



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE (*Eugenia myrtifolia*) MEDIANTE  
MÉTODOS FÍSICOS – QUÍMICOS EN EL VIVERO DE TUNDUCAMA,  
BELISARIO QUEVEDO.”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingeniera Ambiental

**Autora:**  
Molina Macías Kerly Gisell

**Tutor:**  
Rivera Moreno Marco Antonio

**LATACUNGA – ECUADOR Julio 2025**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Molina Macías Kerly Gisell, con cédula de ciudadanía No. 1313832642, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE (*Eugenia myrtifolia*) MEDIANTE MÉTODOS FÍSICOS – QUÍMICOS EN EL VIVERO DE TUNDUCAMA, BELISARIO QUEVEDO”**, siendo el Ingeniero Mg. Marco Antonio Rivera Moreno, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 23 de julio del 2025



Kerly Gisell Molina Macías  
C.C: 1313832642  
ESTUDIANTE

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **MOLINA MACÍAS KERLY GISELL**, identificada con cédula de ciudadanía **1313832642** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE (*Eugenia myrtifolia*) MEDIANTE MÉTODOS FÍSICOS – QUÍMICOS EN EL VIVERO DE TUNDUCAMA, BELISARIO QUEVEDO**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2025

Tutor: Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, Mg.

Tema: “**EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE (*Eugenia myrtifolia*) MEDIANTE MÉTODOS FÍSICOS – QUÍMICOS EN EL VIVERO DE TUNDUCAMA, BELISARIO QUEVEDO**”,

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

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

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

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

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

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

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

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

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 23 días del mes de julio del 2025.



Kerly Gisell Molina Macías  
LA CEDENTE

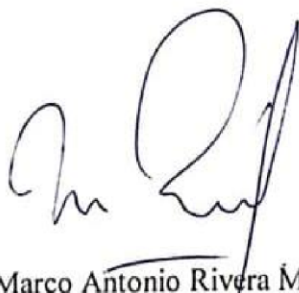
Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.  
LA CESIONARIA

## AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

**“EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE (*Eugenia myrtifolia*) MEDIANTE MÉTODOS FÍSICOS – QUÍMICOS EN EL VIVERO DE TUNDUCAMA, BELISARIO QUEVEDO”,** de Molina Macías Kerly Gisell, de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 23 de julio del 2025



Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, Mg.  
C.C: 0501518955  
**DOCENTE TUTOR**

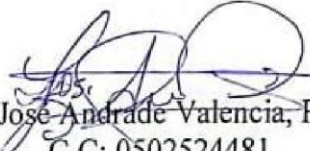


## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Molina Macías Kerly Gisell, con el título del Proyecto de Investigación: “EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE (*Eugenia myrtifolia*) MEDIANTE MÉTODOS FÍSICOS – QUÍMICOS EN EL VIVERO DE TUNDUCAMA, BELISARIO QUEVEDO”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 23 de julio del 2025

  
Dr. José Andrade Valencia, Ph.D.  
C.C: 0502524481  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**

  
Ing. Oscar Daza Guerra, Mg.  
C.C: 0400679740  
**LECTOR 2 (MIEMBRO)**

  
Lic. Jaime Lema Pillalaza, Mg.  
CC: 1713759932  
**LECTOR 3 (MIEMBRO)**



## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco francamente a mis tutores y lectores, quienes me guiaron y apoyaron en el desarrollo de esta investigación:*

*Al ingeniero Marco Antonio Rivera Moreno, mi tutor principal, por su guía experta, apoyo constante y valiosas sugerencias y consejos a lo largo de todo el proceso.*

*Al ingeniero Juan Abrahán Estrada Centeno, mi tutor externo, por su aporte de conocimientos y experiencia, y por su disposición a ayudarme en mi investigación.*

*También quiero agradecer a mis lectores, el ingeniero José Antonio Andrade Valencia, ingeniero Oscar Rene Daza Guerra y el ingeniero Jaime Lema Pillalaza por sus comentarios, contribución y asesoramiento que permitieron llevar a cabo este trabajo.*

*Agradezco sinceramente a los trabajadores del vivero forestal de plantas nativas de la Quinta Tunducama de la Prefectura de Cotopaxi, Parroquia Belisario Quevedo, por su apoyo y colaboración durante la realización de esta investigación. Su amabilidad, dedicación y profesionalismo hicieron que este proceso fuera aún más enriquecedor.*

*Kerly Gisell Molina Macías*

## **DEDICATORIA**

*A mis seres queridos:*

*A mi mamá, Jessica Macías, por su amor incondicional, apoyo constante y por el sacrificio que hizo, gracias por tu amor y consejos que me permitieron llegar hasta este momento. Te amo.*

*A mis hermanos, Emilio y Joaquín que se convirtieron en mi motor y fuente de inspiración para seguir adelante y ser un ejemplo para ellos, gracias por su más sincero cariño. A Jimmy Arévalo, gracias por guiarme y mostrarme su apoyo en momentos más vulnerables. A mi novio, Charly Ríos, amor, amigo y compañero de vida, gracias por ser esa roca de apoyo en momentos difíciles, por tus palabras de aliento y por acompañarme en cada largo paso de este camino. A mis abuelos Lulú y Aladino, por su apoyo a la distancia y su amor incondicional desde siempre. Gracias por ser esa luz que me guía. A mis tías y tíos que confiaron en mí y que siempre estuvieron ahí con su amor y apoyo incondicional a lo largo de toda la carrera.*

*A mi amiga y compañera, Melany Jara, gracias por mostrarme el significado de amistad a cambio de nada. Gracias a todos mis amigos de la universidad.*

*A todos ustedes, gracias por ser parte de mi vida y por hacer que este logro sea posible. Espero hacerlos orgullosos y demostrar que su esfuerzo y sacrificio han valido la pena. Gracias por creer en mí y por estar siempre a mi lado.*

*Kerly Gisell Molina Macías*

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE (*Eugenia myrtifolia*) MEDIANTE MÉTODOS FÍSICOS – QUÍMICOS EN EL VIVERO DE TUNDUCAMA, BELISARIO QUEVEDO.”**

**Autora:**  
Molina Macías Kerly Gisell

**RESUMEN**

Esta investigación se centra en la evaluación del proceso de germinación de *Eugenia myrtifolia* mediante la aplicación de tratamientos físicos y químicos en condiciones controladas, desarrollada en el vivero Tunducama, ubicado en la parroquia Belisario Quevedo, Latacunga.

Dado el bajo porcentaje de germinación natural que presenta esta especie y su alto valor ecológico, ornamental y potencial restaurador, el estudio tiene como objetivo identificar combinaciones de pretratamientos y tipos de sustratos que favorezcan su propagación eficiente en viveros comunitarios. Para ello, se diseñó un experimento completamente al azar bajo un esquema factorial 4×3, aplicando 12 combinaciones entre cuatro métodos de pretratamiento (sin tratamiento, escarificación mecánica, remojo en agua, y aplicación de ácido giberélico) y tres tipos de sustrato (turba, sustrato orgánico y celulosa de papel). La efectividad de cada tratamiento se midió utilizando porcentaje de germinación, tiempo medio de emergencia, altura de plántula, diámetro del tallo junto con la eficiencia del tratamiento de acondicionamiento relevante, variables que fueron procesadas utilizando análisis estadístico con ANOVA y pruebas de Tukey para diferencias significativas. Los resultados revelaron una respuesta diferencial distinta entre los tratamientos, la inmersión en agua de manera secuencial y el uso de turba como sustrato produjeron casi un 80% de germinación, mientras que el uso de celulosa como sustrato favoreció notablemente el engrosamiento del tallo. Por el contrario, la celulosa como sustrato promovió significativamente el engrosamiento del tallo, por ende, en base en los resultados se concluyó que el remojo en agua es el método más potente para fomentar la germinación de *Eugenia myrtifolia*, mientras que la celulosa de papel es una alternativa funcional y sostenible para el desarrollo del diámetro del tallo. Se sugiere integrar este protocolo en viveros para la restauración ecológica y capacitar al personal técnico sobre el uso estratégico de sustratos alternativos que ayuden activamente a la conservación de la biodiversidad.

**Palabras clave:** diseño experimental, pretratamientos, propagación ecológica, remojo en agua, sustratos alternativos.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES**

**THEME: “Evaluation of the Germination of (*Eugenia Myrtifolia*) Using Physical and Chemical Methods in the Tunducama nursery, Belisario Quevedo.”**

**Author:**  
Molina Macías Kerly Gisell

**ABSTRACT**

This research focuses on evaluating the germination process of *Eugenia Myrtifolia* through the application of physical and chemical treatments under controlled conditions at the Tunducama Nursery, located in the parish of Belisario Quevedo, Latacunga. Given the low percentage of natural germination of this species and its high ecological, ornamental, and restoration potential, the study aims to identify combinations of pretreatments and types of substrates that favour its efficient propagation in community nurseries. To this end, a completely randomized experiment was designed under a 4×3 factorial scheme, applying 12 combinations of four pretreatment methods (no treatment, mechanical scarification, soaking in water, and application of

gibberellic acid) and three types of substrate (peat, organic substrate, and paper cellulose). The variables analyzed included the percentage of germination, average emergence time, seedling height, stem diameter, and the efficiency of each treatment, which were processed using statistical analysis with ANOVA and Tukey tests to determine significant differences. The results showed a clear differential response between treatments: soaking in water, combined with peat substrate, achieved germination rates of nearly 80%, while the use of cellulose as a substrate significantly favored stem thickening. These findings enable us to conclude that soaking *Eugenia Myrtifolia* in water is the most efficient method for enhancing its germination. That paper cellulose represents a sustainable and functional alternative for diameter development. Consequently, it is recommended that this protocol be adopted in nurseries focused on ecological restoration, and that technical staff be trained in the use of alternative substrates that actively contribute to sustainability and biodiversity conservation.

**Keywords:** Experimental Design, Pretreatments, Ecological Propagation, Soaking in Water, Alternative Substrates.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....	iv
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	vi
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	vii
<i>DEDICATORIA</i> .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x

1.	Información general .....	1
2.	Introducción .....	2
3.	Justificación .....	3
4.	Beneficiarios del proyecto .....	4
5.	El Problema de investigación .....	4
6.	Objetivos del proyecto .....	5
6.1	Objetivo General: .....	5
6.2	Objetivos Específicos: .....	5
7.	Actividades y sistema de tareas en relación con los objetivos planteados. ....	6
8.	Fundamentación Científico Técnica .....	7
8.1	Introducción a <i>Eugenia myrtifolia</i> .....	7
8.1.1	Taxonomía .....	8
8.1.2	Características morfológicas de la planta .....	8
8.1.3	Descripción Botánica .....	9
8.2	Usos de la <i>Eugenia myrtifolia</i> .....	10

8.2.1 Usos ecológicos de sus frutos .....	10
8.2.2 Restauración ecológica .....	10
8.3 Importancia ecológica.....	10
8.4 Importancia económica .....	11
8.5 Importancia Ambiental .....	11
8.6 Medios de propagación .....	12
8.6.1 Propagación vegetativa .....	12
8.6.2 Propagación por semillas .....	12
8.6.3 Alternativas de propagación .....	13
8.7 Métodos pregerminativos aplicados a <i>Eugenia myrtifolia</i> .....	13
8.7.1 Propagación por semillas .....	13
8.7.2 Propagación por esquejes .....	13
8.7.3 Propagación por estacas.....	14
8.8 Riego controlado. ....	14
8.9 Métodos Físicos .....	14
8.9.1 Semillas sin tratamiento.....	14

8.9.2	Escarificación mecánica .....	15
8.9.3	Remojo en agua .....	16
8.10	Métodos Químicos .....	16
8.10.1	Fitohormonas o Ácido giberélico .....	16
8.11	Tipos de sustratos .....	17
8.11.1	Sustrato orgánico .....	17
8.11.2	Celulosa de papel .....	18
8.11.3	Turba .....	19
8.12	Recursos Forestales de Interés Ambiental .....	19
8.13	Semillas .....	20
8.13.1	Tipos de semillas .....	20
8.14	Partes fundamentales de la semilla .....	21
8.14.1	Embrión .....	21
8.14.2	Endospermo .....	22
8.14.3	Testa (cubierta seminal).....	22
8.15	Germinación .....	22
8.15.1	Etapas de la germinación .....	23
8.15.2	Factores que influyen la germinación .....	24
8.15.3	Métodos pregerminativos. ....	24
9.	Marco Legal .....	25
10.	Hipótesis .....	26
10.1	Hipótesis Nula .....	26
10.2	Hipótesis Alternativa .....	26
11.	Área de estudio. ....	26

12. Metodología .....	27
12.1. Enfoque de la investigación .....	27
12.1.1 Enfoque cuantitativo .....	27
12.1.2 Método cuantitativo .....	28
12.2. Diseño experimental .....	28
12.3. Tratamientos y Diseño Factorial.....	29
12.4. Análisis Estadístico .....	29
12.5. Repeticiones .....	30
12.6. Selección y tamaño muestral .....	31
12.6.1 Selección de la semilla .....	31
12.7. Materiales y métodos .....	31
12.7.1 Material vegetal .....	31
12.7.2 Recolección de semillas.....	32
12.7.3 Secado de semillas .....	32
12.8. Aplicación de fitohormonas.....	33
12.9. Instrumentos de Recolección de Datos .....	33
12.10. Variables evaluadas .....	34
12.10.1 Variables de respuesta .....	34
13. Comprobación de hipótesis o respuesta a las preguntas de investigación .....	36
14. Análisis y discusión de los resultados .....	36

14.1. Porcentajes de germinación .....	37
14.2. Altura de las plántulas. ....	39
14.3. Diámetro del tallo. ....	43
15. Conclusiones y recomendaciones .....	44
16. Bibliografía/ Referencias .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Beneficiarios del proyecto de investigación.....	4
<b>Tabla 2.</b> Actividades y sistema de tareas en relación con los objetivos planteados.....	6
<b>Tabla 3.</b> Taxonomía de la planta <i>Eugenia myrtifolia</i> .....	7
<b>Tabla 4.</b> Tabla de tratamientos utilizados en el diseño experimental.....	28
<b>Tabla 5.</b> Modelo de Tabla de ANOVA (Diseño Factorial 4×3).....	29
<b>Tabla 6.</b> Tabla general de los porcentajes de germinación por días.....	36
<b>Tabla 7.</b> Tabla general de alturas de plántulas por días.....	37
<b>Tabla 8.</b> Tabla de tratamientos a los 79 días.....	39
<b>Tabla 9.</b> Tabla de tratamientos a los 86 días.....	39
<b>Tabla 10.</b> Factor A de los 93 días.....	40
<b>Tabla 11.</b> Factor B a los 93 días.....	40
<b>Tabla 12.</b> Mejores tratamientos a los 93 días.....	41
<b>Tabla 13.</b> Tabla general del diámetro del tallo a los 114 días.....	42
<b>Tabla 14.</b> Tratamientos del diámetro del tallo.....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Mapa referencial del área de estudio.</i> .....	27
---	----



## **1. Información general**

### **Título:**

Evaluación de la germinación de (*Eugenia myrtifolia*) mediante métodos físicos – químicos en el vivero de Tunducama, Belisario Quevedo.

### **Lugar de ejecución:**

Parroquia Belisario Quevedo, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

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

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, carrera de Ingeniería Ambiental.

### **Nombres de equipo de investigadores:**

Tutor: Ing. Marco Antonio Rivera Moreno Mg.

LECTOR 1: Dr. José Antonio Andrade Valencia, Ph.D.

LECTOR 2: Ing. Oscar René Daza Guerra Mg.

LECTOR 3: Lcd. Jaime René Lema Pillalaza Mg.

Estudiante: Srta. Kerly Gisell Molina Macías

### **Área de Conocimiento:**

Ciencias Naturales, Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

### **Línea de investigación:**

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

### **Línea de Vinculación:**

Fauna y recursos naturales para el desarrollo sustentable y la prevención de desastres naturales.

## 2. Introducción

La conservación y propagación de especies forestales constituye una estrategia clave frente a la pérdida acelerada de biodiversidad que se enfrenta. Entre estas especies se encuentra la *Eugenia myrtifolia*, una planta de la familia Myrtaceae, apreciada por su valor ornamental, ecológico y potencial alimenticio, la cual ha despertado creciente interés en programas de reforestación en áreas verdes, la recuperación de suelos degradados hasta la jardinería urbana o proyectos municipales. Sin embargo, uno de los principales desafíos en su adaptación radica en sus limitadas tasas de germinación natural, atribuibles a la dureza de su cubierta seminal y a la latencia fisiológica, lo que hace necesario estudiar y optimizar técnicas que mejoren la propagación de su semilla.

A nivel mundial la germinación de semillas de la especie *Eugenia myrtifolia* ha sido objeto de varios estudios científicos que combinan enfoques físicos tales como la escarificación mecánica y químicos como la aplicación de ácido sulfúrico o giberelinas para superar las barreras de dormancia. Investigaciones realizadas por (Baskin & Baskin, 2025) demuestran que la aplicación de tratamientos físico-químicos adecuados puede incrementar significativamente la tasa y velocidad de germinación en especies con dormancia combinada. De igual manera (Souza, 2019) señala que la aplicación de tratamientos pregerminativos en semillas representa una estrategia fundamental para mejorar la eficiencia en la propagación de especies forestales, al favorecer procesos como la germinación y el establecimiento de plántulas.

En Cotopaxi, particularmente en la parroquia Belisario Quevedo, el uso eficiente de especies como lo es la *Eugenia myrtifolia* cobra relevancia para la restauración ecológica de zonas degradadas, tal como para el fortalecimiento de viveros comunitarios o municipales, por ejemplo el vivero de Tunducama, que cumplen una función clave en la producción de plántulas para dichos fines (MAE, 2019).

El presente estudio busca responder a la problemática planteada sobre la mejora de la germinación de *Eugenia myrtifolia* por medio del uso de algunos métodos comparativos de tratamientos físico-químicos en el vivero de Tunducama. La investigación tiene un enfoque cuantitativo, del tipo experimental y comparativo, en función del diseño de ensayos controlados donde se midan las respuestas germinativas de las semillas a los tratamientos. La metodología

consta de la recolección de semillas, la ejecución de tratamientos, y la observación del proceso germinativo en intervalos de días por varias semanas.

Como se ha planteado, los objetivos de esta investigación se orientan principalmente a la formulación de técnicas que ayuden a mejorar la germinación de *Eugenia myrtifolia*, con el propósito de integrar medidas para la conservación local y promover la multiplicación de especies en los viveros comunitarios, para el mejoramiento de la conservación y recuperación de la flora local. Se espera, de esta manera, que la información generada sea útil en el diseño de iniciativas de carácter sostenible y que se puedan multiplicar en otros escenarios, para ayudar en el uso científico y responsable de la biodiversidad de la región andina.

### **3. Justificación**

La restauración ecológica y la recuperación de paisajes ambientales en la región andina son tareas complejas y urgentes debido a la deforestación y el cambio climático. La investigación gira en torno a la germinación de *Eugenia myrtifolia*. Su valor ecológico y ornamental, así como alimenticio, la convierte en una especie de importancia. La recuperación de paisajes ecológicamente deteriorados y la mejora de la funcionalidad de los ecosistemas locales son el resultado de su propagación. Junto con el sostenimiento de viveros comunitarios, esto puede ayudar a recuperar y mejorar la funcionalidad de paisajes degradados.

El escaso porcentaje de germinación de *Eugenia myrtifolia* se debe a la dureza de su cubierta seminal y la latencia fisiológica de sus semillas. La producción de plántulas de calidad se ve dificultada por la escasa germinación, sobre todo en el ámbito rural, donde los viveros, como el de Tunducama, son fundamentales para el desarrollo de planes de reforestación y restauración ecológica. Por esto, romper la dormancia y activar la germinación en el embrión puede lograrse a través de la fitohormona y métodos como el remojo en agua y escarificación mecánica, haciéndolos físicos y químicos los métodos más efectivos en el estudio del *Eugenia myrtifolia*.

Además, el uso de sustratos como turba, sustrato orgánico y celulosa de papel brinda la oportunidad de estudiar medios de crecimiento sostenibles y eficientes que reducirían costos, potenciarían el vigor de las plántulas y se adaptarían a diferentes condiciones del suelo. Este enfoque multifactorial permite generar conocimiento que puede ser implementado en otros contextos de restauración de plantas en la sierra ecuatoriana y en otras regiones con problemas similares.

Desde una perspectiva ambiental esta investigación se alinea con los conceptos de gestión responsable de los recursos naturales. Los servicios ecosistémicos protectores que

proporciona *Eugenia myrtifolia*, como la mejora de la recuperación de la cubierta vegetal juntos con el control de la erosión del suelo y la mitigación de los impactos del cambio climático, apoyan la restauración del equilibrio ecológico cuando se mejora su eficiencia germinativa. De esta manera, la investigación trasciende el laboratorio y se convierte en un recurso útil para restaurar ecosistemas vulnerables, promover la educación ambiental comunitaria y ayudar a cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible.

A modo de resumen, el estudio no solo provee evidencia científica acerca de la germinación de especies con dormancia combinada, también defiende la importancia de los viveros comunitarios como agentes de cambio en la restauración ecológica de los territorios. La germinación de especies con dormancia combinada en distintos ecosistemas puede fortalecer los lazos entre ciencia y territorio, generando impactos positivos más allá de la academia.

#### 4. Beneficiarios del proyecto

En la tabla 1 se presentan los beneficiarios directos e indirectos.

**Tabla 1.** Beneficiarios del proyecto de investigación

Beneficiarios	Sector	Población
Directos	Agricultores de la provincia de Cotopaxi	32.050 personas
Indirectos	Agricultores de la región sierra	632.366 personas

Fuente: Gad parroquial Belisario Quevedo

#### 5. El Problema de investigación

La deforestación se encuentra entre los principales problemas ambientales que enfrenta actualmente el planeta. De acuerdo al IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático), esta problemática no solo afecta a los ecosistemas, sino que también repercute directamente en la calidad de vida humana. Su impacto se extiende a otras crisis ambientales interrelacionadas, como la pérdida de biodiversidad, el aumento de eventos de inundaciones, la degradación de suelos por la erosión y la contaminación atmosférica (María Eulalia García Marín, 2016).

La deforestación hace referencia a la eliminación total o parcial de áreas boscosas con el fin de utilizar el suelo para otros fines productivos. En cambio, la degradación forestal implica un proceso más lento y progresivo, vinculado a prácticas de aprovechamiento no sostenibles, que afectan negativamente la capacidad del bosque para proporcionar bienes y servicios esenciales, como la biodiversidad y los recursos maderables (Parlamento Europeo, 2022).

De todos los países de Latinoamérica, Ecuador es el que más deforesta en relación a su tamaño, incluso más que Brasil, pues ha perdido un 48.6% de su arbolado en las últimas

décadas. El país pasó de una deforestación neta de 92,742 hectáreas en el 1990-2000, a 47,497 en el 2008-2014. De esta forma, Ecuador ha ido ganando reconocimiento internacional por su gobernanza ambiental, dado que se le atribuyó el haber disminuido la deforestación de forma significativa (Ministerio del Ambiente, 2019).

Problemas como la deforestación, sumado a la pérdida de flora y fauna en el país, han sido las principales causas de la disminución de especies forestales en la región de la sierra. La *Eugenia myrtifolia* es una de las menos estudiadas, pero cumple un rol muy importante, tanto en la sostenibilidad del medioambiente, como de la economía local, por lo que ayuda en la recuperación de ecosistemas y el ingreso de los agricultores (López Camacho, 2005).

El vivero Quinta Tunducama, situado en el distrito Belisario Quevedo de Latacunga, enfrenta problemas de la misma naturaleza, pues la falta de información sobre técnicas modernas para la propagación de semillas de *Eugenia myrtifolia*, así como las condiciones climáticas junto con tipo de suelo de la región, ha obstaculizado la reproducción de la especie. Por esta razón, es importante evaluar y estudiar qué métodos son los más adecuados para la germinación y propagación de las semillas de *Eugenia myrtifolia*. Al usar métodos físicos y químicos controlados en el vivero, se puede determinar el método de germinación más viable que, a su vez, ayudará en la propagación y la preservación sostenida de su diversidad genética (Latorre, 2005).

## **6. Objetivos del proyecto**

### **6.1 Objetivo General:**

- Evaluar la eficiencia de los distintos métodos físicos - químicos utilizados en la germinación de semillas de *Eugenia myrtifolia* en el vivero de Tunducama, Belisario Quevedo.

### **6.2 Objetivos Específicos:**

- Determinar el tiempo de germinación entre los tipos de pre tratamientos y los tipos de sustratos utilizados.
- Identificar el tratamiento más eficiente para la germinación de *Eugenia myrtifolia* en función a la viabilidad de las semillas.
- Analizar la influencia de los tipos de sustrato en la germinación de *Eugenia myrtifolia* para su propagación y desarrollo en el vivero Tunducama.

## 7. Actividades y sistema de tareas en relación con los objetivos planteados.

**Tabla 2.** Actividades y sistema de tareas en relación con los objetivos planteados.

OBJETIVO ESPECÍFICO	METODOLOGÍA	ACTIVIDADES	RESULTADOS ESPERADOS
Determinar el tiempo de germinación entre los tipos de pretratamientos y los tipos de sustratos utilizados.	Análisis de ANOVA factorial 4x3 para el tiempo de germinación de plántulas en cada tratamiento.	-Siembra de semillas bajo las condiciones establecidas en el diseño factorial -Registro semanal del número de semillas germinadas durante 114 días. -Análisis estadístico del tiempo	Tiempo de germinación.
Identificar el método más eficiente para la germinación de <i>Eugenia myrtifolia</i> en función a la viabilidad de las semillas.	Cálculo del porcentaje de germinación por tratamiento y análisis comparativo mediante pruebas de significancia (ANOVA y Tukey).	-Registro del porcentaje de semillas germinadas a los 72 días. - Comparación estadística entre tratamientos. -Evaluación del vigor de plántulas según el tratamiento aplicado.	Identificación del método con mayor respuesta.
Analizar la influencia de los tipos de sustrato en la germinación de <i>Eugenia myrtifolia</i> para su propagación y desarrollo en el vivero Tunducama.	Evaluación de las variables de respuesta (porcentaje de germinación, tiempo de emergencia, altura de plántulas y diámetro del tallo) por tipo de sustrato.	-Siembra y seguimiento del desarrollo de las plántulas -Registro de crecimiento durante el periodo experimental.	Identificación del mejor sustrato.

## 8. Fundamentación Científico Técnica

### 8.1 Introducción a *Eugenia myrtifolia*

*Eugenia myrtifolia* es una especie de arbusto perenne de la costa oriental de Australia. Ha sido económicamente importante en la horticultura ornamental debido a su versatilidad

morfológica, llamativa coloración de las hojas y capacidad para prosperar en diferentes entornos urbanos y rurales. Más allá de estos usos de *myrtifolia*, también se documentaron varios importantes beneficios ecológicos, como proporcionar sustento para aves frugívoras, servir como planta anfitriona para polinizadores insectos y fortalecer la estructura de la planta en proyectos de revegetación urbana (Sánchez, 2025).

*Eugenia myrtifolia* puede aportar al potencial diseño de espacios verdes de agroecología sustentable. Esta planta es ventajosa para la hidrología por su fenología resistiva, también por su tolerancia a la poda intensa y su capacidad para resistir la sequía moderada en diferentes tipos de suelo, por lo tanto, favorece para su uso en restauración ecológica. Fenológicamente, su exhibición en primavera y otoño es potencialmente benéfica pues su nuevo crecimiento en primavera muestra hojas color cobre que contrastan de manera impactante con el follaje maduro, a su vez en los meses frescos, la capa cálida que se suma al paisaje urbano enriquece su belleza (Sánchez, 2025).

*Eugenia myrtifolia* tiene un uso culinario a través de sus frutos que son las llamadas las cerezas magenta que, a pesar de no tener un valor comercial significativo, su uso en la producción artesanal de mermeladas se destaca su importancia a pequeña escala.

En relación con lo expuesto, *Eugenia myrtifolia* no solo ofrece una opción de paisaje económicamente valiosa y de bajo mantenimiento, sino que puede incorporarse intencionadamente al currículo de programas educativos multidisciplinarios sobre temas ambientales, agroforestería urbana y diseño de jardines de biodiversidad (Sánchez, 2025).

### 8.1.1 Taxonomía

**Tabla 3.** Taxonomía de la planta *Eugenia myrtifolia*

<b>Categoría</b>	<b>Clasificación</b>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Género	<i>Eugenia</i> / <i>Syzygium</i>

Especie Eugenia myrtifolia  
Fuente: EcuRed

### 8.1.2 Características morfológicas de la planta

Las hojas de *Eugenia myrtifolia* exhiben una variedad de tonalidades con un brillo característico. Inicialmente presentan un atractivo color rojizo-cobrizo, que evoluciona hacia un verde claro intenso y, finalmente, hacia un verde oscuro. Son hojas limpias, con nervadura central prominente, pecíolo ligeramente alargado, textura coriácea, forma elíptica y en algunos casos lanceolada (Sostenible, 2017).

Las flores, pequeñas y de color blanco, poseen largos estambres que les confieren un aspecto llamativo, similar al de otras especies del género *Myrtus*, que luego dan origen a un fruto de forma ovoide que al madurar cambia de un tono verdoso a un rojo violáceo con forma de pera.

En el extremo del fruto persisten restos del cáliz, semejantes a los observados en especies como el manzano o el peral. Esta característica, junto con su sensibilidad a las heladas, hace que la planta requiera climas templados. La pulpa del fruto es dulce, aromática y de excelente sabor, lo que ha favorecido su cultivo como especie frutal (Tarrero, 2017a).

### 8.1.3 Descripción Botánica

Las especies del género *Eugenia* comprenden arbustos y pequeños árboles que se distinguen por su follaje persistente y la fragancia de sus flores. Su hábito de crecimiento varía entre formas verticales y estructuras más densas y arbustivas, y algunas especies llegan a integrarse naturalmente en el sotobosque de ecosistemas tropicales y subtropicales.

En el ámbito ornamental, esta planta ha ganado popularidad por su presencia dominante en jardines residenciales, donde suele recibir el nombre de “arbusto multicolor” debido al cambio tonal que exhibe su follaje durante las distintas estaciones del año (PlantasDecor, 2021). a) Raíz

La raíz de *Eugenia myrtifolia* es fibrosa y poco invasiva, lo que permite su cultivo cercano a estructuras sin riesgo de daños. Se desarrolla mejor en suelos fértiles, sueltos y bien drenados, con buena aireación. Aunque no es especialmente profunda, requiere espacio libre para expandirse lateralmente, por lo que se recomienda una distancia de al menos 4–5 metros respecto a muros o árboles grandes para evitar competencia por agua y nutrientes (Sánchez, 2025)

#### b) Tallo

El tallo principal es esbelto, leñoso y de corteza lisa, con una ramificación densa que favorece su uso como seto o pantalla vegetal. En ejemplares jóvenes, los tallos son verdes y flexibles, mientras que en plantas maduras adquieren un tono grisáceo. Su estructura permite podas frecuentes sin comprometer la salud de la planta, lo que lo convierte en una excelente opción para topiaria y jardinería formal (Huesca, 2016).

#### c) Flores

Las flores de *Eugenia myrtifolia* son pequeñas, blancas y aromáticas, dispuestas en racimos tipo panícula, se las aprecia principalmente en primavera, sin embargo, si se cuenta con condiciones óptimas de luz pueden presentar una segunda floración en otoño. Su forma globosa recuerda a pequeños pompones similares a las flores del mirto que son atractivas para insectos polinizadores (Ideas Verdes, 2022).

#### d) Frutos

Los frutos son bayas alargadas de color magenta intenso, sin embargo, también existen variedades con frutos blancos con tintes rosados e incluso púrpuras. En los referentes al sabor, son comestibles de sabor ácido similar al de la manzana, por ende, se utilizan en la elaboración de mermeladas e incluso postres artesanales. Su presencia en el jardín no solo aporta valor estético, sino que también atrae aves frugívoras y pequeños mamíferos (Rosalandia, 2024).

## 8.2 Usos de la *Eugenia myrtifolia*

### 8.2.1 Usos ecológicos de sus frutos

Aparte del valor estético, *Eugenia myrtifolia* produce frutos comestibles llamados “cerezas magenta” que son ácidos como las manzanas. Pueden utilizarse para hacer mermeladas, gelatinas y otros postres artesanales, lo que les da cierto potencial agro-alimentario en sistemas de producción sostenible a pequeña escala (Tarrero, 2017b). Su presencia en los jardines también mejora la biodiversidad al atraer aves frugívoras y pequeños mamíferos, ayudando al equilibrio ecológico en los espacios verdes urbanos.

### 8.2.2 Restauración ecológica

La resistencia de *Eugenia myrtifolia* a condiciones climáticas adversas, su tolerancia a suelos diversos y su bajo requerimiento hídrico la posicionan como una especie viable para proyectos de restauración ecológica y agroforestería urbana. Estudios recientes han demostrado que esta especie puede prosperar incluso bajo riego con aguas regeneradas, mostrando

respuestas fisiológicas positivas frente a distintos niveles de salinidad (Acosta Motos, 2014). Esta característica la convierte en una candidata ideal para cultivos en zonas con limitaciones hídricas o en procesos de revegetación urbana.

### **8.3 Importancia ecológica**

Las especies del género *Eugenia* son muy importantes para la conservación de los ecosistemas naturales. Su resistencia a los suelos erosionados y su participación en los programas de reforestación la hacen ser muy importantes para la restauración de los ambientes y para la mitigación de los efectos del cambio climático (Vignale et al., 2018). Estas plantas, como otras *Eugenia* son importantes ya que brindan alimentación y refugio a varios tipos de fauna silvestre y de esta manera, promueven el equilibrio ecológico.

*Eugenia myrtifolia* es conocida por su importancia como planta ornamental por el denso follaje y flores blancas que embellecen a los parques y jardines (Arbolado, 2021). Esta especie contribuye en la proliferación de mariposas al instante y, además, es repelente natural de moscas, en vista de que sus hojas se utilizan como insecticida ecológico.

### **8.4 Importancia económica**

La propagación de especies forestales como *Eugenia myrtifolia* no solo representa un aporte ecológico, sino una alternativa económica auto sostenible para comunidades rurales. El cultivo y aprovechamiento de sus frutos, *Eugenia*, muy nutritivos y sabrosos, permite diversificar las actividades productivas de una región, brindando también un ingreso extra y promoviendo un mayor cuidado y manejo sostenible de los recursos naturales. Por otra parte, su uso como planta decorativa en el urbanismo y su mayor demanda como parte de productos ecológicos le otorgan un valor agregado (Takahashi, 2024).

Esta especie presenta ventajas logísticas en viveros comunitarios, debido a su adaptabilidad, bajo requerimiento hídrico y potencial para establecerse en suelos de baja fertilidad, lo cual reduce costos de mantenimiento y facilita su integración en planes de reforestación con fines económicos (Luna Cruz, 2013).

Los enfoques agroecológicos, *Eugenia myrtifolia* se presenta como una especie versátil que puede integrarse eficazmente en sistemas agroforestales. Su aprovechamiento como cultivo frutal, sus propiedades con potencial medicinal y su aporte a la restauración ecológica permiten fortalecer la estabilidad económica de productores locales, al diversificar sus fuentes de ingreso y mejorar el desempeño ambiental de sus parcelas.

## 8.5 Importancia Ambiental

La *Eugenia myrtifolia* es una especie considerada muy importante desde un punto de vista ecológico en entornos urbanos y de restauración de la vegetación. Su follaje persistente, un tanto ramificado y su adaptabilidad a la variedad de suelos la convierten en un aliado para la mitigación de ruidos, captura de contaminantes y regulación de la climatología en microescala en zonas verdes urbanas (Ballina, 2017). Además, sus frutos junto con sus flores son un importante alimento para frugívoras y polinizadores, en vista de que ayuda a aumentar la biodiversidad funcional (Niño-Hernandez, Juan. Moreno, David. Ruiz, 2020).

Desde el enfoque de restauración ecológica, esta especie se ha mostrado muy eficiente dentro de procesos de revegetación de la flora, esto es debido a su respuesta positiva hacia la flor, su resistencia a podas, xerotolerancia y su reproducción en condiciones controladas (Puga Medina, 2024). La planta, además de su uso en cercas vivas y a la ornamentación de su uso en bordes de terrazas, proporciona conectividad ecológica entre fragmentos de vegetación nativa, que permiten el movimiento de fauna silvestre y dispersión de semillas, esto propicia que *Eugenia myrtifolia*, además de embellecer un paisaje, desempeñe funciones relevantes para la resiliencia ambiental en ecosistemas urbanos y periurbanos.

## 8.6 Medios de propagación

La propagación de esta especie puede realizarse por semilla, injerto o esqueje. El método más utilizado es por semilla, ya que estas pueden conservarse secas por 4 o 5 semanas. Se siembran en semilleros, para repicar en bolsas de polietileno cuando alcanzan los 7,5 cm de alto, o también se pueden sembrar directamente en bolsas. (SADSAR, 2020)

Para realizar enriquecimiento de bosques con esta especie, se recomienda plantar a una distancia no menor a 4 metros, en huecos de plantación de 0,5 x 0,5 m con materia orgánica. Esta planta puede crecer en suelos pobres, pero si se busca maximizar la producción de frutos de buena calidad, debe crecer en suelos con abundante materia orgánica. Si crece en suelos con mucha materia orgánica y en lugar soleado comienza a producir frutos a partir del tercer o cuarto año (SADSAR, 2020)

### 8.6.1 Propagación vegetativa

La propagación vegetativa, o reproducción asexual, es un proceso que crea nuevas plantas a partir de partes de una planta madre, tejido u órgano sin gametos ni semillas. Aprovecha la totipotencialidad celular, o la capacidad de ciertas células vegetales para formar

estructuras completas como raíces, tallos o hojas bajo ciertas condiciones ambientales (Ruscitti, 2023).

A diferencia de la reproducción sexual, la descendencia adquirida a través de métodos vegetativos es genéticamente idéntica al ancestro. Este enfoque ayuda a preservar rasgos favorables como el vigor, la resistencia a enfermedades o la productividad.

### **8.6.2 Propagación por semillas**

La propagación por semillas es uno de los métodos de reproducción vegetal más efectivos pues es un proceso que involucra la reproducción a través de la fertilización por polen, produciendo embriones genéticamente diversos, por ende, esta variación genética es esencial para los procesos de adaptación evolutiva de las especies, en vista de que ayuda a enfrentar las condiciones ambientales cambiantes e inclusive las enfermedades.

Además, la propagación por semillas favorece la dispersión natural de las plantas, ya sea por viento, agua o animales, lo que contribuye a la colonización de nuevos hábitats y al mantenimiento de la biodiversidad.

### **8.6.3 Alternativas de propagación**

Existen dos modalidades para la propagación de las plantas, sexualmente, a través de semillas, o asexualmente, mediante tejidos vegetales que poseen la capacidad de desarrollo y especialización celular para formar nuevos individuos a partir de partes vegetativas de la planta. La propagación de plantas implica la aplicación de principios y conceptos biológicos que estratifican la reproducción de plantas útiles, de un determinado genotipo.

Esta reproducción se lleva a cabo a partir de los propágulos, los mismos que se definen como toda planta que se considere nueva planta o población. Los propágulos son semillas, plántulas, segmentos de tejidos, yemas, esquejes, estaquillas y otras partes especializadas como bulbos, cormos, y hasta tubérculos (Osuna et al., 2017).

## **8.7 Métodos pregerminativos aplicados a *Eugenia myrtifolia***

La propagación eficiente de *Eugenia myrtifolia* requiere superar la latencia natural de sus semillas, especialmente en contextos de viveros forestales donde se busca optimizar el tiempo de germinación y la calidad de las plántulas. En el estudio realizado por (Puga Medina, 2024) se evaluaron tres técnicas de propagación: semillas, esquejes y estacas, bajo condiciones controladas durante 60 días.

### **8.7.1 Propagación por semillas**

Aunque no se observó germinación en los primeros treinta días, para el sexagésimo día hubo un éxito de germinación del 90%, demostrando que las semillas de *Eugenia myrtifolia* son capaces de romper la dormancia dadas las condiciones adecuadas, por ende, este método es óptimo para proyectos a largo plazo, dado que simula el crecimiento de las semillas en un ambiente donde pueden desarrollar un sistema radicular fuerte.

### **8.7.2 Propagación por esquejes**

Los esquejes mostraron una respuesta de germinación efectiva con éxitos del 67.5% y 81.7% a los 30 y 60 días, respectivamente, a su vez produjeron un promedio de 8 brotes por esqueje, convirtiéndolos en una excelente opción para resultados rápidos en viveros.

### **8.7.3 Propagación por estacas**

Las estacas también alcanzaron un 81.7% de germinación al día 60, aunque con un promedio de 6 brotes por unidad que se evidencia que es ligeramente inferior al de los esquejes, por ende, su desempeño fue aceptable, especialmente en etapas intermedias de producción.

## **8.8 Riego controlado.**

El riego controlado hace refiere a la aplicación precisa de agua en función de las necesidades fisiológicas de la planta junto con las condiciones ambientales, enfoque que busca optimizar el uso del recurso hídrico mientras mejorar la eficiencia agronómica junto con la reducción de pérdidas por evaporación.

El riego controlado permite ajustar la frecuencia junto con volumen de agua en función de sensores de humedad o algoritmos predictivos, con el fin de mejorar la eficiencia del cultivo en viveros (Gimeno, 2020).

En especies de raíz corta o en sustratos altamente porosos, como la celulosa de papel, la gestión adecuada del riego puede mejora de manera significativa la elongación celular junto con la eficiencia de fotosíntesis durante las primeras semanas de crecimiento (Silva, 2019). Distintos estudios han demostrado que el riego controlado incrementa la eficiencia hídrica (Abiodun, 2021).

Asimismo, los sistemas adaptativos basados en aprendizaje automático permiten ajustar los ciclos de riego según el comportamiento fisiológico de la plántula, favoreciendo la

sostenibilidad del vivero y contribuyendo a un manejo racional del recurso hídrico en regiones vulnerables al estrés climático (He, 2020).

## **8.9 Métodos Físicos**

### **8.9.1 Semillas sin tratamiento**

La semilla sin tratamiento o semilla de testigo se considera la semilla “virgen”, es decir la semilla sin ningún tipo de tratamiento que conceda a la efectividad de los usos evaluados (físico y químico).

Las semillas sin tratamiento son aquellas a las que no se les ha realizado un tratamiento químico, fisiológico, o biológico con la intención de eliminar patógenos, plagas o condiciones que puedan dañar la semilla. Este tipo de semilla no es sometido a un estado alterado desde la cosecha hasta la siembra, logrando estudiar su comportamiento fisiológico sin interferencias externas.

En estudios de algunas especies nativas, como la *Eugenia stipitata*, se ha documentado que algunas semillas son capaces de alcanzar más de un 40 % de germinación sin requerir tratamientos de pregerminación, lo que demuestra que muchas de estas semillas son diestros en condiciones controladas (Abril- Saltos, 2017).

Desde un punto de vista ecológico las semillas sin tratamiento ayudan a mantener los procesos de germinación para especies nativas que han evolucionado bajo condiciones específicas. Además, su uso en la investigación científica ayuda a evaluar factores como la latencia junto con el diámetro de la semilla y sus condiciones ambientales sin la influencia de factores externos (Quiroga Nova, 2016). Ámbito esencial para formular estrategias de conservación de ecosistemas sostenibles y sensibles a la biodiversidad.

### **8.9.2 Escarificación mecánica**

La escarificación mecánica es una técnica de pre germinación que consiste en raspar la cubierta externa de la semilla para que entre diferentes elementos necesarios para activar su metabolismo, que se utiliza en semillas que tienen testas duras e impermeables que se encuentran en un estado de latencia física y que no son capaces de germinar en condiciones naturales, por ende trata de romper la testa en la semilla seca que se encuentra en un estado latente para que no muera, pero que su germinación sea lo más rápida y uniforme posible (Charuc, 2016).

Los procedimientos de escarificación mecánica están enfocados en el rompimiento de la testa por medio de frotar con papel de lija, sacudir semillas dentro de un tarro con arena, y realizar incrustaciones o hendiduras con cuchillos, tal como menciona el (Manual, 2019). las semillas se encuentran a un estado adecuado de escarificación cuando tienen hendiduras y raspaduras en la testa, pero no en la parte interna de la semilla.

La escarificación mecánica es especialmente útil en la restauración ecológica, la silvicultura junto con la agricultura sostenible, especialmente con especies nativas que tienen períodos prolongados de latencia. En los viveros forestales este método ayuda a mejorar los ciclos de producción, aumenta la eficiencia de recuperación de plántulas y ayuda a conservar genotipos adaptados a las condiciones locales, a su vez se sabe que este método puede ser más beneficioso que la escarificación química en algunas especies dado que no utiliza productos químicos corrosivos y es más fácil de implementar en el campo (Manotoa, 2012).

### **8.9.3 Remojo en agua**

Los objetivos de remojar semillas en agua son ablandar las duras cubiertas de las semillas, eliminar algunos de los inhibidores de germinación con el fin de acortar el tiempo que tarda la semilla en brotar. El tiempo de remojo varía de especie a especie.

El remojo en agua a temperatura ambiente ayuda a eliminar algunos de los inhibidores de germinación que se alojan en la semilla, se realiza durante unas pocas horas hasta varios días, mientras que, en algunos casos, puede ser necesario cambiar el agua o se puede hacer con la ayuda de canastas (Manual, 2019).

El proceso de remojo consiste en sumergir las semillas dentro de un recipiente con agua estéril, preferiblemente a temperaturas de 25 °C a 32 °C, y en algunos casos con agitación constante para evitar el crecimiento de microorganismos. En la *Carica papaya*, se ha demostrado que la remoción de semillas durante 96 a 120 horas incrementa la velocidad de emergencia junto con el porcentaje de germinación, alcanzando un 98 % de éxito germinativo (Salvador-Figueroa, 2005).

Es importante considerar que un exceso a la hora de remojar las semillas por períodos de tiempo elevados puede dañar las células, por tal motivo se sugiere un tiempo en función de la especie a utilizar y llevar a cabo ensayos preliminares.

## **8.10 Métodos Químicos**

### **8.10.1 Fitohormonas o Ácido giberélico**

El Ajuste giberélico o fitohormona es uno de los compuestos que emite una planta internamente, de modo que regula el metabolismo con el menor gasto posible, por ende, su efecto principal es a nivel celular. Producido en el interior de una planta, altera los patrones de crecimiento de los vegetales y permite el control de su crecimiento, por lo tanto, es de suma importancia considerar aplicación, dosis, sensibilidad de la variedad, y la planta, entre otras, porque cada planta tendrá un requerimiento específico que puede verse limitado por la dosis de las fitohormonas existentes (Alcantara Cortes et al., 2019).

El ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) es una fitohormona natural integrante de la familia de las giberelinas, compuestos que controlan funcionalmente sucesos importantes en la vida de una planta como la elongación celular o la floración, la germinación junto con la maduración de frutos. En el caso de las semillas, el GA<sub>3</sub> es muy importante para la superación de la latencia fisiológica porque activa las enzimas hidrolíticas que el endospermo necesita para poner sus reservas nutritivas y crecer el embrión (Niño-Hernandez, Juan. Moreno, David. Ruiz, 2020).

Esta hormona se puede usar de forma exógena para acelerar la germinación de especies que permanecen dormantes por largos periodos de tiempo y de forma endógena en tejidos jóvenes tanto en embriones como en los meristemos.

Dependiendo de la especie y el tipo de latencia, la inmersión de las semillas en soluciones acuosas con GA<sub>3</sub> de 50 a 1000 mg/L es utilizado como tratamiento pregerminativo. La temperatura óptima para el remojo es de 25 a 30 °C que la hace controlable a 12 a 24 horas de inmersión. En *Jaltomata procumbens*, el uso de GA<sub>3</sub> a 250 mg/L aumentó el porcentaje de germinación hasta el 87% (Saldivar-Iglesias, 2010). Estas técnicas son especialmente útiles para acelerar la fundación de viveros forestales y en programas de restauración ecológica, donde se busca que las plántulas emerjan rápidamente sin alterar su estructura genética.

## **8.11 Tipos de sustratos**

### **8.11.1 Sustrato orgánico**

Son de origen natural, producidos por la descomposición biológica como las turbas. También pueden ser subproductos de ciertos alimentos, como la cascarilla de arroz, la paja de

cereales, fibras de coco, humus, corteza de árboles y aserrín o virutas de madera. (Rodríguez, 2020).

La preparación de un sustrato orgánico requiere seleccionar materiales que estén biológicamente estabilizados y libres de fitotóxicos. Según (Acevedo Alcalá, Patricia & Rey Taboada, 2020). es fundamental que los componentes como estiércol o compost estén completamente maduros, con una relación carbono/nitrógeno (C/N) adecuada, pH neutro o ligeramente ácido, y ausencia de patógenos como *Escherichia coli* o *Salmonella spp.*

En estudios realizados en México, se recomienda que la proporción de enmiendas orgánicas no supere el 20 % del volumen total del sustrato, para evitar efectos negativos sobre la germinación. Además, se pueden realizar bioensayos con semillas indicadoras como *Raphanus sativus* para verificar la fitotoxicidad del sustrato antes de su uso.

El uso de sustratos orgánicos en la germinación de semillas tiene beneficios tanto ecológicos como agronómicos. Por un lado, permite reducir el uso de turba, cuya extracción afecta ecosistemas sensibles, y por otro, aprovecha residuos agroindustriales como fuente de nutrientes y materia orgánica (Marcon, 2020).

En estudios con tomate (*Solanum lycopersicum*), se ha demostrado que sustratos derivados de poda de árboles y aserrín compostado presentan alta viabilidad germinativa y baja toxicidad, lo que los convierte en alternativas sostenibles para viveros. Además, estos sustratos promueven la actividad antioxidante en las plántulas, lo que mejora su resistencia al estrés ambiental.

### **8.11.2 Celulosa de papel**

La celulosa es un tipo de biopolímero que se encuentra comúnmente en la naturaleza en las paredes celulares de las plantas y se utiliza ampliamente en la industria del papel. El reciclaje de papel resulta en la producción de una celulosa secundaria que tiene propiedades estructurales útiles en algunas aplicaciones agrícolas como el soporte de plántulas. Esta forma de celulosa se puede mezclar con otros materiales orgánicos para producir sustratos que pueden utilizarse como materiales biodegradables que ayudan en el proceso de germinación, protegen el embrión y ofrecen una liberación controlada de humedad junto con nutrientes de manera programada (González Velandia, 2016).

La celulosa de papel junto con otras sustancias orgánicas, sirve como agentes bioestabilizadores que restauran la estructura del suelo y ayudan a renovar la fertilidad, por

ende, resulta en tierras más productivas que pueden utilizarse para la agricultura u otras actividades.

Se pueden aprovechar los residuos fibrosos como los papeles reciclados para obtener la celulosa de papel, en este caso, la celulosa se obtiene mediante la eliminación de impurezas del papel reciclado y su reestructuración a nivel tanto físico como químico. En la forma de pasta celulosa, el papel se puede moldear o usar como capullo de semillas, pues funciona como un aislante y regulador mecánico optimizando las condiciones para la germinación en los micro controlling environments o degradados (Muñoz, A. Chejne, 2006). También, la retención de agua y la porosidad pueden ser mejoradas mediante la incorporación de microfibras o por medios de aditivos naturales.

El uso de residuos celulósicos de papel puede ser una forma de remediar suelos y a la vez, almacenar carbono, que podría ser una forma de mitigar el cambio climático al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (Biosoluciones, 2024).

### **8.11.3 Turba**

La turba es un material que se forma a partir de la materia orgánica parcialmente descompuesta, proceso que ocurre en ambientes húmedos y pobres en oxígeno, conocidos como turberas, donde la descomposición de la materia vegetal ocurre a un ritmo más lento, a lo que se suma la acumulación de restos de plantas, da como resultado la formación de capas de materia orgánica con alto contenido de carbono. Este proceso eleva la formación de un esponjoso sustrato fibroso, tiene en su composición musgos, raíces, hojas y otros residuos vegetales que se encuentran en un proceso de anaerobiosis, sin embargo, puede llevar siglos, y su resultado es un sustrato con alta humedad, poco denso y acidez (González Velandia, 2016).

La turba es uno de los sustratos más empleados. Turba negra es un tipo con PH ácido y su valor es entre 7.5 a 8, a su vez la turba rubia, su pH es más alto, 3 a 4, mientras que su color es más claro, por ende, las turbas en general, se caracterizan por su retención de agua, aunque en el caso de la turba rubia su compactación es excesiva (Rodríguez, 2020).

Desde el punto de vista ecológico, las turberas que forman la turba son ecosistemas que son frágiles porque son reservas de carne sobreexplotada y reguladores de aguas como un hábitat con alta biodiversidad, su estructura porosa contribuye a mitigar el cambio climático y a la filtración de barcos por inundables (Guerrero, F., & Polo, 1990).

En la agricultura, la turba mejora la porosidad del suelo, regula el pH y aumenta el pH, favoreciendo la germinación junto con el crecimiento de las plantas, sin embargo, el crecimiento por la extracción de turberas es lento y su degradación podría generar el aumento de gas invernadero.

### **8.12 Recursos Forestales de Interés Ambiental**

Los recursos forestales tienen un interés ambiental pues son vitales para la restauración ecológica junto con la recuperación de ecosistemas frágiles, especialmente en lugares. Dentro de la investigación de *Eugenia myrtifolia*, es importante destacar que las especies forestales son de suma importancia para la conservación de la biodiversidad así como en la recuperación de la calidad del suelo, tal como lo señala (Suntasig, Edison. Carrera, 2024) quienes estudian la recuperación de suelos impactados.

(Sanchez, 2015) señala que la deforestación ha reducido significativamente los recursos forestales, por lo tanto, se requiere promover prácticas de reforestación con especies, que aportan un valor tanto ecológico como social. Desde un enfoque ético, (García & Reynier, 2024) mencionan que los recursos forestales de interés ambiental no deben ser considerados únicamente como bienes económicos, sino como componentes esenciales para la sostenibilidad ecológica como la justicia intergeneracional, por ende, el autor propone que los inventarios forestales incorporen una perspectiva bioética, reconociendo el valor intrínseco de las especies nativas y su papel en la regulación climática junto con el bienestar de las comunidades locales. Esta visión promueve un enfoque más equitativo en la gestión de los bosques, donde la protección de los recursos forestales se convierte en una acción ambientalmente necesaria.

### **8.13 Semillas**

La semilla es el órgano reproductivo a través del cual se multiplican las plantas espermatofitas. Se forma a partir del desarrollo del óvulo en especies gimnospermas o angiospermas. En su interior, alberga un embrión que, al recibir condiciones ambientales adecuadas, puede dar origen a una nueva planta. Además, contiene reservas nutritivas que sustentan las primeras etapas del crecimiento, y está protegida por una envoltura externa (Rivera Marco, 2024).

(Doria, 2010) En los ecosistemas naturales, las semillas constituyen un importante recurso alimenticio para muchas especies de animales. Además, en la agricultura, las semillas son de vital importancia para la nutrición humana, ya que son directa o indirectamente la base

de la pirámide alimenticia y también se les da de comer al ganado domesticado. Su capacidad de permanecer viables durante períodos prolongados de tiempo permite conservar especies y variedades de gran valor.

### **8.13.1 Tipos de semillas**

#### **a) Semillas ortodoxas**

Las semillas ortodoxas tienen la capacidad de reducir su contenido de humedad a menos del 12 % y pueden conservarse a temperaturas bajo cero sin perder su viabilidad.

La mayoría de las especies forestales que habitan en zonas tropicales y templadas pertenecen al grupo de las semillas ortodoxas, de las cuales se encuentran las siguientes especies como la palma, jabón, palma guano, cocoíte entre otras más (Tejero, 2023).

#### **b) Semillas recalcitrantes**

Las semillas recalcitrantes no son aptas para ser conservadas en congeladores comunes, ya que no toleran el secado ni las temperaturas de congelación de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , lo que impide su supervivencia bajo esas condiciones.

(Stanislav V. Magnitskiy<sup>1</sup> y Guido A. Plaza<sup>2</sup>, 2007). Indican que en este grupo de semillas recalcitrantes también se encuentran algunas especies forestales como la caoba, pimienta, cedro, zapato y entre otras. Además, en este tipo de semillas el contenido de humedad no puede ser por debajo de 30 a 35% de lo contrario se puede perder la viabilidad de la semilla

#### **c) Semillas intermedias**

Las semillas clasificadas como intermedias presentan una menor longevidad en comparación con las ortodoxas, ya que tienden a deteriorarse con mayor rapidez. Su vida útil puede limitarse a aproximadamente cinco años cuando se almacenan a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Para maximizar su viabilidad, es fundamental secarlas hasta alcanzar una humedad relativa entre el 45 % y el 65 % (Walters, 2020).

En este caso de las semillas intermedias su almacenamiento es en respuesta a la longevidad, es decir que al bajar el contenido de humedad, la semilla puede dañarse por deshidratación, esta tolerancia dependerá de la especie, grado de madurez, manejo después de la cosecha (Héctor Serrano & María Dolores García Suárez, 2024).

## **8.14 Partes fundamentales de la semilla**

### **8.14.1 Embrión**

El embrión es la nueva planta contenida en la semilla. Es muy pequeña y se encuentra en estado de letargo. A su vez se compone de:

- **Radícula:** es la parte del embrión que dará origen a la raíz primaria. A partir de ella se desarrollan raíces secundarias y pelos absorbentes que facilitan la captación de agua y nutrientes del sustrato.
- **Plúmula:** corresponde a la yema embrionaria situada en el extremo opuesto a la radícula, de donde emergerán las primeras estructuras aéreas de la planta.
- **Hipocótilo:** es la región del embrión ubicada entre la radícula y la plúmula. Durante la germinación, esta estructura se alarga y constituye el tallo inicial del vegetal.
- **Cotiledón:** representa una o dos hojas embrionarias que emergen en las primeras etapas del desarrollo. El número de cotiledones sirve como criterio para clasificar las plantas en monocotiledóneas o dicotiledóneas (Javier Sánchez, 2021).

### **8.14.2 Endospermo**

El endospermo es el tejido de reserva que rodea al embrión en las semillas de las plantas con flores. Se forma mediante un proceso asociado a la fecundación, en el cual un segundo gameto masculino del grano de polen se fusiona con dos núcleos femeninos dentro del saco embrionario.

Este tejido puede presentar distintos niveles de ploidía y está compuesto principalmente por almidón, lípidos y proteínas, lo que lo convierte en una fuente nutricional clave tanto para el embrión como para la alimentación humana (BIREME, 2010).

### **8.14.3 Testa (cubierta seminal)**

La testa, también conocida como cubierta seminal externa, es una estructura que cumple funciones protectoras de la semilla y se forma a partir del tegumento externo del óvulo durante el proceso de fecundación y maduración; además suele estar compuesta por células endurecidas que le confieren resistencia mecánica.

Esta capa actúa como una barrera física frente a factores ambientales adversos como la desecación permitiendo que el embrión permanezca en estado latente hasta que las condiciones sean favorables para la germinación (Megías M, Molist P, 2023).

La importancia de la testa no se limita a su función protectora (Arvensisagro, 2024) sino también regula la entrada de agua y gases durante la germinación, y en ciertos casos, contiene compuestos bioactivos que actúan como defensa química. Por ejemplo, algunas semillas presentan mucílagos en la testa que se hinchan al contacto con el agua, facilitando la hidratación inicial del embrión (Biología, 2024).

### **8.15 Germinación**

La germinación es el proceso mediante el cual una semilla viable, bajo condiciones ambientales favorables, reactiva su metabolismo y da inicio al desarrollo de una nueva planta. Este fenómeno comienza con la imbibición, es decir, la absorción de agua por parte de la semilla, lo que desencadena una serie de reacciones bioquímicas que activan enzimas, movilizan reservas y permiten la elongación celular del embrión (Niño-Hernandez, Juan. Moreno, David. Ruiz, 2020).

Durante esta fase, se producen eventos clave como la respiración celular, la síntesis de proteínas, la hidratación de macromoléculas y el alargamiento de células, que culminan con la protrusión de la radícula, considerada el primer signo visible de germinación (Ballina, 2017).

Este proceso no solo implica cambios morfológicos, sino también una intensa actividad fisiológica que prepara a la plántula para su desarrollo autónomo.

La germinación desde una perspectiva ecológica es muy importante para la renaturalización de los ecosistemas, especialmente de los bosques tropicales secos, donde la luz, la humedad, y la interacción con micorrizas, entre otros, pueden influir mucho en el éxito germinativo (Ballina, 2017). En el caso de la agricultura, la buena germinación es fundamental para la producción y el establecimiento balanceado de los cultivos (Ruiz-Ramírez, 2021).

#### **8.15.1 Etapas de la germinación**

La germinación de la semilla se divide en los siguientes procesos fisiológicos:

- Absorción de agua (Imbibición)

La imbibición es conocida como la fase inicial en la que la semilla comienza a germinar, la semilla absorbe agua provocando su hinchazón y el inicio de su actividad metabólica, activando enzimas esenciales y permitiendo la movilización de los nutrientes almacenados en el endospermo, los cuales son indispensables para el desarrollo inicial del embrión (Saeed, 2022).

- Activación enzimática

En esta fase se activan diversas enzimas encargadas de transformar las reservas almacenadas en la semilla en compuestos energéticos esenciales para el embrión. Entre las principales se encuentran:

- 1) Amilasas: Se encargan de degradar el almidón en azúcares simples
- 2) Proteasas: Descomponen las proteínas en aminoácidos.
- 3) Lipasas: Catalizan la descomposición de las grasas.

- Desarrollo del embrión

Luego de la activación metabólica, el embrión comienza a crecer. La radícula emerge primero, estableciendo las primeras raíces y permitiendo la absorción de agua y nutrientes del suelo. Este paso es crucial, ya que el desarrollo radicular inicial condiciona la futura absorción de agua y nutrientes y, por ende, el crecimiento de la planta (Arvensisagro, 2024).

La germinación de la *Eugenia myrtifolia* comienza a las 2 o 3 semanas. Si las semillas son frescas, se puede obtener el 90 % de germinación en 9 semanas. Las plantas estarán listas para ser plantadas cuando alcancen los 25-30 cm de alto. Al principio presentan crecimiento lento y requieren un poco de sombra (SADSAR, 2020).

### 8.15.2 Factores que influyen la germinación

Un crecimiento acelerado en las especies vegetales les permite captar con mayor eficiencia recursos esenciales como la luz, el agua y los nutrientes. Sin embargo, este desarrollo puede volverse una desventaja en contextos donde dichos recursos son limitados. En este marco, se ha planteado que la competencia entre plantas se intensifica cuando uno o más recursos restringen la productividad.

Asimismo, se ha propuesto una clasificación funcional de las especies vegetales basada en sus características de crecimiento y respuesta al estrés: competitivas, que presentan un crecimiento rápido pero escasa tolerancia a condiciones adversas; tolerantes, con un desarrollo más lento pero una mayor resistencia al estrés ambiental; y ruderales, que muestran adaptabilidad a ambientes perturbados o cambiantes (Abril, Vázquez, Lazo, Murillo, 2018).

Adicionalmente señalan que durante la germinación varios factores pueden influir en el desarrollo adecuado de la semilla, incluido el déficit o exceso de agua, la tasa de hidratación y la temperatura durante la imbibición. Diferentes especies de semillas responden de manera

diferente al estrés por deshidratación, pero en general, la escasez de agua tiende a retardar la germinación.

### **8.15.3 Métodos pregerminativos.**

El uso de escarificación mecánica, remojo en agua y tratamientos hormonales está respaldado por múltiples estudios en especies forestales con dormancia combinada (Maldonado-Arciniegas, 2018). Por ejemplo, el remojo en agua mejora la imbibición y promueve la activación de enzimas como las amilasas y proteasas, vitales para movilizar reservas energéticas almacenadas (Chen, 2020).

La escarificación altera la integridad de la testa, permitiendo que el agua penetre al embrión (Regnier, 2020). Por su parte, las fitohormonas modulan señales de crecimiento a nivel celular, controlando procesos como elongación del hipocótilo y división celular en la plúmula (He, 2020).

## **9. Marco Legal**

### **I. Constitución de la República del Ecuador (2008)**

La Constitución ecuatoriana reconoce a la naturaleza como sujeto de derechos, establece un marco ético y legal para la preservación del medio ambiente, es así que en el artículo 71 otorga a los ecosistemas el derecho a regenerarse, por otro lado, el artículo 73 establece que la protección de los ecosistemas junto con la biodiversidad, así como de las especies vivas y sus hábitats, es una obligación específica del estado, por ende estos principios son de suma importancia para apoyar acciones como la propagación de especies nativas.

### **II. Código orgánico del ambiente (2018)**

Este organismo legal regula la gestión ambiental en Ecuador y tiene disposiciones particulares sobre la restauración ecológica. El artículo 333 otorga a la Autoridad Ambiental Nacional el poder de formular directrices técnicas para la revegetación y recuperación de ecosistemas. Además, el artículo 334 fomenta el desarrollo del plan nacional de restauración ecológica, que da prioridad al uso de especies nativas, como *Eugenia myrtifolia*, en áreas degradadas o áreas de alto valor ambiental.

### **Ley orgánica de conservación de la biodiversidad y desarrollo sustentable**

Esta ley reconoce la biodiversidad como un bien público de interés para la nación, estableciendo pautas básicas para su conservación y uso responsable. Su Artículo 1 especifica

la protección de las especies nativas y el control del acceso a los recursos biogenéticos. En el Artículo 3, se establece que el Estado tiene jurisdicción sobre su biodiversidad y apoya el uso y la investigación de recursos etnobotánicos en plantas endémicas como parte de las estrategias socio-científicas.

## **10. Hipótesis**

### **10.1 Hipótesis Nula**

¿Los tratamientos físicos y químicos aplicados, junto con los distintos tipos de sustrato, no generan una mejora significativa en la germinación ni en el desarrollo temprano de las plántulas de *Eugenia myrtifolia*, bajo condiciones controladas del vivero?

### **10.2 Hipótesis Alternativa**

¿Al menos una de las combinaciones entre tratamiento pregerminativo (físico o químico) y tipo de sustrato provoca un incremento estadísticamente significativo en las tasas de germinación y crecimiento inicial de *Eugenia myrtifolia*, en el vivero de Tunducama?

## **11. Área de estudio.**

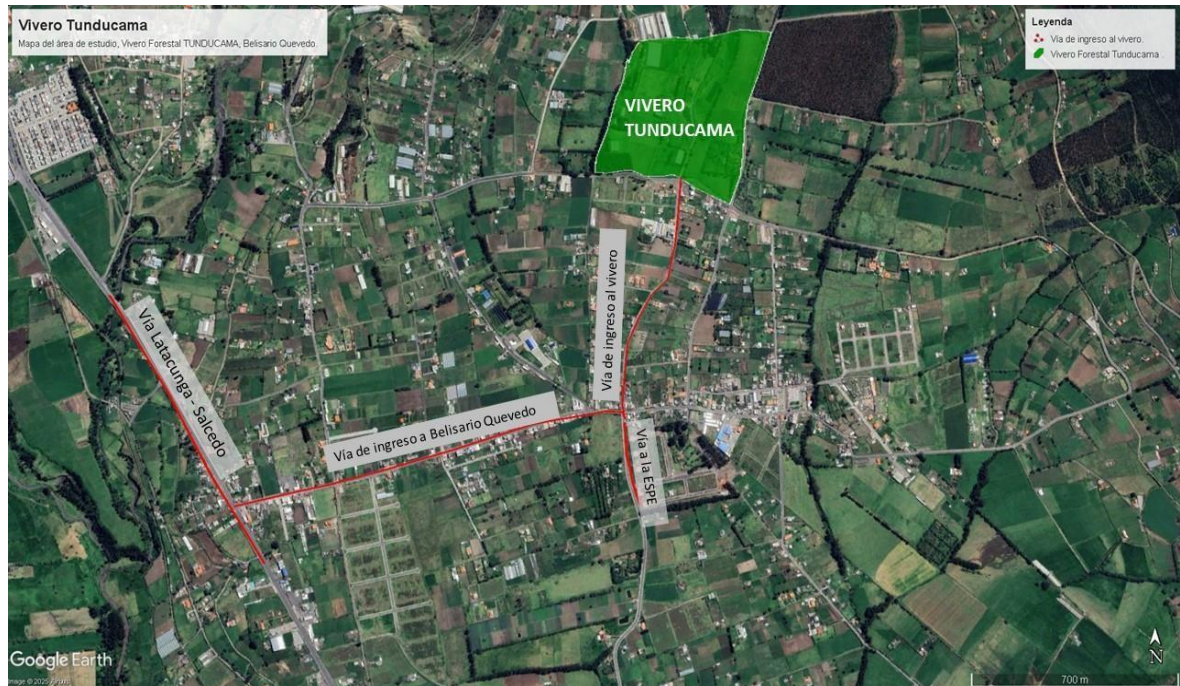
La investigación se llevó a cabo en el Vivero Forestal de Plantas Nativas ubicado en la Quinta Tunducama en la parroquia de Belisario Quevedo, en el cantón de Latacunga, provincia de Cotopaxi, Ecuador. Geográficamente, el vivero se encuentra a una altitud promedio de 2.945 metros sobre el nivel del mar con coordenadas de -0.93952 de latitud y -78.47606 de longitud, dentro de la región interandina ecuatoriana conocida por su clima templado y fresco y sus suelos fértiles derivados de volcanes.

El vivero es parte de una unidad técnica y administrativa bajo la jurisdicción de la Prefectura de Cotopaxi, y ha funcionado desde 1997 como un centro de producción y conservación de las especies de plantas nativas, enfocándose en la restauración ecológica, así como en la reforestación planificada. Su misión es fomentar la multiplicación de especies vegetales a más de 2,600 m.s.n.m, ayudando así a la resiliencia vegetativa de los frágiles ecosistemas alto-andinos que sufren de una extensa deforestación.

Dentro del vivero se desarrollan actividades especializadas como la propagación por semillas, esquejes y estacas, además del mantenimiento de germoplasma vegetal, seguimiento fenológico de especies nativas y asistencia técnica a estudiantes e instituciones vinculadas a la conservación. Se promueve el uso de sustratos alternativos y técnicas de riego controlado,

alineadas con prácticas de restauración sostenibles. Entre las especies cultivadas se destacan: *Eugenia myrtifolia*, *Polylepis spp.*, *Alnus acuminata*, *Oreopanax spp.* y *Escallonia spp.*, todas ellas reconocidas por su valor ecológico, ornamental o funcional en sistemas agroforestales.

**Figura 1.** Mapa referencial del área de estudio.



## 12. Metodología

La investigación se desarrolló con el propósito de comprender el comportamiento germinativo de *Eugenia myrtifolia* bajo distintos métodos tanto físicos como químicos de pregerminación en combinación con sustratos que se encuentran en condiciones reales de vivero.

### 12.1. Enfoque de la investigación

Esta investigación adoptó un enfoque cuantitativo que brinda la posibilidad de describir el fenómeno observado a través de datos numéricos mientras contrasta hipótesis y analiza los efectos de cada tratamiento sobre el desarrollo inicial de las plántulas con el fin de identificar relaciones causales para validar descubrimientos mediante técnicas estadísticas reproducibles.

#### 12.1.1 Enfoque cuantitativo

El presente proyecto se basó en la recolección y análisis de datos numéricos lo que permitió medir las tasas de germinación de semillas en la planta *Eugenia myrtifolia*, así como los tiempos de germinación, altura de plántulas, diámetro del tallo. Además, en este proyecto

se utilizó herramientas estadísticas para validar los resultados obtenidos según (Baskin & Baskin, 2025).

### **12.1.2 Método cuantitativo**

Para esta investigación se empleó el método de tipo cuantitativo experimental porque el objetivo fue identificar y analizar el efecto de distintos tratamientos físicos y químicos en la germinación de semillas de *Eugenia myrtifolia*. A través de la recopilación de datos numéricos se evaluó con precisión las variables que afectan la manera en que el porcentaje de germinación, junto con la altura de la plántula.

El método destaca por su capacidad para comparar relaciones causales entre los factores evaluados por lo tanto se aplicaron pruebas de ANOVA factorial y de Tukey, que confirmaron si las diferencias observadas eran estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

Como señala (Hernández Sampieri, 2014), el método cuantitativo permite validar hipótesis mediante técnicas estadísticas estructuradas, convirtiéndose en una herramienta confiable para estudios que requieren precisión, comparación y objetividad

### **12.2. Diseño experimental**

El experimento se estructuró bajo un diseño factorial completamente al azar de tipo  $4 \times 3$ , combinando cuatro métodos de pregerminación con tres tipos de sustrato. Esta matriz dio lugar a 12 tratamientos experimentales, cada uno con 4 repeticiones, utilizando bandejas de siembra con 50 semillas cada una, para un total de 2.400 semillas evaluadas.

Factor A: Métodos de pretratamiento de semillas (4 niveles)

a1: Sin tratamiento a2: Escarificación a3: Remojo en  
agua a4: Ácido giberélico

Factor B: Tipo de sustrato (3 niveles)

b1: Turba b2:  
Orgánico b3: Celulosa  
de papel

Este diseño permitió evaluar no solo el efecto de cada tratamiento, sino también su interacción, lo cual es clave en especies con dormancia combinada (Baskin & Baskin, 2025).

### 12.3 Tratamientos y Diseño Factorial

Cada tratamiento junto con el sustrato se aplicó en bandejas con 50 semillas cada una, totalizando 2.400 semillas en toda la investigación.

Este diseño factorial permitió identificar qué método pregerminativo según el sustrato utilizado favorece la germinación, lo cual es clave para formular recomendaciones aplicables en viveros comunitarios y proyectos de restauración ecológica. Como señala (Castillo, 2018), el diseño completamente al azar con arreglo factorial es ideal para estudios en vivero, ya que permite controlar la variabilidad ambiental y obtener resultados estadísticamente robustos.

**Tabla 4.** Tabla de tratamientos utilizados en el diseño experimental.

TRATAMIENTO	FACTOR A	FACTOR B	CODIFICACIÓN	
t1	a1	b1	Sin tratamiento	Turba
t2	a1	b2	Sin tratamiento	Orgánico
t3	a1	b3	Sin tratamiento	Celulosa de papel
t4	a2	b1	Escarificación	Turba
t5	a2	b2	Escarificación	Orgánico
t6	a2	b3	Escarificación	Celulosa de papel
t7	a3	b1	Remojo en agua	Turba
t8	a3	b2	Remojo en agua	Orgánico
t9	a3	b3	Remojo en agua	Celulosa de papel
t10	a4	b1	Ácido giberélico	Turba
t11	a4	b2	Ácido giberélico	Orgánico
t12	a4	b3	Ácido giberélico	Celulosa de papel

### 12.4 Análisis Estadístico

Para validar los efectos de los tratamientos pregerminativos y tipos de sustrato sobre la germinación de *Eugenia myrtifolia*, se aplicó un análisis estadístico riguroso bajo un enfoque cuantitativo, utilizando como herramienta principal el Análisis de Varianza (ANOVA). Este procedimiento permitió evaluar el comportamiento de múltiples variables dependientes (porcentaje de germinación, tiempo de emergencia, altura de las plántulas y diámetro del tallo) frente a dos factores independientes:

- El efecto del factor A (métodos de pretratamiento).
- El efecto del factor B (tipos de sustrato).
- La interacción A × B (combinación de factores).

En caso de diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación de medias Tukey para determinar qué tratamientos son significativamente diferentes entre sí.

**Tabla 5.** Modelo de Tabla de ANOVA (Diseño Factorial 4×3).

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Método de pretratamiento (A)	3
Tipo de sustrato (B)	2
Interacción A × B	6
Tratamiento	11
Repetición	3
Error experimental	25
Total	35

Interpretación del ANOVA:

Si el valor p de  $A < 0.05 \rightarrow$  El método de pretratamiento influye en la germinación.

Si el valor p de  $B < 0.05 \rightarrow$  El tipo de sustrato tiene un efecto significativo.

Si el valor p de la interacción  $AB < 0.05 \rightarrow$  Existe interacción entre ambos factores, indicando que el mejor método de pretratamiento depende del sustrato utilizado.

### 12.5. Repeticiones

Cada unidad experimental consistió en una bandeja de siembra con 50 semillas, lo que permitió evaluar un total de 2.400 semillas. Las repeticiones se distribuyeron de manera aleatoria dentro del vivero, minimizando el efecto de variables ambientales no controladas, como la incidencia de luz o la humedad relativa, tal como sugieren protocolos de restauración ecológica en ambientes degradados (Navarro, 2021).

Este enfoque con repeticiones permitió:

- Reducir el error experimental, al controlar la variabilidad entre unidades.
- Aumentar la precisión en la estimación de los efectos de cada tratamiento.
- Detectar interacciones significativas entre factores, como la sinergia entre tipo de sustrato y método pregerminativo (Castillo, 2018).

La elección de cuatro repeticiones por tratamiento se fundamentó en criterios estadísticos y ecológicos. Según (Martínez-Nevárez, 2023) este número es adecuado para estudios en vivero que buscan evaluar variables fisiológicas con alta sensibilidad, a su vez el uso de repeticiones permite aplicar análisis de varianza con carácter estadístico que garantiza que las diferencias detectadas entre tratamientos no se deban al azar, sino a efectos reales de los factores evaluados (Gómez-Martínez, 2020).

## **12.6. Selección y tamaño muestral**

La selección y el tamaño muestra garantizan la validez estadística junto con la viabilidad operativa del experimento, por ende, en esta investigación se estableció un mínimo de 200 semillas por repetición de tratamiento distribuidas en unidades experimentales de 50 semillas cada una, con el fin de obtener datos comparables entre combinaciones de factores.

### **12.6.1. Selección de la semilla**

La selección de semillas se realizó bajo criterios de inclusión que consideraron la madurez fisiológica y la procedencia común del material vegetal. Este proceso fue fundamental para reducir la variabilidad intraespecífica y evitar sesgos que pudieran afectar la interpretación de los resultados, tal como recomienda (Valadez-Gutiérrez, 2011) en estudios de vigor y germinación en semillas de sorgo.

## **12.7. Materiales y métodos**

### **12.7.1. Material vegetal**

El material vegetal de una semilla está conformado por estructuras esenciales que le permiten cumplir diferentes funciones biológicas, las cuales condicionan su potencial de germinación, así como también aspectos críticos como el vigor, la viabilidad fisiológica y la capacidad de adaptación al entorno. Su presencia resulta fundamental en estrategias de conservación de biodiversidad, en cultivos agrícolas y en procesos de recuperación ecológica en ecosistemas degradados.

En el contexto de propagación sexual de *Eugenia myrtifolia*, el material vegetal corresponde al fruto maduro, el cual contiene en su interior la semilla viable que será utilizada en los ensayos de germinación. Este fruto es una baya alargada, de color rojo oscuro o púrpura cuando alcanza su madurez fisiológica, y se recolecta directamente de ejemplares sanos y

vigorosos, preferentemente en primavera o principios de otoño, cuando la planta presenta su mayor carga frutal (Sabana., 2017).

### **12.7.2 Recolección de semillas**

La recolección de semillas de *Eugenia myrtifolia* se realizó bajo criterios técnicos y ecológicos que garantizaron la obtención de material vegetal viable, representativo y éticamente recolectado, en concordancia con los principios de conservación genética y restauración ecológica.

Las semillas fueron recolectadas en espacios públicos de la ciudad de Quito donde se identificaron poblaciones adultas de *Eugenia myrtifolia* en estado fenológico óptimo. Se priorizaron árboles sanos, vigorosos y con fructificación abundante, evitando individuos aislados o sometidos a estrés ambiental. La selección del sitio consideró factores como altitud, tipo de suelo, exposición solar y accesibilidad, siguiendo recomendaciones de protocolos de colecta en zonas andinas (Leon Lobos, 2020).

Aproximadamente un total de 10 kg de semillas fueron recolectadas para cumplir el propósito de 2.400 semillas utilizadas.

### **12.7.3 Secado de semillas**

Una vez extraídas las semillas de los frutos maduros se procedió a su secado controlado durante un periodo de 48 horas con el objetivo de reducir el contenido de humedad a niveles seguros para la aplicación de tratamientos pregerminativos, proceso que busca preservar la viabilidad fisiológica mientras garantiza condiciones óptimas para la germinación (Di Sacco, 2020).

El secado se realizó de forma natural y progresiva mediante exposición indirecta al aire en un ambiente sombreado con buena ventilación. Las semillas fueron distribuidas sobre una lona evitando el contacto directo con superficies húmedas o calientes, lo cual permitió una deshidratación uniforme sin comprometer la integridad estructural del embrión ni inducir latencia secundaria (Ulian, 2008). Adicionalmente se evitó cuidadosamente la exposición directa del sol, ya que temperaturas por encima de los 40 °C pueden comprometer la integridad de los tejidos internos de la semilla afectando a su potencial de germinación.

## 12.8. Aplicación de fitohormonas

Con el objetivo de evaluar el efecto del ácido giberélico como tratamiento pregerminativo en semillas de *Eugenia myrtifolia*, se implementó una metodología controlada que garantizó la dosificación precisa, la seguridad operativa y la replicabilidad experimental. El ácido giberélico es una fitohormona ampliamente utilizada en estudios de germinación por su capacidad para romper la latencia fisiológica, estimular la síntesis de enzimas hidrolíticas y promover la elongación celular en el embrión (Smith, 2014).

Se utilizó ácido giberélico en estado líquido, diluido en agua a una concentración de 200 mg/L, siguiendo protocolos estandarizados para especies forestales con latencia combinada (Quiroz, J. G., Melendrez, 2020).

Las semillas previamente despulpadas y seleccionadas fueron sumergidas en la solución de ácido giberélico durante 24 horas a temperatura ambiente (20–25 °C), en recipientes estériles. Se mantuvo una proporción para asegurar una cobertura homogénea. Durante el proceso se evitó la exposición directa a la luz solar y se realizaron movimientos para favorecer la absorción hormonal.

Una vez transcurrido el periodo de inmersión, las semillas fueron drenadas cuidadosamente y trasladadas directamente a las bandejas previamente preparadas con los distintos sustratos evaluados. No se realizó ningún proceso de secado posterior, con el fin de conservar la humedad superficial residual, la cual se considera favorable para iniciar la activación de los procesos fisiológicos requeridos durante la etapa de germinación.

## 12.9 Instrumentos de Recolección de Datos

Para la recolección de datos se utilizó:

- Cuaderno de campo el cual servirá para registrar las observaciones que presentó la semilla.
- Un libro de campo en el cual se detallaron las variaciones que iba presentando cada 7 días desde los primeros días de germinación.
- Una regla en centímetros.
- Calibrador digital pie de Rey en milímetros para medir el crecimiento de las plántulas.
- Una cámara fotográfica para documentar visualmente el desarrollo de las plántulas.
- Dos regaderas para plantas de 8 litros cada una.

## **12.10 Variables evaluadas**

### **12.10.1. Variables de respuesta**

En este apartado se describen las variables de respuesta consideradas para evaluar el efecto de los diferentes métodos físicos y químicos en la germinación de *Eugenia myrtifolia*, desarrollada en el vivero comunitario de Tunducama.

#### ***12.10.1.1 Porcentaje de germinación***

Esta variable se determinó al alcanzar un mínimo del 50 % de semillas germinadas por tratamiento. El cálculo se realizó mediante la relación entre el número de semillas germinadas y el total de semillas sembradas, expresado en porcentaje.

En base a los mencionado por (Quiroga Nova, 2016). Las observaciones se realizaron cada 7 días durante 30 días, registrando la emergencia visible de la radícula como criterio de germinación efectiva. Además, se consideró germinada toda semilla que presentara ruptura del tegumento y crecimiento radicular superior a 2 mm.

Esta medida permite identificar la efectividad inicial de cada tratamiento en la activación del proceso germinativo.

#### ***12.10.1.2 Tiempo de germinación***

Esta variable se dio cuando el 50% de semillas se encontraron germinadas por bandejas de tratamiento

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta la emergencia de las primeras plántulas, considerando este parámetro como un indicador del tiempo requerido por cada tratamiento para activar el proceso germinativo.

#### ***12.10.1.3 Altura de las plántulas***

La variable altura se midió desde el cuello de la raíz (base del tallo) hasta el ápice del brote principal de la plántula, un calibrador pie de rey. Esta medición comenzó a partir del día 72 posterior a la siembra y se repitió cada 7 días hasta el día 114, registrando los valores en libros de campo por cada bandeja.

Se evaluó una muestra de 10 plántulas por tratamiento en cada repetición, promediando los resultados por unidad experimental. Las condiciones de iluminación y humedad se mantuvieron constantes.

El crecimiento vertical se considera un indicador de vigor fisiológico en plántulas forestales, tal como lo señala (Rojas, 2002), quien establece esta variable como criterio de calidad en viveros destinados a restauración ecológica.

#### ***12.10.1.4 Diámetro del tallo***

La medición del diámetro se realizó en el cuello del tallo, justo en la zona de transición entre la raíz y la parte aérea de la plántula, utilizando un calibrador digital tipo pie de rey, con precisión de 0.01 mm. Este instrumento, al combinar alta resolución y capacidad de apertura, garantiza lecturas precisas y no destructivas, aspecto crítico para especies de tasa de crecimiento moderada o con ejes especialmente finos.

- Las mediciones fueron realizadas desde el día 72 post-siembra, se tomaron medidas cada 7 días durante seis semanas consecutivas.
- En cada repetición se tomaron 10 plántulas de cada tratamiento y luego se sacó el promedio de cada unidad experimental.
- Las lecturas se registraron en hojas de campo junto con observaciones sobre la coloración y consistencia del tallo.

Este método es ampliamente recomendado en viveros forestales, ya que el diámetro del cuello del tallo es uno de los mejores predictores de supervivencia y desarrollo post-trasplante, según estudios realizados por (Orozco, Gabriela. Muñoz, 2010).

Los datos obtenidos fueron procesados mediante ANOVA factorial 4×3, seguido de la prueba de Tukey HSD para identificar diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ). Se evaluó la influencia de los métodos pregerminativos, los tipos de sustrato y su interacción sobre el diámetro del tallo, considerando esta variable como un indicador de robustez estructural y adaptabilidad morfológica.

#### ***12.10.1.5 Eficiencia de tratamientos***

Se comparó el desempeño de cada método físico-químico frente a las variables evaluadas, en relación con un grupo control sin tratamiento. Este análisis permitió determinar qué tratamientos resultaron más eficaces para mejorar la germinación y el desarrollo de las plántulas.

La eficiencia técnica de los tratamientos fue evaluada comparando el desempeño de cada combinación (tratamiento pregerminativo × sustrato) frente a las variables anteriores: porcentaje de germinación, tiempo de germinación, altura de plántulas y diámetro del tallo.

Se aplicó ANOVA factorial (4×3) para identificar diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ). cuando se encontraron diferencias, se aplicó la prueba de Tukey HSD para determinar qué combinaciones fueron estadísticamente superiores.

La eficiencia se interpretó como la capacidad del tratamiento para mejorar simultáneamente al menos dos de las tres variables centrales del estudio. Este enfoque se respalda en metodologías aplicadas por (Aguiar Zabala, 2020). quien sugiere que el éxito de un tratamiento en vivero debe considerarse desde una mirada integradora, evaluando tanto el potencial germinativo como el desarrollo morfológico temprano.

### 13. Comprobación de hipótesis o respuesta a las preguntas de investigación

- Hipótesis Nula:

¿Los tratamientos físicos y químicos aplicados, junto con los distintos tipos de sustrato, no generan una mejora significativa en la germinación ni en el desarrollo temprano de las plántulas de *Eugenia myrtifolia*, bajo condiciones controladas del vivero?

- Hipótesis Alternativa:

¿Al menos una de las combinaciones entre tratamiento pregerminativo (físico o químico) y tipo de sustrato provoca un incremento estadísticamente significativo en las tasas de germinación y crecimiento inicial de *Eugenia myrtifolia*, en el vivero de Tunducama?

### 14. Análisis y discusión de los resultados

#### a) Determinar el tiempo de germinación entre los tipos de pre tratamientos y los tipos de sustratos utilizados.

Los resultados presentados en la **Tabla 6**, evidencian que desde los primeros 72 días se observa una diferencia significativa en el tiempo de germinación ( $p= 0.0003$ ), especialmente en el tratamiento t7 (a3-b1). Esta combinación destaca como la más eficiente con lo reportado por (KHAJJAK, 2022). Quien demostró que el remojo favorece la activación enzimática y la imbibición inicial, acelerando la ruptura de la latencia en semillas de especies tropicales.

Mientras que en el factor A y B no se encontraron significancias. El coeficiente de variación a los 72 días mostró el 51.06%, mientras que pasaban los días el porcentaje iba bajando esto nos indica que este patrón concuerda con lo señalado por (KHAJJAK, 2022) quien destaca que la fase inicial de imbibición es sumamente sensible a microambientes sinérgicos entre pretratamientos y sustratos. La falta de respuesta significativa a tratamientos aislados

sugiere que la germinación de la especie evaluada depende críticamente del binomio tratamiento-sustrato.

Los días posteriores 79 y 86 el tratamiento obtuvo un valor significativo de ( $p < 0.0001$ ) mostrando que el tratamiento t7 y t3 influyeron en el tiempo de germinación, sin embargo, los Factores A y B no mostraron significancia. Desde el día 93 hasta el 114 los tratamientos y factores comenzaron a mostrar valores significativos de ( $p < 0.0001$ ) es decir que desde el día 93 el tiempo de germinación comenzó a dar valores altamente significativos.

Según (Guerrero, F., & Polo, 1990) la turba actúa como regulador hídrico creando un entorno fisiológicamente estable para la activación del embrión de las semillas. Además, (He, 2020) destaca que la interacción entre pretratamiento y sustrato puede modificar el comportamiento hormonal de las semillas, lo cual explica la variabilidad observada en los tiempos de emergencia. Lo anterior expuesto confirma que el tiempo de germinación depende de la sinergia entre estímulo germinativo; así como también que el uso de turba como sustrato puede potenciar la eficiencia de pretratamientos físicos como el remojo.

#### 14.1 Porcentajes de germinación

**Tabla 6.** *Tabla general de los porcentajes de germinación por días.*

Día de Evaluación	Tratamiento (p)	Factor A (p)	Factor B (p)	CV (%)
72 días	0.0003**	0.1293	0.3459	51.06
79 días	<0.0001**	0.0070	0.2975	37.91
86 días	<0.0001**	0.0033	0.0807	33.92
93 días	<0.0001**	0.0005**	0.0004**	26.40
100 días	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	20.00
107 días	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	16.84
114 días	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	12.43

Por otro lado, para medir el tiempo de germinación también se consideró la altura promedio de las plántulas. La **Tabla 7** indica que, a los 72 días, la altura de las primeras plántulas obtuvo un valor de significancia con el valor de  $p=0.0048$  en el tratamiento. Los mejores tratamientos estimado para la altura a los primeros 72 días fueron t3 (a1-b3), t7 (a3b1), t10 (a4-b1), y t11 (a4-b2). Para la interacción de A\*B solo el día 72 mostró significancia mínima

de  $p=0.0022$  lo cual indica que, en esta etapa temprana, la altura de las plántulas no se ve influenciada de forma significativa por los tratamientos o sustratos de manera aislada, pero sí por su combinación específica.

Esto sugiere que el entorno físico (sustrato) por sí solo no basta para inducir un crecimiento diferencial, y que el tratamiento aplicado a la semilla solo cobra relevancia cuando se encuentra en un medio adecuado. Este fenómeno ha sido descrito por (Haase, 2008) quien señala que la calidad morfológica inicial de una plántula depende de la sinergia entre el vigor fisiológico y las condiciones edáficas.

En el análisis general de la variable altura, se constató que durante las primeras mediciones —días 72, 79 y 86— los principales factores A (tratamiento) y B (sustrato) no mostraron diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, la interacción A×B reveló efectos significativos, destacando los tratamientos t3, t7, t10 y t11, que se comportaron de forma superior en estas fases iniciales. En las subsiguientes mediciones realizadas los días 93, 100, 107 y 114, no se encontraron diferencias significativas ni en los efectos individuales ni en la interacción; este resultado sugiere que el crecimiento en altura comenzó a homogenizarse, de modo que, en las últimas etapas del ensayo, todos los tratamientos evaluados se comportaron de manera estadísticamente similar en esta variable.

En la fase final de la experimentación se observó la estabilización completa de la altura de las plántulas sin diferencias estadísticas entre tratamientos ni sustratos. Esto indica que las condiciones de germinación y desarrollo inicial han dejado de ejercer efectos significativos sobre la altura, sugiriendo que las plántulas han logrado su máximo potencial de elongación en el contexto experimental. Según (Haase, 2008) este comportamiento es típico en especies que han completado su fase de elongación primaria con inicio a la fase de crecimiento secundaria en donde ocurre el engrosamiento del tallo junto con la expansión del sistema radicular.

## 14.2 Altura de las plántulas.

**Tabla 7.** *Tabla general de alturas de plántulas por días.*

Día de Evaluación de Altura	Tratamiento (p)	Factor A (p)	Factor B (p)	A × B (p)	CV (%)
72 días	0.0048**	0.0636	0.8094	0.0022**	36.90
79 días	0.0312	0.1297	0.8287	0.0148	26.93

86 días	0.069	0.1663	0.7518	0.0378	20.49
93 días	0.1911	0.1113	0.7187	0.2109	15.87
100 días	0.3541	0.1575	0.7573	0.3837	14.27
107 días	0.3283	0.0907	0.7548	0.4908	13.36
114 días	0.2573	0.0764	0.5435	0.4668	11.11

### b) Identificación del tratamiento más eficiente para la germinación de *Eugenia myrtifolia*.

En el contexto de identificar el método más eficiente para la germinación de *Eugenia myrtifolia*, el análisis estadístico (ANOVA y Tukey) evidenció que el remojo en agua fue significativamente superior al resto de tratamientos, alcanzando hasta un 80 % de germinación a los 93 días. Este resultado supera incluso al tratamiento con ácido giberélico, sugiriendo que en semillas con dormancia física la estimulación osmótica puede ser más efectiva que el uso de fitohormonas.

De acuerdo con (Baskin & Baskin, 2025), las especies con dormancia combinada responden mejor a tratamientos físicos que promueven la imbibición controlada, lo cual concuerda con los resultados obtenidos. Asimismo, (Salvador-Figueroa, 2005) demostraron que el remojo prolongado mejora la permeabilidad del tegumento sin alterar la viabilidad genética, convirtiéndose en una técnica accesible y replicable en viveros comunitarios.

En el día 79, muestra que el tratamiento fue significativo ya que presentó un valor de  $p < 0.0001$  con los tratamientos t7 y t3 como muestra la **Tabla 8**. Mientras que el Factor A y Factor B no presentaron un valor significativo. Es por eso comienza a consolidarse el papel del tratamiento como factor independiente significativo, probablemente debido a la activación de enzimas hidrolíticas.

El aumento en la germinación asociada al remojo y a la celulosa sugiere que los procesos fisiológicos están en marcha, tal como lo observan (Flores, 2022) en especies tropicales ya que el descenso del CV revela mayor uniformidad germinativa.

Para los días 100, 107, 114 todos los factores son altamente significativos ( $p < 0.0001$ ). Pero muestran un coeficiente de varianza diferente a los 100 días (20.00%), 107 días (16.84%) y a los últimos 114 días se dio un porcentaje más bajo (12.43%). En estos días los tratamientos t7 y t3 se concretaron como los mejores. Este comportamiento es coherente con lo expuesto

por (Eduardo Vendruscolo, 2019). quien afirma que el remojo prolongado mejora la permeabilidad del tegumento y activa las vías metabólicas relacionadas con el crecimiento inicial.

La turba, rica en materia orgánica y con excelente retención hídrica, mantiene condiciones ideales para la emergencia. Igualmente, (Guerrero, 2024) destacan la efectividad de la celulosa como sustrato alternativo que favorece la aireación y evita enfermedades fúngicas.

**Tabla 8.** *Tabla de tratamientos a los 79 días.*

TRATAMIENTO	FACTOR A	FACTOR B	Medias	n	E.E.		
7	REMOJO	TURBA	54.5	4	5.56	A	
3	SIN TRAT	CELULOSA	51.5	4	5.56	A	
8	REMOJO	ORGANICO	35	4	5.56	A	B
6	ESCARF	CELULOSA	34	4	5.56	A	B
10	HORMONA	TURBA	34	4	5.56	A	B
11	HORMONA	ORGANICO	32	4	5.56	A	B
1	SIN TRAT	TURBA	23.5	4	5.56		B
9	REMOJO	CELULOSA	22.5	4	5.56		B
2	SIN TRAT	ORGANICO	19.5	4	5.56		B
12	HORMONA	CELULOSA	17.5	4	5.56		B
5	ESCARF	ORGANICO	16.5	4	5.56		B
4	ESCARF	TURBA	11.5	4	5.56		B

A continuación, al cumplirse 86 días desde el inicio de la germinación se evidencia diferencias significativas entre los tratamientos con el valor  $p < 0.0001$ , el mejor tratamiento fue el t7 considerado como el más competente. Con respecto al sustrato, se apreció una inclinación que sugiere un incremento en la significancia durante esta fase del experimento, sugiriendo que su efecto se acentúa conforme avanza el proceso.

Como señala (Gómez-Martínez, 2020), el remojo induce efectos acumulativos sobre el metabolismo celular, favoreciendo la activación fisiológica de las semillas, de la misma manera la turba actúa como un regulador hídrico estabilizando las condiciones de humedad durante las fases críticas del desarrollo embrionario.

**Tabla 9.** *Tabla de tratamientos a los 86 días.*

TRATAMIENTO	FACTOR A	FACTOR B	Medias	n	E.E.
-------------	----------	----------	--------	---	------

7	REMOJO	TURBA	71	4	6.39	A		
3	SIN TRAT	CELULOSA	60	4	6.39	A	B	
6	ESCARF	CELULOSA	47	4	6.39	A	B	C
8	REMOJO	ORGANICO	44.5	4	6.39	A	B	C
10	HORMONA	TURBA	43.5	4	6.39	A	B	C
11	HORMONA	ORGANICO	38	4	6.39		B	C
9	REMOJO	CELULOSA	33.5	4	6.39		B	C
1	SIN TRAT	TURBA	27.5	4	6.39			C
12	HORMONA	CELULOSA	24	4	6.39			C
2	SIN TRAT	ORGANICO	22.5	4	6.39			C
5	ESCARF	ORGANICO	21.5	4	6.39			C
4	ESCARF	TURBA	19	4	6.39			C

A los 93 días el tratamiento presentó un valor significativo de  $p < 0.0001$ , indicando que los mejores tratamientos fue el t7 y t3 (**Tabla 12**). Por otro lado, en los factores A y B presentaron significancia con valores de  $p = 0.0005$  y  $p = 0.0004$ . Es por esto que es esta fase se muestra la mayor ganancia en eficiencia germinativa, validando las combinaciones como remojo en agua + turba y sin tratamiento + celulosa de papel, en concordancia con (Ortiz Castro, 2019) quien demuestra que la estabilidad hídrica del sustrato y el grado de preactivación seminal definen la velocidad de emergencia.

**Tabla 10.** Factor A de los 93 días.

<u>FACTOR A</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>		
REMOJO	63.83	12	3.75	A	
SIN TRAT	48.5	12	3.75		B
HORMONA	44.33	12	3.75		B
<u>ESCARF</u>	<u>40.33</u>	<u>12</u>	<u>3.75</u>		<u>B</u>

**Tabla 11.** Factor B a los 93 días.

<u>FACTOR B</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>		
CELULOSA	59.5	16	3.25	A	
TURBA	49.13	16	3.25	A	B
<u>ORGANICO</u>	<u>39.13</u>	<u>16</u>	<u>3.25</u>		<u>B</u>

**Tabla 12. Mejores tratamientos a los 93 días.**

TRATAMIENTO	FACTOR A	FACTOR B	Medias	n	E.E.			
7	REMOJO	TURBA	80	4	6.5	A		
3	SIN TRAT	CELULOSA	80	4	6.5	A		
6	ESCARF	CELULOSA	67	4	6.5	A	B	
8	REMOJO	ORGANICO	58.5	4	6.5	A	B	C
9	REMOJO	CELULOSA	53	4	6.5	A	B	C
10	HORMONA	TURBA	51	4	6.5	A	B	C
11	HORMONA	ORGANICO	44	4	6.5		B	C
1	SIN TRAT	TURBA	39	4	6.5		B	C
12	HORMONA	CELULOSA	38	4	6.5		B	C
5	ESCARF	ORGANICO	27.5	4	6.5			C
4	ESCARF	TURBA	26.5	4	6.5			C
2	SIN TRAT	ORGANICO	26.5	4	6.5			C

**c) Análisis de la influencia de los tipos de sustrato en la germinación de *Eugenia myrtifolia* para su propagación.**

El análisis de la influencia de los sustratos revela que la celulosa de papel reciclado y la turba difieren en su composición química lo cual influye directamente en la germinación, así como en el desarrollo de *Eugenia myrtifolia*. La celulosa reciclada derivada del reciclaje de fibras vegetales contiene en su mayor parte Carbono, Hidrógeno y Oxígeno, organizándose en cadenas de glucosa que responden a la fórmula empírica ( $C_6H_{10}O_5$ ). La presencia de Nitrógeno es escasa y se atribuye principalmente a restos de tintas o aditivos, y en menor medida se observan trazas de lignina residual, hemicelulosa y minerales como Calcio y Magnesio; su concentración depende del tipo de papel reciclado y del procedimiento de recuperación aplicado (Najafabadipoor, 2025).

Estas fibras celulósicas recicladas presentan una estructura porosa que favorece la aireación con un pH generalmente neutro o ligeramente alcalino, lo cual facilita el desarrollo radicular sin necesidad de correcciones químicas. Su bajo contenido de lignina y alta pureza en celulosa permiten una buena retención hídrica sin saturación, traduciéndose en un entorno estable para el crecimiento cambial, como lo demuestran (Muñoz, A. Chejne, 2006).

La turba se origina de la revisión incompleta de musgos del grupo *Sphagnum* y presenta una mezcla compleja de material orgánico característico por la predominancia de elementos como carbono, hidrógeno, oxígeno, así como también nitrógeno y azufre. En su matriz se pueden identificar ácidos húmicos y fúlvicos, celulosa, hemicelulosa, lignina y una variedad de compuestos fenólicos, componentes que le confieren una notable capacidad de intercambio

catiónico. En su fracción mineral, pueden aparecer calcio, magnesio, hierro y silicio, cuyas concentraciones varían en función del grado de procesamiento y de las condiciones geológicas del entorno de formación (Schmilewski, 2009).

La turba presenta un pH ácido, generalmente entre 3.0 y 4.5, limitando de esta manera la disponibilidad de ciertos nutrientes si no se ajusta adecuadamente. Sin embargo, su alta capacidad de retención de agua crea un entorno húmedo constante que favorece la germinación, aunque puede dificultar la aireación si no se mezcla con otros componentes.

### 14.3 Diámetro del tallo.

**Tabla 13.** *Tabla general del diámetro del tallo a los 114 días.*

Diámetro del tallo	Tratamiento (p)	Factor A (p)	Factor B (p)	A × B (p)	CV (%)
114 días	0.0112	0.0598	0.0105	0.1016	6.88

El análisis estadístico del diámetro del tallo presentó diferencias significativas entre los tratamientos con un valor ( $p = 0.0112$ ), lo cual indica que al menos uno de los factores evaluados tiene efecto significativo en esta característica morfológica. Este resultado respalda la interpretación de que los tratamientos y sustratos empleados producen variaciones reales en el diámetro del tallo observadas experimentalmente. Aunque el valor del Factor A igual a  $p = 0.0598$  no alcanza el umbral clásico de 0.05, se considera significativo sugiriendo que los tratamientos aplicados de remojo en agua, escarificación mecánica, uso de reguladores de crecimiento o la ausencia de algún tratamiento (**Tala 14**) podrían afectar el engrosamiento del tallo, pero con una variabilidad que impide una conclusión categórica.

El tipo de sustrato correspondiente al factor B tampoco obtuvo un efecto significativo ( $p = 0.0105$ ), demostrando que la estructura física y la capacidad de retención hídrica del sustrato influyen directamente en el desarrollo del tallo. Esto es coherente con lo reportado por (F. Jiang, 2022), quien demostró que los sustratos con buena aireación y porosidad favorecen el desarrollo cambial y el engrosamiento del tallo en plántulas.

**Tabla 14.** Tratamientos del diámetro del tallo.

TRATAMIENTO	FACTOR A	FACTOR B	Medias	n	E.E.	6
3	ESCARF	CELULOSA	1.35	4	0.04	A
	SIN TRAT	CELULOSA	1.35	4	0.04	A

7	REMOJO	TURBA	1.35	4	0.04	A	
12	HORMONA	CELULOSA	1.32	4	0.04	A	B
9	REMOJO	CELULOSA	1.31	4	0.04	A	B
8	REMOJO	ORGANICO	1.31	4	0.04	A	B
10	HORMONA	TURBA	1.3	4	0.04	A	B
1	SIN TRAT	TURBA	1.29	4	0.04	A	B
11	HORMONA	ORGANICO	1.26	4	0.04	A	B
2	SIN TRAT	ORGANICO	1.19	4	0.04	A	B
5	ESCARF	ORGANICO	1.19	4	0.04	A	B
4	ESCARF	TURBA	1.13	4	0.04		B

---

Por otro lado, la interacción de A\*B no fue significativa ( $p = 0.1016$ ), lo que sugiere que el efecto del tratamiento no depende del sustrato y viceversa. Es decir, cada factor actúa de forma independiente sobre el diámetro del tallo a esta etapa del desarrollo.

Así mismo el coeficiente de variación con un 6.88% (**Tabla 13**), indica una buena precisión experimental. Según (K. Paul, 2017) un CV inferior al 10% en mediciones de diámetro es aceptable y refleja consistencia en los datos. Sin embargo, el hecho de que el modelo tenga un error bajo pero una interacción no significativa puede deberse a: Homogeneidad, Tamaño de muestra limitado y a la medición en tallos jóvenes.

## 15. Conclusiones y recomendaciones

### Conclusión

Los resultados demostraron que el tiempo de germinación estuvo influenciado por la interacción entre los pretratamientos y el tipo de sustrato utilizado, se evidenció diferencias significativas desde el día 72 ( $p = 0.0003$ ), siendo el tratamiento t7 que combinaba el remojo en agua con turba el que obtuvo mejores resultados desde el principio del ensayo. Al llegar a los 93 días esta combinación alcanzó un 80 % de germinación confirmando su efectividad frente a los otros tratamientos evaluados.

Los tratamientos físicos demostraron ser más efectivos que los tratamientos químicos, el tratamiento t7 fue el más constante en todos los días evaluados, logrando un mayor porcentaje de germinación, así como también uniformidad en sus réplicas con un CV final de 12.43 %.

La celulosa reciclada y la turba fueron los sustratos más favorables porque generaron condiciones de humedad y aireación óptimas para el desarrollo inicial de la especie vegetal. Se observó que los tratamientos t3 y t7 presentaron los mejores resultados en altura y diámetro de

las plantas a los 114 días. La efectividad observada se debe a la composición de la celulosa (Carbono, Hidrógeno y Oxígeno, con trazas de Nitrógeno, Calcio y Magnesio) lo cual proporciona una matriz porosa capaz de mejorar la aireación radicular evitando compactaciones.

La interacción existente entre tratamiento y sustrato fue importante en los primeros 72–86 días, donde la combinación generó la respuesta germinativa, por otro lado, en etapas finales 93–114 días, el crecimiento se estabilizó y las diferencias se redujeron entre los tratamientos.

### **Recomendación**

Debido a que la técnica de remojo en agua logró obtener un 80 % de germinación en *Eugenia myrtifolia*, se recomienda aplicar esta técnica de forma habitual en las rutinas de cultivo y siembra en los viveros comunitarios, sobre todo en especies con alta dormancia física. El método es accesible porque aumenta la germinación de las semillas consiguiendo de esta manera la disminución de gastos y la necesidad de químicos.

Organizar programas de capacitación dirigidos al personal de viveros vecinos sobre el uso adecuado de sustratos alternativos como la celulosa proveniente del papel reciclado. Los resultados obtenidos a partir del uso de este sustrato confirman su potencial como opción sustentable, por lo cual se sugiere el desarrollo de talleres en los que se explique la elaboración del sustrato, proporciones adecuadas así como su manejo práctico.

Incentivar el empleo de sustratos que presenten un menor impacto ambiental, aunque la turba favorece la germinación de las semillas, su uso progresivo causa efectos nocivos en el medio ambiente ya que genera degradación de ecosistemas de turberas liberando cantidades significativas de carbono. Por eso, la incorporación de normativas internas que prioricen el empleo de materiales reciclables como la celulosa resulta una opción amigable con el medio ambiente.

## **16. Bibliografía/ Referencias**

- Abiodun, A. (2021). Model predictive control strategy for precision irrigation towards water saving agriculture. *Universiti Teknologi Malaysia Institutional Repository*. <http://dms.library.utm.my:8080/vital/access/manager/Repository/vital:149155>
- Abril- Saltos, R. (2017). Germinación, diámetro de semilla y tratamientos pregerminativos en especies con diferentes finalidades de uso. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/ma.v28i3.26205>

- Abril, Vázquez, Lazo, Murillo, M. (2018). *Crecimiento inicial de Eugenia stipitata, Inga spectabilis e Inga edulis en Napo, Ecuador*. 275–291.  
<https://www.redalyc.org/journal/437/43755165004/html/>
- Acevedo Alcalá, Patricia & Rey Taboada, O. (2020). Caracterización de fertilizantes orgánicos y estiércoles para uso como componentes de sustrato. *Acta Agronómica*, 69(3).  
<https://doi.org/https://doi.org/10.15446/acag.v69n3.84508>
- Acosta Motos, J. R. (2014). Utilización de aguas regeneradas para el riego de dos especies de la familia de las mirtáceas (*Myrtus communis* L. y *Eugenia myrtifolia* L.). Respuesta morfológica, fisiológica y bioquímica a distintos niveles de salinidad. [*Tesis Doctoral, Universidad Católica San Antonio de Murcia*].  
<https://repositorio.ucam.edu/handle/10952/7346>
- Aguiar Zabala, M. G. (2020). Evaluación de las tasas de germinación y supervivencia de cinco especies vegetales en vivero y en áreas degradadas en los bosques montanos del noroccidente de Pichincha. *Universidad Andina Simón Bolívar*.  
<https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/7429>
- Alcantara Cortes, J. S., Acero Godoy, J., Alcántara Cortés, J. D., & Sánchez Mora, R. M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32), 109–129. <https://doi.org/10.22490/24629448.3639>
- Arbolado. (2021). *Importancia ecológica*. [https://www.guiadearbolado.com.ar/arbol-deeugenia/#beneficios\\_para\\_el\\_medio\\_ambiente\\_](https://www.guiadearbolado.com.ar/arbol-deeugenia/#beneficios_para_el_medio_ambiente_)
- Arvensisagro. (2024). *Estructura de la semilla y su función en la germinación*. <https://www.arvensis.com/es/blog-fisiologia-de-la-germinacion-de-semillas/>
- Ballina, H. R. E. (2017). Efecto de la luz y micorrizas en la germinación de semillas de árboles de selvas secas. *Gobierno de México*, 23(3).  
<https://doi.org/https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331531>
- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2025). Seed dormancy and germination in Myrtaceae: a palaeohistory, tribe, life cycle and geographical distribution perspective. In *Seed Science Research*. <https://doi.org/10.1017/S0960258525000066>
- Biología, E. (2024). *Estructura de la Semilla*. Morfología de Plantas Vasculares.  
<https://www.biologia.edu.ar/botanica/tema24/24-5semilla.htm>

- Biosoluciones. (2024). *Avanzando hacia la Sostenibilidad: La Remediación de Suelos con Residuos de Celulosa de Papel*. <https://www.erabiosoluciones.com/post/avanzando-haciala-sostenibilidad-la-remediación-de-suelos-con-residuos-de-celulosa-depapel#:~:text=Mejora de la Calidad del,la agricultura y otros usos>.
- BIREME. (2010). Endospermo. *Biblioteca Virtual de La Salud*. <https://decs.bvsalud.org/es/ths/resource/?id=53432>
- Castillo, F. (2018). TRATAMIENTOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS PARA ESTIMULAR LA GERMINACIÓN EN SEMILLAS DE NOLINA CESPITIFERA TREL. *POLIBOTÁNICA*, 45(23).
- Charuc, J. (2016). Evaluación de métodos de escarificación en semillas de pacaina (*Chamaedorea* sp.). *Tesis de Licenciatura, UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR*. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2016/06/14/Charuc-Juan.pdf>
- Chen, A. Y. & Z. (2020). El control de la latencia y germinación de las semillas mediante la temperatura, la luz y los nitratos. *La Revista Botánica*, 86, 39–75. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12229-020-09220-4>
- Di Sacco, A. & W. M. (2020). Manual de recolección, procesamiento y conservación de semillas de plantas silvestres. *Royal Botanic Gardens, Kew e Instituto Humboldt*. <https://doi.org/https://doi.org/10.34885/175>
- Doria, J. (2010). GENERALIDADES SOBRE LAS SEMILLAS: SU PRODUCCIÓN, CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO. *Scielo*, 31. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362010000100011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011)
- Eduardo Vendruscolo, S. R. (2019). Diferentes tiempos de remojo y concentraciones de niacina afectan el rendimiento de arroz de tierras altas bajo condiciones de déficit hídrico. *Agronomía Colombiana*, 37, 166–172. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v37n2.72765>
- F. Jiang, M. W. (2022). Size- and environment-driven seedling survival and growth are mediated by leaf functional traits. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1098/rspb.2022.1400>
- Flores, I. F.-S. and D. (2022). Breaking Seed Dormancy of Jaltomata procumbens (Cav.) J. L. Gentry Seeds with the Use of KNO<sub>3</sub>. *MDPI*, 2(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/CROPS2020008>

- García, B. . I., & Reynier. (2024). INVENTARIO FORESTAL CON ENFOQUE BIOÉTICO PARA LA PROTECCIÓN SOSTENIBLE DE RECURSOS EN LA FINCA EXPERIMENTAL ANDIL DE JIPIJAPA. *Scielo*, 1(31), 61–73. <https://doi.org/https://doi.org/10.47187/perf.v1i31.274>
- Gimeno, A. M. (2020). Riego de precisión para la eficiencia hídrica en la agricultura mediterránea. *UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA*. <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/0b92eb6c-ede3-4937-8bbd3b797ac8dc4f/content>
- Gómez-Martínez, M. (2020). Calidad de semilla de moringa y su adaptabilidad en campo en asociación con zacate buffel. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. <https://doi.org/10.19136/era.a7n2.2408>
- González Velandia, K. (2016). Evaluación de las propiedades físicas y químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel. In *Luna Azul* (Issue 43). <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.21>
- Guerrero, F., & Polo, A. (1990). Usos, aplicaciones y evaluación de turbas. *ICONA, Ministerio Para La Transición Ecológica*, 4, 3–13.
- Guerrero, A. C. (2024). Evaluación de fórmulas de sustratos alternativos en la germinación de semillas de brócoli (*Brassica oleracea* var.italica). In *Universidad Técnica de Ambato*. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/42858%09>
- Haase, D. L. (2008). Understanding Forest Seedling Quality : Measurements and Interpretation. *Tree Planter's Notes*, 52(2), 24–30.
- He, J. (2020). Metabolismo de las giberelinas en plantas con flores: una actualización y perspectivas. *Frontiers*, 11. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00532>
- Héctor Serrano & María Dolores García Suárez. (2024). Semillas Ortodoxas, Recalcitrantes e Intermedias en los Cultivos. *TecnoAgro*. <https://tecnoagro.com.mx/2024/02/01/semillasortodoxas-recalcitrantes-e-intermedias-en-los-cultivos/>
- Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). In *McGraw-Hill Education*.
- Huesca, M. (2016, September 11). Eugenia Myrtifolia. *Para Mi Jardín*. <https://paramijardin.com/plantas/arbustos/eugenia/>

- Ideas Verdes. (2022). *EUGENIA MYRTIFOLIA, un arbusto colorido y frutal*. <https://ideasenverde.com.ar/eugenia-myrtifolia-un-arbusto-colorido-y-frutal/>
- Javier Sánchez. (2021). Partes de la semilla y sus funciones. *Ecología Verde*. <https://www.ecologiaverde.com/partes-de-la-semilla-y-sus-funciones-1973.html>
- K. Paul, J. L. (2017). Mediciones del diámetro del tallo: implicaciones para los errores individuales y a nivel de soporte. *Enlace Con La Naturaleza de Springer*, 189. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10661-017-6109-x>
- KHAJJAK, A. H. (2022). EFFECT OF SEED PRIMING ON GERMINATION AND SEEDLING GROWTH OF PAPAYA (*Carica papaya* L.). *PLANT CELL BIOTECHNOLOGY AND MOLECULAR BIOLOGY*, 23(17–18), 1–12. <https://doi.org/10.56557/pcbmb/2022/v23i17-187642>
- Latorre, J. P. (2005). *BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN EN LOS PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA. (Una Aproximación Histórico - Geográfica a Escala 1:1.000.000.)*. 70.
- Leon Lobos, P. (2020). Manual de colecta y conservación de semillas nativas para restauración ecológica. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile*.
- López Camacho, R. (2005). *Manual de identificación de especies forestales en Bosques Naturales con manejo certificable por comunidades*. 124 p. :II. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/18551>
- Luna Cruz, A. M. (2013). Evaluación de la palatabilidad de *Eugenia myrtifolia*, *Justicia carnea* y *Monstera deliciosa* con potencial para la alimentación de marimonda *Ateles fusciceps robustus*, en la Fundación Zoológico Santacruz, Cundinamarca. *LA SALLE*. <https://hdl.handle.net/20.500.14625/24792>
- MAE. (2019). *Plan Nacional de Restauración Forestal*. Ministerio Del Ambiente de Ecuador.
- Maldonado-Arciniegas, F. (2018). Una evaluación de los métodos físicos y mecánicos de escarificación en la germinación de semillas de *Vachellia macracantha* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger. *Acta Agronómica*, 67(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/acag.v67n1.60696>
- Manotoa, S. (2012). “ESCARIFICACIÓN MECÁNICA Y QUÍMICA COMO TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS DE OLIVO (*Olea europea*).”

[Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato].

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/760>

Manual. (2019). *Anexo 4. Tratamiento pregerminativo aplicables en vivero con métodos rudimentarios 1.*

Marcon, R. (2020). Viabilidad del uso de sustratos orgánicos según las pruebas de toxicidad y las actividades antioxidantes de las semillas y plántulas de tomate. *International Journal of Agriculture and Natural Resources*, 47(1).

<https://doi.org/https://doi.org/10.7764/ijanr.v47i1.1976>

María Eulalia García Marín. (2016). La deforestación: una práctica que agota nuestra biodiversidad. *Scielo*.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552016000200014#:~:text=La%20falta%20de%20bosques%20ocasiona,los%20%C3%A1rboles%20se%20secan%20r%C3%A1pidamente.)

[04552016000200014#:~:text=La falta de bosques ocasiona,los árboles se secan rápidamente.](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552016000200014#:~:text=La%20falta%20de%20bosques%20ocasiona,los%20%C3%A1rboles%20se%20secan%20r%C3%A1pidamente.)

Martínez-Nevárez, L. (2023). Crecimiento y Eficiencia en el Uso de Nutrientes de Plántulas de *Pinus cooperi* C. E. Blanco Producidas en Viveros con Fertilizante de Liberación Controlada. *Terra Latinoamericana*, 41.

<https://doi.org/https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1707>

Megías M, Molist P, P. M. (2023). *Atlas de histología vegetal y animal*. <http://mmegias.webs.uvigo.es/inicio.html>

Ministerio del Ambiente, A. y T. E. (2019).

*Deforestación en Ecuador*. <https://www.ambiente.gob.ec/#>

Muñoz, A. Chejne, F. (2006). Evaluación de la celulosa de papel y de las cenizas de carbón como materiales aislantes alternativos. *Dyna*, 73(148), 1–8.

<https://www.redalyc.org/pdf/496/49614801.pdf>

Najafabadipoor, M. (2025). Propiedades estructurales, morfológicas y térmicas de las nanofibras de celulosa extraídas de papel usado. *Chemical Papers*, 79, 519–532.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11696-024-03799-3>

Navarro, G. (2021). Guía práctica para la restauración ecológica de ambientes degradados en Bolivia. *Revista Acta Nova*, 10(2), 222–245.

[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1683-07892021000200222](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892021000200222)

- Niño-Hernandez, Juan. Moreno, David. Ruiz, H. (2020). Luz, giberelinas y profundidad de siembra inciden sobre la germinación de semillas de *Amaranthus hybridus* L. In *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* (Vol. 23, Issue 2). <https://doi.org/https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1545>
- Orozco, Gabriela. Muñoz, J. (2010). Diagnóstico de la calidad de planta en los viveros forestales del estado de Colima. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 1(2), 183–198. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v1n2/v1n2a11.pdf>
- Ortiz Castro, J. L. B. (2019). Review: Phytostimulation and root architectural responses to quorum-sensing signals and related molecules from rhizobacteria. *National Center for Biotechnology*. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.04.010>
- Osuna, H., Osuna, A., & Fierro, A. (2017). Manual de propagación de plantas superiores. In *Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco*. [https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/manual\\_plantas.pdf](https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/manual_plantas.pdf)
- Parlamento Europeo. (2022). Las causas de la deforestación y la respuesta de la UE. *Temas Parlamento Europeo*. <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20221019STO44561/las-causas-de-ladeforestacion-y-la-respuesta-de-la-ue>
- PlantesDecor. (2021). *Eugenia myrtifolia*. *El arbusto multicolor*. <https://plantesdecor.com/blog/eugenia-myrtifolia/#:~:text=La Eugenia myrtifolia es una,su tolerancia a la poda.&text=Si te gusta esta planta,elección para decorar tu espacio>.
- Puga Medina, L. (2024). Evaluación de las técnicas de propagación de *Eugenia myrtifolia* en el vivero forestal de plantas nativas de la Quinta Tunducama de la prefectura de Cotopaxi en la parroquia Belisario Quevedo. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. *Repositorio UTC*. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/123456789/12424>
- Quiroga Nova, J. D. (2016). Evaluación de tiempo y porcentaje de germinación con diferentes técnicas pre-germinativas en semillas de especies heliófitas nativas del Parque Nacional Natural Serranía de los Yarigués. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/6018/1095794657.pdf>

- Quiroz, J. G., Melendrez, J. Q. (2020). Efecto del ácido giberélico en la germinación de semilla de *Hieronyma asperifolia*. *Universidad Nacional de Cajamarca*. <https://1library.co/document/y8go450z>
- Regnier, L. L. P. (2020). Escarificación mecánica, origen de la semilla e influencia del sustrato en la germinación de *Samanea tubulosa*. *BioRxiv*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1101/2020.02.10.940759>
- Rivera Marco, P. M. (2024). “*EVALUACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE PROPAGACIÓN DE Eugenia myrtifolia EN EL VIVERO FORESTAL DE PLANTAS NATIVAS DE LA QUINTA TUNDUCAMA DE LA PREFECTURA DE COTOPAXI EN LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO.*” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.
- Rodríguez, A. (2020). *Tipos de sustrato para plantas*. <https://be.green/es/blog/tipos-desustrato-para-plantas#:~:text=Sustratos orgánicos%3A,aserrín o virutas de madera.>
- Rojas, F. (2002). METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE PLÁNTULAS DE CIPRÉS (*Cupressus lusitanica* Mill.) EN VIVERO. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 8(1), 75–81. <https://www.redalyc.org/pdf/629/62980109.pdf>
- Rosalandia. (2024). *Eugenia myrtifolia (Syzygium paniculatum) Guía Completa*. <https://rosalandia.com/arboles-frutales/eugenia-myrtifolia>
- Ruiz-Ramírez. (2021). Germinación y vigor de semillas de especies hortícolas inoculadas con biofertilizantes y soluciones salinas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(7), 1199–1212.
- Ruscitti, M. (2023). Generalidades de la propagación de plantas e insumos. *Editorial de La Universidad Nacional de La Plata*, 9–19. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/180478>
- Sabana., E. de la. (2017). *Eugenia myrtifolia. Eugenias de La Sabana*. <https://eugeniasdelasabana.com/eugenia-myrtifolia/>
- SADSAR. (2020). *Guía para el aprovechamiento sostenible de la Eugenia Uniflora. figura 3*, 1–6. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/cartilla\\_eugenia\\_uniflora.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/cartilla_eugenia_uniflora.pdf)
- Saeed, S. (2022). Validando el Impacto del Potencial Hídrico y la Temperatura en la Germinación de Semillas de Trigo (*Triticum aestivum* L.) mediante Modelo de Tiempo Hidrotermal. *MDPI*, 12(7). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/life12070983>

- Saldivar-Iglesias, P. (2010). Ácido giberélico en la Germinación de semillas de Jaltomata procumbens (Cav.) J. L. Gentry. *Agronomía Mesoamericana*, 21(2), 343–350.  
[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212010000200012](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212010000200012)
- Salvador-Figueroa, M. (2005). Efecto del remojo en agua sobre la germinación de semillas de papaya var. Maradol. *REVISTA CHAPINGO SERIE HORTICULTURA*, 11(1), 27–30.  
<https://www.redalyc.org/pdf/609/60912502004.pdf>
- Sanchez, M. (2015). Ecuador: Revisión a las principales características del recurso forestal y de la deforestación. *Revista CTU Científica y Tecnológica UPSE*, 3(1), 41–54.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.26423/rctu.v3i1.70>
- Sánchez, M. (2025, July 4). Eugenia myrtifolia: cuidados, variedades y todos sus usos ornamentales y culinarios. *Jardineria On*.  
<https://www.jardineriaon.com/eugeniamyrtifolia.html>
- Schmilewski, G. (2009). COMPONENTES DEL SUSTRATO UTILIZADO EN LA UE. *Acta Horticulturae*, 819, 33–46. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.819.3>
- Silva. (2019). Effects of water management on growth, irrigation efficiency and initial development of *Aspidosperma polyneuron* seedlings. *African Journal of Agricultural Research*, 10. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10088>
- Smith, M. &. (2014). Hormonas vegetales y germinación de semillas. *Botánica Ambiental y Experimental*, 99, 110–121.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.11.005>
- Sostenible, U. J. (2017). *Eugenia myrtifolia* (*Eugenia mirtilo*). <https://www.unjardinsostenible.com/2017/08/eugenia-myrtifolia-eugenia-mirtilo.html>
- Souza, A. & B. C. L. da S. (2019). *Semillas: Ciencia, Tecnología e Innovación*. Atena Editora.  
<https://doi.org/10.22533/at.ed.976190309>
- Stanislav V. Magnitskiy<sup>1</sup> y Guido A. Plaza<sup>2</sup>. (2007). Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales. *Scielo*.
- Suntasig, Edison. Carrera, K. M. P. (2024). Impacto de especies forestales en la restauración de suelos de minería: Revisión sistemática. *Agroecología Global. Revista Electrónica de Ciencias Del Agro y Mar*, 6(11), 21–34.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.35381/a.g.v6i11.4197>

- Takahashi, J. A. (2024). Aspectos económicos, nutricionales e innovadores de las frutas brasileñas no convencionales en el mercado internacional de nuevos alimentos. *Science Direct*, 197(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115223>
- Tarrero, J. (2017a). *Eugenia Myrtifolia* (*Eugenia*, *Mirtilo siempreverde* etc.). <https://www.unjardinsostenible.com/2017/08/eugenia-myrtifolia-eugenia-mirtilo.html>
- Tarrero, J. (2017b). *Eugenia myrtifolia* (Mirtilo siempreverde): usos ornamentales y frutales. *Un Jardin Sostenible*. <https://www.unjardinsostenible.com/2017/08/eugenia-myrtifoliaeugenia-mirtilo.html>
- Tejero, J. G. (2023). Semillas tropicales ortodoxas y recalcitrantes para plantaciones forestales. *Gobierno de México*.
- Ulian, T. (2008). Taller sobre Conservación de Semillas para la Restauración Ecológica. *Ecosistemas*, 17(3), 147–148. [https://www.researchgate.net/publication/39499987\\_Taller\\_sobre\\_Conservacion\\_de\\_Semillas\\_para\\_la\\_Restauracion\\_Ecologica](https://www.researchgate.net/publication/39499987_Taller_sobre_Conservacion_de_Semillas_para_la_Restauracion_Ecologica)
- Valadez-Gutiérrez, J. (2011). Selección por tamaño de semilla y su efecto en la germinación de semilla y vigor de plántula de líneas mantenedoras de sorgo. *Agrociencia*, 45(8), 893–909. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S140531952011000800004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140531952011000800004&lng=es&tlng=es).
- Vignale, B., Jolochin, G., & Cabrera, D. (2018). *Eugenia uniflora* L. Pitanga, Ñangapiré, Pitangueira, Pitanguero, Surinam cherry, Cayenne cherry. *Procisur*, 22.
- Walters, C. (2020). *La diferencia entre la semilla ortodoxa, intermedia y recalcitrante*. CENTER FOR PLANT CONSERVATION. <https://saveplants.org/best-practices/difference-between-orthodox-intermediate-and-recalcitrant-seed/>