



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR, MODALIDAD PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

**“EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS EN
SEMILLAS DE *Sapindus saponaria* L. EN EL CAMPUS YUYUCOCHA”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal

Línea de investigación: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible

Autor: Dayse Maribel Sánchez Estrada

Director: Ing. Jorge Luis Cué García, PhD

Ibarra -junio- 2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	172548454-5	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Sánchez Estrada Dayse Maribel	
DIRECCIÓN:		Av. 17 de Julio 2 - 96	
EMAIL:		dmsancheze@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:		NA	TELF. MOVIL 0990390965

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS EN SEMILLAS DE <i>Sapindus saponaria</i> L. EN EL CAMPUS YUYUCOCHA”
AUTOR (ES):	Dayse Maribel Sánchez Estrada
FECHA: AAMMDD	20 de junio de 2024
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
CARRERA/PROGRAMA:	GRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Forestal
DIRECTOR:	Ing. Jorge Luis Cué García, PhD.

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Dayse Maribel Sánchez Estrada, con cédula de identidad Nro. 1725484545, en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de integración curricular descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Ibarra, a los 20 días del mes de junio de 2024

LA AUTORA:

Firma.....

Dayse Maribel Sánchez Estrada

CONSTANCIA

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

Ibarra, a los 20 días, del mes de junio de 2024

LA AUTORA:

Firma.....



Dayse Maribel Sánchez Estrada

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 20 de junio de 2024

Ing. Jorge Luis Cué García, PhD.

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.

(f)



Ing. Jorge Luis Cué García, PhD.

C.C.: 1754608709

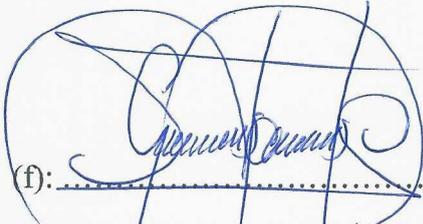
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS EN SEMILLAS DE *Sapindus saponaria* L. EN EL CAMPUS YUYUCOCHA” elaborado por Dayse Maribel Sánchez Estrada, previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): 

Ing. Jorge Luis Cué García, PhD.

C.C.: 1754608709

(f): 

Ing. Jorge Luis Ramírez López, MSc.

C.C.: 1003081195

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a:

A Dios, quién me dio la fortaleza para poder atravesar todos los obstáculos presentados durante mi etapa universitaria, quién siempre estuvo cuidándome a pesar de vivir sola en una ciudad que poco conocía. Agradezco su infinito amor y las bendiciones hacia a mi familia.

Este logro anhelado es para mis Padres Joaquín Sánchez y Alegría Estrada quienes, con su apoyo inquebrantable, su guía constante y paciencia me han dado la fuerza y motivación para lograr esta meta. Agradezco y valoro los esfuerzos realizados a pesar de sus condiciones de salud y la fortaleza que han demostrado frente a cualquier obstáculo, lo cual me ha enseñado que con determinación amor y confianza en Dios es posible superar las adversidades.

Quiero agradecer a mi hermano Víctor quién a pesar de la distancia siempre ha estado pendiente de mí y apoyándome, él es una persona a quién admiro por su esfuerzo, constancia y ganas de superación, me ha ensañado que no hay retos imposibles de lograr y que cuando realmente se desea alcanzar un objetivo en la vida, se debe buscar la manera de lograrlo, incluso si eso implica enfrentar grandes desafíos.

Extiendo mis agradecimientos a mis hermanos Oliver y Blanca con quienes he compartido momentos agradables en familia y a mis pequeños sobrinos Donato y Damián quienes han llenado nuestro hogar con amor y felicidad.

Finalmente, quiero dedicar esta investigación a mis amigos Yma, Oscar, Ankaly y Kelly, quienes fueron un apoyo emocional importante en mi vida, personas que de manera incondicional siempre me demostraron respeto y un cariño sincero, haciéndome sentir como parte de su familia.

AGRADECIMIENTO

Expreso mis agradecimientos a la Universidad Técnica del Norte por brindarme la oportunidad de formarme como profesional en la Carrera de Ingeniería Forestal y a los docentes que conforman esta hermosa profesión, ya que con su experiencia y dedicación han aportado a mi desarrollo académico y profesional.

De manera muy especial agradezco a mi director de tesis PhD. Jorge Luis Cué y MSc. Jorge Ramírez, por la paciencia brindada y el apoyo en la elaboración de mi investigación.

Así también, a mi familia por el apoyo brindado en todo momento para cumplir este objetivo en mi vida.

Y a mis amigos por los momentos compartidos durante toda mi etapa universitaria.

RESUMEN EJECUTIVO

Los bosques secos andinos constantemente se han enfrentado a las presiones de deforestación, agricultura y ganadería. Esto conlleva a la pérdida asociada a la diversidad forestal de *Sapindus saponaria* L., especie nativa cuya propagación es limitada debido al bajo porcentaje de germinación de las semillas por la testa impermeable que presenta. El objetivo de esta investigación fue evaluar tratamientos pregerminativos en la semilla de la especie *Sapindus saponaria* L. en el Campus Yuyucocha. El experimento se realizó en campo con un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones de 25 semillas. Los tratamientos consistieron en: T1: remojo en agua caliente a 100°C durante 3 minutos; T2: remojo en agua caliente a 100°C por tres minutos y lijado por 45 segundos con una amoladora; T3: escarificación con H₂SO₄ al 95% durante 130 minutos; T4: remojo en agua a temperatura ambiente por 96 horas; T5: lijado por 30 segundos con amoladora combinado con remojo en agua a temperatura ambiente por 24 horas y T6: testigo, analizando las variables: porcentaje de germinación, índice de velocidad de emergencia, germinación media diaria y tiempo medio de germinación. Los resultados muestran que la inmersión de semillas de *Sapindus saponaria* L. en ácido sulfúrico durante 130 minutos y la escarificación con lija durante 30 segundos combinado con el remojo durante 24 horas demostraron ser efectivos en el incremento del porcentaje de germinación con valores de 88% y 85%, respectivamente y en la reducción del tiempo promedio de germinación con 51,63 y 55,36 días respectivamente.

Palabras clave: latencia, germinación, tratamientos, calidad de semilla.

ABSTRACT

The Andean dry forests have constantly faced pressures from deforestation, agriculture, and livestock farming. This leads to associated loss of forest diversity, including that of *Sapindus saponaria* L., a native species whose propagation is limited due to the low germination percentage of its seeds caused by the impermeable seed coat. The aim of this research was to evaluate pre-germination treatments on *Sapindus saponaria* L. seeds at the Yuyucocha Campus. The experiment was conducted in the field using a completely randomized design, with four replications of 25 seeds each. The treatments consisted of: T1: soaking in hot water at 100°C for 3 minutes; T2: soaking in hot water at 100°C for three minutes followed by sanding for 45 seconds with a grinder; T3: scarification with 95% H₂SO₄ for 130 minutes; T4: soaking in water at room temperature for 96 hours; T5: sanding for 30 seconds with a grinder combined with soaking in water at room temperature for 24 hours; and T6: control. The analyzed variables included: germination percentage, emergence speed index, average daily germination, and average germination time. The results showed that immersion of *Sapindus saponaria* L. seeds in sulfuric acid for 130 minutes and scarification with sandpaper for 30 seconds combined with soaking for 24 hours proved to be effective in increasing the germination percentage, with values of 88% and 85%, respectively, and in reducing the average germination time to 51,63 and 55,36 days, respectively.

Key words: dormancy, germination, treatments, seed quality.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Problema de investigación	14
Justificación	15
Objetivos	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos	17
Hipótesis	17
MARCO TEÓRICO.....	18
1.1 Silvicultura.....	18
1.2 Propagación sexual	18
1.2.1 Semillas.....	18
1.3 Latencia.....	20
1.3.1 Latencia exógena	21
1.3.2 Latencia endógena	22
1.3.3 Latencia combinada	23
1.4 Tratamientos pregerminativos	23
1.4.1 Escarificación.....	24
1.4.2 Lixiviación	25
1.5 Germinación.....	25
1.6 Caracterización de la especie <i>Sapindus saponaria</i> L.....	27
1.7 Estudios similares	29

MATERIALES Y MÉTODOS	31
2.1 Tipos de investigación según los siguientes criterios	31
2.2 Ubicación del lugar	31
2.2.1 Política	31
2.2.2 Geografía del sitio de investigación.....	31
2.2.3 Límites	33
2.3 Caracterización edafoclimática del lugar.....	33
2.3.1 Suelo	33
2.3.2 Clima.....	33
2.4 Materiales, equipos y software	34
2.5 Metodología	34
2.5.1 Diseño experimental	34
2.5.2 Análisis estadístico.....	37
2.5.3 Instalación del Experimento	37
2.6 Variables de estudio.....	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
3.1 Evaluación de calidad de semillas de <i>Sapindus saponaria</i> L.	44
3.2 Evaluación de tratamientos pregerminativos en semillas de <i>Sapindus saponaria</i> L. ...	46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
4.1 Conclusiones.....	55
4.2 Recomendaciones	55

ÍNDICE DE TALBAS

Tabla 1 Coordenadas UTM de los sitios de recolección, Sistema de proyección WGS 1984, Zona 17 sur.....	32
Tabla 2 Materiales, equipos y software empleados en la investigación	34
Tabla 3 Códigos de los tratamientos pregerminativos empleados en la investigación	35
Tabla 4 Calidad física de las semillas de <i>Sapindus saponaria</i> L.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación espacial de los sitios de recolección y del ensayo.....	32
Figura 2 Esquema distributivo de las unidades experimentales	37
Figura 3 Comportamiento del porcentaje de germinación bajo tratamientos pregerminativos en semillas de <i>Sapindus saponaria</i> L.	47
Figura 4 Índice de velocidad de emergencia bajo tratamientos pregerminativos en de semillas de <i>Sapindus saponaria</i> L.	50
Figura 5 Germinación media diaria bajo tratamientos pregerminativos en las semillas de <i>Sapindus saponaria</i> L.....	51
Figura 6 Tiempo medio de germinación bajo tratamientos pregerminativos en de semillas de <i>Sapindus saponaria</i> L.	53

INTRODUCCIÓN

Problema de investigación

- Problemática a investigar

Ecuador se encuentra entre los 17 países con mayor diversidad biológica del planeta y amplia variedad de suelos y climas. Sin embargo, la continua deforestación, que según el Ministerio del Ambiente Ecuatoriano (MAE, 2017) alcanza aproximadamente 94 353 has anuales, pone en riesgo la calidad de los servicios ecosistémicos y la biodiversidad de los bosques. También contribuye al cambio climático y afecta negativamente al sustento de las comunidades locales que dependen de los recursos forestales (Bravo, 2014).

Los bosques secos son ecosistemas de gran importancia ecológica para la conservación, debido a las condiciones climáticas extremas en las que se desarrolla y su alto nivel de endemismo. Sin embargo, estos ecosistemas están expuestos a fuertes y constantes presiones antropogénicas que amenazan la biodiversidad de estos ecosistemas frágiles, resultando en una significativa pérdida de diversidad biológica y el riesgo de su desaparición (Aguirre et al., 2006).

El consumo de la especie para leña, la expansión de la frontera pecuaria y agrícola, los incendios y el desconocimiento de los beneficios ambientales y económicos que brinda *Sapindus saponaria* L., están llevando a la especie a una disminución drástica de sus individuos en los territorios de Chota, Mascarilla e Ibarra, lo que influye en la pérdida de biodiversidad vegetal en los mismos. Los pobladores mencionan que en épocas pasadas utilizaban el mesocarpio del fruto de *Sapindus saponaria* L. para lavar la ropa, sin embargo, con la llegada de los novedosos detergentes químicos, esta práctica quedó en desuso. Al no encontrar otro beneficio adicional en la especie, los pobladores han optado por talarla y reemplazarla por árboles frutales, lo que ocasiona una

disminución acelerada de población de la especie y la pérdida del material reproductivo necesario para la propagación sexual.

La propagación sexual de especies forestales es uno de los métodos más utilizados para la multiplicación de plántulas (Pérez & Romero, 2016), dado que genera individuos con mayor variabilidad genética y resistencia (Di Saco et al., 2018). Sin embargo, algunas semillas como la de *Sapindus saponaria* L., no germinan inmediatamente después de su maduración a causa de la impermeabilidad de la envoltura seminal, lo que dificulta la regeneración natural de la especie. Este mecanismo de latencia impide la imbibición de agua y reduce la tasa de germinación, incluso en condiciones ambientales favorables (Oliveira et al., 2012). Por ello, es importante experimentar con diversos tratamientos ya sean físicos, mecánicos, químicos, aislados o combinados para ablandar la testa y facilitar la germinación. Dado que la información sobre propagación sexual de *Sapindus saponaria* L. en Ecuador es escasa, se hace necesario investigar y desarrollar métodos adecuados para mejorar las tasas de germinación.

- Formulación del problema de investigación

La latencia física presente en las semillas de *Sapindus saponaria* L. inhibe la germinación de la especie, por otro lado, la información respecto a la aplicación de tratamientos pregerminativos en Ecuador es limitada.

Justificación

Los árboles de boliche en Carchi y jaboncillo en algunos sectores del país, de nombre científico *Sapindus saponaria* L., poseen importancia ecológica debido a que ofrece innumerables bienes y servicios como: cercas vivas, provee sombra al ganado, es apta para sistemas agroforestales, contribuye a la polinización, es ornamental, la madera es dura y se utiliza para artesanías y leña, de la semilla se puede hacer collares y extraer aceites (Aguirre, 2012).

Existen investigaciones que han demostrado que las saponinas presentes en el mesocarpio del fruto de *Sapindus saponaria* L. tienen excelentes propiedades surfactantes, pudiendo usarse como agentes emulsificantes, solubilizantes y detergentes (Usiña , 2017). El esfuerzo por preservar el medio ambiente y la salud humana ha direccionado la intención de remplazar los surfactantes químicos por los naturales, lo cual ha hecho que *Sapindus saponaria* L. sea una especie de interés industrial (Sánchez & Silva, 2008 ; Usiña , 2017).

La escasa información sobre la aplicación de tratamientos pregerminativos en semillas de especies nativas con latencia, como la de *Sapindus saponaria* L., dificultan la conservación y restauración de ecosistemas áridos. Es por ello la necesidad de investigar la efectividad de diversos tratamientos para mejorar la absorción de agua y obtener una respuesta germinativa en menor tiempo. Es así, que los hallazgos de la presente investigación no solo ampliarán el conocimiento sobre la biología y ecología de las semillas de *Sapindus saponaria* L., sino también contribuirán al debate académico en el ámbito de la propagación sexual de las semillas con latencia y fomentará nuevos estudios, permitiendo que futuros investigadores puedan usar los hallazgos obtenidos en la presente investigación como referencia para diseñar sus propios experimentos.

Por otro lado, los hallazgos de la presente investigación ayudarán a estandarizar protocolos de tratamientos pregerminativos, los cuales podrán ser aplicados y adaptados por otros investigadores, profesionales, viveristas, comunidades, instituciones públicas y privadas entre otros. Estos protocolos permitirán una mayor producción de plántulas en menor tiempo, facilitando su uso en programas forestales orientados a la restauración y conservación. Además, proporcionará a futuros productores la información necesaria para cultivar la especie y satisfacer la demanda industrial de sus frutos.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar tratamientos pregerminativos en la semilla de la especie *Sapindus saponaria* L. en el Campus Yuyucocha.

Objetivos Específicos

- Evaluar la calidad de semillas de *Sapindus saponaria* L. bajo los protocolos de la norma ISTA.
- Evaluar tratamientos pregerminativos en las semillas de *Sapindus saponaria* L.

Hipótesis

Ho = Los tratamientos pregerminativos no influyen significativamente en la germinación de las semillas de *Sapindus saponaria* L.

Ha = Al menos uno de los tratamientos pregerminativos influye significativamente en la germinación de las semillas de *Sapindus saponaria* L.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Silvicultura

Es la ciencia, arte y práctica de controlar la estructura, manejo y calidad de los bosques, así como, el establecimiento y mantenimiento de las plantaciones. Su función esencial es la producción de bienes y servicios requeridos por la sociedad, tales como la obtención de bienes maderables y no maderables, captura de carbono, conservación de la biodiversidad, mejora de la calidad del suelo y agua; entre otros (Espinosa et al., 2017). La aplicación de técnicas silvícolas, ayuda a mantener o mejorar la utilidad del bosque, garantizando simultáneamente su conservación y la producción sostenible a largo plazo (Manzanero & Pinelo, 2004).

El establecimiento de las masas forestales se basa en la propagación de individuos, la cual se define como el proceso que involucra la aplicación de principios biológicos, orientados a la multiplicación de individuos por medio de propágulos sexuales o asexuales, mismos que tienen la capacidad de reproducir un organismo completo, dado que albergan toda la información genética necesaria (Osuna et al., 2017).

1.2 Propagación sexual

La reproducción sexual también llamada gamética, se da por medio de la combinación genética de los gametos masculino y femenino que dan lugar a la formación de semillas, las cuales contienen un embrión que al germinar dará lugar a una nueva planta (Hudson, 1997). Este tipo de reproducción genera variabilidad genética entre los individuos, lo cual les permite adaptarse a diversas condiciones ambientales (Arzate-Fernández et al., 2019).

1.2.1 Semillas

La semilla es un órgano que se forma a partir de la maduración del óvulo tras producirse la fecundación, es esencial en el proceso de reproducción sexual de las espermatofitas para multiplicar la especie. En su interior contiene un embrión, capaz de desarrollar una nueva planta bajo condiciones adecuadas y unos tejidos de reserva alimenticia envueltos por una cubierta protectora (Molist et al., 2018).

La semilla cumple un papel importante en la renovación, perpetuación, dispersión, formación de bancos de semillas y regeneración de los bosques. Además, constituye una fuente de alimento básico para muchos animales y esencial para el ser humano (Doria, 2010). Existen diferentes clasificaciones de las semillas, de acuerdo con la tolerancia de desecación de las semillas se pueden distinguir dos grupos.

- **Semillas recalcitrantes**

Las semillas recalcitrantes son liberadas de la planta progenitora con un elevado contenido de agua del 50% de su peso, su latencia es de naturaleza efímera y en varios casos no es posible afirmar su presencia. Esto significa que el embrión continúa su actividad metabólica sin interrupción y para ello requiere un suministro constante de oxígeno ya que al carecer de ventilación adecuada las semillas mueren (Vázquez - Yanes & Toledo, 1989).

Este tipo de semillas no están ni estructural ni fisiológicamente condicionadas para tolerar bajos niveles de hidratación y temperatura (Magnitskiy & Plaza, 2007). Es así que el intento de almacenarlas por debajo del 30% de contenido de humedad puede provocar daños en la estructura celular por desecación (Romero-Saritama & Pérez, 2016). Por el contrario, si el contenido de humedad es alto y están expuestas a bajas temperaturas, se genera cristales de hielo que conduce a la muerte del embrión (Hernández & Gonzáles, 2010) .

La única manera de conservar vivas este tipo de semillas es manteniendo su contenido de humedad. Sin embargo, dicha condición aumenta la probabilidad de contaminación de hongos. Esto resulta en una baja viabilidad en términos de conservación, por lo tanto, no pueden almacenarse durante largos períodos (Di Saco et al., 2018).

- **Semillas ortodoxas**

Las semillas ortodoxas poseen la condición fisiológica para tolerar bajos niveles de deshidratación.(Magnitskiy & Plaza, 2007) Durante el proceso de maduración, la planta madre deja de suministrar agua a la semilla, lo que permite que su contenido de humedad disminuya a niveles inferiores del 20% sobre su peso (Vázquez - Yanes & Toledo, 1989), llevando al embrión a un estado de reposo, donde se inhibe por completo la actividad metabólica del embrión, resultando en una tasa de respiración es mínima.

En el proceso de deshidratación, las semillas ortodoxas sintetizan proteínas denominadas LEA (Late Embryogenesis Abundant), las cuales al ser hidrofílicas protegen las estructuras celulares del embrión mientras permanecen secas (Gergoff et al., 2023). Dada su tolerancia a la desecación, les confiere la capacidad de ser almacenadas en ambientes fríos y secos a temperaturas menores a 5°C y niveles de hidratación entre 5% a 10%, durante periodos prolongados que pueden extenderse por meses e incluso años sin perder su potencial germinativo (Gold et al., 2004).

1.3 Latencia

La latencia es un estado de la semilla en el cual, siendo viable y estando en condiciones óptimas de germinación como: luz/oscuridad, humedad, oxígeno y temperatura no es capaz de germinar. Este comportamiento se debe a ciertas características inherentes de la semilla, relacionadas con mecanismos físicos, fisiológicos, morfológicos o una combinación de ellos (Sánchez et al., 2019).

La latencia innata, por lo tanto, es causada por características internas de la semilla, lo que les permite permanecer inactivas por varios meses incluso años. Contrario a la quiescencia o latencia inducida, donde la semilla no inicia su germinación a causa de las condiciones ambientales desfavorables de y germinan cuando las condiciones del entorno hayan mejorado (Gergoff et al., 2023).

El estado de latencia es un mecanismo de adaptación que se manifiesta en la interrupción del crecimiento del embrión y reducción metabólica (Sainz et al., 2008). Este estado permite a las semillas sincronizar el momento de la germinación con las condiciones ambientales óptimas, para el desarrollo de la nueva plántula. Además, ante condiciones climáticas extremas como heladas y sequías incluso incendios, la latencia asegura la supervivencia para mantener la continuidad y distribución de una especie en el tiempo (Fang et al., 2016).

Existen varias clasificaciones de latencia, no obstante, la clasificación más ampliamente utilizada es la desarrollada por Nikolaeva (1977) y mejorada por Baskin y Baskin (1998), en la que se identifica cinco clases de latencia (Baskin & Baskin, 2003). En el esquema de clasificación no se toma en cuenta la latencia mecánica y química debido a que la latencia mecánica se consideran un componente de la latencia fisiológica y mientras que la latencia química en la naturaleza, en el mejor de los casos es débil (Baskin & Baskin, 2021).

1.3.1 Latencia exógena

La latencia exógena es provocada por condiciones externas al embrión, las cuales incluye:

- Latencia Física (PY)

Se da debido a la presencia de cubiertas externas cutinizadas que son impermeables, lo que impide la absorción del agua e intercambio de gases causando una limitación sobre la emergencia de la

radícula. Para inducir la germinación es necesario romper o ablandar la testa con tratamientos de escarificación mecánica o química (Pérez & Gómez, 2003).

1.3.2 Latencia endógena

La latencia endógena es provocada por características internas del propio embrión, las cuales incluyen:

- Latencia morfológica (MD)

Se presenta cuando el embrión no ha alcanzado la madurez fisiológica, la germinación no tendrá lugar hasta que el embrión se desarrolle por completo (Loayza et al., 2023).

- Latencia fisiológica (PD)

Este tipo de latencia se caracteriza por tener el embrión totalmente desarrollado y una cubierta permeable, pero también presentan ciertos mecanismos fisiológicos que inducen al bajo potencial de crecimiento del embrión (Baskin & Baskin, 2022). En el tejido de la semilla se puede presentar un desbalance hormonal, en donde el ácido abscísico, inhibidor de la germinación se encuentra en mayor proporción a las giberelinas. A lo largo de la post maduración la concentración de giberelinas irá incrementando con el fin de inducir la germinación (De la Cuadra, 1992).

Otros de los mecanismos fisiológicos que impiden la germinación es la ausencia de luz y temperatura ya que algunas semillas requieren una exposición prolongada al frío o a la luz para romper la latencia fisiológica. A pesar de la permeabilidad de la cubierta seminal, existen semillas con estructuras empalizadas internas en la semilla que el embrión no puede atravesar lo cual impide la expansión y crecimiento del embrión (Baskin & Baskin, 2022).

- Latencia morfofisiológica (MPD)

Este tipo de latencia resulta de la combinación de embriones subdesarrollados o indiferenciados y fisiológicamente latentes, en donde puede haber un desbalance hormonal por la presencia de

inhibidores como el ácido abscísico (ABA) en sus tejidos de reserva o el embrión (Souto et al., 2023).

1.3.3 Latencia combinada

La latencia combinada es una condición en la cual la semilla muestra múltiples tipos de latencia de manera simultánea.

- Latencia física-fisiológica (PY+PD)

Esta latencia combinada presenta características de latencia física y fisiológica, es decir posee cubiertas seminales impermeables y empalizadas en presencia de inhibidores fisiológicos como el ácido abscísico (Baskin & Baskin, 2003).

1.4 Tratamientos pregerminativos

Los tratamientos pregerminativos comprenden una serie de procedimientos destinados a superar la latencia de las semillas. Su objetivo principal es acelerar el proceso de germinación y asegurar una mayor uniformidad en la emergencia de plántulas. Estos tratamientos pueden mejorar tanto la viabilidad como el vigor de las semillas, permitiendo que germinen en tiempos más cortos (Viveros et al., 2015).

Los tratamientos pregerminativos no son únicos ni universales para todas las especies, debido a que cada una presenta requerimientos específicos, que varían según una serie de factores como: Las condiciones medio ambientales en las que se ha desarrollado la planta madre y se ha madurado el propágulo, la distribución geográfica, la morfología de la semilla, el tiempo de recolección y almacenamiento (Pérez & Gómez, 2003).

Las semillas de *Sapindus saponaria* L. adaptadas a climas áridos, muestran una latencia que ha sido objeto de estudio por diferentes investigadores. Según Sautu et al., (2007) estas semillas exhiben exclusivamente latencia física (PY) debido a la impermeabilidad de su cubierta, mientras

que Sánchez et al., (2019) menciona que presentan una latencia combinada de piel impermeable con latencia fisiológica (PY+PD). Esta diferencia resalta la variabilidad de la latencia en diferentes grupos de la misma especie y su capacidad de adaptación a las condiciones cambiantes del medio ambiente.

Los tratamientos pregerminativos que ayudan a superar ambos mecanismos de latencia, son aquellos relacionados con la escarificación de cubiertas, entre los más empleados son el ácido sulfúrico, inmersión en agua hirviendo o a temperatura ambiente, así como la escarificación mecánica total o parcial de las cubiertas seminales o los frutos. Además se han utilizado con éxito métodos como choques térmicos y soluciones con fitohormonas (Sánchez et al., 2019).

1.4.1 Escarificación

- **Mecánica**

Consiste en raspar, perforar o quebrar la cubierta de las semillas con lijas, limas, un martillo o pinzas e incluso taladros con brocas delgadas sin dañar el embrión y el endospermo. Este tratamiento facilita la entrada de agua y gases una vez la testa se haya ablandado. Cuando se trata de grandes cantidades de semillas se puede utilizar tabores giratorios recubiertos con lija u hormigoneras combinados con arena gruesa (Abril-Saltos et al., 2017).

- **Química**

Este tratamiento consiste en remojar la semilla en compuestos químicos, comúnmente en ácido sulfúrico o ácido clorhídrico concentrado con el fin de degradar las estructuras duras e impermeables. Es posible que las semillas que han estado almacenadas durante un período prolongado deban estar más tiempo en el ácido que las semillas frescas, debido a que las cubiertas de la semilla tienden a lignificarse y por ende se dificulta la penetración del ácido (Lugo-García et al., 2017).

Las semillas secas se deben colocar en recipientes de vidrio resistentes al ácido y posteriormente verter el ácido concentrado sobre ellas. Mientras se realiza el tratamiento se debe agitar regularmente para garantizar resultados uniformes. Una vez concluido, se escurre el ácido y se enjuaga con abundante agua (Varela & Arana, 2011).

Este tipo de tratamientos deben aplicarse de manera controlada y durante un tiempo específico para evitar daños en la semilla. Por otro lado, es importante que la persona quién realice el tratamiento conozca las medidas de seguridad y la manera correcta de manipular los instrumentos y el ácido. Durante la ejecución del tratamiento se debe evitar el contacto del agua con el ácido debido a la reacción violenta que genera.

- Inmersión en agua caliente

Este método permite el ablandamiento y lixiviación de inhibidores presentes en la cubierta seminal. Consiste en remojar las semillas en agua caliente de entre 60 – 100°C, posterior a ello se retira de inmediato de la fuente de calor y dejar reposar hasta alcanzar temperatura ambiente (Ardila et al., 2022).

1.4.2 Lixiviación

Las semillas se sumergen en agua corriente para ablandar la testa y eliminar los inhibidores químicos que se encuentran en la cubierta. El período de inmersión puede variar entre 12, 24, 48 e incluso 72 horas, y en ocasiones se cambia el agua periódicamente (Pernús & Sánchez, 2018)

1.5 Germinación

Una vez la semilla haya superado el estado de latencia, se encuentre bajo condiciones ambientales óptimas y aun conserve su viabilidad, la semilla puede dar paso a la germinación, definida como el proceso, en donde el embrión adquiere el metabolismo necesario para reanudar su crecimiento

y convertirse en una planta autónoma capaz de producir su propio alimento (Minchala-Patiño et al., 2014).

La germinación inicia con la imbibición, etapa en donde el agua que rodea a la semilla atraviesa la cubierta seminal, lo que provoca su aumento de volumen. Una vez hidratada la semilla, ocurren una serie de procesos metabólicos, el embrión se activa e inmediatamente incrementa su tasa respiratoria y segrega enzimas para degradar las sustancias de reserva a compuestos más simples, que aportan energía en la elongación celular del embrión, emergencia de la radícula y posterior a ello la plúmula (Matilla, 2016).

A medida que se desarrolla la raíz primaria y emergen las primeras hojas verdaderas, la plántula se establece como un organismo autónomo, capaz de llevar a cabo la fotosíntesis y obtener nutrientes del suelo, marcando así su transición de embrión a una plántula independiente (Corona & Díaz, 2018). Una vez germinada la semilla, es el comportamiento de los cotiledones quién determina el tipo de germinación.

En la germinación hipógea los cotiledones quedan enterrados, atravesando el suelo solo la plúmula, debido a que el hipocótilo es muy corto, casi inexistente. Es así que el epicótilo se prolonga dando salida a las primeras hojas verdaderas, que son los primeros órganos fotosintetizadores. Por lo contrario, en la germinación epígea la elongación del hipocótilo eleva los cotiledones por encima de la superficie del suelo convirtiéndose en los primeros órganos fotosintetizadores, mientras terminan de desarrollarse las hojas verdaderas (Rosbal et al., 2014).

En condiciones de laboratorio, la emergencia de la radícula indica el cese del proceso de germinación, siendo el periodo subsiguiente la post- germinación (Gergoff et al., 2023). Sin embargo, en condiciones de campo la germinación culmina cuando la plántula emerge

completamente del sustrato (Pita & Pérez, 1992). Indicador que en la presente investigación se tomó en cuenta para el registro de datos.

1.6 Caracterización de la especie *Sapindus saponaria* L.

Distribución geográfica

Sapindus saponaria L. conocida como jaboncillo, boliche, chereco o jorupe es una especie perteneciente a la familia Sapindaceae y género Sapindus, se distribuye ampliamente desde México hasta Argentina. En Ecuador se encuentra en las provincias de Esmeraldas, Guayas, Los Ríos, Manabí, Galápagos, Imbabura y Loja crece entre 0 – 2500 msnm en bosques secos pluvioestacionales y valles secos interandinos (MAE , 2012).

Usos

Los usos que atribuyen a la especie son: Elaboración de artesanías y aprovechamiento para leña, la cáscara del fruto y la corteza del árbol contienen saponinas (30 %) que sirven como jabón para lavar ropa, las semillas de color negro se utilizan para elaborar bisutería. Además, se la utiliza en cercas vivas y para proveer sombra al ganado, lo que la hace apta para implementarla en Sistemas Agroforestales (Cuitlahuac, 2017).

Descripción botánica

Árbol que alcanza entre 8-15 m de altura y de 45-50 cm de DAP. Fuste muy ramificado. Copa redonda a ovalada, estrecha. Corteza escamosa a veces lisa, grisácea a verdosa, levemente fisurada. Hojas compuestas, alternas, imparipinadas, los foliolos tienen bordes enteros, lanceoladas, de 10-20 cm de longitud, 2,5-4,3 cm de ancho, ápice obtuso, base asimétrica, borde entero, tiene el raquis alado. Es una especie monoica; que posee flores unisexuales con características de color blancas, 0,5 cm de diámetro, en inflorescencia de racimo compuesto (Ministerio del Ambiente [MAE], 2012).

Floración y fructificación

Existen variaciones en el patrón de floración y fructificación de *Sapindus saponaria* L., se ha documentado que la especie registra floración en el mes de enero, formación y crecimiento de los de frutos en el mes de febrero y finalmente en la última semana de marzo los frutos se encuentran fisiológicamente maduros para ser cosechados, con una producción promedio de 400 a 500 frutos por árbol ((Sánchez & Silva, 2008; Cuitlahuac, 2017). Por otro lado, Rzedowski & Calderón, (2006) mencionan que la floración ocurre en los meses de mayo, octubre y diciembre, mientras que la fructificación se presenta en el resto de los meses del año.

Morfología de frutos y semillas de *Sapindus saponaria* L.

Fruto

Drupa carnosa de 1.5 a 2 cm de diámetro, verde brillantes y marrones al alcanzar su madurez. El epicarpio es rugoso y subcoriáceo, el mesocarpio es translúcido, amargo y mucilaginoso debido a la presencia de taninos y precursores de saponinas, el endocarpio es esférico, negro, liso brillante y lignificado. A la madurez la semilla queda libre dentro del endocarpio (Abraham & Bravo, 2011).

Semilla

Son semillas dicotiledóneas, rodeadas de una testa lisa ,de tamaño grande y forma esférica de color castaño oscuro pardo de 0.8 a 1.5 cm de diámetro (Abraham & Bravo , 2014;Cuellar & Mendo , 2023 y Bedoya , 2016). Con un peso de 1.33 g y un contenido de humedad del 11% con una posición del embrión periférica, ubicada al borde de la cubierta seminal y no en el centro (Cuellar & Mendo, 2023), el micrópilo está cubierto por una pubescencia de color blanco de fácil desprendimiento manual. Su dispersión es autócora, no utiliza agentes externos para esparcirse (Abraham & Bravo , 2014).

En un estudio anatómico de la cubierta seminal de las semillas de *Sapindus saponaria* L. se observó que estas tienen doble tegumento, con muchas capas de células en el frente, estando la exotesta formada por macroesclereidas, la mesotesta esclerótica y la endotesta aparentemente fibrosa, con tegmen parenquimático constituyendo un total 13 capas de células, condición que caracteriza la latencia impuesta por la impermeabilidad del tegumento, que constituye una barrera de absorción de agua por las semillas. Así como el tegumento de las semillas son espesas y bastante esclerificadas o rígidas por la acumulación de lignina se requiere de tratamientos pregerminativos (Albeiro et al., 2001).

1.7 Estudios similares

En un estudio de tratamientos pregerminativos de *Sapindus saponaria* L. se evaluó seis tratamientos que consistieron en: T1 testigo; T2 escarificación manual con ayuda de una lija n° 100 en el lado opuesto al micrópilo; escarificación química mediante inmersión en ácido sulfúrico al 98% durante 10,30 y 60 minutos (T3, T4, T5) y escarificación física mediante inmersión en agua caliente a 80°C durante cinco minutos, seguido de choque térmico en agua helada a 5°C durante otros cinco minutos (T6). El tratamiento de escarificación manual con lija presentó el mayor porcentaje de germinación con 74%, seguido del tratamiento con ácido sulfúrico durante 60 minutos con 34% , mientras el tratamiento que presentó menor porcentaje de germinación fue el de choque térmico con 9% (Diniz et al., 2018).

El estudio realizado por Centeno-Erguera et al. (2015), evaluó la eficiencia de cinco tratamientos para inducir la germinación en las semillas de *Sapindus saponaria* L.. los tratamientos fueron: T1 remojo en agua; Inmersión en ácido sulfúrico concentrado durante 60, 90 y 120 minutos (T2, T3, T4) y T5 testigo. La inmersión en ácido sulfúrico durante 120 minutos presentó el mayor

porcentaje de germinación, mientras que para el tratamiento de remojo en agua fue de 3.5% y para el testigo de 1.5%. Concluyendo que el mejor tratamiento fue el tratamiento químico.

El estudio de tratamientos pregerminativos realizado por (Oliveira Lafetá et al., 2019) para romper el estado de latencia de *Sapindus saponaria* L. consistió en cuatro tratamientos: T1 control; T2 escarificación con lija N.º 120; T3 escarificación con agua caliente a 80°C durante 5 minutos y T4 cincelada del tegumento en amoladora eléctrica. Los resultados demostraron que el mayor porcentaje de germinación lo obtuvo el tratamiento de cincelado con amoladora con un 92%, seguido de la escarificación con lija obteniendo un 61%, mientras que el tratamiento tres obtuvo el menor porcentaje de 16%.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Tipos de investigación según los siguientes criterios

- Enfoque o paradigma: Cuantitativa
- Aspiración, objetivo o finalidad: Aplicada
- Alcance o nivel de profundidad: Explicativa
- Diseño de la investigación: Experimental
- El tiempo: Transversal
- El lugar: Campo

2.2 Ubicación del lugar

2.2.1 Política

Las semillas de *Sapindus saponaria* L. se recolectaron de árboles dispersos en tres sitios diferentes: el sector Chota Chiquito, perteneciente a la parroquia San Vicente de Pusir, cantón Bolívar, provincia del Carchi; el sector Mascarilla, perteneciente a la parroquia Mira, cantón Mira, provincia del Carchi; y el parque Pedro Moncayo del sector de Ibarra, perteneciente a la parroquia San Francisco, cantón San Miguel de Ibarra, provincia de Imbabura. El ensayo se llevó a cabo en el campus Forestal Yuyucocha, ubicado en la parroquia Caranqui, cantón San Miguel de Ibarra, provincia de Imbabura.

2.2.2 Geografía del sitio de investigación

Las coordenadas de los sitios de recolección del material vegetativo y del establecimiento del ensayo se encuentra en la Tabla 1, mismas que fueron tomadas con GPS.

Tabla 1

Coordenadas UTM de los sitios de recolección, Sistema de proyección WGS 1984, Zona 17 sur

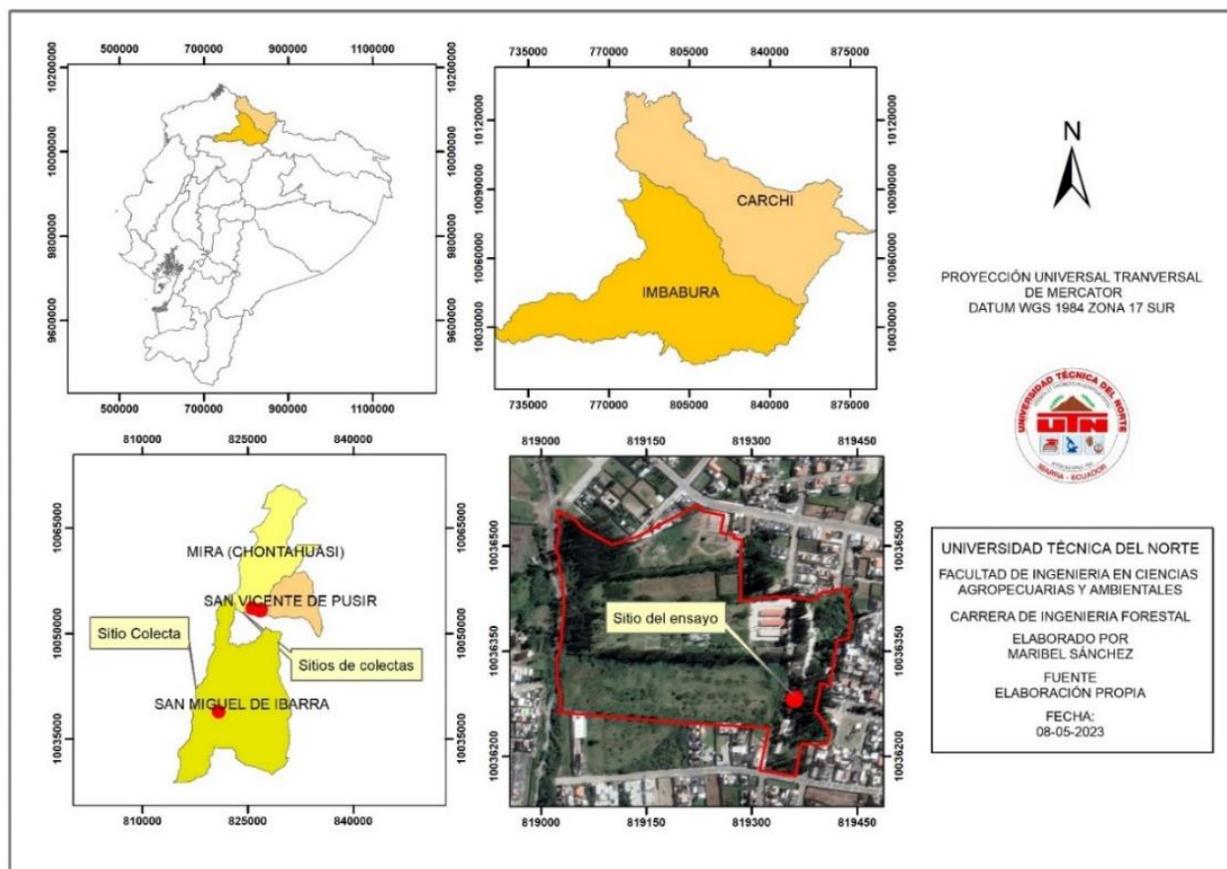
Sitio	Coordenada X (m)	Coordenada Y (m)	Altitud (msnm)
Chota Chiquito	0826798	0053280	1612
Mascarilla	825688.24	53661.16	1600
Ibarra	820854.07	38880.32	2216
Campus Yuyucocha	819360.80	36293.70	2247

Fuente: Elaborado por el autor

La ubicación de los sitios de recolección de las semillas de *Sapindus saponaria* L. y el sitio de instalación del ensayo se muestran en la Figura 1.

Figura 1

Ubicación espacial de los sitios de recolección y del ensayo



2.2.3 Límites

Chota Chiquito limita al norte con la parroquia García Moreno, al Sur con el río Chota, al este con la parroquia Los Andes y al oeste con la parroquia Mascarilla.

Mascarilla limita al norte con la parroquia San Isidro, al sur con el río Chota, al este con la parroquia San Vicente de Pusir y al oeste con la parroquia Juan Montalvo.

El campus Yuyucocha limita al norte con el barrio San Vicente, al sur con Bella Vista, al este con San Francisco de Santa Lucía y al oeste con El barrio Ejido de Caranqui.

2.3 Caracterización edafoclimática del lugar

2.3.1 Suelo

Los suelos de Chota Chiquito se encuentran caracterizados por dos clases primordiales, Mollisol conformado por cangahua a 20 cm de profundidad y Inceptisol suelos poco profundos, menos de 20 cm con muchas gravas y piedras sobre rocas o material duro (Gobierno Autónomo Descentralizado [GAD] San Vicente de Pusir, 2019)

Los suelos de Mascarilla son de orden Inceptisol contienen ceniza reciente y antigua, permeable con pH neutro a ligeramente alcalino, suelos profundos, limosos con arena, con incremento de arcilla a profundidad (Gobierno Autónomo Descentralizado [GAD] Mira, 2020).

Los suelos de Ibarra son de orden Mollisol, suelos profundos, rico en materia orgánica, suelos fértiles, permeables, pH neutro a ligeramente alcalino con horizonte argílico entre 50 y 100 cm (Gobierno Autónomo Descentralizado [GAD] Ibarra, 2020).

2.3.2 Clima

La precipitación media anual de Chota Chiquito es de 500 mm, por lo que se considera seco, su temperatura va desde los 14°C a los 20°C, presenta humedad relativa al 86% (GAD San Vicente de Pusir, 2019).

Mascarilla posee un clima cálido seco con precipitación media anual de 400 mm, temperatura que va desde los 17°C a los 21°C, con humedad relativa de 80% (GAD Cantón Mira, 2020).

Ibarra posee un clima seco templado, la temperatura generalmente varía de 13°C a 24°C y rara vez baja a menos de 11°C, posee una precipitación media anual de 600 mm (GAD Cantón Ibarra, 2020).

Los materiales de campo, materiales de laboratorio, equipos y software que se empleó en la investigación se detallan en la Tabla 2.

2.4 Materiales, equipos y software

Tabla 2

Materiales, equipos y software empleados en la investigación

Materiales de campo	Herramientas para vivero	Materiales de laboratorio	Equipos	Software
Podadora aérea	Bandejas de germinación	Pipetas	GPS.	Microsoft Word.
Podadora manual	Camas de germinación	Vasos de precipitación	Cámara fotográfica.	Microsoft Excel.
Fundas zipper	Controlador de patógenos	Agua destilada	Computadora	ArcGIS 10.5
Hoja de campo	Guantes	Ácido sulfúrico	Balanza electrónica	InfoStat
Útiles de escritorio	Pala	Guantes	Estufa	Microsoft PowerPoint
Etiquetas	Carretilla	Lija		
	Tamizador	Pera de succión		
	Sustrato			
	Bomba de riego			

Fuente: Elaborado por el autor

2.5 Metodología

2.5.1 *Diseño experimental*

- **Factores y niveles**

El único factor que se tomó a consideración es el método de escarificación con 6 niveles (tratamientos).

Tabla 3

Códigos de los tratamientos pregerminativos empleados en la investigación

Código	Descripción	Detalle
A	Inmersión en agua a 100°C por 3 minutos a temperatura constante	
B	Inmersión en agua a 100°C por 3 minutos a temperatura constante+ lijado durante 45 segundos+ remojo por 24 horas	Lija de grano 80 con empleo de máquina
C	Inmersión en ácido sulfúrico por 130 minutos	Concentración al 95%
D	Remojo en agua a temperatura ambiente durante 96 horas	
E	Lijado durante 30 segundos + inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas	Lija de grano 80 con empleo de máquina
F	Testigo	

Fuente: Elaborado por el autor

Descripción de cada tratamiento

a. Escarificación Física (agua caliente)

Se colocó agua en un recipiente sobre una estufa, una vez alcanzado el punto de ebullición 100°C, se colocó las semillas en un tiempo de 3 minutos a temperatura constante.

b) Escarificación combinada (física y mecánica)

Se colocó agua en un recipiente sobre una estufa, una vez alcanzado el punto de ebullición se sumergió las semillas en un tiempo de 3 minutos a temperatura constante, posterior a ello con una lija de número 80 adaptada al disco de una amoladora (GWS 7-15), en el nivel 3 de velocidad, se removió una porción de testa en la zona opuesta al micrópilo, durante 45 segundos, por último, se dejó en remojo durante 24 horas.

c) Escarificación química:

Se sumergió las semillas en una concentración de ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 95% durante 130 minutos, después se lavó las semillas con agua destilada a fin de quitar los residuos del reactivo.

d) Escarificación física (agua a temperatura ambiente)

Se sumergió las semillas en agua a temperatura ambiente durante 96 horas, cada 24 horas se hizo un cambio de agua.

e) Escarificación combinada (mecánica – física)

Con una lija número 80 adaptada al disco de una amoladora en el nivel 3 de velocidad, se removió una porción de testa en la zona opuesta al micrópilo, durante 30 segundos, posteriormente se sumergió las semillas en agua a temperatura ambiente por 48 horas.

f) Testigo

Se realizó un tratamiento testigo el cual consiste en sembrar las semillas previamente desinfectadas.

- **Modelo estadístico del experimento**

Para el experimento se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro repeticiones, el ensayo está representado por el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento

ε_{ij} = Error experimental

- **Distribución de los tratamientos**

El Diseño experimental se hizo con 6 tratamientos y 4 repeticiones, con un total de 24 unidades experimentales distribuidas aleatoriamente, cada unidad experimental se hizo con 25 semillas tal como se muestra en el esquema figura 2.

Figura 2

Esquema distributivo de las unidades experimentales

I	II	III	IV	Tratamientos	
D1	F1	C2	E3	A	
F2	A4	D4	B3	B	
A3	B1	E4	F4	C	
B2	E1	C4	B4	D	
A1	F3	C3	D3	E	
C1	D2	E2	A2	F	

2.5.2 Análisis estadístico

Para evaluar las variables cuantitativas del experimento, se analizó estadísticamente por un ADEVA con un nivel de significancia del 0.05, previamente se validó con una prueba de normalidad de Shapiro-Wilks y una homocedasticidad de Levene con una significancia de 0.05, en aquellas pruebas que no cumplieron los supuestos paramétricos, se aplicó una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

En las pruebas realizadas en las que se evidenció diferencias significativas, se aplicó la prueba de Dunnett como análisis funcional.

2.5.3 Instalación del Experimento

- **Recolección de semillas**

Los frutos se recolectaron con una tijera podadora aérea y de mano, se tomó en cuenta los frutos con coloración café amarillenta y se trasladó en fundas de papel periódico y zipper para el cuidado y conservación durante el transporte.

Una vez extraídos los frutos de los diferentes sitios de recolección (Mascarilla, Chota Chiquito e Ibarra) se procedió a clasificar, en donde aquellos que estén malogradas se rechazó, posteriormente los mejores frutos de las diferentes procedencias fueron mezclados con el propósito de tener variabilidad genética en el experimento.

Para facilitar la extracción de la semilla se expuso al sol por las mañanas durante una semana para deshidratar la pulpa de la baya y en las tardes se almacenó en fundas zipper con papel periódico, la funda se mantuvo abierta para no generar las condiciones adecuadas de proliferación de mohos.

- **Evaluación de calidad de semilla**

En cuanto se extrajo las semillas, primero se analizó la calidad de semilla de acuerdo con lo que establece las normas ISTA (pureza, peso, contenido de humedad).

- **Adecuación del área de germinación**

Se hizo la limpieza de la cámara de secado de madera, lugar en donde se adecuó el espacio para instalar el experimento y colocar las camas o superficies en donde fueron colocadas las bandejas de germinación con sus respectivos sustratos.

- **Preparación del sustrato**

El sustrato fue compuesto por suelo de sitio 55%, humus 30% y pomina 15%, mismo que se esterilizó con un producto a base de cobre para evitar la aparición de hongos. Cada alveolo de las bandejas de germinación ocupó 74 cm³ de sustrato.

- **Desinfección de las semillas y bandejas de germinación**

Para desinfectar las semillas se empleó 18 gramos de Vitavax en 6 litros de agua durante 2 horas, posteriormente se enjuagó con abundante agua. Para la desinfección de las bandejas se dejó reposar durante una hora en una solución de 5cm³ de hipoclorito de sodio en 1 litro de agua

- **Aplicación de tratamientos pregerminativos**

Se aplicaron los tratamientos pregerminativos físicos, químicos, mecánicos y combinados ya descritos en la tabla 3.

- **Siembra**

Para llenar las bandejas de germinación se humedeció el sustrato al punto en el que al apretarlo no escurra agua, se extendió de manera horizontal sin comprimirlo sobre las bandejas de germinación, posteriormente se retiró los excesos.

Para la siembra se realizó orificios a una profundidad de 2 cm, luego se colocó las semillas con el micrópilo hacia abajo e inclinado y se tapó en la superficie con un poco más de sustrato.

- **Riego**

El riego se realizó pasando un día con agua de llave previamente reposada mediante una mochila bomba para que el riego sea uniforme.

- **Control de malezas**

Se llevó a cabo cada vez que se identificó la presencia de otros individuos

2.6 Variables de estudio

Objetivo 1: Evaluar la calidad de semillas de *Sapindus saponaria* L. bajo los protocolos de la norma ISTA.

- **Pureza física**

Para el cálculo, se tomaron 8 repeticiones de 100 semillas cada una. Primero, se pesaron las semillas con todas las impurezas, luego se eliminaron las impurezas y se volvieron a pesar las

semillas para obtener el segundo dato (Reglas Internacionales para el Análisis de Semillas [ISTA], 2016).

Una vez obtenidos los datos se sacó un promedio de las 8 repeticiones de ambos datos para aplicar la fórmula.

$$\% \text{ de pureza} = \frac{\text{Peso de semilla pura}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100 \quad \text{Ec. 2}$$

- **Peso específico**

Se tomó 8 repeticiones de 100 semillas puras para obtener un promedio del peso, aplicando la siguiente fórmula (ISTA, 2016).

$$\text{Peso específico (g)} = \frac{\text{Peso total de semillas limpias}}{\text{Número de muestras}} \quad \text{Ec. 3}$$

Posteriormente, para obtener el peso de 1000 semillas se hizo una regla de tres con el dato obtenido en la fórmula descrita.

- **Número de semillas por kilogramo**

Con el peso promedio de 8 muestras de 100 semillas puras, se aplicó la siguiente fórmula (ISTA, 2016).

$$\text{Número de semillas por kg} = \frac{100 \times 1000}{\text{Peso de 100 semillas limpias en (g)}} \quad \text{Ec. 4}$$

- **Contenido de humedad**

Se tomaron cuatro repeticiones de 25 semillas, se determinó su peso inicial en gramos en la balanza de precisión, luego se procedió a secar gradualmente en el horno a una temperatura de 103°C por 17 horas hasta que tenga un valor constante (ISTA, 2016).

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso seco al horno}}{\text{peso inicial}} \times 100 \quad \text{Ec. 5}$$

Objetivo 2: Evaluar tratamientos pregerminativos en las semillas de *Sapindus saponaria* L.

Los datos primarios de germinación se obtuvieron a través del conteo de número de semillas germinadas por día, tomando en consideración la observación de la plúmula sobre el sustrato. Para determinar el mejor tratamiento pregerminativo se evaluó mediante los siguientes índices de germinación:

- **Porcentaje de germinación**

Con el número de semillas diarias germinadas se procedió a calcular el porcentaje de germinación mediante la siguiente fórmula (ISTA, 2016).

$$\% PG = \frac{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas}}{N^{\circ} \text{ de semillas sembradas}} \times 100 \quad \text{Ec. 6}$$

- **Índice de Velocidad de Emergencia (IVE)**

Indica la rapidez con la que las plántulas emergen del sustrato, relacionando el número de semillas germinadas y el tiempo de germinación. Un IVE superior muestra que las plántulas emergen más rápidamente, como resultado de mejores condiciones de siembra o la efectividad de los tratamientos aplicados (Mangure, 1962).

Los datos obtenidos se analizaron mediante la siguiente fórmula

$$IVE = \sum_{i=1}^n \frac{Xi}{Ni} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde

IVE = Índice de velocidad de emergencia

Xi = Número de plántulas emergidas por día

Ni = Número de días transcurridos de la siembra hasta que se produce la emergencia

n = Número de conteos diarios día 1. día 2, día 3...día n

- **Germinación Media Diaria (GMD)**

Indica el porcentaje de semillas que germinan cada día, durante un periodo de observación.

Relacionando el porcentaje de germinación acumulado de semillas al final del ensayo con el número de días desde la siembra hasta término del ensayo. Un GMD mayor sugiere una mejor efectividad de un tratamiento aplicado (Espitia et al., 2016).

para su cálculo respectivo se utilizó la siguiente fórmula.

$$GMD \% = \frac{FG}{D} \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

GMD = Germinación media diaria

FG = Porcentaje final de germinación al término del ensayo

D = Número de días transcurridos desde la siembra al término del ensayo

- **Tiempo Medio de Germinación (TMG)**

Es un parámetro que busca medir la velocidad y dispersión de la germinación, indica el tiempo promedio en días que un lote de semilla tarda en germinar desde la siembra. Un TMG menor sugiere que, en promedio las semillas tardan menos días en germinar, lo que indica que los tratamientos aplicados serían más efectivos que otros (Gómez, 2004).

Los datos obtenidos se analizaron aplicando la siguiente fórmula.

$$TMG = \frac{(T_1 N_1 + T_2 N_2 + T_n N_n)}{N} \quad \text{Ec. 9}$$

Donde

T_n = Número de días transcurridos desde el inicio de la germinación hasta el día n

N_n = Número de semillas germinadas en el día n

N = Número total de semillas germinadas.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Evaluación de calidad de semillas de *Sapindus saponaria* L.

El valor obtenido de porcentaje de pureza en la presente investigación es superior a los obtenidos por Read & Zasada (2008) y Oliveira et al. (2019) con valores de 35,56 % y 42,46%, respectivamente. Estas discrepancias pueden atribuirse, en parte, a la inclusión de la cáscara del fruto en el cálculo de pureza, lo cual podría subestimar la pureza real de las semillas. Según Doria (2010), el tipo de fruto puede influir en el nivel de impureza de la semilla. Generalmente, en los frutos carnosos, el mesocarpio se adhiere a la cubierta seminal, lo que puede requerir el uso de métodos específicos para garantizar la limpieza de la semilla. Sin embargo, el mesocarpio mucilaginoso de *Sapindus saponaria* L. no se adhieren a la testa lisa e impermeable de la semilla, condición que podría contribuir a una liberación de las semillas sin impurezas adicionales y mejorar su calidad física.

Tabla 4

Calidad física de las semillas de Sapindus saponaria L.

Pureza física (%)	Contenido de humedad (%)	Peso de 1000 semillas (g)	Número de semillas/kg
99,62	11,23	1332,10	750

El contenido de humedad está directamente relacionado con factores como las condiciones ambientales en las que se desarrolla la semilla, su grado de madurez, dimensiones y composición. El contenido de humedad obtenido es similar a los reportados por Sánchez et al. (2011) y Bonilla et al. (2007), con 11,20% y 12%, respectivamente. Este resultado podría atribuirse a la capacidad de adaptación de las semillas a la desecación fisiológica durante su proceso de maduración. Según lo indicado por Gergoff et al. (2023), este proceso es típico en semillas que se desarrollan en

ecosistemas áridos, como el hábitat natural de *Sapindus saponaria* L., lo que resulta en un bajo contenido de agua en las estructuras celulares de las semillas. Este hecho podrían catalogar a las semillas de *Sapindus saponaria* L. como ortodoxas, al tener valores de hidratación menores o iguales al 12% (Sánchez et al., 2011).

Por otro lado, el contenido de humedad reportado por Oliveira et al. (2019), quienes registran un 12,7%, es superior a lo obtenido en el presente estudio. Esta variabilidad se podría atribuir al método de recolección de los frutos. En la presente investigación los frutos fueron recolectados del suelo en su etapa de coloración marrón, mientras que Oliveira et al. (2019) mencionan haber colectado los frutos directamente del dosel cuando estos presentaban tonos amarillos. El cambio de coloración del fruto según Martins et al. (2011), es un criterio importante para evaluar la maduración. Dicho cambio puede ir acompañado del endurecimiento de la cubierta seminal y pérdida de agua, alcanzando su máximo en la madurez fisiológica.

El peso y el número de semillas por kilogramo están intrínsecamente relacionados con las dimensiones y composición de la semilla. Los valores obtenidos, difieren de los registrados por Oliveira et al. (2019) y Bonilla et al. (2007), quienes obtuvieron un peso promedio de mil semillas de 759,7 g (1317 unidades kg^{-1}) y 750 g (1333 unidades kg^{-1}) respectivamente. Esta diferenciación se podría atribuir a las variaciones climáticas presentes en los sitios de recolección de los frutos, lo que podría influir en el peso de las semillas. Por el contrario, los resultados obtenidos por Aragón et al. (2009), con un peso de 1380 g en 1000 semillas (724 unidades kg^{-1}), son similares a los reportados en el presente estudio, lo que sugiere que estas semillas tienen un mayor peso en comparación con los autores ya antes mencionados. Según Rubio-Licona et al. (2011), el peso tiene una relación directa con el tamaño de la semilla y además es un indicador de la cantidad de reservas disponibles. De este modo, a medida que aumenta el tamaño de la semilla, se obtiene un

mayor porcentaje de germinación, lo que a su vez contribuye al establecimiento de la plántula (Huerta-Paniagua & Rodríguez-Trejo, 2011).

3.2 Evaluación de tratamientos pre germinativos en semillas de *Sapindus saponaria* L.

Debido a la ausencia de germinación en el testigo y en el tratamiento 1, no se los tomó en consideración para el análisis estadístico. En consecuencia, los resultados presentados se basan exclusivamente en los tratamientos 2, 3, 4, 5, a los cuales se le analizó los datos primarios y fueron eliminados aquellos que tuvieron un comportamiento atípico con el fin de cumplir con los supuestos paramétricos del ADEVA.

Al no mostrar resultados el testigo, el resto de los tratamientos difieren del mismo, sin embargo, se requiere hacer una comparación entre tratamientos para determinar sus diferencias significativas, es por ello que se tomó en consideración la prueba de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) para aquellas variables que presenten los supuestos paramétricos del ADEVA.

- **Porcentaje de germinación (PG)**

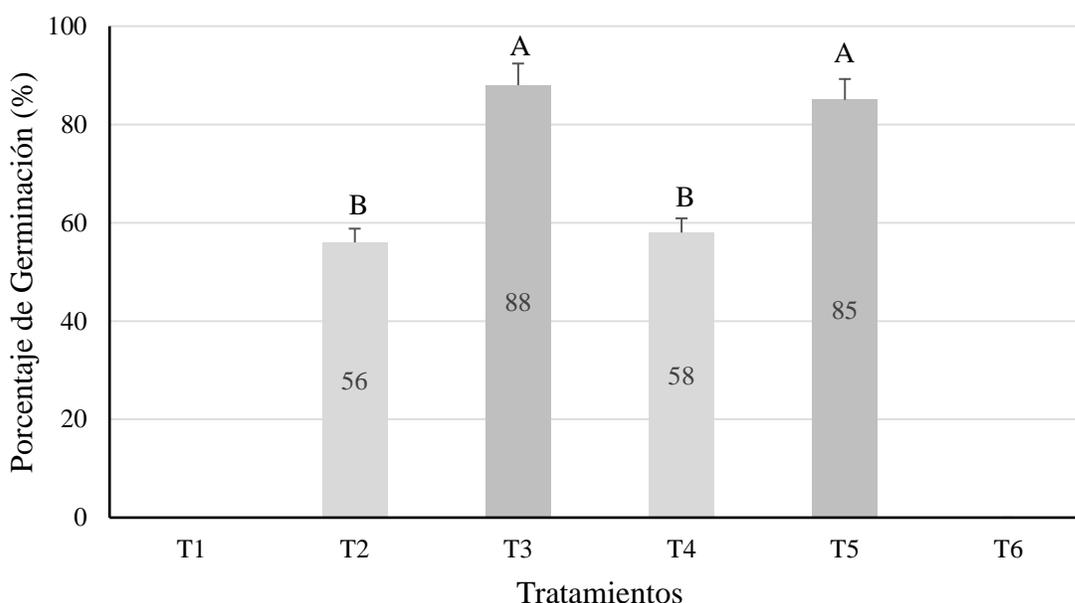
Los datos de la variable cumplieron con los supuestos paramétricos de normalidad y homogeneidad, evidenciados por la prueba de Shapiro-Wilks (p-valor: 0,2688) y la prueba de Levene (p-valor: 0,3214), ambos valores superaron el nivel de significancia del 0,05. Por ende, se llevó a cabo el ADEVA, el cuál mostró diferencias significativas entre los tratamientos con (p-valor $< 0,0001$), validando de esta manera la hipótesis alterna con un coeficiente de variación de 6,71%.

La prueba de comparación de medias de Tukey muestra que, a los 90 días de la siembra, los tratamientos T3 y el T5 no tienen diferenciación significativa y presentan los valores más altos de porcentajes de germinación acumulada frente al resto de los tratamientos aplicados. El tratamiento

T3 presenta el mayor valor con un 88% y supera en un 32% al T2, el cual presenta el porcentaje más bajo de germinación, como se observa en Figura 3.

Figura 3

Comportamiento del porcentaje de germinación bajo tratamientos pregerminativos en semillas de Sapindus saponaria L.



Nota: Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). T1(Inmersión en agua hirviendo), T2(Inmersión en agua hirviendo+ lijado 45 (s). + remojo), T3(ácido sulfúrico), T4(remojo en agua temperatura ambiente por 96 horas), T5(lijado 30 (s). + remojo en agua), T6(testigo).

El porcentaje de germinación obtenido con ácido sulfúrico al 95% durante 130 minutos, fue ligeramente inferior a lo reportado por Centeno-Erguera et al. (2015), quienes al utilizar la misma concentración por 120 minutos, obtuvieron un 93% de germinación. Esta diferencia se podría atribuir a las variaciones naturales de temperatura y humedad en el lugar del ensayo; por otro lado Das Neves et al. (2018), Oliveira et al. (2012) y García et al. (2020) obtuvieron porcentajes de germinación de 40%, 65% y 76% al exponer las semillas en tiempos de 40, 60 y 60 minutos respectivamente, lo que demuestra la importancia de una inmersión prolongada de las semillas en

ácido sulfúrico para superar la latencia. En un estudio anatómico de la cubierta seminal de *Sapindus saponaria* L., Albeiro et al. (2001), observaron que está formada por trece capas de células; entre estas, la exotesta que es la capa más externa, estructuralmente está formada por macroesclereidas que le confiere espesor e impermeabilidad al tegumento, lo que influye en una baja germinación de la especie en condiciones naturales. Es así que el uso de ácido sulfúrico podría influir en la descomposición de la cutícula de la semilla, proporcionándole grados de permeabilidad para activar el proceso germinativo. La eficiencia de este tratamiento según Albuquerque et al. (2009), depende del tiempo de exposición al ácido sulfúrico y la edad de la semilla, ya que conforme las semillas envejecen su latencia tiende a volverse más profunda. Respecto al tratamiento de escarificación mecánica con lija N.º 80 durante 30 segundos e inmersión en agua por 24 horas, se obtuvo un porcentaje mayor en 10% a lo registrado por Cabral et al. (2019), quienes obtuvieron un 75% de germinación aplicando el mismo grano de lija y tiempo de remojo. Por otro lado, Diniz et al. (2018) reportaron un 74 % de germinación utilizando lija N.º 100 y Oliveira et al. (2019) obtuvieron un 61% de germinación al utilizar una lija de N.º 120; estas diferencias podrían atribuirse al método de lijado incluyendo la intensidad y tiempo de escarificación, que posiblemente influyeron en el grado de permeabilidad de la cubierta seminal, facilitando de manera rápida su hidratación. Estos resultados sugieren que tanto el T3 y T5 son los más eficientes para superar la latencia e inducir la germinación de *Sapindus saponaria* L. sin causar daños en el embrión.

Los tratamientos de inmersión en agua caliente por sí solos parecen ser poco efectivos en el ablandamiento y remoción de la cubierta seminal de *Sapindus saponaria* L.; según Cabral et al. (2019) obtuvo un porcentaje de germinación del 22% al sumergir las semillas de la misma especie a 70°C por 30 minutos; de manera similar Oliveira et al. (2019) reporta un 16% de germinación al

exponer las semillas a una temperatura de 80°C durante cinco minutos; por último Das Neves et al. (2018) obtuvo un 40% de germinación al colocar las semillas a 80°C hasta alcanzar temperatura ambiente (4 horas). Estos bajos porcentajes de germinación puede atribuirse a la estructura anatómica de la cubierta seminal como se describió anteriormente, lo cual sugiere que este tipo de tratamiento pregerminativo no tienen mayor efecto en la remoción de la cubierta seminal de *Sapindus saponaria* L. De acuerdo con el presente estudio, al combinar el tratamiento de inmersión en agua a temperatura de 100°C por tres minutos, con el lijado durante 45 segundos (hasta que se viera el embrión) y remojo en agua a temperatura ambiente por 24 horas, presentó un porcentaje de germinación de 56%, lo cual mostró un incremento de germinación al combinar un tratamiento de inmersión térmica con un mecánico - físico. Sin embargo, es importante considerar un tiempo adecuado de escarificación ya que, al finalizar el ensayo, en este tratamiento se pudo observar algunas semillas en estado de putrefacción, que podría deberse a un exceso de humedad inducido por un mayor tiempo de lijado, lo que permitiría el ingreso de agua más rápido y directo hacia el embrión. Como lo explica Curtis (2013), el exceso de agua en el medio puede inhibir la germinación al bloquear el intercambio de gases necesarios para la respiración, lo que induce a la muerte del embrión.

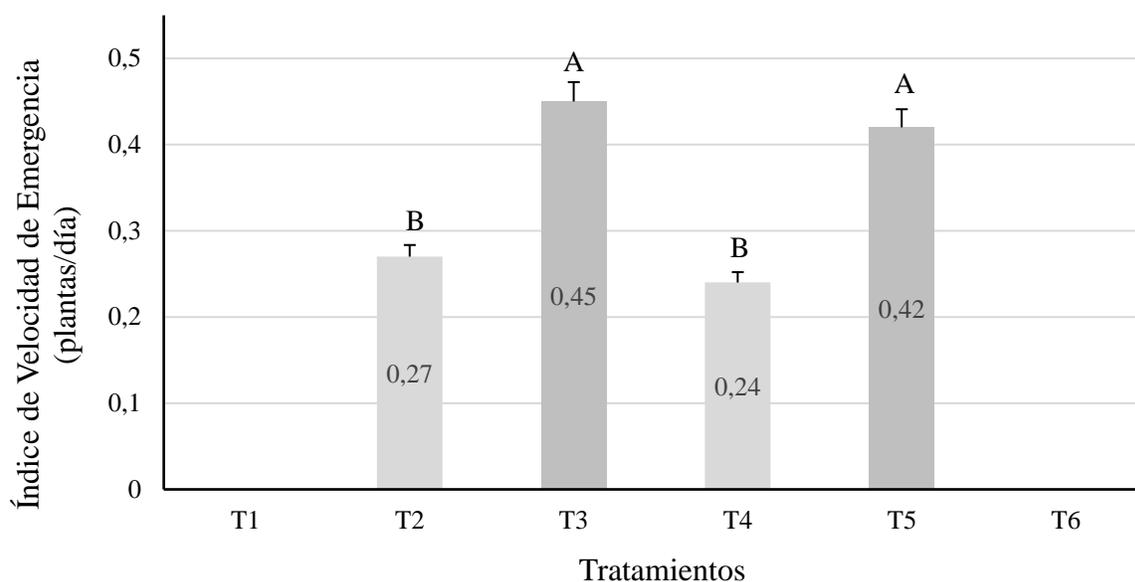
Índice de velocidad de emergencia (IVE)

Inicialmente los datos correspondientes al índice de velocidad de emergencia no cumplieron con los supuestos paramétricos del ADEVA. Sin embargo, tras realizar una transformación de datos, se logró satisfacer los supuestos paramétricos de normalidad y homogeneidad, confirmado mediante la prueba de Shapiro-Wilks (p-valor: 0,1377) y la prueba de Levene (p-valor: 0,4358), respectivamente. Ambos valores superaron el nivel de significancia del 0,05. Por ende, se llevó a

cabo el ADEVA, el cuál mostró diferencias significativas entre los tratamientos con (p -valor < 0,0019) y con un coeficiente de variación es de 6,65%.

Figura 4

*Índice de velocidad de emergencia bajo tratamientos pregerminativos en de semillas de *Sapindus saponaria* L.*



Nota: Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). T1(Inmersión en agua hirviendo), T2(Inmersión en agua hirviendo+ lijado 45 (s). + remojo), T3(ácido sulfúrico), T4(remojo en agua temperatura ambiente por 96 horas), T5(lijado 30 (s). + remojo en agua), T6(testigo).

Los resultados del índice de Velocidad de Emergencia (IVE) revelaron variaciones significativas entre los tratamientos. Se observó que el T3 exhibió el mayor índice de 0,45 ligeramente superior con 0,03 al T5. Esta leve variación estadística muestra una similitud en la velocidad de emergencia entre ambos tratamientos. Por el contrario, el T4 presentó el índice de velocidad de emergencia más bajo figura 4, el cual muestra un comportamiento similar al obtenido por Cabral et al. (2019), quienes al remojar las semillas por 24 horas en agua a temperatura ambiente y en condiciones controladas, reportaron un valor de 0.25. Este comportamiento pudiera deberse a la

impermeabilidad de la testa de *Sapindus saponaria* L., lo que influiría en una hidratación más lenta de la cubierta seminal y, por ende, en la disminución de la velocidad germinativa.

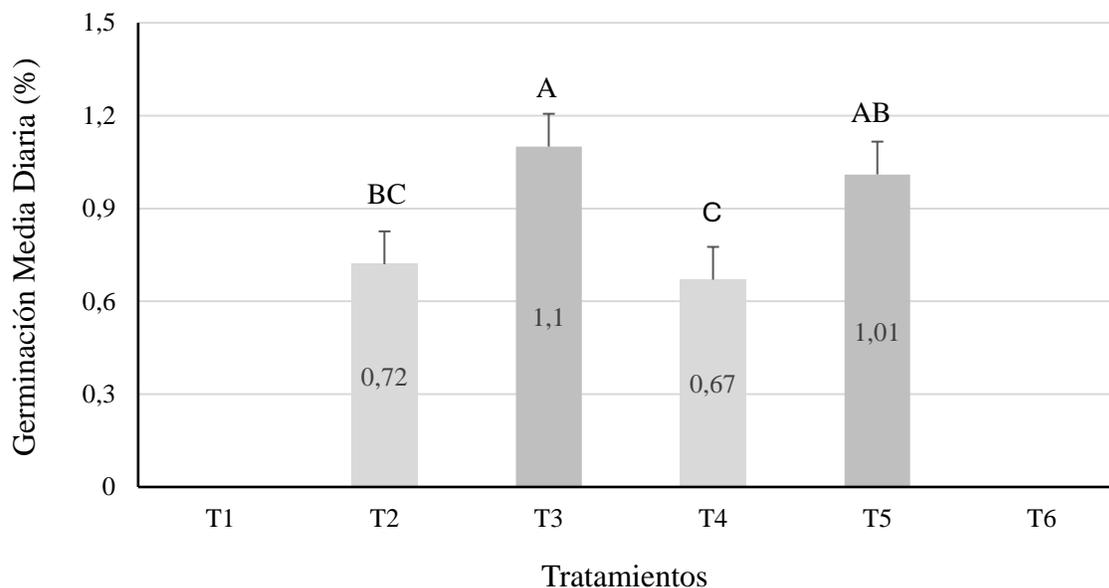
Los resultados obtenidos por Cabral et al. (2019) al aplicar ácido sulfúrico durante 90 minutos y escarificación mecánica con lija N.º 80 fueron de 1 y 0,8 respectivamente; mientras que Silva et al. (2018), al aplicar el mismo ácido durante 90 minutos reportan un IVE de 1,85. Estas diferencias pueden atribuirse a las condiciones experimentales en las que se desarrollaron los tratamientos. En la presente investigación, las semillas estuvieron expuestas a condiciones de humedad y temperatura no controladas, mientras que los autores antes mencionados realizaron el ensayo en cámaras de germinación. De acuerdo con Bonfil-Sanders et al. (2008), bajo condiciones controladas de laboratorio o invernadero, la germinación se produce en menor tiempo y de manera más uniforme que en condiciones naturales. De este modo, los resultados de la presente investigación sugieren que los tratamientos T3 y T5 en condiciones de campo, ayudan a acelerar la velocidad de germinación de las semillas al presentar los valores más altos de IVE.

- **Germinación media diaria (GMD)**

Los datos de la variable en cuestión se ajustan a los supuestos paramétricos evidenciados en la normalidad (p-valor: 0,0642) y homogeneidad (p-valor: 0,8833), superando el nivel de significancia del 0,05 a través de las pruebas de Shapiro-Wilks y Levene, respectivamente. El ADEVA reveló diferencias significativas entre los tratamientos con (p-valor < 0,0039), lo cual es menor a 0,05 y por ende se acepta la hipótesis nula, su coeficiente de variación fue de 11,60%.

Figura 5

Germinación media diaria bajo tratamientos pregerminativos en las semillas de Sapindus saponaria L.



Nota: Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). T1(Inmersión en agua hirviendo), T2(Inmersión en agua hirviendo+ lijado 45 (s). + remojo), T3(ácido sulfúrico), T4(remojo en agua temperatura ambiente por 96 horas), T5(lijado 30 (s). + remojo en agua), T6(testigo).

La germinación media diaria (GMD) muestran una tendencia similar a lo observado en el IVE, donde los tratamientos T3 y T5 presentaron los mayores resultados, sin diferencias significativas entre sí. En contraste, el valor más bajo lo obtuvo el T4, figura 5. Estos hallazgos son inferiores a los reportados por Cabral et al. (2019) con valores del 2% y 1,67% al aplicar tratamientos de escarificación química con H_2SO_4 por 90 minutos y escarificación con lija N.º 80, respectivamente, con un período de ensayo de 45 días en condiciones controladas. Por otro lado, Diniz et al. (2018) al aplicar tratamientos de escarificación con ácido sulfúrico por sesenta minutos y escarificación con lija N.º 100, obtuvieron valores de 1,33% y 2,46%, respectivamente, en un periodo de ensayo de 30 días en cámaras de germinación. Esta diferenciación podría deberse a las condiciones no controladas de humedad y temperatura en las que se llevó a cabo la presente investigación en un lapso de 90 días. Sin embargo, las tendencias observadas sugieren que los T3 y T5 son efectivos para promover la germinación bajo condiciones de campo, al lograr un mayor

porcentaje de emergencias de plántulas por día en comparación con los otros tratamientos aplicados .

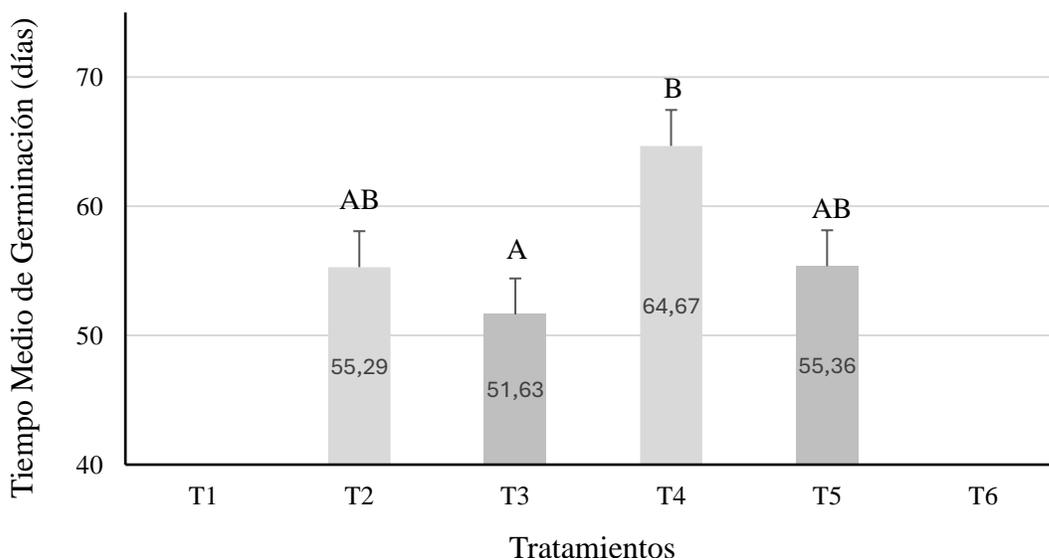
Tiempo medio de germinación (TMG)

Los análisis de normalidad y homogeneidad en la variable tiempo de germinación se calculan a través del uso de las pruebas de Shapiro-Wilks y Levene, en ambos casos se evidencio el cumplimiento de los supuestos paramétricos, mismos que superaron el nivel de significancia del 0,05, con valores de p de (0,700 y 0,3311), respectivamente.

El ADEVA explica la aceptación de la hipótesis alterna de la variable, en función a que (p-valor: 0,007) fue menor a 0,05, valor que demuestra que al menos una de las medias de la variable analizada es significativamente diferente al resto y posee un coeficiente de variación de 6,79%.

Figura 6

Tiempo medio de germinación bajo tratamientos pregerminativos en de semillas de Sapindus saponaria L.



Nota: Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). T1(Inmersión en agua hirviendo), T2(Inmersión en agua hirviendo+ lijado 45 (s). + remojo), T3(ácido sulfúrico), T4(remojo en agua temperatura ambiente por 96 horas), T5(lijado 30 (s). + remojo en agua), T6(testigo).

Respecto al Tiempo Medio de Germinación (TMG), se encontró que los tratamientos T3, T2 y T5 son estadísticamente similares. Sin embargo, las semillas del T3 mostraron el valor más bajo en comparación con el resto de los tratamientos. Por otro lado, el T4 obtuvo el valor más alto, mostrando un mayor retraso de la germinación al obtener un TMG superior a 60 días, como se observa en la figura 6.

La investigación realizada por Das Neves et al. (2018) reveló que, dentro de un periodo de evaluación de 30 días en condiciones de laboratorio, el tratamiento químico con ácido sulfúrico durante 30 minutos obtuvo un TMG de 13,6 días. Por el contrario, la escarificación mecánica con lija N.º 60 mostró un TMG de 16,9 días. De manera similar, Kamble et al. (2013) en la especie *Sapindus laurifolius*, reportaron que en condiciones controladas de laboratorio en un lapso de 25 días de ensayo, el tratamiento químico con ácido sulfúrico y lijado mostraron un TMG de 14 y 25 días, respectivamente. Finalmente, Sulisetijono et al. (2016) en la especie de *Sapindus rarak* DC., reportaron que en un periodo de observaciones de 90 días, la escarificación química con ácido clorhídrico al 80% por 5 minutos y mecánica con lijado en el micrópilo obtuvieron un TMG de 42,23y 44,83 días respectivamente. Los resultados obtenidos en la presente investigación son superiores a los reportados por los autores ya mencionados, estas diferencias pueden atribuirse a la variabilidad de temperatura y humedad del sitio de ensayo, lo que resultaría en un mayor tiempo de germinación de las semillas. Aunque no existe diferencias significativas entre las medias de los T2, T3 y T5, los resultados sugieren que la escarificación con ácido sulfúrico y lija N.º 80 durante treinta segundos y remojo por 24 horas son los más efectivos para favorecer la germinación en términos de tiempo y además presentaron los mayores valores de germinación, que a diferencia del T2 presentó el valor más bajo de germinación.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Las semillas de *Sapindus saponaria* L. presentaron una calidad física aceptable; con una cantidad mínima de impurezas, un contenido de humedad relativamente bajo, inferior al 12% y una cantidad considerable de semillas por kilogramo, características que influyen positivamente en el potencial germinativo.
- Los tratamientos pregerminativos de inmersión en ácido sulfúrico durante 130 minutos y la escarificación con lija durante 30 segundos y remojo por 24 horas, demostraron ser efectivos en el incremento del porcentaje y reducción del tiempo de germinación de *Sapindus saponaria* L., al facilitar la penetración del agua y la activación metabólica del embrión.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios para el almacenamiento de las semillas de *Sapindus saponaria* L.
- Se recomienda el uso de la escarificación mecánica para romper la latencia de *Sapindus saponaria* L. debido a que el ácido sulfúrico no es de libre venta en los centros químicos y acceder a este químico resulta difícil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraham de Noir, F., & Bravo, S. (2014). Frutos de Leñosas Nativas del Chaco. In *Ediciones UNSE* (Vol. 1). Impreso en Argentina. [https://fcf.unse.edu.ar/archivos/publicaciones/Frutos de lenosas nativas de Argentina - ebook.pdf](https://fcf.unse.edu.ar/archivos/publicaciones/Frutos%20de%20lenosas%20nativas%20de%20Argentina%20-%20ebook.pdf)
- Abril-Saltos, R., Ruiz-Vásquez, T., Alonso-Lazo, J., & Cabrera-Murillo, G. (2017). Germinación, diámetro de semilla y tratamientos pregerminativos en especies con diferentes finalidades de uso. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3), 703–715. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212017000300703&script=sci_abstract&tlng=es
- Aguirre, Z. (2012). Especies Forestales de los Bosques Secos Ecuador. In *Bosques Secos en Ecuador y su diversidad*. <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Bosques-Secos4.pdf>
- Aguirre, Z., Kvist, L., & T., S. (2006). Bosques secos en Ecuador y su diversidad. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, 162–187. [http://beisa.dk/Publications/BEISA Book pdfer/Capitulo 11.pdf](http://beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2011.pdf)
- Albeiro Meyer, A. L., Bacchi, E. M., & Mourão Mathias, K. S. (2001). Caracterização anatômica das folhas, frutos e sementes de *Sapindus saponaria* L. (Sapindaceae). *Acta Scientiarum*, 23(2), 549–560. <https://doi.org/10.31692/2526-7701.iicointerpdvagro.2017.00243>
- Albuquerque, K. S., Guimarães, R. M., de Almeida, I. F., & Clemente, A. da C. S. (2009). Alterações fisiológicas e bioquímicas durante a embebição de sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.). *Revista Brasileira de Sementes*, 31(1), 249–258. <https://doi.org/10.1590/s0101-31222009000100028>
- Aragón, C., Flechas, H. A., Morales, N. B., & Jiménez, J. A. (2009). Investigación y desarrollo de

- tres productos de jaboncillo (*Sapindus saponaria* L.) como base para su industrialización. *Colombia Forestal*, 12, 171–182. <https://www.redalyc.org/pdf/4239/423939612012.pdf>
- Araya, T., Noguchi, K., & Terashima, I. (2010). Effect of nitrogen nutrition on the carbohydrate repression of photosynthesis in leaves of *Phaseolus vulgaris* L. *Journal of Plant Research*, 123(3), 371–379. <https://doi.org/10.1007/s10265-009-0279-8>
- Ardila Fernández, A. F., MoncayoCalvache, V., & Moreno Caicedo, B. A. (2022). *Manual para la producción de especies forestales de bosque húmedo tropical del Pacífico: criterios técnicos para la selección y germinación de semillas*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/313/306/1810-1?inline=1>
- Arzate-Fernández, A. M., Piña-Escutia, J. L., Norman-Mondragón, T. H., & Arroyo-Martínez, H. A. (2019). *Apuntes de genética vegetal*. Editorial de la Universidad Autónoma del Estado de México. http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/104554/Apuntes_de_genetica_vegetal.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Baskin, J. M., & Baskin, C. C. (2003). Classification, Biogeography, and Phylogenetic Relationships of Seed Dormancy. In R. D. Smith, J. B. Dickie, S. H. Linington, H. W. Pritchard, & R. J. Proberet (Eds.), *Seed conservation: Turning science into practice* (pp. 519–544). Royal Botanic Gardens, Kew. https://www.researchgate.net/profile/Carol-Baskin/publication/265158564_Chapter_28_Classification_Biogeography_and_Phylogenetic_Relationships_of_Seed_Dormancy/links/561e7c6108aec7945a26b87c/Chapter-28-Classification-Biogeography-and-Phylogenetic-Relations
- Baskin, J. M., & Baskin, C. C. (2021). The great diversity in kinds of seed dormancy : a revision

- of the Nikolaeva – Baskin classification system for primary seed dormancy. *Seed Science Research*, 31, 249–277. <https://doi.org/10.1017/S096025852100026X>
- Baskin, J. M., & Baskin, C. C. (2022). Mimicking the natural thermal environments experienced by seeds to break physiological dormancy to enhance seed testing and seedling production. *Seed Science and Technology*, 50(1), 21–29. <https://doi.org/10.15258/sst.2022.50.1.s.02>
- Bedoya, A. E. (2016). *Diversidad de rasgos morfológicos en semillas de especies leñosas en un bosque seco de la provincia de Guayas-Ecuador* [Universidad Técnica Particular de Loja]. http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/16332/1/Bedoya_Castillo_Andrea_Estefanía.pdf
- Bonfil-Sanders, C., Cajero-Lázaro, I., & Evans, R. Y. (2008). Germinación de Semillas de seis especies de *Bursera* del Centro de México. *Agrociencia*, 42, 827–834. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v42n7/v42n7a9.pdf>
- Bonilla, C. R., Arce, K. L., Sánchez, M. S., & Escobar, R. (2007). Morfoanatomía y respuesta fisiológica de las semillas de chambimbe a condiciones de crioconservación. *Acta Agronómica Colombia*, 56(3), 135–140. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169913315005>
- Bravo velásquez, E. (2014). *La biodiversidad en el Ecuador*. Editorial Universitaria Abya-Yala. [https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6788/1/La Biodiversidad.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6788/1/La%20Biodiversidad.pdf)
- Cabral, A. L., Barbosa, K. F., De Fátima Sales, J., Rodrigues, A. A., Zuchi, J., Domingues Silva, J. M., & Vasconcelos Filho, S. C. (2019). Dormancy breakage and germination in *Sapindus saponaria* L. Seeds as a function of temperature and germination substrate. *Semina: Ciências Agrarias*, 40(6), 3345–3358. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl3p3345>
- Centeno-Erguera, L., Rivera-Leyva, R., Díaz-Maldonado, E., & Tepal-Chalé, J. (2015).

- Tratamientos pregerminativos en semillas de. *Ponencia Presentada En El 5to Congreso Forestal de Cuba*, 1–12. <https://es.scribd.com/document/163333450/Tratamientos-Pregerminativos-en-Semillas-de-Sapindus-Saponaria-l>
- Corona Carrillo, J. I., & Díaz Pontones, D. M. (2018). *Aspectos moleculares del desarrollo de las angiospermas: Embriogénesis y origen de los sistemas tisulares*. Impreso en México. <http://www2.izt.uam.mx/ceu/publicaciones/DOCS/AngiospermasWEB.pdf>
- Courtis, A. C. (2013). *Fisiología Vegetal*. FaCENA. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/GuiadeestudioGerminacion.pdf>
- Cuellar Bautista, J. E., & Mendo Ponce, D. V. (2023). *Catálogo de Semillas Forestales* (Vol. 52). Universidad Nacional Agraria la Molina. <https://www.lamolina.edu.pe/fac>
- Cuitlahuac, V. (2017). *Estudio silvicultural de la especie Sapindus saponaria L.* [Tecnológico Nacional de México]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25386.54724>
- Das Neves, M. I. R. S., de Araújo Neto, J. C., Ferreira, V. M., da Silva, C. B. da, Melo Júnior, J. L. A., Melo, L. D. F. A., Farias, A. S., Galvão, E. R., & da Silva, V. S. G. (2018). Morphometric Characterization and Seed Dormancy Overcoming of *Sapindus saponaria L.* *Journal of Agricultural Science*, 10(7), 329. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n7p329>
- De la Cuadra, C. (1992). *Germinación, latencia y dormición de las semillas*. Rivadeneyra S.A. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1992_03.pdf
- Di Saco, A., Way, M., Lobos, P. L., & Suárez Ballasteros, C. I. (2018). *Manual de recolección , procesamiento y almacenamiento de semillas de plantas silvestres. VI.2*. Royal Botanic Gardens Kew. https://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/Manual-de-SemillasV1.2_Esp.pdf

- Diniz, G. L., da Silva, G. J., & Lopes, K. P. (2018). Superación de dormência em sementes de *Sapindus saponaria* L. (Sapindaceae). *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 13(2), 246. <https://doi.org/10.18378/rvads.v13i2.5286>
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74–85. <https://doi.org/10.1007/s10265-009-0279-8>
- Espinosa, M., Acuña, E., García, J., Rodríguez, R., & Rubilar, R. (Eds.). (2017). *Silvicultura de bosques plantados con fines productivos*. Universidad de Concepción. https://www.forestal.udec.cl/wp-content/uploads/2021/10/Silvicultura_de_bosques.pdf
- Espitia, M., Cardona, C., & Araméndiz, H. (2016). Seed Germination Tests of Native Forest Species of Cordoba, Colombia in Laboratory and Greenhouse. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19(2), 307–315. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v19n2/v19n2a07.pdf>
- Fang, Y., Enhe, Z., Qinli, W., & Zhuhong, M. (2016). Germination and dormancy-breaking of *Daphne giraldii* Nitsche (Thymelaeaceae) seeds from northwestern China. *Revista Chapingo*, 22(1), 99–113. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2015.04.015>
- Garcia dos Santos, S. R., Stecca, R. S., de Souza, L. C., & Silva, S. D. S. R. (2020). Tratamentos pré-germinativos em sementes de *Sapindus saponaria* L. *Revista Agraria Academica*, 3(5), 147–154. <https://doi.org/10.32406/v3n52020/147-154/agrariacad>
- Gergoff, G. E., Ruscitti, M. F., & Gimenez, D. O. (2023). *Introducción a la propagación vegetal de la fisiología a la práctica integrada*. Universidad Nacional de la Plata; EDULP. <https://core.ac.uk/download/597602003.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado de San Vicente de Pusir. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia San Vicente de Pusir*.

<https://www.municipiobolivar.gob.ec/images/PDF/2021/07/ESTUDIO-GESTION-DE-RIESGOS-SAN-VICENTE-DE-PUSIR.pdf>

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Ibarra. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Del Cantón Ibarra.*

https://www.academia.edu/27357890/PLAN_DE_DESARROLLO_Y_ORDENAMIENTO_TERRITORIAL_DEL_CANTÓN_CUENCA

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Mira. (2020). *Plan de Desarrollo Y Ordenamiento Territorial del Cantón Mira.*

<https://www.mira.gob.ec/Transparencia2023/Enero/Literalk/PDYOTCANTONMIRA2020-2023.pdf>

Gold, K., Lobos, P. L., & Way, M. (2004). *Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para la conservación a largo plazo y restauración ecológica.* La Serena.

[https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7000/Boletín INIA N° 110?sequence=1&isAllowed=y](https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7000/Boletín_INIA_Nº_110?sequence=1&isAllowed=y)

Gómez, L. (2004). Estimación de la capacidad germinativa y el vigor de las semillas de diomate (*Astronium graveolens* Jacq.) sometidas a diferentes tratamientos y condiciones de almacenamiento. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57(1), 2215–2228.

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24177/24804>

Hernández, Y., & Gonzáles, M. E. (2010). Efectos de la contaminación microbiana y oxidación fenólica en el establecimiento Invitro de frutales Perennes. *Cultivos Tropicales*, 31(4).

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000400015

Hudson, T. H. (1997). *Propagacion de plantas.* Impreso en México.

https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/45969/mod_resource/content/1/Propagaci

on de plantas.pdf

- Huerta-Paniagua, R., & Rodríguez-Trejo, D. A. (2011). Efecto del tamaño de semilla y la temperatura en la germinación de *Quercus rugosa* Née. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, 17(2), 179-187,. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.08.053>
- ISTA. (2016). Reglas Internacionales para el Análisis de Semillas. *International Rules for Seed Testing*, 2016(1), 1–384. <https://doi.org/10.15258/istarules.2016.f>
- Kamble, V. R., Sayed, B. K., & Kavade, S. P. (2013). Effect of some pre-sowing treatments on *Sapindus laurifolius* seed germination. *Journal of Research in Plant Sciences*, 1(2), 1–6. https://www.researchgate.net/publication/276279273_Effect_of_some_pre-sowing_treatments_on_Sapindus_laurifolius_seed_germination
- Lafetá, B. O., Ramos, L. G. M., Silva, N. G. da C., Silva, S. C., Nascimento, P. Do, & Sugawara, M. T. (2020). Biometria de frutos e sementes e superação da dormência em *Sapindus saponaria* L. *Scientia Agraria Paranaensis*, 18(3), 297. <https://doi.org/10.18188/sap.v18i3.21843>
- Loayza, A. P., García-Guzmán, P., Carozzi Figueroa, G., & Carvajal, D. E. (2023). Dormancy - break and germination requirements for seeds of the threatened Austral papaya (*Carica chilensis*). *Scientific Reports*, 13, 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44386-y>
- Lugo-García, G. A., García-Moya, E., Pacheco-Aispuro, E., Sánchez-Soto, B. H., & Reyes-Olivas, Á. (2017). Métodos de escarificación en semillas de *Guaiacum coulteri*, especie amenazada del bosque tropical caducifolio del norte de Sinaloa, México. *Guayana Botánica*, 74(2), 262–268. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/gbot/v74n2/0717-6643-gbot-74-02-00262.pdf>
- Magnitskiy, S. V., & Plaza, G. A. (2007). Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales. *Agronomía Colombiana*, 25(1), 96–103.

<http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v25n1/v25n1a11.pdf>

Mangure, J. D. (1962). Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176–177.

Manzanero, M., & Pinelo, G. (2004). *Plan silvicultural en unidades de manejo forestal*. WWF Centroamérica. <https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/plansilvicultural.pdf>

Martins, C. C., Zucareli, C., & Coimbra, R. A. (2011). Procedimentos de colheita dos frutos na qualidade fisiológica de sementes de *Sapindus saponaria* Mart. *Ciências Agrárias, Londrina*, 32(1), 1825–1830. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32Suplp1825>

Matilla, Á. J. (2016). Desarrollo y germinación de las semillas. In J. Azcón-Bieto & M. Talón (Eds.), *Fundamentos de la fisiología vegetal* (pp. 1–22). McGraw Hill. https://www.researchgate.net/publication/271512205_Desarrollo_y_germinacion_de_las_semillas

Minchala-Patiño, J., Poma-Angamarca, R., Muñoz-Chamba, L., Yaguana-Arévalo, M., González Zaruma, D., Eras-Guamán, V. H., Rojas-Hidrogo, C., & Delgado-Paredes, G. E. (2014). Propagación in vitro de *Prosopis limensis* Benth. in Hook. (Fabaceae - Mimosoideae). *Revista de Ciencias Forestales - Quebracho*, 22(1,2), 88–99. <http://www.scielo.org.ar/pdf/quebra/v22n2/v22n2a04.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2017). *Deforestación del Ecuador Continental - Período 2014- 2016*.

Molist, P., Megías, M., & Pombal, M. A. (2018). *Atlas de Histología Vegetal y Animal*. Universidad de Vigo. <https://mmegias.webs.uvigo.es/descargas/o-v-semilla.pdf>

Oliveira, L. M., Bruno, R. de L. A., Silva, K. da R. G. da, Silva, V. D. da M., Ferarri, C. dos S., & Silva, G. Z. da. (2012). Germinação e vigor de sementes de *sapindus saponaria* L. submetidas a tratamentos prégerminativos, temperaturas e substratos. *Ciencia Rural*, 42(4), 638–644.

<https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000400010>

Oliveira Lafetá, B., Medeiros Ramos, L. G., da Costa Silva, N. G., Silva, S. C., do Nascimento, P., & Sugawara, M. T. (2019). Biometria de frutos e sementes e superação da dormência *Sapindus saponaria* L. *Scientia Agraria Paranaensis*, 18(3), 297–302.

Osuna Fernández, H. R., Osuna Fernández, A. M., & Fierro Álvarez, A. (2017). *Manual de propagación de plantas superiores*. Impreso en México. https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/manual_plantas.pdf

Pérez, C., & Romero, J. M. (2016). Rasgos morfológicos de semillas y su implicación en la conservación ex situ de especies leñosas en los bosques secos Tumbesinos. *Ecosistemas*, 25(2), 59–65. <https://www.redalyc.org/pdf/540/54046745007.pdf>

Pérez Fernández, M. A., & Gómez Gutiérrez, J. M. (2003). Importancia e interpretación de la latencia y germinación de semillas en ambientes naturales. In J. M. Nicolau Ibarra, J. M. Rey Benayas, & T. Espigares Pinilla (Eds.), *Restauración de ecosistemas mediterraneos* (pp. 87–112). Universidad de Alcalá. https://www.researchgate.net/publication/259622853_Importancia_e_interpretacion_de_la_latencia_y_germinacion_de_semillas_en_ambientes_naturales

Pernús, M., & Sánchez, J. A. (2018). Tratamientos de semillas. In J. A. Sánchez Rendón & E. F. Furrázola Gómez (Eds.), *Ecotecnologías para la restauración ecológica*. Editorial Academia.

Pita Villamil, J. M., & Pérez García, F. (1992). *Germinación de semillas*. Din Impresores. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf

Read, R. A., & Zasada, J. C. (2008). *Sapindus saponaria* var. *drummondii* (Hook. & Arn.) L. Benson western soapberry. In F. D. Bonner & R. Karrfalt (Eds.), *The woody plant seed*

- manual* (pp. 1019–1021). USDA Forest Service.
https://www.fs.usda.gov/rm/pubs_other/wo_AgricHandbook727/wo_AgricHandbook727_1019_1021.pdf%0A
- Romero-Saritama, J. M., & Pérez Ruiz, C. (2016). Rasgos morfológicos de semillas y su implicación en la conservación ex situ de especies leñosas en los bosques secos Tumbesinos. *Ecosistemas*, 25(2), 59–65. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-2.07>
- Rosbal Ayan, L., Martínez González, L., Reyes Guerrero, Y., Dell Amico Rodríguez, J., & Núñez Vázquez, M. (2014). Revisión bibliográfica aspectos fisiológicos, bioquímicos y expresión de genes en condiciones de déficit hídrico. Influencia en el proceso de germinación. *Cultivos Tropicales*, 35(3), 24–35. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193232155003.pdf>
- Rubio-Licona, L. E., Romero-Rangel, S., Rojas-Centeno, E. C., Durán-Díaz, Á., & Gutiérrez-Guzmán, J. C. (2011). Variación del tamaño de frutos y semillas en siete especies de encino (*Quercus*, Fagaceae). *Polibotánica*, 32, 135–151. <https://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n32/n32a8.pdf>
- Rzedowski, J., & Calderón, G. (2006). *Flora del bajío y de regiones adyacentes*. Impreso en México.
<http://incolbajio.incol.mx/floradelbajio/documentos/fasciculos/ordinarios/Sapindaceae142.pdf>
- Sainz Campillo, C., Del Amo Rodríguez, S., Vergara Tenorio, M. del C., & Ramos Prado, J. M. (2008). *Germinación y manejo de especies forestales tropicales*. Impreso en México.
<https://www.uv.mx/personal/sdelamo/files/2012/11/Germinacion-y-manejo-de-especies.pdf>
- Sánchez, J. A., Montejo, L. A., & Muñoz, B. C. (2011). Características seminales de árboles de la familia Sapindaceae. *Acta Botánica Cubana*, 212, 12–20.

https://www.researchgate.net/publication/280935795_Caracteristicas_seminales_de_arboles_de_la_familia_Sapindaceae_Seed_characteristic_of_trees_to_Sapindaceae_family

Sánchez, J. A., Pernús, M., Torres-Arias, Y., Barrios, D., & Dupuig, Y. (2019). Dormancia y germinación en semillas de árboles y arbustos de Cuba : implicaciones para la restauración ecológica. *Acta Botanica Cubana*, 218(2), 77–108.

https://www.researchgate.net/publication/339102113_Latencia_y_germinacion_en_semillas_de_arboles_y_arbustos_de_Cuba_implicaciones_para_la_restauracion_ecologica
Dormancia y germinación en semillas de árboles y arbustos de Cuba implicaciones para la restauración ecológica

Sánchez, J. A., & Silva, L. J. (2008). Estudio silvicultural de la especie *Sapindus saponaria* L. (jabonillo) como base para su aprovechamiento silvoindustrial. *Revista Colombiana Forestal*, 11, 71–81. <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v11n1/v11n1a05.pdf>

Sautu, A., Baskin, J. M., Baskin, C. C., Deago, J., & Condit, R. (2007). Classification and ecological relationships of seed dormancy in a seasonal moist tropical forest , Panama , Central America. *Seed Science Research*, 17, 127–140. <https://doi.org/10.1017/S0960258507708127>

Silva, S., Ursulino, E., Riselane, A., & Alcântara, D. L. (2018). Superação da dormência de sementes de *Sapindus saponaria* L. *Ciência Florestal*, 28(3), 987–996. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509833376%0A>

Souto, C. P., Pelliza, Y. I., & Tadey, M. (2023). Estrategias de germinación en distintos tipos sucesionales de especies del Monte Patagónico. *Ecología Austral*, 33, 757–772. <https://doi.org/10.25260/EA.23.33.3.0.1996>

Sulisetijono, Laras Arumingtyas, E., Mastuti, R., & Indriyani, S. (2016). Physical and chemical treatments to break seed dormancy on lerak (*Sapindus rarak* DC.). *International Journal of*

Agriculture and Environmental Research, 02(04), 936–947.

<https://www.researchgate.net/profile/Sulisetijono->

Sulisetijono/publication/306328868_PHYSICAL_AND_CHEMICAL_TREATMENTS_TO_BREAK_SEED_DORMANCY_ON_LERAK_Sapindus_rarak_DC/links/57b8799d08ae14f440bb49a4/PHYSICAL-AND-CHEMICAL-TREATMENTS-TO-BREAK-SEED-DORMANCY-

Usiña Estrada, K. M. (2017). *Análisis de las propiedades surfactantes de saponinas obtenidas de los frutos de Sapindus saponaria L.* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Archivo digital. <https://www.semanticscholar.org/paper/Análisis-de-las-propiedades-surfactantes-de-de-los-Estrada-Marcela/af51b27ef9193f3211432440cd739e5a3c44c972>

Varela, S. A., & Arana, V. (Eds.). (2011). *Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos.* (Issue 1). EEA Bariloche, INTA. https://repositorio.inta.gov.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/11393/INTA_CRPatagoniaNorte_EEABariloche_Varela_SA_Latencia_Y_Germinacion_De_Semillas_Tratamientos_Pregerminativos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vázquez - Yanes, C., & Toledo, J. R. (1989). El almacenamiento de semillas en la conservación de especies vegetales. Problemas y aplicaciones. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 49, 61–69. <https://doi.org/10.17129/botsci.1366>

Viveros Viveros, H., Hernández Palmeros, J. D., Velasco García, M. V., Robles Silva, R., Ruiz Montiel, C., Aparicio Rentería, A., Martínez Hernández, M. de J., Hernández Villa, J., & Hernández Hernández, M. L. (2015). Análisis de semilla, tratamientos pregerminativos de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. y su crecimiento inicial. *Revista Mexicana de*

Ciencias Forestales, 6(30), 52–65.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322015000400005

ANEXOS

Anexo 1

Fotografías de la fase de campo

Foto 1

Recolección de semillas



Foto 2

Aplicación del tratamiento pregerminativo mecánico por treinta segundos



Foto 3

Aplicación del tratamiento pregerminativo químico con ácido sulfúrico



Foto 4

Siembra de semillas

