



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR, MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.**

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS EN *Bursera
graveolens* (Kunth) Triana & Planch (palo santo), CAMPUS EXPERIMENTAL
YUYUCOCHA IBARRA, ECUADOR.”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de INGENIÉRO FORESTAL

Línea de investigación: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible

Autor: Silva Huera Bryan Josue

Director: Ing. Guillermo David Varela Jácome MSc.

IBARRA, ECUADOR - 2025



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:	1003593009		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Bryan Josue Silva Huera		
DIRECCIÓN:	Avenida 17 de Julio y Fernando Rielo		
EMAIL:	bjsilvah@utn.edu.ec / bryan97_13@outlook.com		
TELÉFONO FIJO:	062615030	TELÉFONO MÓVIL:	0994433737

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS EN <i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch (palo santo), CAMPUS EXPERIMENTAL YUYUCOCHA IBARRA, ECUADOR. ”
AUTOR:	Bryan Josue Silva Huera
FECHA: AAAAMMDD	2025 – julio - 30
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
CARRERA / PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Forestal
TUTOR:	Ing. Guillermo David Varela Jácome MSc.

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Silva Huera Bryan Josue, con cédula de identidad Nro. 1003593009, en calidad de autor 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 31 días del mes de Julio de 2025

EL AUTOR:

Firma.....

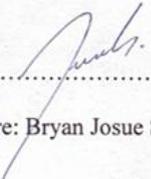
Nombre: Bryan Josue Silva Huera

CONSTANCIA

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

Ibarra, a los 31 días, del mes de Julio de 2025

EL AUTOR:

Firma.....

Nombre: Bryan Josue Silva Huera

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 31 de Julio de 2025

Ing. Guillermo David Varela Jácome MSc.

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)

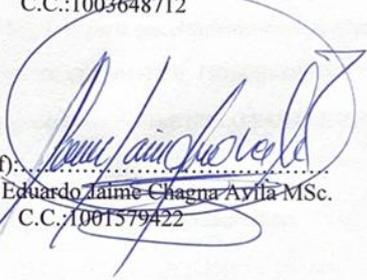
Ing. Guillermo David Varela Jácome MSc.

C.C.: 1003648712

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del Trabajo de Integración Curricular “EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS EN *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch (palo santo), CAMPUS EXPERIMENTAL YUYUCOCHA IBARRA, ECUADOR.” elaborado por Bryan Josue Silva Huera, previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): 
Ing. Guillermo David Varela Jácome MSc.
C.C.:1003648712

(f): 
Ing. Eduardo Jaime Chagna Aylla MSc.
C.C.:1001579422

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de titulación a Dios por darme la perseverancia y los motivos para alcanzar esta meta académica. Mi Madre y Padre que siempre están apoyándome en todos mis planes para mi vida con sus consejos y su experiencia.

Esta investigación dedico a mis ingenieros que me apoyaron a pesar de las dificultades que les daba y ellos siempre estuvieron para mí de la mejor manera.

A mi hermano de vida Edison que después de toda la odisea que pase estos años siempre se quedó a mi espalda cuidándome y motivándome a que no deje mis planes y metas académicas.

Bryan Josue Silva Huera

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la carrera que escogí como parte de mi vida, la carrera Ingeniería forestal la cual me brindo los conocimientos de como sobresalir en lo académico, social y laboral. Agradezco a Dios por brindarme la salud y fuerza para culminar mis estudios, a mi Madre y Padre por su paciencia y sus consejos para que tenga buenos resultado en mi vida.

Agradezco a mi tutor a los ingenieros que me brindaron su paciencia para realizar mi investigación y culminar con éxito mi titulación. Y un agradecimiento a mi hermano Edison Pambaquishpe que su paciencia y amista me impulsaba siempre a culminar mis estudios y siempre me apoyaba en todas las decisiones y de igual manera me refutaba en una de ellas.

Bryan Josue Silva Huera

RESUMEN

La *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch, conocida comúnmente como palo santo, es una especie nativa de la región ecuatoriana, con un importante valor ecológico, cultural y económico. Su madera aromática y sus aceites esenciales tienen aplicaciones en diversos sectores sociales. Sin embargo, la escasa información con la relación del efecto que tienen los tratamientos pre-germinativos en la germinación de esta especie ha generado preocupaciones sobre su sostenibilidad a largo plazo, la semilla muestra una latencia fuerte y un porcentaje alto en semillas no viables, dentro de viveros y laboratorios. Se detalla que esta especie tiene un 2% de regeneración natural. Frente a esta situación, la investigación y el desarrollo de métodos eficaces fueron analizados a los 60 días de su plantación, utilizando tratamientos pre-germinativos de escarificación química, térmica y lixiviación. El objetivo de estudio fue evaluar el efecto de los tratamientos pre-germinativos en la tasa de germinación de *Bursera graveolens*, para lo cual la metodología utilizada fue un enfoque cuantitativo, con una investigación mediante la aplicación de un diseño experimental por Bloques Completos al Azar (DBCA), ANOVA y una prueba estadística de Tukey. Se aplicaron los parámetros de las normas ISTA en un lote de 500 muestras para analizar la calidad de la semilla, el experimento se realizó con cuatro tratamientos más un testigo, T1- Lixiviación, T2- Hipoclorito 75%, T3- Agua 100°C* 10min, T4- Agua 100°C* 2min, T5- Testigo con un sustrato a base de materia orgánica, pomina y suelo de lugar. En este sentido, los resultados fueron que el Tratamiento 2 (T2) fue el más eficaz en la evolución del experimento, demostrando cifras significativas en el porcentaje de germinación, velocidad de germinación, tiempo promedio e índice de germinación. Demostrando datos de gran relevancia para futuras investigaciones.

Palabras clave: Germinación, ANOVA, latencia, tratamientos.

ABSTRACT

Bursera graveolens (Kunth) Triana & Planch, commonly known as palo santo, is a native species of the Ecuadorian region, with an important ecological cultural and economic value. Its aromatic wood and essential oils have applications in various social sectors. However, the scarce information on the effect of pre-germinative treatments on the germination of this species has generated concerns about its long-term sustainability, the seed shows a strong dormancy and a high percentage of non-viable seeds in nurseries and laboratories. It is detailed that this species has a 2% of natural regeneration. Faced with this situation, research and development of effective methods were analyzed 60 days after planting, using pre-germinative treatments of chemical and thermal scarification and leaching. The objective of the study was to evaluate the effect of pre-germination treatments on the germination rate of *Bursera graveolens*, for which the methodology used was a quantitative approach, with an investigation through the application of an experimental design by Randomized Complete Blocks (DBCA), ANOVA and a Tukey statistical test. The parameters of the ISTA standards were applied in a batch of 500 samples to analyze seed quality, the experiment was conducted with four treatments plus a control, T1- Leaching, T2- Hypochlorite 75%, T3- Water100°C* 10min, T4- Water100°C* 2min, T5- Control with a substrate based on organic matter, pomina and local soil. In this sense, the results were that Treatment 2 (T2) was the most effective in the evolution of the experiment, showing significant figures in germination percentage, germination speed, average time and germination index. This data is of great relevance for future research.

Keywords: Germination, ANOVA, Treatments.

LISTA DE SIGLAS

COA. Código Orgánico ambiental

MAE. Ministerio del Ambiente del Ecuador.

MAG. Ministerio de Agricultura y Ganadería

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

ISTA. Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD	III
CONSTANCIA	IV
CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	V
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR	VI
DEDICATORIA.....	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
LISTA DE SIGLAS	XI
ÍNDICE DE CONTENIDO	1
ÍNDICE DE TABLAS	3
ÍNDICE DE FIGURAS	4
INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Problema	5
1.1.1. Problemática a investigar.....	5
1.1.2. Formulación del Problema de investigación	6
1.2. Justificación	7
1.3. Objetivos	8
1.3.1. Objetivos generales.....	8
1.3.2. Objetivos específicos	8
1.4. Hipótesis	9
CAPÍTULO I.....	10
MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes	10
2.2. Marco conceptual.....	13
2.2.1. Bursera graveolens	13
2.2.2. Taxonomía Bursera graveolens	14
Tabla 1 Taxonomía Bursera graveolens	14
2.2.3. Germinación de la semilla	14
2.2.4. Porcentaje de germinación.....	15
2.2.5. Velocidad de germinación	16
2.2.6. Índice de germinación	17
2.2.7. Tiempo promedio de germinación.....	17
2.2.8. Tratamientos pre – germinativos	18

2.2.9. Sustrato	18
CAPÍTULO II.....	19
MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
2.1. Tipo de investigación según los siguientes criterios.....	19
2.1.1. Enfoque o paradigma.....	19
2.1.2. Aspiración, objetivo o finalidad	19
2.1.3. Alcance o nivel de profundidad.....	19
2.1.4. Diseño de investigación.....	19
2.1.5. El tiempo	19
2.1.6. El lugar	20
2.2. Ubicación del lugar	20
Figura 1 Campus Yuyucocha	20
2.2.1. Límites	20
2.2.2. Política.....	21
2.2.3. Suelo	21
2.2.4. Clima	21
2.3. Materiales, equipos y software	22
Tabla 2 Materiales, equipos y software que se utilizó para desarrollar la investigación	22
2.4. Métodos, técnicas e instrumentos	22
2.4.1. Diseño experimental	22
Tabla 3 Diseño de bloques completos al Azar (DBCA).....	23
2.5. Modelo estadístico del experimento	23
2.5.1. Croquis de campo	24
Tabla 4 Tratamientos	24
2.5.2. Instalación del experimento.....	24
2.6. Variables de estudio.....	25
2.7. Análisis estadístico	28
CAPÍTULO III	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
3.1. Análisis de calidad de semilla.....	29
3.1.1. Pureza de la semilla	29
Tabla 5 Pureza de la semilla en gramos	29
3.1.2. Contenido de humedad	30
Tabla 6 Peso en gramos	30
3.1.3. Número de semillas por kg.....	31
3.2. Tratamiento de germinación	31
3.2.1. Porcentaje de germinación.....	31

Tabla 7 ANOVA- Pg	32
Tabla 8 Prueba estadística	32
3.2.2. Velocidad de germinación	33
Tabla 9 ANOVA Vg.....	34
Tabla 10 Prueba estadística	34
3.2.3. Índice de germinación	35
Tabla 11 ANOVA Ig	35
Tabla 12 Prueba estadística Ig	35
3.2.4. Tiempo promedio de germinación.....	36
Tabla 13 ANOVA Tg	37
Tabla 14 Prueba estadística Tg.....	37
CAPÍTULO IV	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
4.1. Conclusiones.....	39
4.2. Recomendaciones	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXOS Y FOTOGRAFÍAS	50
Diseño de las matrices para el registro de los datos primarios.....	50
Tabla 15 Número de semillas germinadas.....	50
Tabla 16 Hoja de campo.....	50
Tabla 17 Prueba de normalidad	51
Figura 2 Recolección de frutos.....	51
Figura 3 Limpieza de semillas.....	51
Figura 6 Secado al horno	52
Figura 7 Preparación de sustrato	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía <i>Bursera graveolens</i>	14
Tabla 2 Materiales, equipos y software que se utilizó para desarrollar la investigación	22
Tabla 3 Diseño de bloques completos al Azar (DBCA).....	23
Tabla 4 Tratamientos	24
Tabla 5 Pureza de la semilla en gramos	29
Tabla 6 Peso en gramos	30
Tabla 7 ANOVA- Pg	32
Tabla 8 Prueba estadística	32

Tabla 9 ANOVA Vg.....	34
Tabla 10 Prueba estadística	34
Tabla 11 ANOVA Ig	35
Tabla 12 Prueba estadística Ig	35
Tabla 13 ANOVA Tg.....	37
Tabla 14 Prueba estadística Tg.....	37
Tabla 15 Número de semillas germinadas.....	50
Tabla 16 Hoja de campo.....	50
Tabla 17 Prueba de normalidad.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Campus Yuyucocha	20
Figura 2 Recolección de frutos.....	51
Figura 3 Limpieza de semillas.....	51
Figura 6 Secado al horno.....	52
Figura 7 Preparación de sustrato	52

INTRODUCCIÓN

1.1. Problema

1.1.1. Problemática a investigar

En el norte de la provincia de Imbabura, específicamente en la comunidad de Cuajara, perteneciente a la parroquia de La Carolina en el cantón de Ibarra, se encuentra uno de los remanentes más importantes del bosque seco ecuatoriano, un ecosistema único que, lamentablemente, está siendo seriamente amenazado por la expansión de la frontera agrícola y diversas actividades antrópicas (Castillo, 2011). Estas presiones humanas no solo ponen en peligro la biodiversidad de la zona, sino que también afectan el material genético de especies endémicas, como *Bursera graveolens*, una planta de alto valor ecológico y económico para la región (Cueva, et.al 2019).

En el campo genético forestal el desarrollo y el cuidado de una especie es relevante para beneficiar a las comunidades aledañas al bosque, los productos maderables y no maderables se vuelven una fuente de economía siendo la especie *Bursera graveolnes* una de las aprovechadas en las comunidades, en la comunidad de Cuajara pueden implementar las prácticas de germinación para aprovechar de mejor manera a esta especie, por lo tanto la expansión de la agricultura y practicas mal ejecutadas para la germinación y conservación de esta especie impiden tener un manejo sustentable (Duran, 2023).

Uno de los principales desafíos en la propagación de *Bursera graveolens* es su bajo porcentaje de germinación, lo que representa un obstáculo significativo para los viveros forestales, la latencia profunda de las semillas es causada por las características del epicarpio, limita su capacidad para germinar de manera natural mostrando el 2% de germinación, este fenómeno hace urgente la necesidad de investigar y aplicar

tratamientos pre-germinativos adecuados que favorezcan el proceso de germinación y el desarrollo de plántulas en vivero (Morillo, et.al 2016).

La reproducción por semillas de *Bursera graveolens* demuestra un bajo porcentaje de viabilidad, la calidad de la semilla se ven afectadas ya que es muy vulnerable a las plagas y enfermedades por lo tanto su germinación natural es afectada y dado que no se tiene un registro efectivo en el desarrollo de tratamientos pre-germinativos para esta especie es de mayor importancia realizar el estudio dentro de un vivero para controlar los factores externos para su desarrollo y aprovechamiento sostenible (Soca, 2021).

No se tiene una base de conocimientos en los métodos de germinación y conservación de *Bursera graveolens* dentro de la comunidad de Cuajara, lo cual su propagación y desarrollo rentable se limita y afecta a la biodiversidad del bosque, el aprovechamiento de esta especie está acabando con los ejemplares que se encuentran. El desarrollo de este estudio es para proponer los tratamientos pre-germinativos que resalten un mayor porcentaje de germinación a través de viveros forestales, detallando alternativas para el desarrollo de esta especie y contribuyendo al bienestar de la comunidad.

1.1.2. Formulación del Problema de investigación

La inexactitud de información sobre las técnicas adecuadas para la eliminación de la latencia de las semillas de *Bursera graveolens* representa un vacío de conocimiento importante, en otras palabras, el aprovechamiento sostenible de esta especie en los ecosistemas no es tan viable. En este contexto, es fundamentalmente necesario buscar los tratamientos pre-germinativos efectivos que puedan mejorar la tasa de germinación y facilitar la conservación de esta especie en la comunidad.

1.2. Justificación

La biodiversidad de un bosque tropical es amplia, cada especie cumple con un rol y la especie *Bursera graveolens* brinda refugio y hábitad a varias especies de animales y vegetales además las características fenotípicas son aprovechadas en los ámbitos medicinales, maderables y espirituales, en otras palabras es una especie de valor económico y sociocultural para las comunidades locales (Chalan, et.al 2023).

Se tiene presente que esta especie tiene dificultad en desarrollarse naturalmente, ya que la latencia de la semilla es muy alta impidiendo un porcentaje de germinación adecuado para su desarrollo y propagación en su ecosistema, este impedimento más el desconocimiento de los tratamientos pre-germinativos adecuados para superar esta latencia, existe la deficiencia del manejo de la especie por lo cual no se presentan estudios sobre el comportamiento de sus semillas en viveros forestales, en otras palabras no se pudo tener un modelo de desarrollo sostenible que permita el aprovechamiento de los recursos sin hacer un daño a la biodiversidad del bosque seco (Morgan & Shibu, 2013).

La investigación propuesta busca llenar este vacío de conocimiento, evaluando y probando tratamientos pre-germinativos, tanto físicos como químicos, que puedan mejorar la tasa de germinación de *Bursera graveolens* en condiciones controladas. A través de este enfoque, se espera reducir la latencia de las semillas, facilitando su germinación y promoviendo el cultivo de plántulas saludables. El manejo adecuado de la especie no solo contribuirá a la conservación de la biodiversidad en el bosque seco, sino también a la sostenibilidad económica de las comunidades locales, al proporcionarles una fuente estable de productos maderables y no maderables.

Los resultados de la presente investigación serán importantes para el mejoramiento de un porcentaje de germinación efectivo para la implementación en los

viveros forestales locales, mejorando la propagación de *Bursera graveolens* y accediendo al manejo responsable de esta especie. Además, los datos recopilados servirán como base para futuras investigaciones y podrán ser aprovechados en otras zonas de bosques secos, así favoreciendo a la conservación y restauración de estos ecosistemas que transitan por el tiempo de expansión de la frontera agrícola y otras actividades humanas.

En un sentido más amplio, el estudio tendrá un aporte en las prácticas forestales sostenibles en la región, expandiendo el conocimiento dentro de la comunidad de Cuajara y otras áreas cercanas para el manejo de recursos naturales de una manera responsable como de igual forma dar un opción a nuevos proyectos para cumplir con necesidades económicas a través del patrimonio natural. Asimismo, impulsará la investigación en el campo de la genética forestal y en el desarrollo de técnicas innovadoras para la conservación de especies.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos generales

Evaluar el efecto de los tratamientos pre-germinativos en la tasa de germinación de *Bursera graveolens*.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar la calidad de semilla de *Bursera graveolens* bajo los estándares internacionales de las normas (ISTA).
- Identificar el tratamiento pre-germinativo y evaluar la influencia en la tasa de germinación de *Bursera graveolens* para la propagación de la especie.

1.4. Hipótesis

Ho: Los tratamientos pre-germinativos tiene un efecto estadísticamente igual en la germinación de las plántulas *Bursera graveolens*.

Ha: Al menos uno de los tratamientos pre-germinativos estudiados influye de manera significativa diferente en el proceso de germinación de las plántulas *Bursera graveolens*.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

La diversidad biológica de los bosques es abundante y rica en diferentes especies vegetales. Los estudios de estas especies agrícolas, vegetales, árboles, arbustos, flores y hierbas medicinales son uno de los principales aportes de la comunidad científica para la conservación, manejo y planificación de un ecosistema (Álvarez et al., 2006).

El Estado ecuatoriano, al ser uno de los países megadiversos del mundo posee una riqueza en recursos genéticos y naturales, los bosques secos se destacan por su importancia ecológica y cultural, son aprovechados históricamente por diversas civilizaciones para la extracción de productos maderables y no maderables, dando huso prolongado para el establecimiento de viviendas y cultivos en estas áreas, lo que ha modificado gradual mente el ecosistema (Riofrio, 2018).

La conservación de recursos naturales contribuye significativamente a cuidar, mantener y aumentar la diversidad genética para la restauración y preservación de los ecosistemas, la propagación de las especies forestales se basa en producir dos tipos de frutos: secos y carnosos, la dispersión de sus semillas ocurre a través del viento y la intervención de animales, los cuales son: zoocoria (dispersión por animales) y anemocoria (dispersión por viento), a su vez las semillas adoptan habilidades estructurales para facilitar el desplazamiento (León et al., 2014).

Las semillas poseen una cutícula interna y externa estas capas están cubiertas por un tejido grueso teniendo como objetivo brindar protección, estas características estructurales se les conoce como la testa, es un mecanismo de defensa que brinda la protección del micropilo y del endospermo, este a su vez puede consumir las reservas alimenticias dando un desarrollo de germinación efectiva. Los dos tipos de semillas son

ortodoxas y recalcitrantes, sus diferencias son en el tiempo de sobrevivencia en condiciones climáticas distintas, por lo cual se necesita tratamientos pre-germinativos para tener un desarrollo y porcentaje de germinación alto en vivero, estos pueden ser escarificado, estratificado, inmersión en agua caliente o temperatura ambiente, estimulantes químicos y lixiviación (Luca, 2006).

El estado de latencia de una semilla varía dependiendo la especie, mostrando un porcentaje de germinación bajo o alto, esta latencia tiene un rango de tiempo de semanas, meses o años para poder tener la maduración de esta, existen tratamientos pres-germinativos para disminuir el letargo de latencia (Varela & Arana, 2010).

Todas las semillas de las especies forestales presentan distintos tipos de latencias, para la disminución de la latencia se requiere emplear tratamientos pre-germinativos, como escarificación química y física. Se ha estudiado varios usos de cetonas y ácidos en los tratamientos de escarificación química que pueden elevar el porcentaje de germinación en vivero, dentro del laboratorio los tratamientos de escarificación mecánica juntos a las cajas Petri presentan un alto porcentaje de germinación (Rodríguez et al., 2024).

La evaluación de la calidad de semilla se realiza siguiendo las normas establecidas por la International Seed Testing Association – ISTA. Estos métodos incluyen procedimientos de muestreo y análisis que garantizan la eficacia de los ensayos. Entre los aspectos evaluados se encuentran, Pureza física, Contenido de humedad, Peso específico y Porcentaje de germinación (ISTA, 2016).

El 80% de la diversidad florística del mundo se lo puede encontrar en el Ecuador, la gran variedad de bosques que se desarrollan resalta una importancia biológica para la comunidad científica. Los bosques secos prosperan de 0 – 2000 m.s.n.m. Dentro de las principales especies esta *Bursera graveolens* (Kunth) Triana y

Plach, se la conoce como Palo santo, cuya habitad de desarrollo son en laderas y planicies, mayormente se encuentran en las provincias de Imbabura, Loja, Guayas, Manabí y Galápagos (MAE, 2012).

En estudios realizados por Sanders et al. (2008), maneja tratamientos pre-germinativos a seis especies de *Bursera* (*B. bicolor*, *B. bipinnata*, *B. copallifera*, *B. fagaroides*, *B. glabrifolia* y *B. grandifolia*) el primero fue la inmersión en ácido clorhídrico (pH 1.5, sol. 0.03 N) durante 15 min, en el segundo se aplicó escarificación mecánica con lija (realizada manualmente, 40 s por semilla) y, el tercer procedimiento fue evaluado sin tratamiento, las semillas se desinfectaron por inmersión en hipoclorito de sodio al 10% (10 min) y se colocaron en cajas Petri en un medio compuesto por tierra negra pasteurizada, perlita y arena para ser evaluadas; cada caja contó con 20 semillas, fundamentando los resultados en nulo ya que no hubo un cambio significativo en estos procedimientos.

La especie *Bursera graveolens* es requerida para la alimentación de caprinos, animales silvestre y ganado por lo cual su regeneración natural es afectada y no se desarrolla en abundancia, imposibilitando la germinación, manejo, propagación y distribución, por lo cual es necesario utilizar métodos de producción y conservación de esta especie forestal (Aguirre & Cabrera, 2020). Esta especie para la comunidad es importante por su significado cultural y económico, sus productos no maderables como la producción de resinas y exudados, son participes en la medicina para el tratamiento de reumatismo, dolor de estómago, hernias entre otros. En el aspecto cultural se la utiliza en ceremonias religiosas (Benítez et al., 2023).

Finalmente, es importante detallar que el desarrollo de plántulas en vivero tiene resultados excelentes en las especies que tienen un valor económico como también un origen exótico, reproducir ejemplares con características fenotípicas que predominen en

el tiempo es necesario realizar un estado de procedencia, tipos de semilla, métodos y la época de su recolección (Quiroz et al., 2009).

2.2. Marco conceptual

2.2.1. *Bursera graveolens*

En Latinoamérica existe una variedad extensa de especies nativas, *Bursera graveolens* es una especie con características importante dentro del campo de la medicina y los productos maderable y no maderables, se la emplea en fiestas ancestrales lo cual es una fuente de comercialización muy apetecible, por otro lado la explotación amenaza con su conservación afectado el habitat donde se desarrolla y promoviendo el riesgo de su preservación (Pinta et al., 2016).

En Ecuador esta especie se la conoce como Palo santo perteneciente a la familia Burseracea, se ha desarrollado en países latinoamericanos como Perú y Colombia, dándose a conocer por su aroma que se puede ser más apreciada cuando tiene contacto con el fuego, siendo una especie valiosa en ceremonia espirituales, medicina tradicional y aromaterapia (Peñañiel, 2023).

Por lo consiguiente, esta especie tiene propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes por lo tanto la biomasa leñosa es utilizada en la farmacología, *Bursera graveolens* es una especie arbórea con varios usos y aspectos que si son desarrollados con un buen manejo podemos tener una fuente económica para las comunidades pero por la sobre explotación tiene el gran desafío ecológico para su conservación.

2.2.2. Taxonomía *Bursera graveolens*

La taxonomía de una especie es la clasificación científica que organiza y categoriza a los organismos vivos dentro de un sistema jerárquico basado en sus características biológicas y evolutivas. Esta clasificación permite identificar, nombrar y agrupar a las especies de manera sistemática, facilitando su estudio y conservación (Pachés, 2019). De acuerdo con lo antes mencionado la taxonomía de *Bursera graveolens* conocida comúnmente como palo santo, pertenece a la familia Burseraceae, un grupo de árboles resinosos con propiedades aromáticas y medicinales, como se muestra a continuación.

Tabla 1 Taxonomía *Bursera graveolens*

Taxonomía del <i>Bursera graveolens</i> (Kunth)	Descripción
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Sapindales
Familia	Burseraceae
Género	<i>Bursera</i>
Nombre Científico	<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.
Nombre Común	Palo santo

Fuente: (Mora, 2022)

2.2.3. Germinación de la semilla

De acuerdo con lo manifestado por Quiroz et al. (2009), la germinación es el proceso en el que el embrión desenvuelve estructuras primarias permitiendo el crecimiento de una planta. Inicia con la absorción de agua, la reactivación del metabolismo y el comienzo del desarrollo vegetal. En este sentido, la germinación es el proceso en el que una semilla comienza a desarrollarse y se convierte en una plántula, es decir, marca el inicio de la vida de una nueva planta.

En contraste, la germinación puede definirse como el proceso biológico mediante el cual una semilla viable comienza su desarrollo, activando una serie de

procesos metabólicos y fisiológicos que culminan con la emergencia de la radícula, la cual marca el inicio de la formación de una plántula capaz de crecer y ser autosuficiente (Caroca et al., 2016).

Uno de los procesos principales en el desarrollo de las especies arbóreas es el proceso de germinación, las semillas pasan por tiempo en el cual se transforman en plántulas independientes capaces de obtener su propio alimento, para ello el ambiente tiene que ser adecuado por eso el porcentaje de germinación dentro de un vivero es más alto, las etapas que pasa la semilla es activación, crecimiento del embrión y emergencia de la plántula (Ruiz et al., 2021).

En concordancia a lo dicho, el proceso biológico que tiene la germinación de la semilla es un cambio constante de procesos fisiológicos, para dar inicio es cuando la semilla permite que entre agua al embrión, donde se activa su desarrollo inicial por lo cual tiene como fin emerger una radícula que es el primer órgano visible para que continúe un desarrollo efectivo de la plántula

2.2.4. Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación es el valor que enseña la proporción de semillas que fueron evaluadas y germinan exitosamente. Se expresa como un porcentaje y se calcula dividiendo el número de semillas que germinan entre el número total de semillas sembradas, multiplicado por 100 (Ceballos & Lopez, 2007).

De acuerdo con lo manifestado por Doria (2010) considera que el porcentaje de germinación es el porcentaje de semillas que logran germinar dentro de un período de tiempo determinado y bajo condiciones controladas y se utiliza para evaluar la viabilidad de las semillas. Este porcentaje recopilado permite extender estudios de

calidad de semillas, teniendo en cuenta el tiempo que se emplea el experimento para el mejoramiento genético o desarrollo de más plántulas en un tiempo menor.

Por consiguiente, el porcentaje que tiene un lote de semillas refleja la capacidad de germinar y desarrollar una plántula bajo condiciones específicas de humedad, temperatura y luz. Este porcentaje se calcula dividiendo el número de semillas que germinan satisfactoriamente entre el total de semillas sembradas, y se expresa como un valor porcentual. El porcentaje de germinación es fundamental para evaluar la viabilidad de las semillas y la calidad del material de siembra, porque no todas las semillas de un lote pueden tener la misma capacidad para germinar debido a factores genéticos, fisiológicos o ambientales.

2.2.5. Velocidad de germinación

La velocidad de germinación enuncia el número de semillas germinadas por día que ha transcurrido (Martínez et al., 2010). Guadalupe et al. (2014), indica que la velocidad de germinación se adquiere al mismo tiempo que se comprueban los porcentajes de germinación.

Por lo tanto, la velocidad de germinación se lleva a cabo en dos aspectos que van en conjunto, cada semilla germinada es evaluada con la velocidad que lo hace. Es un indicador importante de la calidad que tiene el lote que se está evaluando dentro del experimento, entre mejor se tenga una calidad de lote de semillas controladas el efecto de la velocidad de germinación junto con el porcentaje se elevaran, demostrando la viabilidad que tienen.

2.2.6. Índice de germinación

El índice de germinación se representa a través de la multiplicación de la proporción de semillas germinadas por el crecimiento que llega a tener la raíz. Este parámetro sirve para identificar factores ya sean favorables o no, por lo tanto, el índice indica el crecimiento que se lleva a cabo en todo el experimento (Rodríguez et al., 2014).

Según ISTA el índice de germinación es un dato cuantitativo que no solo se enfoca en el porcentaje de semillas germinadas, sino que relaciona los datos de la velocidad y el patrón que muestran las semillas en su crecimiento, demostrando la viabilidad de cada una (ISTA, 2016).

En este contexto, calcular el índice de germinación relaciona un total absoluto entre el número de semillas que germinan con la rapidez del desarrollo. Este índice combina el porcentaje de germinación con el tiempo que tarda en desarrollarse la radícula, proporcionando una visión más completa del vigor y la uniformidad del proceso germinativo. Es una herramienta clave para evaluar la calidad y la viabilidad de las semillas, ayudando a determinar cuán efectivas son para comenzar su crecimiento bajo condiciones controladas.

2.2.7. Tiempo promedio de germinación

De acuerdo con lo manifestado por González (1996) la resistencia a la germinación muestra el tiempo que tarda una semilla en iniciar el proceso del desarrollo representado por la variable T. De igual forma Ríos et al. (2018), expresan que el tiempo promedio de germinación (T), corresponde al periodo medio requerido para la semilla pueda completar el proceso de germinación.

En este contexto, el tiempo promedio de germinación es el período medio que tarda un conjunto de semillas en germinar desde el momento en que se siembran hasta que comienza la emergencia de la radícula (o raíz primaria). Este valor se calcula considerando el tiempo que tarda cada semilla en germinar y promediando los tiempos de germinación de todas las semillas dentro de una muestra.

2.2.8. Tratamientos pre – germinativos

En algunas semillas de diferentes especies, existe un bloqueo natural que impide que las plántulas germinen de inmediato. Por esta razón, los tratamientos pre-germinativos se utilizan para reducir este bloqueo, conocido como latencia, y facilitar procesos como ablandar, perforar, rasgar o abrir la cubierta de la semilla para permitir la permeabilidad, sin causar daño al embrión ni al endosperma que se encuentran en su interior (Ortiz, et al. 2018).

Por lo tanto, los tratamientos pre-germinativos son técnicas aplicadas a las semillas antes de la siembra para superar obstáculos que impiden o retrasan la germinación. Estos tratamientos buscan modificar o eliminar factores que afectan la viabilidad o el tiempo de germinación, como la dureza de la semilla, la presencia de una capa impermeable en la cubierta o la latencia (bloqueo natural).

2.2.9. Sustrato

De acuerdo con lo determinado por Fortis (2012) un sustrato se determina como un material sólido que puede ser de origen natural, sintético, residual, orgánico y mineral. Por lo tanto, los sustratos son los materiales o medios en los que se desarrollan las plantas, proporcionando soporte físico y nutrición para su crecimiento. A diferencia del suelo, que es un medio natural y fijo, los sustratos se utilizan comúnmente en entornos controlados como invernaderos, cultivos hidropónicos o cuando se necesita mejorar el crecimiento de las plantas en condiciones específicas.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tipo de investigación según los siguientes criterios

2.1.1. Enfoque o paradigma

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, donde se recopiló y analizó los datos numéricos más relevantes del experimento

2.1.2. Aspiración, objetivo o finalidad

La investigación expuso un alcance aplicado a la resolución de problemas prácticos, mediante el uso de métodos y conocimientos teóricos.

2.1.3. Alcance o nivel de profundidad.

La investigación tuvo un nivel explicativo para establecer las relaciones de causa y efecto intentado demostrar, explicar los fenómenos y en qué condiciones se pueden manifestar.

2.1.4. Diseño de investigación

La elección de un diseño de investigación experimental se fundamentó en la necesidad de estudiar fenómenos específicos asociados a la germinación de *Bursera graveolens*, una especie con alta relevancia ecológica y económica en los bosques secos de la comunidad de Cuajara, provincia de Imbabura. Este diseño permitió establecer relaciones claras de causa-efecto mediante la manipulación controlada de variables independientes, como los tratamientos pre-germinativos físicos y químicos, y la observación de su influencia en las tasas de germinación como variable dependiente.

2.1.5. El tiempo

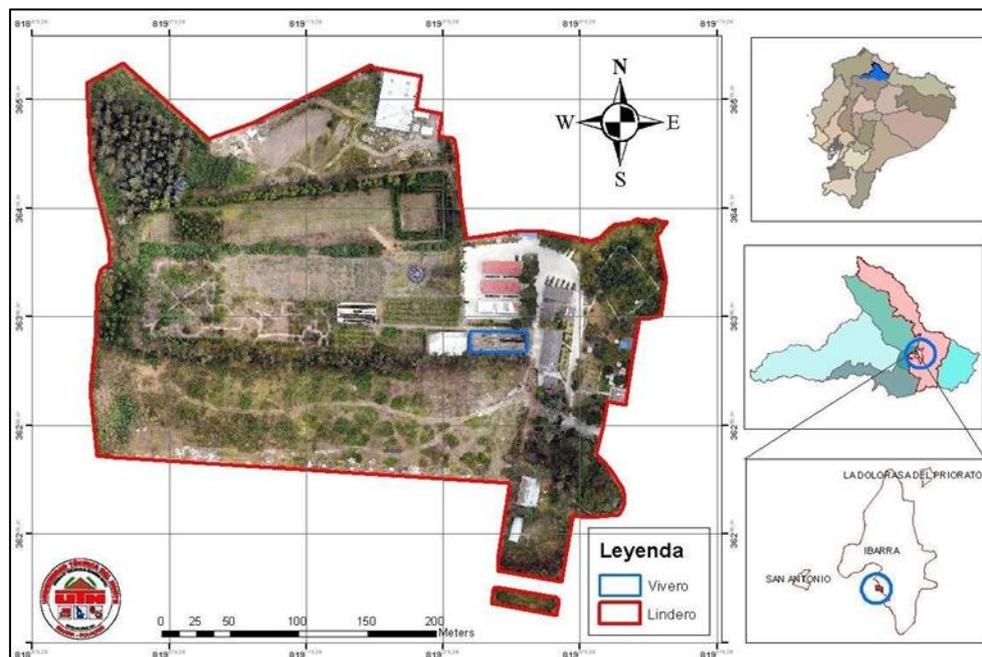
La presente investigación se realizó con un enfoque sincrónico en un corto tiempo, aportando el análisis y el estudio de los datos actuales.

2.1.6. El lugar

Para el análisis de calidad de la semilla se desarrolló en los laboratorios de biotecnología, además para la evaluación de los tratamientos se lo llevo a cabo en las instalaciones del campus Yuyucocha.

2.2. Ubicación del lugar

Figura 1 Campus Yuyucocha



2.2.1. Límites

Los límites del lugar de estudio se encuentran:

- Al Norte: Calle Armando Hidrobo y Abelardo Páez Torrez.
- Al Sur: Calle José Rogerio Moncayo.
- Al Este: Pasaje F (Ciudadela Municipal).
- Al Oeste: Lahar natural del Imbabura.

2.2.2. Política

La investigación se llevó a cabo en dos lugares pertenecientes a la Universidad Técnica del Norte: el Campus experimental Yuyucocha situado en la parroquia Caranqui (0°21'24" N - 78°07'18" W, 2256 m s.n.m.) y en el laboratorio de Biotecnología situado en la parroquia el Sagrario (0°34'69"N - 78°11'38"W, 2246 m.s.n.m.) ubicados en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura. Las semillas de *Bursera graveolens* fue recolectada en la comunidad de Cuajara perteneciente a la parroquia La Carolina, del cantón Ibarra provincia de Imbabura

2.2.3. Suelo

En el cantón Ibarra se encuentran suelos predominantemente de orden Molisoles, profundos, con alto contenido de materia orgánica, coloración oscura y con elevada fertilidad natural, siendo aptos para la actividad agrícola. En el cantón este orden asciende a 47396 hectáreas, encontrándose principalmente en las parroquias de La Carolina, Ibarra, Angochagua y La Esperanza (PDOT, 2021)

2.2.4. Clima

De acuerdo con el PDOT (2021), el cantón de Ibarra presenta 500 y 750 mm de precipitación, por lo cual tiene una distribución de humedad en los meses de diciembre a mayo y su época seca de junio hasta septiembre; considerando que la temperatura media anual es de 12 a 14 °C.

2.3. Materiales, equipos y software

Tabla 2 Materiales, equipos y software que se utilizó para desarrollar la investigación

Materiales de campo	Equipos	Software	Insumos
Tijera podadora aérea	GPS.	Microsoft Word.	Hipoclorito de sodio
Fundas plásticas	Cámara fotográfica	Microsoft Excel.	Agua a 100 °C
Libreta de campo	Brújula	Infostat	Lija fina
			Fundas de vivero 4x6
Termómetro múltiple ambiental	Computadora		Plástico para invernadero
			Tubo PVC
Cámara fotográfica	Balanza electrónica		
	Calculadora científica		
	Estufa		

2.4. Métodos, técnicas e instrumentos

2.4.1. Diseño experimental

El diseño experimental que se seleccionó para esta investigación es el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, también conocido como diseño de doble vía. Se utilizó este diseño por no tener condiciones homogéneas en la platabanda debido a la sombra de los setos. Este enfoque se emplea cuando el material es heterogéneo, organizando las unidades experimentales con características homogéneas en grupos uniformes denominados bloques, lo que permitió controlar la variabilidad y asegurar mayor precisión en los resultados. Para esta investigación se utilizaron 500 semillas, distribuidas en cinco tratamientos, cada tratamiento contiene 100 semillas y en cada unidad experimental consta de 25 semillas las cuales fueron desarrolladas en cuatro bloques, como determina en DBCA.

- **Factor a estudiar**
Tratamientos pre-germinativos
- **Niveles de cada factor**
 - T = Testigo
 - Escarificación química (Introduciendo las semillas en hipoclorito al 75% por seis minutos)
 - Escarificación Térmica (Introducción de las semillas en agua con temperatura 100°C por 10 min)
 - Escarificación Térmica (introducción de las semillas en agua con temperatura 100°C por 2 minutos)
 - Escarificación por lixiviación (introducción de las semillas en agua y cambio de esta cada 6 hora por 24 horas)

Tabla 3 Diseño de bloques completos al Azar (DBCA)

Variable	Cantidad
No de tratamientos	5
No de bloques	4
No de unidades experimentales	20
No de semillas por unidad experimental	25
No de semillas por tratamiento	100
No total de semillas	500

2.5. Modelo estadístico del experimento

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} = Observación en la unidad experimental
- μ = Parámetro, efecto medio
- T_i = Parámetro, efecto del tratamiento

- B_j = Parámetro, efecto del bloque j
- E_{ij} = Valor aleatorio, error experimental de la u.e.i, j

2.5.1. Croquis de campo

Para el desarrollo del experimento se utilizó un área de 4,85 metros cuadrados con 4 tratamientos y un testigo los cuales se ubicaron al azar en una platabanda de 5 metros de longitud y 0,97 metros de ancho, los bloques de cada tratamiento se distribuyen con una separación de 13 centímetros, cada bloque tiene una dimensión de 86 x 13 centímetros.

Tabla 4 *Tratamientos*

Tratamientos	T	TE	T	T	T	T	T	TE	T	T	T	T	T	TE	T	TE	T	T	T	
	1	ST	4	2	3	3	4	ST	1	2	3	2	1	4	ST	2	ST	3	4	1

2.5.2. Instalación del experimento

Las semillas que se utilizaron en la presente investigación provienen de la comunidad cuajara, parroquia la Carolina, se manipuló una tijera aérea para la recolección de frutos, la recolección fue de 30 árboles los cuales presentaron una mayor carga de fructificación, ya que los frutos presentaban un color rojizo llamativo a la vista. La extracción de las semillas se las realizo de un kilogramo de frutos, el cual será evaluado al análisis de calidad de semillas y tratamientos pre-germinativos, el experimento se cumplió en el Campus Experimental Yuyucocha, ubicado en Ibarra, Ecuador. Se realizo un estudio de esta zona, donde presento condiciones adecuadas, áreas controladas que da paso a la implementación de las fases experimentales.

Esto implicó preparar y establecer el entorno, las condiciones y los elementos necesarios para llevarlo a cabo, como la disposición de equipos, materiales y la configuración del espacio experimental. La ausencia de estos elementos habría comprometido la validez de los resultados obtenidos.

Por lo tanto, para la instalación del diseño experimental se utilizaron fundas de 4 x 6, las cuales son adecuadas para permitir el desarrollo óptimo de las semillas. Se empleó un sustrato compuesto por proporciones equilibradas de tierra local 50 %, pomina 25% y material orgánico 25%, de igual manera se realizó un riego por aspersión cada 48 horas asegurando así las condiciones necesarias para el crecimiento saludable de las plántulas. Finalmente, se diseñó un ambiente idóneo que simula las condiciones del bosque seco, utilizando plástico de invernadero en forma de micro túnel con soportes cada 1 metro para mantener un control adecuado de temperatura, humedad y protección frente a factores externos.

2.6. Variables de estudio

Objetivo 1:

Para realizar las pruebas de calidad de las semillas se utilizaron las normas ISTA, se manejó un total de 500 semillas extraídas del kilo ya recolectado y separadas en muestras de 100 semillas para ser analizadas, estas son provenientes de la comunidad de Cuajara provincia Imbabura.

- **Pureza física**

La metodología para realizar la pureza física de la semilla consistió en tomar una muestra de 500 semillas del lote y se procedió al pesaje, posteriormente con equipos de tamizado para la eliminación de impurezas como semillas, tierra, hojas o fragmentos de materia vegetal permitiendo la obtención de semillas puras con un segundo pesaje. El cálculo de la pureza se realizó con la ecuación uno. Esto proporciona el porcentaje de pureza física de la semilla.

$$\% \text{ Pureza} = \frac{\text{Peso total de la semilla pura}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100 \quad (\text{ISTA, 2016}) \text{ Ecu.1}$$

- **Contenido de humedad**

El contenido de humedad se inició pesando cinco muestras, donde cada paquete contiene 100 semillas, las mismas que fueron secadas en un horno a 100°C durante un lapso de 24 horas con intervalos de 6 horas, para la toma de datos hasta que la muestra se normalice. La diferencia en peso antes y después del secado corresponde al contenido de humedad, el cual se calcula como el porcentaje de la pérdida de peso respecto al peso inicial como se muestra en la ecuación dos. Este análisis es esencial para asegurar la viabilidad y conservación de las semillas (Ceballos & Lopez, 2007).

$$\text{Contenido Humedad} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso seco}}{\text{peso inicial}} \times 100 \text{ (ISTA, 2016) Ecu.2}$$

- **Peso específico**

Para el cálculo del peso específico se tomaron cinco muestras donde cada paquete contiene 100 semillas, libres de impurezas y se pesó cada una de ella para obtener la media del peso, posteriormente se multiplicó el número de semillas por mil gramos y dividido por el peso obtenido previamente.

$$\text{Numero de semillas por Kg} = (100 \text{ semillas} * 1000\text{g}) / (\text{Peso de 100 semillas}) \text{ Ecu.3}$$

Objetivo 2:

- **Porcentaje de germinación**

Se inició con la toma de datos a los 15 días posteriores de la siembra, donde se registraron la emergencia de la semilla diariamente hasta los 60 días, luego se evaluó el número de plántulas germinadas, utilizando la ecuación cuatro (Ceballos & Lopez, 2007).

$$\% \text{ de germinacion} = \frac{\text{numero de semillas germinadas}}{\text{numero de semillas sembradas}} \times 100 \text{ (ISTA, 2016) Ecu.4}$$

- **Velocidad de germinación**

La velocidad de germinación se calculó mediante el índice de velocidad de germinación (IVG), que se obtiene sumando el número de semillas germinadas en cada intervalo, dividido por el tiempo transcurrido, como se detalla en la ecuación siete. Esto proporciona una medida de cuán rápido ocurren las germinaciones en el lote de semillas.

$$M = \sum \left(\frac{n_i}{t} \right) \text{ (Maguire, 1962). Ecu.5}$$

Donde:

M= velocidad de germinación

n_i = número de semillas germinadas el día i.

t= tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla.

- **Índice de germinación**

Durante el proceso de germinación, se registró el número de semillas que germinan en intervalos regulares, generalmente a diario. El índice de germinación se calcula como se detalla en la ecuación seis.

$$IG = \frac{\sum(n_i t_i)}{N} \text{ (Gonzales \& Orozco, 1996). Ecu.6}$$

Donde:

IG= índice de germinación

n_i = número de semillas germinadas el día i.

t_i = número de días después de la siembra.

N= total de semillas sembradas.

- **Tiempo promedio de germinación**

Este cálculo se evaluó la rapidez con la que las semillas empiezan a desarrollarse y se calculó a partir del número de días en los que se recopile la información. La observación se realizó por 60 días, el registro del número de semillas germinadas por día se multiplica por el tiempo de días transcurridos, posteriormente se divide por la suma total de las semillas germinadas (que tiempo necesita cada semilla para germinar)

$$T = \frac{\sum(n_i t_i)}{\sum n_i} \text{ (Gonzales \& Orozco, 1996). Ecu.7}$$

T= tiempo promedio de germinación

n= número de semillas germinadas al día

2.7. Análisis estadístico

El análisis de las variables cuantitativas se verificó los parámetros de normalidad (Prueba de Shapiro- Wilks, $\alpha = 0.05$) y homocedasticidad (prueba de Leven, $\alpha = 0.05$). Con un nivel de significancia del 5%. Posterior se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) con un 5% de significancia demostrando cifras significativas en los tratamientos estudiados, finalmente, con la prueba de Tukey se comparó los tratamientos germinativos con el testigo, donde cumplió los supuestos de que al menos uno de los tratamientos es diferente y superior a los otros.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de calidad de semilla

3.1.1. Pureza de la semilla

El porcentaje de pureza para las muestras de *Bursera graveolens* analizadas fue del 98,47 %, lo que indica un alto nivel de calidad y una baja cantidad de impurezas en el lote. En este sentido, la pérdida total de peso, equivalente a 0,27 gramos en el conjunto de las muestras.

Tabla 5 Pureza de la semilla en gramos

Muestra	P. inicial (g)	Peso final (g)
N1	3,48	3,42
N2	3,4	3,38
N3	4	3,96
N4	3,25	3,19
N5	3,5	3,41
Total	98.47 %	

Nota. En la tabla 1 se muestra los datos proporcionados sobre la pureza de la semilla en gramos

Se realizó una búsqueda amplia para los datos de pureza física de *Bursera graveolens*, demostrando que no existen referencias específicas. Dentro de las reglas ISTA (2016), la pureza obtenida en el estudio se considera adecuado dentro del rango recomendado para especies forestales. Aguirre & Cabrera (2020), mencionan una carencia en los datos de calidad de semilla ya que es una especie nativa no comercializada masivamente. Por lo tanto FAO (2010), señala que el proceso de recolección y análisis utilizados respaldan el dato de pureza que a su vez aportan un antecedente relevante para futuras investigaciones.

3.1.2. Contenido de humedad

El análisis de las semillas de *Bursera graveolens* muestra un contenido de humedad del 9,19%, las semillas fueron sometidas a una temperatura de 100 °C en un rango de tiempo de 72 horas, tomando el pesaje de cada muestra en intervalos de 6 horas hasta que su peso no tuvo cambios significativos.

Tabla 6 Peso en gramos

Muestra	Peso inicial	Peso medio 24 h	Peso 72 h
N 1	3,42	3,3	3,07
N 2	3,38	3,27	3,09
N 3	3,96	3,82	3,61
N 4	3,19	3,01	2,88
N5	3,41	3,22	3,09
Total	17,36	16,62	15,74
Contenido de Humedad	9.19 %		

Nota. La tabla muestra el contenido de humedad que tuvieron las semillas en un peso inicial y luego del procedimiento realizado.

El contenido de humedad de las semillas ortodoxas y recalitrantes debe ser adecuado, es un gran parámetro para identificar su comportamiento, manejo y viabilidad durante su almacenamiento (Chavez, 2024). El valor de 9,19% de contenido de humedad que posee *Bursera graveolens*, es adecuado para las especies que poseen semillas ortodoxas ya que está bajo el rango del 12% que recomienda y garantiza un manejo y almacenamiento seguro según ISTA (2016). De acuerdo con Morgan & Shibu (2013) detallan que las semillas de *Bursera graveolens* presentan niveles bajos de contenido de humedad en el momento de la dispersión, concordando con el resultado encontrado en esta investigación el contenido de humedad es efectivo, demostrando una comparación con investigaciones sobre especies relacionadas, como *Bursera linanoe*, expone un contenido de humedad del 10% en las semillas y es favorable para su almacenamiento y posterior germinación (Guzmán, et al. 2018).

3.1.3. Número de semillas por kg

El análisis del peso promedio de 100 semillas de *Bursera graveolens*, que resultó ser de 3,35 gramos, permitió calcular la cantidad estimada de semillas contenidas en un kilogramo mediante una regla de tres simple. Este cálculo indicó que un kilogramo contiene 29851 semillas, representa un dato clave para planificar las estrategias de siembra y manejo de germinación. el estudio de Puestas (2013) detalla datos similares, obtuvo un peso por semilla de 3,66 gramos lo que claramente en un kilogramo se encuentran 27322 semillas.

Mientras que en la investigación de Soca (2021) muestra resultados muy diferentes los cuales cada semilla tiene un peso de 5,55 gramos dándonos un total de 18018 semillas en un kilogramo. En contraste, investigaciones previas Sanders et al.,(2008) han reportado variaciones en el número de semillas por kilogramo de la misma familia *Bursera*, dependiendo de factores como el origen geográfico y las condiciones ambientales, el estudio realizado por Cedeño & Garcia (2018) muestran un resultado entre 29256 y 2456 semillas en un kilogramo.

3.2. Tratamiento de germinación

3.2.1. Porcentaje de germinación

Se evaluó los diferentes tratamientos presentados en este estudio, demostrando que el experimento alcanzo el 42,8% del porcentaje de geminación total con una muestra de 500 semillas. El tratamiento de escarificación química T2 Hipoclorito de sodio al 75% por 6 minutos en 100 semillas presenta un porcentaje de germinación de 72%, se demostró normalidad y homogeneidad. Este tratamiento presenta la eliminación de patógenos y rotura de la testa de la semilla, facilitando la activación del embrión.

La precisión en la concentración de la solución y el tiempo de inmersión fueron factores clave para lograr estos resultados. Se verifico con el análisis estadístico

ANOVA con un P-valor menor de 0.05 confirmando cifras significativas y una prueba estadística Tukey para verificar las diferencias de todos los tratamientos empleados, lo cual nos indica que se acepta la hipótesis alterna de que al menos uno de los tratamientos es diferente como se detalla los datos en las siguientes tablas.

Tabla 7 ANOVA- Pg

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	Aj	Cv	
PG	20	0,78	0,72	24,96	
FV	SC	GL	CM	F	P-valor
Modelo	5971,2	4	1492,8	13,08	0,0001
Tratamiento	5971,2	4	1492,8	13,08	0,0001
Bloque	374,4	3	124,8	1,12	0,3797
Error	1712	15	114,13		
Total	7683,2	19			

Nota. El p-valor es menor a 0,05, se acepta la hipótesis alterna

Tabla 8 Prueba estadística

Test Tukey				
Tratamiento	Medias	n	E.E	
T2	72	4	5,34	A
T1	44	4	5,34	B
T4	42	4	5,34	B
T3	38	4	5,34	B C
T5	18	4	5,34	C

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0,05$)

En investigaciones previas sobre *Bursera graveolens* se reportaron bajos porcentaje de germinación, esto se debe a que posee una latencia fuerte y una alta proporción de semillas no viables. Morillo et al. (2017), señalo que mediante la escarificación mecánica (lijado) pudo obtener un 20% de germinación en condiciones de vivero. De manera similar, Soca (2021) aplicando 6 ml/l de promotor radicular obtuvo 20% de germinación. Lo que indica que utilizando estímulos químicos no se encontró un aumento en la germinación de esta especie. Por otro lado, Quezada (2015) emplea

0,5 mg/l de ácido giberelico más escarificación mecánica en un medio de cultivo obtuvo un 11,11% de germinación.

En contraste con estos resultados el presente estudio logro un porcentaje de germinación del 72% utilizando exclusivamente hipoclorito de sodio al 75% como tratamiento pre-germinativo, exponiendo una mejora significativa en comparación de otros experimentos realizados, por lo tanto el hipoclorito de sodio como tratamiento ha demostrado resultados prósperos, como es el caso de la especie *Stipa viridula* (Frank & Larson, 1970) y *Dracaena steudneri* (Alem & Habrova, 2022), donde los autores nos mencionan un porcentaje alto alcanzando un rango 40% y 80%.

El resultado obtenido con escarificación química de hipoclorito tiene potencial al mejoramiento germinativo junto al control de factores externos como las condiciones ambientales adecuadas la especie *Bursera graveolens*. Tiende a tener una mejora significativa.

3.2.2. Velocidad de germinación

La velocidad de germinación refleja el tiempo necesario para que las semillas germinen, desde el día uno de siembra hasta el día 60 que duró el experimento. Por lo tanto, el tratamiento T2- hipoclorito de sodio 75% presenta una velocidad de germinación de 1,35 semillas/ día. Siendo un dato significativamente diferente respecto a los otros tratamientos, con un p-valor menor a 0,05 del análisis de ANOVA y con la prueba estadística de Tukey se indica una mejor eficiencia bajo las condiciones evaluadas, aceptando la hipótesis alterna, Como se muestra en las siguientes tablas del análisis y una prueba estadística.

Tabla 9 ANOVA Vg

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	Aj	Cv	
VG	20	0,8	0,75	29,95	
FV	SC	GL	CM	F	P-valor
Modelo	3,07	4	0,77	15,03	0,0001
Tratamiento	3,07	4	0,77	15,03	0,0001
Bloque	0,28	3	0,09	2,27	0,1325
Error	0,77	15	0,05		
Total	3,84	19			

Nota. El p-valor es menor a 0,05, se acepta la hipótesis alterna

Tabla 10 Prueba estadística**Test Tukey**

Tratamiento	Medias	n	E.E	
T2	1,35	4	0,1	A
T1	0,87	4	0,11	B
T4	0,77	4	0,11	B
T3	0,65	4	0,11	B
T5	0,13	4	0,11	C

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0,05$)

Como se muestra en la tabla 10, el tratamiento T2 expresa cifras significativamente, confirmando su eficacia en el tiempo requerido para el inicio de la germinación en esta especie. Estudios de Aguirre & Cabrera (2020) revelan que las semillas de *Bursera graveolens* poseen una testa muy fuerte y una regeneración natural muy escasa, obteniendo una velocidad germinativa muy lenta. Por dichos parámetros la información es escasa para tener una comparación de la velocidad, sin embargo Ramírez et al. (2018) utilizando tratamientos térmicos en la especie *Bursera linanoe* alcanzaron el 18% de germinación con una velocidad de germinación de 0,27 a 1 semilla/día en un período de riego de 4 meses.

3.2.3. Índice de germinación

El índice de germinación refleja la rapidez con la que las semillas germinan a lo largo del tiempo, evaluando el número de semillas que germinan en intervalos regulares. En este caso, el tratamiento T2 obtuvo un índice de germinación de 23,9. Este dato se representa estadísticamente superior al resto de tratamientos, respaldada con el análisis de varianza con un p-valor menor a 0,05 y una prueba de Tukey. Esto sugiere que el tratamiento T2 fue el más eficaz para acelerar el proceso de germinación con lo cual se acepta la hipótesis alterna. Como se describe en las siguientes tablas.

Tabla 11 ANOVA Ig

Índice de germinación					
Variable	N	R ²	Aj	Cv	
IG	20	0,68	0,59	28,87	
FV	SC	GL	CM	F	P-valor
Modelo	572,01	4	143	7,91	0,0012
Tratamiento	572,01	4	143	7,91	0,0012
Bloque	61,13	3	20,38	1,16	0,3636
Error	271,09	15	18,07		
Total	843,09	19			

Nota. El p-valor es menor a 0,05, se acepta la hipótesis alterna

Tabla 12 Prueba estadística Ig

Test Tukey					
Tratamiento	Medias	n	E.E		
T2	23,9	4	2,13	A	
T4	14,94	4	2,13		AB
T1	14,53	4	2,13		B
T3	12,99	4	2,13		B
T5	7,26	4	2,13		B

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0,05$)

Por otro lado, los tratamientos T5 (testigo), T4, T1 y T3 presentaron índices de germinación más bajos respectivamente, lo que indica que la germinación fue más lenta en comparación con T2. Sin embargo, todos estos tratamientos (T5, T4, T1 y T3) fueron

agrupados bajo la misma categoría "B", lo que implica que, estadísticamente, no hubo diferencias significativas entre estos tratamientos en cuanto al índice de germinación.

En este contexto, en un estudio sobre *Bursera glabrifolia* en el sur de México, se evaluaron diferentes tratamientos pre-germinativos, incluyendo inmersiones en acetona y bebidas gaseosas, los resultados mostraron que la inmersión en gaseosa durante 24 horas, seguida de escarificación mecánica (lijado), alcanzó un porcentaje germinativo del 48.9% en 23 días. Este tratamiento también presentó una índice germinación notable, indicando una germinación más rápida en comparación con otros tratamientos (Rodríguez, et al. 2024). Otro estudio en *Bursera linanoe* reportó una capacidad germinativa del 18.5% para semillas escarificadas mecánicamente, con un valor pico de 0.46 alcanzado en 40 días. Aunque este estudio no proporciona un índice de germinación específico, los datos sugieren una germinación más lenta (Bonfil, et al. 2008)

Ramos, et al. (2022) detalla un bajo porcentaje de germinación durante el periodo de evaluación, aunque no especifica el índice de germinación, estos hallazgos resaltan la dificultad de esta especie, la información concreta en *Bursera graveolens* es limitada, los tratamientos pre-germinativos como la inmersión en soluciones y la escarificación pueden influir significativamente en el índice de germinación en especies del género *Bursera*.

3.2.4. Tiempo promedio de germinación

El tiempo promedio de germinación refleja la rapidez con que las semillas comienzan a desarrollarse. En los tratamientos evaluados a través de ANOVA y la prueba de Tukey muestran cifras significativas con un p-valor menor a 0,005 demostrando que el T5 (testigo) es el tratamiento más lento con una media de 40 días, calculado a partir del número de días transcurridos hasta que las semillas germinan. Por

lo tanto, el tratamiento de Hipoclorito de sodio al 75%-T2 y el tratamiento de lixiviación-T1 obtuvieron 33 y 32 días, así demostrando y aceptando la hipótesis alterna de una mejor eficacia contra los otros tratamientos como se indican en la tabla y figura a continuación.

Tabla 13 ANOVA Tg

Tiempo de germinación					
Variable	N	R ²	Aj	Cv	
TG	20	0,68	0,59	6,7	
FV	SC	GL	CM	F	P-valor
Modelo	173,7	4	43,43	7,8	0,0013
Tratamiento	173,7	4	43,43	7,8	0,0013
Bloque	15,6	3	5,2	0,92	0,461
Error	83,5	15	5,57		
Total	257,2	19			

Nota. El p-valor es menor a 0,05, se acepta la hipótesis alterna

Tabla 14 Prueba estadística Tg

Test Tukey				
Tratamiento	Medias	n	E.E	
T5	40	4	1,18	A
T4	35	4	1,18	B
T3	34	4	1,18	B
T2	33	4	1,18	B
T1	32	4	1,18	B

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0,05$)

Este hallazgo está alineado con investigaciones previas sobre la germinación de *Bursera graveolens*. En un estudio realizado por Morgan & Shibu (2009). En el primer ensayo, la escarificación física aumentó la germinación en comparación con el testigo, en el segundo ensayo, las semillas tratadas con agua caliente a 70 °C mostraron una germinación media de 53%, lo que indicó la efectividad de este tratamiento para promover la germinación, el tercer ensayo mostró que la germinación aumentaba con la temperatura del agua, alcanzando su punto máximo a 70 °C y disminuyendo a

temperaturas más altas. Finalmente, el cuarto ensayo también utilizó agua caliente obteniendo una germinación 18%, similar al testigo. El tiempo promedio de desarrollo de cada ensayo estuvo entre 25 a 36 días. Por otro lado, la restauración de bosque seco menciona que las semillas de *Bursera graveolens* pueden germinar en un rango de 3 a 18 días bajo condiciones adecuadas (Sánchez, 2018). En este sentido, se puede verificar que depende los tipos de tratamiento que se apliquen variaran los tiempos de germinación.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- El análisis de la calidad de las semillas de *Bursera graveolens* según los estándares ISTA demostró que factores como la pureza, el contenido de humedad y la viabilidad son factores clave para el éxito de germinación. Las semillas de esta especie presentan una gran cantidad de impurezas y de semillas vanas con una latencia fuerte lo cual no permite una regeneración natural viable. Un lote puro libre de impurezas con el contenido de humedad adecuado para el almacenamiento y reproducción en viveros es fundamental para el trabajo de experimentación, estos elementos junto a la combinación de tratamientos pre-germinativos pueden mejorar el desarrollo de nuevas plántulas para conservación y reforestación de esta especie.
- La tasa de germinación de *Bursera graveolens* demostró un alto porcentaje de viabilidad, la evaluación de los cuatro tratamientos pre-germinativos en las semillas influyó directamente en la germinación y en el desarrollo de las plántulas. En particular el tratamiento con hipoclorito de sodio muestra una eficacia superior a los demás tratamientos, confirmando que la aplicación controlada de la escarificación química rompe la testa y a su vez controla el contenido de patógenos que afectan a la semilla, por lo tanto, esta técnica es viable para futuras investigaciones, proyectos de conservación o restauración ecológica.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda continuar evaluando diferentes tratamientos pre-germinativos, tanto físicos como químicos, en diversas condiciones climáticas y edáficas, para determinar las mejores prácticas que maximicen la tasa de germinación de *Bursera graveolens*.
- Se recomienda el uso de equipos técnicos para la limpieza y el análisis de las semillas, al iniciar el monitoreo en base a las normas ISTA es importante recordar estos procesos para tener un manejo adecuado en la recolección, almacenamiento y pureza de las mismas, estos pasos demuestran la obtención de un lote viable para desarrollar el experimento
- Se recomienda aplicar los tratamientos pre-germinativos más efectivos, especialmente la escarificación por hipoclorito, en proyectos piloto de propagación de *Bursera graveolens*. Además, se sugiere investigar la combinación de tratamientos físicos y químicos para evaluar posibles sinergias que puedan optimizar aún más la tasa de germinación en diferentes entornos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre , Z., & Cabrera, O. (2020). Parámetros poblacionales y regeneración natural de *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch (Burseraceae). Scielo.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992021000200305
- Alem, S., & Habrova, H. (2022). Efecto de diferentes tratamientos previos a la siembra para romper la latencia de las semillas y métodos de recolección de semillas en la germinación de *Dracaena steudneri* Schweinf. Ex Engl. Retrieved 16 de 02 de 2025, from <https://www.mdpi.com/1999-4907/13/8/1232>
- Alvarez, M., Cordoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., Umaña, A., & Villareal, H. (2006). Manual de metodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. <https://sib.gob.ar/archivos/IAVH-00288.pdf>
- Benitez, A., Chalan, J., Tinitan, F., Morocho, V., Armijos, L., & Malagon, O. (2023). Estructura diamétrica de *Bursera graveolens* Triana & Planch. en. Bosques Latitud Cero.
<file:///C:/Users/USUARIO/Documents/Tesis/Estructura%20diam%C3%A9trica%20de%20Bursera%20graveolens%20Triana%20&%20Planch.%20en.pdf>
- Bonfil, C., Cajero, I., & Evans, R. (2008). Germinación de semillas de seis especies de *Bursera* del centro de México. *Agrociencia*, 42(7), 827-834.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952008000700009
- Caroca, R., Zapata, N., & Vargas, M. (2016). EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA GERMINACIÓN DE CUATRO GENOTIPOS DE MANÍ (*Arachis*

- hypogaea L.). Chilean journal of agricultural & animal sciences, 32(2), 94-101.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902016000200002
- Carrión, H. (2016). Gestión y participación local para el aprovechamiento sostenible de desechos orgánicos del palo santo (*Bursera Graveolens*), en el bosque seco semideciduo del sur occidente de la provincia de Loja, Ecuador.
<https://ruja.ujaen.es/jspui/handle/10953/747>
- Castillo, M. D. (2011). Estudio de factibilidad para la implementacion de un centro turistico en la comunidad de cuajara, cantanton Ibarra, provincia de Imbabura.
Retrieved 5 de 11 de 2024, from
<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3202/1/03%20RNR%20157%20TESIS.pdf>
- Ceballos, A., & Lopez, J. (2007). Conservacion de la calidad de semillas forestales nativas en el almacenamiento.
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/116/1/arc058%2804%29265-292.pdf>
- Cedeño, L., & Garcia, J. (2018). Frutos y semillas de *Bursera simplex* Rzed. & Calderón en diferentes sitios y estructura arbórea. *Revista mexicana de Ciencias Forestales*. Retrieved 26 de 01 de 2025, from
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322018000400092
- Chalan, J., Tinitana, F., Morocho, V., Armijos, L., & Malagon, O. (2023). Estructura diamétrica de *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch: especie con potencial uso no maderable.
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/1658>

- Chavez, J. J. (2024). Reconocimiento de semillas forestales. Retrieved 4 de 01 de 2025, from https://es.scribd.com/document/805103945/RECONOCIMIENTOS-DE-SEMILLAS-SILVICULTURA-JORGE?utm_source=chatgpt.com
- Cueva, J., Espinoza, C., Quiroz, C., Aguirre, Z., Cueva, E., Gusman, E., Weber, M., & Hildebrandt, P. (2019). Influencia de factores antropogénicos en la diversidad y estructura de un bosque seco en la parte central de la región tumbesina (Ecuador-Perú). Retrieved 5 de 11 de 2024, from <https://www.mdpi.com/1999-4907/10/1/31>
- Diaz, C., & Vilema, A. (2023). Determinacion de características fenológicas de Juglans neotropica Diels en cuatro formaciones vegetales, Imbabura [Tesis de Ingeniería, Universidad Tecnica del Norte]. Repositorio Universitario. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/14515/2/03%20FOR%20362%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 31(1), 74-85. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v31n1/ctr11110.pdf>
- Duran, C. L. (2023). Parcelas permanentes de monitoreo para la conservación de *Bursera*. Retrieved 5 de 11 de 2024, from https://www.researchgate.net/publication/370897933_Parcels_permanentes_de_monitoreo_para_la_conservacion_de_Bursera_graveolens_Kunth_en_las_comunas_Joa_y_Agua_Blanca_Manabi
- FAO. (2010). Una guía para el manejo de semillas forestales. Retrieved 11 de 05 de 2025, from https://www.fao.org/4/ad232e/AD232E09.htm?utm_source=chatgpt.com
- Fortis-Hernández, M., Preciado, P., García, J., Navarro, A., Antonio, J., & Omaña, J.

- (2012). Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1203-1216.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v3n6/v3n6a11.pdf>
- Frank, A., & Larson, k. (1970). Influencia del oxígeno, el hipoclorito de sodio y el descascarado en la germinación de semillas de pasto aguja verde (*Stipa viridula* Trin.). FAO. Retrieved 16 de 02 de 2025, from
<https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci1970.0011183X001000060023x>
- Gonzales, L., & Orozco, A. (1996). Metodos de analisis de datos en la germinacion de semillas, un ejemplo. *Manfreda brachystachya*.
https://www.researchgate.net/publication/284666517_Metodos_de_analisis_de_datos_en_la_germinacion_de_semillas_un_ejemplo_Manfreda_brachystachya
- González, L. (1996). Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 18(18), 15-30.
https://www.researchgate.net/publication/284666517_Metodos_de_analisis_de_datos_en_la_germinacion_de_semillas_un_ejemplo_Manfreda_brachystachya
- Guadalupe, S., Kohashi, J., Uscanga, E., Garcia, A., & Yañez, P. (2014). Temperaturas cardinales y velocidad de germinacion en cultivares de tomate. Scielo.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014001001451
- ISTA. (2016). Reglas internacionales para le analisis de las semillas.
https://vri.umayor.cl/images/ISTA_Rules_2016_Spanish.pdf
- Leon, P., Sandoval, A., Bolados, G., Rosas, M., Stark, D., & Gold, K. (2014). Manual de recoleccion y procesamiento de semillas de especies forestales. La Serena,

- Chile. file:///C:/Users/USUARIO/Documents/Tesis/2014%20Manual%20-%20Recolecci%C3%B3n%20y%20procesamiento%20de%20semillas%20de%20especies%20forestales..pdf
- Luca, N. d. (2006). Características de la semilla, tratamientos preferminativos, técnicas de recolección y almacenamiento. <https://cursoreforestacion.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/05/tecnicas-y-tratamientos-pregerminativos.pdf>
- MAE. (2012). Especies Forestales Bosques Secos Ecuador. Quito. https://www.researchgate.net/profile/Zhofre-Aguirre/publication/280625434_Especies_forestales_de_los_bosques_secos_del_Ecuador/links/55bfa47e08ae092e96669ca1/Especies-forestales-de-los-bosques-secos-del-Ecuador.pdf
- Martínez, S., Virgen, V., Peña, O., & Santiago, R. (2010). Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 1(3), 289-304. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014001001451
- Mora, G. (2022). Caracterización de la especie *Bursera graveolens* (Kunth) para su conservación en la comuna Agua Blanca – Machalilla. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4353>
- Morgan, M., & Shibu, J. (2009). Increasing Seed Germination of *Bursera graveolens*, a Promising Tree for the Restoration of Tropical Dry Forests. https://ufdcimages.uflib.ufl.edu/uf/e0/04/13/27/00001/morgan_m.pdf
- Morgan, M., & Shibu, J. (2013). Increasing Seed Germination of. Retrieved 6 de 02 de 2025, from https://uvi.edu/files/documents/Research_and_Public_Service/AES/Agroforestry/Palo_Santo_article.pdf

- Morillo, L., Eras, V., Moreno, J., Michala, J., Muñoz, L., Yaguana, M., Poma, R., & Valarezo, C. (2016). ESTUDIO FENOLÓGICO Y PROPAGACIÓN DE *Bursera graveolens*(Kunth) Triana & Planch, EN LA COMUNIDAD DE MALVAS, CANTÓN ZAPOTILLO, PROVINCIA DE LOJA. Retrieved 1 de 01 de 2025, from <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/222/209>
- Ortiz, V., Ordaz, V., Aldrete, A., Escamilla, E., Sánchez-Viveros, & López, R. (2018). Tratamientos pregerminativos en semillas de dos especies del género *Coffea*. 11(4), 68-73.
- Pachés, M. (2019). Sistema de clasificación de los seres vivos. <https://riunet.upv.es/handle/10251/118401>
- PDOT, C. (2021). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del canton Ibarra. Retrieved 2 de 02 de 2024, from <https://www.ibarra.gob.ec/site/docs/lotaip2021/anexos/s/PDOT%202020-2040%20CANTON%20SAN%20MIGUEL%20DE%20IBARRA.pdf>
- Peñañiel, J. (2023). Proceso de extracción de aceite esencial de *Bursera graveolens* (Kunth) y sus aplicaciones en el sector Quimis. Jipijapa-Unesum. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5556>
- Pinta, D., Eras, V., González, D., Moreno, J., Minchala, J., Yaguana, M., Poma, R., Valarezo, C., & Sinche, M. (2016). Procesos biotecnológicos para la proliferación y enraizamiento in vitro de *Bursera graveolens*(Kunth) Triana & Planch (palo santo), provenientes del bosque seco de la provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 6(1), 1 - 14. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/178/174>
- Puecas, M. (2013). Estudio Dendrológico De La Especie *Bursera Graveolens*.

- Retrieved 2 de 02 de 2025, from
[https://www.yumpu.com/es/document/read/12390985/estudio-dendrologico-de-la-especie-bursera-graveolens-](https://www.yumpu.com/es/document/read/12390985/estudio-dendrologico-de-la-especie-bursera-graveolens)
- Quezada, D. M. (2015). Procesos Biotecnologicos para la proliferacion y enraizamiento Invitro de palo santo *Bursera Graveolens*. Retrieved 2025, from
<https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/da74bd06-2082-4359-898c-cd496ce30573/content>
- Quiroz, I., García, E., González, M., Chung, P., & Soto, H. (2009). Vivero forestal: producción de plantas nativas a raíz cubierta. Santiago, Chile: NFOR.
<https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/17366>
- Ramirez, C., Guzman, A., Aldrete, A., & CRUZ, E. (2018). GERMINACIÓN Y EMERGENCIA DE *Bursera linanoe* (La Llave). Retrieved 22 de 02 de 2025, from <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v41n2/0187-7380-rfm-41-02-107.pdf>
- Ramos, R., Yagual, A., Carpio, C., & Ramos, M. (2022). Propagación de árboles de *Bursera graveolens* (Kunt) Triana & Planch, por estacas. *AlfaPublicaciones*, 4(3), 40–55.
<https://alfapublicaciones.com/index.php/alfapublicaciones/article/view/276>
- Riofrio, I. (2018). El bosque seco, una josa amenazada en el Ecuador. *MONGABAY*.
<https://es.mongabay.com/2018/07/ecuador-bosque-seco/>
- Ríos, C., Orantes, C., Moreno, R., & Farrera, Ó. (2018). Efecto del almacenamiento sobre la viabilidad y germinación de dos especies arbóreas tropicales. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 5(13), 103-109.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282018000100103
- Rodríguez, A., Robles, C., Ruíz, R., López, E., Sedeño, J., & Rodríguez, A. (2014).

- Índices de germinación y elongación radical de *Lactuca sativa* en el biomonitoreo de la calidad del agua del río Chalma. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(3), 307-316.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000300007
- Rodriguez, G., Rodriguez, G., & Cervantes, M. (2024). *CFORES*, 12(2), 25.
<https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/826/1196>
- Ruiz, S., Sánchez, R., Zelaya, L., Chávez, I., Cruz, C., & Valdivia, R. (2021). Germinación y vigor de semillas de especies hortícolas inoculadas con biofertilizantes y soluciones salinas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(1), 1199 - 1208. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011
- Sánchez, D. (2018). *Manual de Criterios y Parámetros PROBOSQUE para la Modalidad de Restauración de Tierras Forestales Degradadas y Manejo de Bosques Naturales para el Ecosistema de Bosque Seco*.
<https://es.scribd.com/document/339826829/Manual-de-Criterios-y-Parametros-PROBOSQUE>
- Sanders, C., Lazaro, I., & Evans, R. (2008). Germinación de semillas de seis especies de *bursaria* del centro de México. *Scielo*.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952008000700009
- Secretaría de Medio Ambiente Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza. (2012). *Manual de Ensayos de Semillas Forestales*. https://sma.gob.mx/wp-content/uploads/2021/08/manual_BG.pdf
- Soca, S. (2021). *Protocolo de germinación y propagación vegetativa de palo santo*

(*Bursera graveolens*). <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56464>

Varela, S., & Arana, V. (2010). Latencia y germinacion de semillas. tratamientos pregerminativos.

<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Latenciaygerminaci%C3%B3nde semillas.pdf>

Vera, A. (2022). Evaluación del comportamiento de la especie *Bursera graveolens*

(Kunth) Triana & Planch al secado artificial en estufa.

<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3696>

ANEXOS Y FOTOGRAFIAS

Diseño de las matrices para el registro de los datos primarios

Tabla 15 *Número de semillas germinadas*

Registro de datos				
Fecha	15/10/2024	16/10/2024	17/10/202 60 días
Tratamientos	Numero de semillas germinadas			
T1-Lixiviacion				
T2-Hipoclorito				
T3- Agua100°C* 10min				
T4- Agua100°C* 2min				
T5-Testigo				

Tabla 16 *Hoja de campo*

Tratamiento	Repetición	1	2	3	4	5	..60 Dias
T1	R1	0	0	0	0	0	0
T1	R2	0	0	0	0	0	0
T1	R3	0	0	0	0	0	0
T1	R4	0	0	0	0	0	0
T2	R1	0	0	0	0	0	0
T2	R2	0	0	0	0	0	0
T2	R3	0	0	0	0	0	0
T2	R4	0	0	0	0	0	0
T3	R1	0	0	0	0	0	0
T3	R2	0	0	0	0	0	0
T3	R3	0	0	0	0	0	0
T3	R4	0	0	0	0	0	0
T4	R1	0	0	0	0	0	0
T4	R2	0	0	0	0	0	0
T4	R3	0	0	0	0	0	0
T4	R4	0	0	0	0	0	0
T5	R1	0	0	0	0	0	0
T5	R2	0	0	0	0	0	0
T5	R3	0	0	0	0	0	0
T5	R4	0	0	0	0	0	0

Tabla 17 Prueba de normalidad

Shapiro-wilks					
Variable	n	Media	D.E	W*	P(unilateral) D9
Vg	20,00	0,76	0,45	0,91	0,143
Pg	20,00	42,8	20,11	0,91	0,1468
Tg	20,00	35,2	3,68	0,93	0,318
Ig	20,00	14,72	6,66	0,89	0,0665

Nota: Muestran un p-valor mayor a 0,005

Figura 2 Recolección de frutos



Figura 4 Preparación de muestras



Figura 3 Limpieza de semillas



Figura 5 Pesaje total



Figura 6 *Secado al horno*



Figura 8 *tratamientos pre-germinativos*



Figura 7 *Preparación de sustrato*



Figura 8 *Construcción del micro túnel*





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución N°. 173-SE-33-CACES-2020
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales
Ingeniería Forestal

CERTIFICACIÓN

Certifico que el Informe Final del Trabajo de Integración Curricular titulado “**Evaluación de tratamiento pre-germinativos en la especie *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch (Palo Santo), Ibarra, Ecuador.**”, de autoría del señor **Bryan Josue Silva Huera**, estudiante de octavo nivel de la Carrera de Ingeniería Forestal, fue revisado en cuestiones de fondo y forma, así como los procesos y sus resultados.

En tal virtud, el documento cumple con los requerimientos para su presentación, ante la asignatura Titulación II, acorde a lo establecido en la Guía Operativa de la Unidad de Integración Curricular para la Carrera de Ingeniería Forestal.

Ibarra, 30 de enero del 2025



GUILLELMO DAVID
VARELA JACOME

Ing. Guillermo David Varela Jácome Mgs
DIRECTOR