *Caesalpinia mexicana*. Como afirman Dostert et al. (2009), esta especie muestra un crecimiento juvenil muy lento.

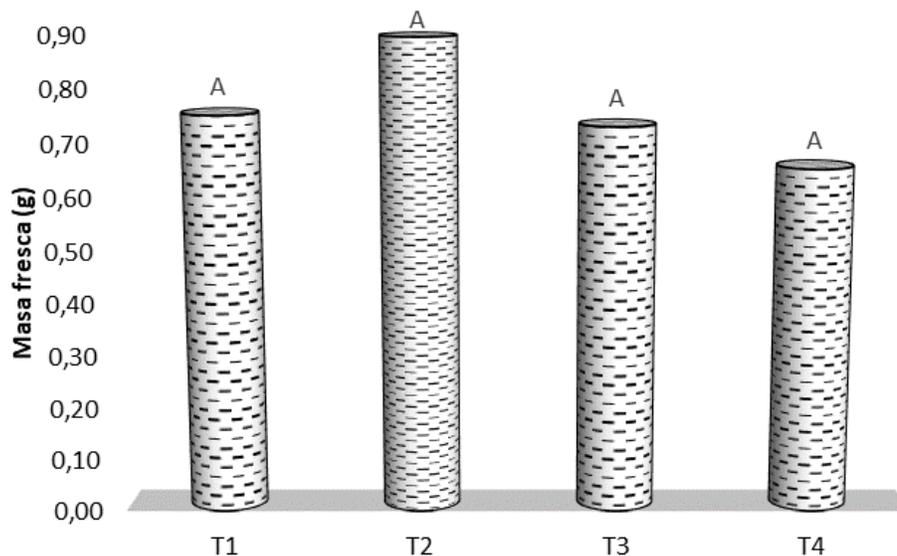
4.4. Fisiología

- **Masa fresca de las plantas**

Se realizó un análisis de varianza de un solo factor para determinar si existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos con lo que se pudo determinar, a través de la prueba de Shapiro-Wilks que, para el supuesto de normalidad, los tratamientos presentaron un p valor menor a 0,0001 por lo cual se rechaza dicho supuesto. En cuanto a homogeneidad, en la prueba de Levene, se obtuvo un p valor de 0,0025 por lo cual se rechaza este supuesto. Los resultados del ANOVA muestran que el valor F calculado es 1,88, con un valor p de 0,138.

Figura 9

*Contenido de masa fresca de plántulas de *Caesalpinia spinosa**



Nota: Letras diferentes presentan diferencia significativa entre las medias con $\alpha = 0,05$.

T1: Escarificación física, T2: Escarificación mixta, T3: Escarificación mecánica y T4: Testigo.

Se utilizó el método de Kruskal Wallis para comparar las medias de todos los tratamientos con un control (T4 en este caso). Según los resultados, todas las medias (T1, T2, T3) son similares al control (T4), ya que ninguna de ellas está etiquetada con una letra diferente de "A". Esto sugiere que, en este análisis, no hay diferencias significativas entre los tratamientos y el control.

De manera general los resultados son coincidentes con los presentados por González et al. (2010), en los que se evidencia que los tratamientos pregerminativos de escarificación física, mecánica y mixta no presentan diferencia significativa para la variable de masa fresca.

Sin embargo, los resultados difieren de los presentados por Dostert et al. (2009), quienes encontraron que el tratamiento de escarificación mecánica con lija fue el más efectivo para aumentar la masa fresca de las plántulas de *C. spinosa*. En este estudio, el tratamiento de escarificación mecánica con lija presentó una masa fresca de 1,8 g, mientras que el tratamiento control (sin escarificación) presentó una masa fresca de 1,2 g.

La discrepancia entre los resultados de los dos estudios puede deberse a las diferentes condiciones experimentales utilizadas. En el estudio de González et al. (2010), las semillas se sembraron en un sustrato compuesto por suelo de sitio, arena y nitrosano en proporción 2:1:1, mientras que en el estudio de Dostert et al. (2009), las semillas se sembraron en un sustrato compuesto por suelo del sitio y arena en proporción 1:1. Además, el estudio de Dostert et al. (2009) se realizó en condiciones de invernadero, mientras que el estudio de González et al. (2010) se realizó en condiciones de vivero.

- **Masa seca de las plantas**

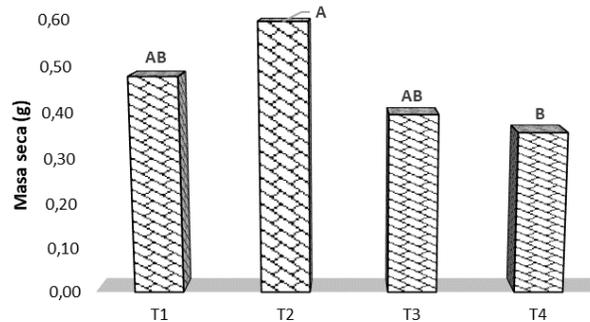
El análisis estadístico se centró en la comparación de la masa seca (en gramos) en relación con diferentes tratamientos (T1, T2, T3, T4). El nivel de significancia (α) se estableció en 0,05, lo que significa que se consideraría significativo un valor de p (valor p) menor que 0,05.

Se realizó un análisis de varianza de un solo factor para determinar si existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Los resultados del ANOVA muestran que el valor F calculado es 3,28, con un valor p menor a 0,001. Dado que el valor p es menor que α ($0,024 < 0,05$) en las pruebas de Shapiro-Wilks (normalidad) y Levene (homogeneidad), hay evidencia suficiente para rechazar los supuestos. Esto indica que, en este nivel de significancia, al menos una de las medias de los tratamientos es significativamente diferente de las demás. Se utilizó el método de Kruskal Wallis para comparar las medias de todos los tratamientos con un control (T4 en este caso).

La Figura 10 proporciona información sobre las medias de cada tratamiento junto con sus desviaciones estándar y los intervalos de confianza al 95%. Esto permite ver cómo se comparan las medias de cada tratamiento entre sí.

Figura 10

Masa seca de plántulas de *Caesalpinia spinosa*



Nota: Letras diferentes presentan diferencia significativa entre las medias con $\alpha = 0,05$.

T1: Escarificación física, T2: Escarificación mixta, T3: Escarificación mecánica y T4: Testigo.

Según los resultados, las medias de T2 y T3 son significativamente diferentes de la media del control (T4), ya que no están etiquetadas con la letra "A". Esto sugiere que T2 es el tratamiento con mayor contenido de masa seca, resultado es similar al presentado por Ismail, H. I. et al. (2010), en el que se presenta a la escarificación mixta como el tratamiento pre-germinativo que influye significativamente en la masa seca de las plántulas.

Dostert et al. (2009) y González et al. (2010) encontraron que la escarificación mixta con ácido sulfúrico y agua caliente es un tratamiento eficaz para mejorar la germinación y el crecimiento de las plántulas de *C. spinosa*. Este tratamiento aumenta la masa seca de las plántulas, lo que puede ser beneficioso para el cultivo de esta especie.

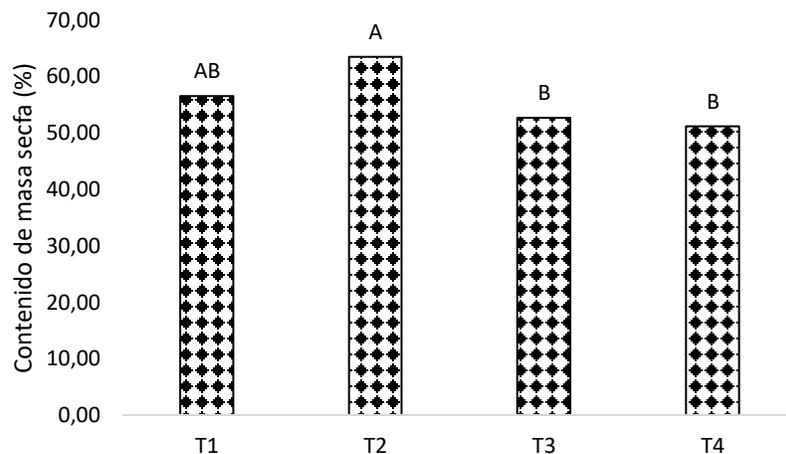
- **Contenido de masa seca**

En las pruebas de Shapiro-Wilks y Levene, el valor de F para los tratamientos es de 4.42 con un valor p de 0.006, lo que indica que al menos dos de las medias de los tratamientos son significativamente diferentes. Esto respalda que no se cumple con los supuestos de normalidad

y homogeneidad. Por lo que se aplica el análisis de Kruskal-Wallis y una prueba de medias de Tukey para determinar la diferencia entre tratamientos como se expresa en la Figura 10.

Figura 11

*Contenido de masa seca en plántulas de *Caesalpinia spinosa**



Nota: Letras diferentes presentan diferencia significativa entre las medias con $\alpha = 0,05$.

T1: Escarificación física, T2: Escarificación mixta, T3: Escarificación mecánica y T4: Testigo.

La prueba de medias muestra que T2 tiene la media más alta (63.40%), mientras que T4 tiene la media más baja (51.12%), lo que indica que T2 tiene un efecto significativo en el contenido de masa seca. Los intervalos de confianza (IC) del 95% para las medias permiten evaluar la precisión de las estimaciones de las medias de los tratamientos. Por otra parte, Orta Cruz, R., et al. (2004) encontraron que las semillas tratadas con escarificación mixta produjeron plántulas con mayor contenido de masa fresca y seca que las semillas sin tratamiento. Esto sugiere que los tratamientos pregerminativos pueden mejorar la calidad de las plántulas.

Los resultados del estudio mostraron que el tratamiento T2 (lijado de semillas y sumergir en agua a temperatura ambiente) tuvo el mayor efecto positivo en el crecimiento de las plántulas

en términos de diámetro de cuello de raíz, altura y esbeltez. Dostert et al. (2009) encontraron que las semillas de *Quercus robur* tratadas con escarificación química produjeron plántulas con mayor contenido de masa seca que las semillas sin tratamiento. Gonzáles et al. (2010) también encontraron que las semillas de *Pinus sylvestris* tratadas con escarificación mecánica produjeron plántulas con mayor contenido de masa seca que las semillas sin tratamiento.

Estos hallazgos sugieren que los tratamientos pregerminativos pueden ser una herramienta eficaz para mejorar el contenido de masa seca de las plántulas de una variedad de especies. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los efectos de los tratamientos pregerminativos pueden variar según la especie, el tratamiento específico y las condiciones ambientales.

Además se puede evidenciar que el tratamiento T2 (lijado de semillas y sumergir en agua a temperatura ambiente) tuvo efecto positivo en el contenido de masa seca de las plántulas.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Los tratamientos pre-germinativos aplicados a las semillas de *Caesalpinia spinosa* tienen un efecto significativo sobre la germinación en comparación con las semillas no tratadas.

Los tratamientos pregerminativos influyen en la calidad de plántulas de *Caesalpinia spinosa* al aumentar su esbeltez y contenido de masa seca.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda la aplicación de tratamientos pre-germinativos como una estrategia efectiva para mejorar la germinación de *Caesalpinia spinosa*.

Se recomienda realizar más estudios para confirmar los resultados obtenidos en este estudio. Estos estudios podrían incluir el evaluar el efecto de la escarificación en diferentes condiciones ambientales, examinar los mecanismos moleculares involucrados en el efecto de la escarificación y evaluar el efecto de la escarificación en diferentes especies de *Caesalpinia*.

Recomiendo investigar el efecto de diferentes condiciones ambientales en la eficacia de los tratamientos pre germinativos, así como los efectos a largo plazo de los tratamientos pre germinativos en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril-Saltos, R.V., Ruiz-Vásquez, T. E., Alonso-Lazo, J. & Cabrera-Murillo, G. M. (2017) Germinación, diámetro de semilla y tratamientos pregerminativos en especies con diferentes finalidades de uso. *Agronomía Mesoamericana* 28(3): 703.
<https://doi.org/10.15517/ma.v28i3.26205>.
- Aguiar, 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». Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador, 2020.
<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/7429/1/T3225-MCCSD-Aguiar-Evaluacion.pdf>.
- Aldhous, J. (1972). *Nursery practic*. Forestry Commission Bulletin.
<https://cdn.forestresearch.gov.uk/1994/03/fcbu111.pdf>
- Arana, S. V. & V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pre-germinativos. *Unidad de Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal, INTA EEA Bariloche Arana@agro.Uba.Ar*, 1, 1–10.
<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Latenciaygerminaci%C3%B3ndesemillas.pdf>
- Asgari, A., Moghaddam, P. R., & Koocheki, A. (2018). Methods for breaking Chinese lantern (*Physalis alkekengi* L.) seed dormancy. Laboratory and greenhouse studies. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 35(2).
https://www.researchgate.net/publication/324923943_Methods_for_breaking_Chinese_lantern_Physalis_alkekengi_L_seed_dormancy_Laboratory_and_greenhouse_studies
- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). Seeds: Ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination. In *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-00597-X>
- Bakhchevnikov, O., & Braginets, A. (2022). Перспективные физические методы стимулирования прорастания семян (обзор) [Perspectivas de métodos físicos para estimular la germinación de semillas (revisión)]. 56-66.
https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_7_56
- Calzada López, S. G., Kohashi Shibata, J., Uscanga Mortera, E., García Esteva, A., & Yáñez Jiménez, P. (2018). Temperaturas cardinales y velocidad de germinación en cultivares

de tomate de cáscara. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i8.1102>

- Carranza, C., Castellanos, G., Deaza, D., & Miranda, D. (2016). Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre la germinación de semillas de badea (*Passiflora quadrangularis* L.) en condiciones de invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(2). <https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i2.5791>
- Castillo, J. (2013). 181-Texto del artículo-349-1-10-20130530 (2). *Revista Científica de Estudiantes*, 1 (1)(1), 43–53.
- Chenyin, Peng, Wu Yu, Shi Fenghou, y Shen Yongbao. «Review of the Current Research Progress of Seed Germination Inhibitors». *Horticulturae* 9, n.º 4 (5 de abril de 2023): 462. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9040462>.
- Coa Urbaz, M., Méndez Natera, J. R., Silva Acuña, R., & Mundarain Padilla, S. (2014). Evaluación de métodos químicos y mecánicos para promover la germinación de semillas y producción de fosforitos en café (*Coffea arabica*) var. catuaí rojo. *Idesia*, 32(1). <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000100006>
- De La Torre, L. (2018). La Tara beneficios ambientales y recomendaciones para su manejo sostenible en relictos de bosque y sistemas agroforestales. *Condesan*, 52.
- Díaz Vázquez, D. P., Félix Herrán, J. A., Sañudo-Ayala, E., & Ruelas Ayala, R. D. (2020). Respuesta de las semillas de palo colorado (*Caesalpinia platyloba* S. Watson) a diferentes tratamientos pregerminativos: Response of palo colorado seeds (*Caesalpinia platyloba* S. Watson) to different pregerminative treatments. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, 13(3), 173-180. <https://doi.org/10.54167/tch.v13i3.480>
- Dostert, N.; J. Roque; G. Brokamp; A. Cano; M. I. La Torre & M. Weigend. 2009. Fctsheet: Datos botánicos de la “tara”, *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze. Proyecto Perú Biodiverso, Desarrollo de monografía botánicas (Factsheets) para cinco cultivos peruanos. Lima, Perú. 9 p.
- El-Maarouf-Bouteau, H. (2022). The Seed and the Metabolism Regulation. *Biology*, 11(2), 168. <https://doi.org/10.3390/biology11020168>
- FAO. (2009). *Guía para la manipulación de semillas forestales*.
<https://www.fao.org/3/AD232S/ad232s27.htm>
- Figueroa, J., & Jaksic, F. (2004). *Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central*. 201–215.
- García Salmerón, J. (2002). *Manual de repoblaciones forestales. I* (2a. ed.) [Book]. Fundación Conde del Valle de Salazar.
- González-Zertuche, L., & Orozco-Segovia, A. (2017). Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Botanical Sciences*, 30(58), 15. <https://doi.org/10.17129/botsci.1484>

- González Nieves, C., Arreola Ávila, J. G. , García Herrera, G., Rodríguez Lopez, J.S., Carrillo Flores, R., Esquivel Arriaga, O., Villa Castorena M. (2010) . Efectos de tratamientos pregerminativos en la emergencia y crecimiento de plántulas de orégano (*Lippia graveolens* HBK). *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* [en línea]., 9(2), 129-134 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545063005>
- Hartmann, Hudson Thomas, and Kester. (2014). Hartmann and Kester's plant propagation principles and practices. *HortScience*, 30(3). [ark:/13960/t2t512v0x](https://doi.org/10.1590/0013-738X-2013-0000)
- Herrera, J., Alizaga, R., Guevara, E., & Jiménez, V. (2006). Germinación Y Crecimiento de la Planta. In *Fisiología de los productos de los cultivos tropicales*.
- Heslop-Harrison, J. (2023, August 8). germination. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/germination>
- ISTA. (2016). Reaglas Internacionales para en Análisis de las semillas. In *International Rules for Seed Testing*. https://vri.umayor.cl/images/ISTA_Rules_2016_Spanish.pdf
- Ismail, H. I., Chan, K. W., Mariod, A. A., & Ismail, M. 2010. Phenolic content and antioxidant activity of cantaloupe (*Cucumis melo*) methanolic extracts. *Food Chemistry*, 119(2), 643-647. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.023>
- Janzen, D. H. (1981). Enterolobium Cyclocarpum Seed Passage Rate and Survival in Horses, Costa Rican Pleistocene Seed Dispersal Agents. *Ecology*, 62(3). <https://doi.org/10.2307/1937726>
- Cadena, S. & Enríquez, M . 2013. “Efecto de Azolla Sp., En La Productividad y Mejoramiento Del Suelo En La Granja Experimental Yuyucocha, Imbabura,” <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2068>
- Khaeim, H., Kende, Z., Jolánkai, M., Kovács, G. P., Gyuricza, C., & Tarnawa, Á. (2022). Impact of Temperature and Water on Seed Germination and Seedling Growth of Maize (*Zea mays* L.). *Agronomy*, 12(2), 397. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020397>
- López-Romero, J. C., Torres-Moreno, H., Vidal-Gutiérrez, M., Cabrera-Cabrera, G. G., Robles-Zepeda, R. E., Rodríguez-Martínez, K. L., Ortega-García, J., Villegas-Ochoa, M. A., Salazar-López, N. J., Domínguez-Avila, J. A., & González-Aguilar, G. A. (2023). *Caesalpinia palmeri*: First Report on the Phenolic Compounds Profile, Antioxidant and Cytotoxicity Effect. *Chemistry & Biodiversity*, 20(1), e202200631. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202200631>
- Mamani, J. (2020). EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE DOS TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS Y TRES COMPONENTES DE SUSTRATOS EN LA GERMINACION DE SEMILLA DE TARA (*Caesalpinia spinosa*) EN EL JARDIN. La Paz, Bolivia. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/25566/T-2817.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Martinez, J., Ojeda, F., Yepes, I., & Jacome, I. (1989). Formas de secado en la determinación de la materia seca en el *Pennisetum purpureum* cv. Taiwan A-144. I. Por ciento de materia seca. *Pastos y Forrajes*, 12(1).
<https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1348>
- Martínez-Espinoza, M., & García-Morales, A. (2023). Caracterización de la cadena de producción de *Caesalpinia spinosa* en Ecuador. *Revista Politécnica*, 42(1), 116-123.
- Mascot, Ernesto. «Semillas de cáctaceas: Factores internos y externos que influyen en su germinación». Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, a. C., 2020.
<http://hdl.handle.net/11627/5431>.
- Mendoza, R. (2015). 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. In *Universidad Mayor De San Andrés Facultad De Agronomía Carrera De Ingeniería Agronómica*.
<http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6000/T-2125.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moreno, D., Duplancic, A., Navas, A. L., Herrera Moratta, M., & Dalmaso, A. (2018). Evaluation of the germination of *Caesalpinia gilliesii* Wall. *Multequina*, 27, 41–48.
<http://www.scielo.org.ar/pdf/multeq/v27n1/v27n1a04.pdf>
- Née G, Xiang Y, Soppe WJ (2017) The release of dormancy, a wake-up call for seeds to germinate. *Curr. Opin. Plant Biol.* 35: 8-14. doi: 10.1016/j.pbi.2016.09.002
- Nelson, S. O. (2015). Seed Treatment Applications. En *Dielectric Properties of Agricultural Materials and their Applications* (pp. 57-71). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802305-1.00005-1>
- Neri, J., Collazos, R., & Oliva, M. (2018). Aplicación de la escarificación física y mecánica en la emergencia y crecimiento de semillas de tara. *Rev. de investig. agroproducción sustentable*, 2, 45-53.
<https://scholar.archive.org/work/belhilfw7repl74giphdulvca/access/wayback/http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/download/392/503>
- Nishimura, J. Y. (1977). Soil Taxonomy. *Journal of Range Management*, 30(4).
<https://doi.org/10.2307/3897320>
- Oliveira Prendes, J. A., Khouri, E. A., & García, Y. J. O. (2007). Evaluación de un método de escarificación mecánica en la germinación de semillas de Leguminosas Pratenses. *Pastos*, 37(2), 179–191. <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/1336>
- Ordóñez Gutiérrez, O., Valarezo-Aguilar, K., Chalco-Sandoval, W., & Reyes-Ramírez, S. (2023). Tratamientos pre - germinativos de semillas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze con distintos sustratos en el vivero de la Universidad Nacional de

Loja. *Bosques Latitud Cero*, 13(2), 43–55. Recuperado a partir de <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/1868>

Orozco Gutiérrez, G., Muñoz Flores, H. J., Rueda Sánchez, A., Sígala Rodríguez, J. Á., Prieto Ruiz, J. Á., & García Magaña, J. J. (2010). Diagnóstico de la calidad de planta en los viveros forestales del Estado de Colima. In *Revista mexicana de ciencias forestales* (Vol. 1, Issue 2). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322010000200011&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Orta Cruz, R., Sánchez Rendón, J. A., Muñoz García, B. C., Calvo, E., Hernández Martínez, L., & Prede Rodríguez, M. L. (2004). Efectos de los tratamientos acondicionadores y robustecedores sobre el rendimiento de los cultivos. Siembra temprana del tomate. *Acta Botánica Cubana*, 176, 19-23. <http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/2818>

Paz Paz, M., Rodríguez Trejo, D. A., Villanueva Morales, A., & Borja-de La Rosa, M. A. M. (2023). Fertilización, calidad de planta y supervivencia en campo de *Pinus* spp. En Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 14(76), 71-92. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v14i76.1324>

Pretell, J., Ocaña, D., Jon, R., & Barahona, E. (1985). Apuntes sobre algunas especies forestales nativas de la sierra peruana. *Fao*, 1.

Qaderi, Mirwais M. «Environmental Regulation of Weed Seed Dormancy and Germination». *Seeds* 2, n.º 3 (30 de junio de 2023): 259-77. <https://doi.org/10.3390/seeds2030020>.

Quiroz Marchant, I., Chung Guin-po, P., García Rivas, E., González Ortega, M. P., & Soto Guevara, H. (2009). *Vivero forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta*. INFOR. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/17366>

Reddy, P. P. (2015). Climate resilient agriculture for ensuring food security. In *Climate Resilient Agriculture for Ensuring Food Security*. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2199-9>

Reyes Ramírez, S. (2023). *Pre-germinative treatments of *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kuntze seeds with different substrates in the Universidad Nacional de Loja's*. 13.

Romero-Saritama, J. M., Orellana-Armijos, V. B., & Balseca-Ruiz, M. J. (2016). Morfología, imbibición y germinación de semillas de *Caesalpinia glabrata* Kunth (Fabaceae) distribuidas en un bosque tropical seco. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 15(2). <https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2016.05.004>

Sánchez-Soto, B. H., Pacheco-Aispuro, E., Reyes-Olivas, Á., Lugo-García, G. A., Casillas-Álvarez, P., & Saucedo-Acosta, C. P. (2016). Ruptura de latencia física en semillas de

Caesalpinia platyloba S. Watson. *Interciencia*, 41(10).
<https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/10/691-BARDO-41-10.pdf>

Sobrevilla, J., López, M., López, A., & Romero, L. (2013). Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos y osmóticos en la germinación de semillas *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd) M. C. Johnston. In *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas* (Vol. 12).
<https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1011&context=hidalgo>

Torres Benavente, M. A. (2019). *Tratamiento mecánico, físico y químico de la semilla en la germinación y emergencia de plántulas de tara (Caesalpinia spinosa (molina) Kuntze)*.
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/8939/4I.0298.AG.pdf?sequence=1>

Tweddle, J. C., Dickie, J. B., Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2003). Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. *Journal of Ecology*, 91(2). <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2003.00760.x>

Ulibarri, E. A. (2008). Los géneros de Caesalpinioideae (Leguminosae) presentes en Sudamérica. *Darwiniana*, 46(1). <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2014.461.286>

Utami, E. P., Santika, E., & Hidayat, C. (2021). The mechanical and chemical scarification to break dormancy and increasing vigor of Sunan candlenut seed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 694(1), 012028.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/694/1/012028>

Varela, S. A., & Arana, M. V. (2011). *Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos*.
<http://hdl.handle.net/20.500.12123/11393>

Vásquez, W., Pupiales, P., Viteri, P., Sotomayor, A., Feican, C., Campaña, Diego, & Viera, W. (2019). Escarificación química y aplicación de ácido giberélico para la germinación de semillas de mora (*Rubus glaucus* Benth). *Interciencia*, 44(3).
<https://www.redalyc.org/journal/339/33958848009/html/>

Willan, R. L. F. (1991). *Guía para la manipulación de semillas forestales*. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura FAO.
<https://www.fao.org/3/AD232S/ad232s01.htm>

Yildiz, M., Beyaz, R., Gursoy, M., Aycan, M., Koc, Y., & Kayan, M. (2017). Seed Dormancy. En J. C. Jimenez-Lopez (Ed.), *Advances in Seed Biology*. InTech.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.70571>

Ministerio de Agricultura [MAG] (2010) Ecuador Forestal. Ficha técnica No. 9. *Caesalpinia spinosa*. <https://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/TARA.pdf>

