



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

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

**CARRERA: INGENIERÍA FORESTAL**

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**MODALIDAD: PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**“DETERMINACIÓN DE TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS  
DE *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, IBARRA, ECUADOR”**

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

**Línea de investigación:** Desarrollo Agropecuario y Forestal Sostenible

**Autor:** Anderson Efrain Carlosama Matango

**Director:** Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez MSc.

**Ibarra – Ecuador**

**2025**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

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

**IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

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

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100421284-9		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Carlosama Matango Anderson Efrain		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra - Ecuador		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:aecarlosamam@utn.edu.ec">aecarlosamam@utn.edu.ec</a> / <a href="mailto:aecarlosamam@gmail.com">aecarlosamam@gmail.com</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELF. MOVIL</b>	0980551439

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	“DETERMINACIÓN DE TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS DE <i>Eucalyptus Grandis</i> W. Hill Ex Maiden, IBARRA, ECUADOR”
<b>AUTOR (ES):</b>	Carlosama Matango Anderson Efrain
<b>FECHA: AAAAMMDD</b>	2025-07-28
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
<b>CARRERA/PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>GRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero Forestal
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez MSc.

## **CONSTANCIAS**

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

Ibarra, a los 28 días, del mes de Julio de 2025

### **EL AUTOR:**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Anderson', with a stylized flourish underneath.

Anderson Efrain Carlosama Matango

## **CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

28 de julio de 2025

Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

### **CERTIFICA:**

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

.....  
Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez MSc.  
*C.C.: 1600285702*

## **APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR**

El Comité Calificado del Trabajo de Integración Curricular “DETERMINACIÓN DE TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS DE *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, IBARRA, ECUADOR” elaborado por Carlosama Matango Anderson Efrain, previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

.....  
Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez MSc.

C.C: 1600285702

.....  
Ing. Eduardo Jaime Chagna Avila MSc

C.C:100157942

## **DEDICATORIA**

A Dios, mi Padre celestial, gracias por sostenerme y guiarme siempre. Tú iluminaste mis días oscuros y no me soltaste cuando más dudé. Jesús amado, gracias por creer en mí cuando ni yo lo hacía y por acompañarme en silencio. Este logro es para tu amor fiel y eterno.

A mis padres, Manuel Mesías Carlosama y María Ermelinda Matango, gracias por su amor incondicional y por inculcarme trabajo, humildad y perseverancia. Cada sacrificio y su fe en mí hicieron posible este paso; todo lo que soy se los debo a ustedes.

Agradezco a mis hermanos Braudio y Badin por su gran ayuda en los momentos de dificultades y en los momentos de alegría. Fueron uno de mis motores para no rendirme y seguir adelante gracias, hermanos míos.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, mi Padre celestial, gracias por ser mi fuerza diaria y la luz que guio todo este proceso. Este logro también es tuyo, amado Padre.

A mis padres y hermanos Manuel Mesías Carlosama, María Ermelinda Matango, Manuel Carlosama y Braudio Carlosama su amor, ejemplo y fe me sostuvieron cuando más lo necesité. Este triunfo les pertenece.

Al MSc. Hugo Paredes, gracias por su paciencia y guía; al MSc. Eduardo Chagna por su orientación, y al MSc. Guillermo Varela por su apoyo técnico. Su acompañamiento fue esencial, Gracias.

A mis amigos Angie Hernández, Martha Castillo, Mishel Reascos y Kevin Ayala: sus palabras de ánimo y charlas edificantes hicieron posible llegar hasta aquí. Gracias, amigos.

## RESUMEN

Se evaluó la eficacia de tres tratamientos pre germinativos para superar la latencia fisiológica de *Eucalyptus grandis* en la sierra norte del Ecuador. Se sembraron 2 000 semillas en un diseño completamente al azar (4 tratamientos × 5 repeticiones de 100 semillas). Los tratamientos fueron: imbibición 24 h en ácido giberélico (GA<sub>3</sub> 200 mg L<sup>-1</sup>), imbibición 24 h en citoquininas (BAP 5 mg L<sup>-1</sup>), lixiviación hídrica 24 h y un testigo sin tratamiento. A los 30 días, el GA<sub>3</sub> incrementó el porcentaje de germinación a 49,8 %, seguido de BAP (38,4 %), lixiviación (25,0 %) y testigo (15,6 %). El índice de velocidad de emergencia confirmó la ventaja del GA<sub>3</sub> (3,04 d<sup>-1</sup>) frente a BAP (2,26 d<sup>-1</sup>), lixiviación (1,32 d<sup>-1</sup>) y testigo (0,67 d<sup>-1</sup>). El GA<sub>3</sub> redujo el tiempo medio de germinación a 17,7 días, seis días menos que el control (23,4 días), y elevó el vigor germinativo (2,56 frente a 0,002). El lote presentó peso de mil semillas de 0,303 ± 0,023 g y humedad del 11,3 ± 0,1 %. Se concluye que la imbibición en GA<sub>3</sub> durante 24 h es el método más eficiente y práctico para acelerar y uniformar la emergencia de *Eucalyptus grandis*, optimizando la producción de plántulas para programas de reforestación y restauración.

**Palabras clave:** *Eucalyptus grandis*; ácido giberélico; citoquininas; lixiviación; germinación.

## ABSTRACT

The effectiveness of three pre-germinative treatments in overcoming physiological dormancy in *Eucalyptus grandis* was evaluated in Ecuador's northern highlands. A completely randomized design was used with 2,000 seeds (4 treatments  $\times$  5 replicates of 100 seeds). Treatments consisted of a 24-h soak in gibberellic acid (GA<sub>3</sub>, 200 mg L<sup>-1</sup>), a 24-h soak in cytokinins (BAP, 5 mg L<sup>-1</sup>), a 24-h hydro-leaching, and an untreated control. After 30 days, GA<sub>3</sub> increased germination to 49.8 %, followed by BAP (38.4 %), leaching (25.0 %), and the control (15.6 %). The emergence speed index confirmed GA<sub>3</sub>'s advantage (3.04 d<sup>-1</sup>) over BAP (2.26 d<sup>-1</sup>), leaching (1.32 d<sup>-1</sup>), and the control (0.67 d<sup>-1</sup>). GA<sub>3</sub> shortened mean germination time to 17.7 days—six days faster than the control (23.4 days)—and markedly increased seedling vigor (2.56 vs. 0.002). The seed lot had a thousand-seed weight of 0.303  $\pm$  0.023 g and 11.3  $\pm$  0.1 % moisture. A 24-h soak in GA<sub>3</sub> is therefore the most efficient and practical method for accelerating and synchronizing *Eucalyptus grandis* emergence, optimizing seedling production for reforestation and restoration programs.

**Keywords:** *Eucalyptus grandis*; gibberellic acid; cytokinins; leaching; germination.

## **LISTA DE SIGLAS**

**ISTA.** Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas.

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

**MAG.** Ministerio de Agricultura y Ganadería.

**MAE.** Ministerio del Ambiente del Ecuador.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	2
CONSTANCIAS .....	3
CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR ...	4
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR.....	5
DEDICATORIA .....	6
AGRADECIMIENTO .....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT .....	9
LISTA DE SIGLAS.....	10
ÍNDICE DE TABLAS .....	14
ÍNDICE DE FIGURAS.....	15
INTRODUCCIÓN.....	16
• Problema de investigación .....	17
- Problemática .....	17
- Formulación del problema.....	18
• Justificación .....	18
Objetivos .....	20
Objetivo General.....	20
Objetivos Específicos .....	20
Hipótesis.....	20
- Hipótesis nula .....	20

- Hipótesis alterna .....	20
CAPITULO I.....	21
MARCO TEÓRICO.....	21
1.1. <i>Eucalyptus grandis</i> .....	21
1.1.1. Descripción de <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden.....	21
1.1.2. Importancia económica y ambiental en Ecuador.....	22
1.1.3. Taxonomía de la especie <i>Eucalyptus grandis</i> .....	22
1.1.4. Morfología general.....	23
1.2. Semillas de <i>Eucalyptus grandis</i> .....	24
1.2.1. Producción de semilla y ciclo fenológico.....	24
CAPITULO II.....	29
MATERIALES Y METODOS.....	29
2.1. Tipo de investigación según los siguientes criterios .....	29
2.2. Ubicación política de los lugares de estudio.....	29
2.2.1. Estación Experimental La Favorita (Sitio I) .....	29
2.2.2. Rumipamba Grande (Sitio II) .....	29
2.2.3. Ubicación geográfica de los sitios de estudio .....	30
2.3. Límites de los sitios de estudio .....	32
2.3.1. Límites (Sitio I) .....	32
2.3.2. Límites (Sitio II).....	32
2.4. Caracterizaciones edafoclimáticas del lugar.....	32
2.4.1. Tipo de suelo .....	32

2.4.1.1. Estación Experimental La Favorita (Sitio I).....	32
2.4.1.2. Rumipamba Grande (Sitio II).....	32
2.4.2. Clima .....	33
2.5. Materiales, equipo y software .....	33
CAPITULO III .....	43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	43
3.1 Análisis de semillas.....	43
3.1.1. Pureza .....	43
3.1.2. Peso .....	43
3.1.3. Contenido de humedad. ....	44
3.2. Evaluar la uniformidad de germinación través de la aplicación de tres tratamientos pre germinativos. ....	45
3.2.1. Porcentaje de germinación.....	45
3.2.2. Índice de velocidad de emergencia. ....	49
3.2.4. Vigor germinativo .....	53
3.2.5. Tiempo Medio de Germinación .....	57
CAPITULO IV .....	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	61
4.1. CONCLUSIONES.....	61
ANEXOS – FOTOGRAFIAS .....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubicación geográfica de la Estación Experimental “La Favorita” .....	30
Tabla 2: Ubicación geográfica del sitio del ensayo .....	30
Tabla 3: Detalle de materiales, equipos y software empleados en la investigación .....	33
Tabla 4: Tratamientos pre germinativos hormonales y físicos aplicados.....	34
Tabla 5: Diseño Completamente al Azar (DCA).....	35
Tabla 6: Arreglo experimental.....	35
Tabla 7: Matriz de registro de datos primarios.....	36
Tabla 8: Tratamientos pre germinativos aplicados por (imbibición 24 h) .....	38
Tabla 9: Evaluación del porcentaje de germinación por Tratamiento/Repetición .....	45
Tabla 10: Resumen del análisis de varianza (ANOVA).....	47
Tabla 11: Agrupamiento de medias según la prueba de Tukey.....	47
Tabla 12: Evaluación del IVE de cada tratamiento/repetición .....	49
Tabla 13: Prueba de normalidad.....	50
Tabla 14: Análisis de la varianza y comparación de medias .....	52
Tabla 15: Evaluación del vigor germinativo por tratamiento/repetición.....	53
Tabla 16: Resumen estadístico del VG en día 19 por tipo de tratamiento .....	54
Tabla 17: Prueba de normalidad.....	55
Tabla 18: Comparaciones de rangos medios y agrupaciones por Dunn.....	55
Tabla 19: Tiempo medio de germinación por tratamiento y réplica .....	57
Tabla 20: Normalidad de los residuos (Shapiro-Wilk).....	58
Tabla 21: ANOVA para TMG.....	59
Tabla 22: Medias $\pm$ EE y letras de Tukey .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sitio de recolección del material vegetal .....	31
Figura 2: Sitio del ensayo de investigación .....	31
Figura 3: Efecto de tratamientos pre germinativos en la germinación .....	48
Figura 4: Normalidad global de residuos (Q-Q plot) .....	51
Figura 5: Efecto de tratamientos pre germinativos sobre el IVE .....	52
Figura 6: Vigor germinativo comparación de efectividad entre tratamientos .....	56
Figura 7: Medidas de TMG por tratamiento (Tukey).....	60

## INTRODUCCIÓN

El género *Eucalyptus* agrupa más de 700 especies de rápido crecimiento que se han consolidado como pilares de la silvicultura comercial en numerosos países (Granados Sánchez & López Ríos, 2007). Dentro de este conjunto, *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden destaca por la elevada densidad y el alto contenido de celulosa de su madera, cualidades idóneas para pulpa, biomasa y aserrío (Oberschelp et al., 2007).

Las plantaciones forestales cubren cerca de 294 millones de ha, el cual es 7 % de los bosques globales en los trópicos y subtropicales, la latifoliada más extendida es *Eucalyptus grandis* según la (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2022). En sur América, Brasil suma la mayor extensión de especies forestales comerciales plantadas con 9,5 millones de ha, de las cuales el 77 % corresponde al género *Eucalyptus*, principalmente *Eucalyptus grandis* entre otras especies del género (Polo & Stumpo, 2024), mientras que Uruguay destinó 408,079 ha a esta especie en 2023, posicionándose como líder regional (Dirección General Forestal [DGF], 2025).

Ecuador se introdujo el género *Eucalyptus*, principalmente *Eucalyptus globulus*, hacia 1865 para cubrir la demanda de leña y madera. Hoy existen 30 515 ha de plantaciones comerciales, concentradas en Imbabura y Pichincha, con predominio de *Eucalyptus globulus* y la incorporación gradual de híbridos *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* desde la década de 1990 (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2023).

En la región sierra ecuatoriana, ensayos con *Eucalyptus grandis* a 1 600 a 2100 m.s.n.m, muestran tasas de supervivencia de alrededor del 85 % y aumentos de altura de 2–3 m por año bajo prácticas silvícolas (MAG, 2023; Bahru et al., 2023). Sus semillas ortodoxas, almacenadas a 3–5 °C y 6–10 % de humedad, conservan > 70 % de viabilidad por dos años y germinan epigeamente (Orwa et al., 2009).

No obstante, los porcentajes pueden bajar por variabilidad genética, noches frías o pérdida de vigor, mermando la disponibilidad de plántones de calidad (Carvalho & Nakagawa, 2012). Para contrarrestar esos descensos se aplican tratamientos pre germinativos. Estos métodos físicos, químicos o biológicos aceleran y uniforman la emergencia (Bewley et al., 2013).

La pérdida de vigor por frío o envejecimiento se reduce con hidropriming (12 h en agua destilada a 25 °C), que mejora la germinación en un 18 % (Pereira et al., 2016). y con osmopriming (o acondicionamiento osmótico) que acelera la emergencia y aumenta la tolerancia salina. Además, GA<sub>3</sub> a 250 mg L<sup>-1</sup> acorta el tiempo de germinación y, junto con 6-bencilaminopurina, potencia el crecimiento de las plántulas (Liu et al., 2018).

Ante la necesidad de mejorar la eficiencia de las plantaciones y reducir la latencia, esta investigación evalúa tres tratamientos pre germinativos lixiviación, ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) y una citoquinina sintética frente a un testigo sin tratamientos en semillas de *Eucalyptus grandis* de la Estación Experimental La Favorita. Se analizaron calidad de semillas, porcentaje y velocidad de germinación, índice de velocidad de emergencia, vigor germinativo y tiempo medio de germinación, con el propósito generar información de calidad para mejorar la producción de plántulas destinadas a programas de reforestación, restauración y otras iniciativas forestales.

- **Problema de investigación**
- **Problemática**

La especie forestal *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden se caracteriza por su crecimiento acelerado y una madera muy valorada para aserrío, tablero y celulosa. En la Sierra ecuatoriana, principalmente en Imbabura y Pichincha esta especie comparte, junto con *Eucalyptus globulus* y clones híbridos (*Eucalyptus urograndis*), las 30,515 ha de plantaciones comerciales de eucalipto registradas por la Subsecretaría de Producción

Forestal (MAG, 2023). Bajo una gestión silvícola adecuada, dichos cultivos participan en programas de reforestación productiva que generan empleo rural y contribuyen al desarrollo socioeconómico del país.

No obstante, su multiplicación por semilla resulta complicada. La presencia de compuestos inhibidores en su cubierta retrasa la germinación y reducen la emergencia en vivero (Bachelard, 1967). Esto se traduce en porcentajes bajos y plántulas poco uniformes, limitando la oferta de material de plantación de buena calidad. En Ecuador todavía no existen protocolos validados que superen esta latencia; la producción de plántulas sigue siendo ineficiente y dificulta los planes de restauración forestal.

En otros países se han probado métodos físicos, químicos y mecánicos. La aplicación de productos químicos, el remojo prolongado y el uso de reguladores como el ácido giberélico ( $GA_3$ ) han mejorado la germinación de semillas (Bachelard, 1967).

Por lo que evaluamos estas técnicas en semillas de *Eucalyptus grandis* bajo condiciones climáticas controladas para poder garantizar una producción de plántulas y reducir los tiempos de germinación y aumentando la calidad de esta especie destinadas para los diferentes sectores que los requieran.

#### - **Formulación del problema**

La presencia de latencia en semillas de *Eucalyptus grandis* dificulta su germinación, y la falta de información sobre tratamientos pre germinativos efectivos en Ecuador impide mejorar la producción de plántulas.

#### • **Justificación**

*Eucalyptus grandis* se introdujo en la sierra ecuatoriana a fines del siglo XIX y, desde entonces, su notable velocidad de crecimiento y la calidad de su madera la han convertido en un recurso clave para reforestación y sustento de productores locales y

empresas (Crespo-Pérez & Barragán, 2023). Sin embargo, la dormancia de sus semillas restringe la producción de plántulas, lo que frena la capacidad de ampliar nuevas plantaciones y limitaría la oferta maderera futura.

La investigación disponible privilegia la propagación clonal, mientras que la germinación sexual ha quedado rezagada y sin protocolos locales que aseguren porcentajes altos y uniformes. Este vacío técnico impide a los viveristas romper la latencia de manera consistente y encarece el establecimiento de plantaciones, particularmente en proyectos comunitarios que dependen de semilla proveniente del campo. Optimizar la germinación aportará beneficios ambientales y productivos.

Según (Ramírez y Chagna, 2019) nos dicen que en plantaciones robustas de *Eucalyptus grandis* esta especie ayuda a la recuperación del suelo dañados y actúan como capturados de grandes cantidades de carbono, con importantes tasas de fijación de CO<sub>2</sub>, analizadas en la sierra norte de Ecuador. Por lo cual un flujo estable de producción de plántulas de calidad incrementa la supervivencia en el campo y mejora la rentabilidad en el ámbito socioeconómico de los diferentes sectores de interés.

Probar reguladores como ácido giberélico y citoquininas, junto con técnicas físicas de lixiviación, generará evidencia local sobre la forma más eficaz de romper la dormancia de *Eucalyptus grandis*. Estos resultados fortalecerán la producción de plantas, reducirán la presión sobre árboles semilleros naturales y respaldarán los planes nacionales de restauración y desarrollo forestal sostenible.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

- Determinar el efecto de diferentes tratamientos pre germinativos en el índice de germinación inicial en semillas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar la calidad de semillas de la especie *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.
- Evaluar la uniformidad de germinación través de la aplicación de tres tratamientos pre germinativos.

## **Hipótesis**

- **Hipótesis nula:** Los tratamientos estudiados no influyen significativamente en la germinación de las semillas de *Eucalyptus grandis*.
- **Hipótesis alterna:** Al menos un tratamiento estudiado influye significativamente en la germinación de las semillas de *Eucalyptus grandis*.

## CAPITULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1. *Eucalyptus grandis*

##### 1.1.1. Descripción de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.

Nativo de los bosques pluviales del este de Australia, *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden se ha vuelto imprescindible en la silvicultura tropical gracias a su crecimiento veloz y a una madera densa alrededor de 550 kg / m<sup>3</sup> que rinde bien en aserrío, pulpa y energía (Meskimen & Francis, 1990). Esta versatilidad explica que existan más de 500 000 ha cultivadas en Sudamérica, África y Asia (Jacobs, 1979).

El género *Eucalyptus* llegó al Ecuador alrededor de 1865. En la actualidad, las plantaciones de este género superan las 30,000 hectáreas, con mayor presencia en la Sierra centro-norte y en la costa de Esmeraldas. Donde se reportan un rendimiento cerca de los 25 metros cúbicos por año/ha, donde existe un beneficio atractivo para los sectores de aprovechamiento de pequeña y mediana escala (MAG, 2021). Estas plantaciones abastecen a aserraderos locales y proyectos de pulpa, lo que ha consolidado su rentabilidad (Crespo & Barragán, 2023).

*Eucalyptus grandis* pertenece a la familia Myrtaceae. Cuando se hibrida con *Eucalyptus urophylla* da origen al clon comercial *Eucalyptus* × *urograndis*, muy utilizado en plantaciones industriales. Este árbol siempreverde alcanza 40-50 m de altura, presenta un fuste recto y corteza lisa exfoliante. Sus hojas lanceoladas, ricas en 1,8-cineol, poseen aplicaciones farmacéuticas. Florece a partir de los 2–3 años y cada cápsula leñosa rinde cerca de 600 000 semillas kg<sup>-1</sup> (Meskimen & Francis, 1990). En Ecuador, los rodales capturan alrededor de 12 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y contribuyen a estabilizar suelos erosionados (Ramírez & Chagna, 2019).

### **1.1.2. Importancia económica y ambiental en Ecuador**

En la actualidad, cerca de 30 000 ha de *Eucalyptus grandis* se encuentran establecidas en el Ecuador, concentradas en la sierra centro norte y la franja costera de Esmeraldas. Con rotaciones de siete años, las plantaciones generan volúmenes de 25 a 30 metros cúbicos por ha anualmente, destinados especialmente para la producción de madera, pulpa y aserrío, por el cual esta especie escogida como una opción altamente rentable para silvicultores de pequeña y mediana escala (MAG, 2021; Crespo & Barragán, 2023).

Los aportes van más allá de la rentabilidad financiera. Evaluaciones efectuadas en Imbabura indican que rodales de once años fijan alrededor de 12 t CO<sub>2</sub> ha/año, contribuyendo a las metas nacionales de mitigación climática. Adicionalmente, la arquitectura foliar intercepta la lluvia y el sistema radicular profundo mejora la estabilidad de los suelos andinos, reduciendo la erosión en áreas degradadas (Ramírez & Chagna, 2019).

El creciente mercado de biomasa energética y la sencillez del manejo de fustes rectos y tolerancia a distintos rangos de pH, han propiciado convenios entre empresas y comunidades. Bajo estos esquemas, los productores obtienen hasta un 30 % más por los rollizos de *Eucalyptus grandis* en comparación con los de pino de igual edad, dinamizando las economías rurales y ampliando la matriz forestal del país (MAG, 2021).

### **1.1.3. Taxonomía de la especie *Eucalyptus grandis***

*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, integrante de la familia Myrtaceae, es originario de las planicies y valles húmedos del este de Australia donde está a una altura de 0 a 900 m.s.n.m y un promedio 1 000–1 800 mm de precipitación anual con una temperatura que oscilan entre 6 y 32 °C (Doran & Turnbull, 1997). Esa amplitud climática explica su éxito en Iberoamérica, donde tiene un rendimiento mayor 25 m<sup>3</sup> ha/año en

turnos de siete a diez años. Con una densidad media de 550 kg/m<sup>3</sup>, su madera se destina a aserrío, pulpa y bioenergía, y el follaje rico en cineol sustenta la obtención de aceites esenciales (Pérez, 2019).

#### Clasificación taxonómica de *Eucalyptus grandis*

- Reino: Plantae
- División: Tracheophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Myrtales
- Familia: Myrtaceae
- Género: *Eucalyptus*
- Especie: *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden
- Nombre común: eucalipto rosado

#### 1.1.4. Morfología general

*Eucalyptus grandis* es un perennifolio imponente en rodales poco densos supera 50 m de altura y 1,5 m de DAP, con un fuste recto cubierto por corteza lisa gris-pálida que se exfolia en láminas y deja una franja basal fibrosa protectora (Doran & Turnbull, 1997). Las hojas son juveniles opuestas y glaucas, mientras que las adultas se vuelven alternas y lanceoladas 10 a 16 cm × 2 a 3 cm, conteniendo hasta 1,8 % de aceite esencial rico en cineol, valioso para aplicaciones farmacéuticas y cosméticas (Brooker & Kleinig, 2006).

Las inflorescencias forman umbelas axilares con 7 a 11 botones; las flores sin pétalos presentan numerosos estambres blancos. Tras la polinización se desarrollan cápsulas leñosas cónicas de 6 a 8 mm que maduran en unos siete meses, aunque pueden permanecer cerradas más de un año. Un kilogramo de fruto depurado libera 500,000 a 600,000 semillas de 1 mm de diámetro, las cuales mantienen alta viabilidad bajo

condiciones de almacenamiento adecuadas (GBIF, 2025).

## **1.2. Semillas de *Eucalyptus grandis***

### **1.2.1. Producción de semilla y ciclo fenológico**

*Eucalyptus grandis* entra en reproducción a edad temprana, las primeras estructuras florales se observan entre los 18 y 36 meses. En la provincia de Imbabura el máximo de floración se registra entre noviembre y febrero, mientras que en Australia se sitúa hacia el cierre del invierno, evidencia de su amplia capacidad de adaptación (Doran & Turnbull, 1997; Ramírez & Chagna, 2019). Cada fruto leñoso completa su maduración en seis a ocho meses y puede permanecer cerrado en la planta por más de un año antes de liberar sus semillas. En cultivos bien manejados, un ejemplar adulto rinde de 0,2 a 0,5 kg de fruto seco por temporada, equivalente a 15 y 25 millones de semillas por hectárea (GBIF, 2025).

La recolección se realiza cuando las cápsulas cambian a un color pardo-gris y comienzan a abrirse. Luego, se aplica un secado controlado a 35 °C durante una semana para facilitar la apertura completa de las cápsulas. Después se realiza una limpieza con aire para separar las semillas de las impurezas como cáscaras y restos vegetales (FAO, 2014). Posteriormente, la semilla se deshidrata hasta un 8 % de humedad y se almacena a 4 °C en envases herméticos. Bajo estas condiciones conserva más del 70 % de viabilidad durante al menos cinco años, cumpliendo los estándares de semilla ortodoxa establecidos por ISTA (ISTA, 2016).

### **1.2.2. Características de fruto y liberación de semilla**

Los frutos de *Eucalyptus grandis* son cápsulas leñosas cónicas de 6 a 8 mm, donde tienen 3 a 25 semillas viables entre material inerte o impurezas, el proceso de maduración de las semillas varía entre 6 a 8 meses o permanecen cerradas hasta más de un año en sus capsulas gracias a su serotonina, abriendo tras episodios cálidos y secos. Un kilogramo

de semillas limpias aporta unas 600,000 semillas, un árbol bien manejado produce 0,2 a 0,5 kg anuales y, secas al 8 % y almacenadas a 4 °C, mantienen >70 % de viabilidad durante cinco años (FAO, 2014).

### **1.3. Calidad de la semilla**

#### **1.3.1. Pureza, humedad y peso (normas ISTA)**

- Pureza

La pureza física indica el porcentaje en peso de semilla verdadera libre de otras semillas y de material inerte. Las Reglas ISTA exigen  $\geq 95$  % para lotes certificados y especifican separar manualmente fracciones pura, inerte y contaminante con tamices y lupas (ISTA, 2016).

- Humedad

Para especies ortodoxas, ISTA recomienda conservar la humedad entre 5 % y 8 %; el valor se determina desecando la muestra a  $103 \pm 2$  °C hasta peso constante. Mantener este rango minimiza deterioro oxidativo y desarrollo fúngico, un estudio andino mostró que semillas de *Eucalyptus grandis* almacenadas al 7 % de humedad retuvieron 80 % de viabilidad tras cuatro años, mientras lotes al 12 % cayeron por debajo del 40 % (Fantinatti & Usberti, 2007).

- Peso

El peso de mil semillas es un descriptor básico de tamaño y densidad, ISTA prescribe usar ocho submuestras de 100 unidades y extrapolar. Para *Eucalyptus grandis* se reportan valores de 0.20–0.30 g, equivalentes a 3 a 5 millones de semillas kg, datos esenciales para calcular dosis de siembra. Lotes con P1000 por fuera de este rango suelen correlacionarse con semilla inmadura o vacía (ISTA, 2016).

### **1.4. Proceso de germinación**

#### **1.4.1. Fases fisiológicas**

La germinación de *Eucalyptus grandis* comprende tres pasos enlazados, primero, la semilla se hidrata velozmente hasta equilibrar su potencial hídrico, después reactiva la respiración y la síntesis de enzimas y, por último, la radícula perfora la cubierta y da origen a la plántula, culminando la germinación epigea característica del género (Bewley et al., 2013).

#### **1.4.2. Indicadores: IVE, Tiempo Medio de Germinación y Vigor**

El desempeño se valora mediante el índice de velocidad de emergencia (IVE), que resume el número de plántulas emergidas dividido por los días transcurridos, el tiempo medio de germinación (TMG) es el que promedia el momento de emergencia ponderado por el número de semillas, y pruebas de vigor como la energía germinativa temprana, sensibles al estrés y predictoras del establecimiento en vivero (Maguire, 1962; ISTA, 2022).

#### **1.4.3. Factores internos y externos que la afectan**

El éxito de la germinación depende de la interacción entre elementos internos de la semilla y condiciones ambientales (Bewley et al., 2013).

##### Factores internos

- Madurez de la semilla: Resulta esencial que la semilla haya culminado su desarrollo fisiológico y morfológico para asegurar una germinación efectiva (Courtis, 2013).
- Equilibrio hormonal: Las hormonas vegetales, como el ácido abscísico (ABA) y las giberelinas (GA), regulan este proceso. Una baja concentración de ABA (inhibidor) y un incremento de GA (estimulador) contribuyen a la activación de la germinación (Alcantara et al, 2019).

##### Factores externos

- Temperatura: Cada especie vegetal dispone de un rango de temperatura óptimo

para que la germinación sea más eficiente.

- Humedad: En la activación de rehidratación o realizar los procesos metabólicos la humedad actúa como un importante factor decisivo en el poder germinativo, ya que sin un proceso de aporte suficiente de humedad la germinación se dificultaría.
- Oxígeno y dióxido de carbono: El oxígeno es imprescindible para la respiración celular, mientras que un exceso de dióxido de carbono puede frenar la germinación.
- Luz: Algunas semillas requieren la presencia de luz para salir de la latencia, mientras que otras pueden germinar en ausencia de ella (Bewley et al., 2013).

## **1.5. Latencia en semillas forestales**

### **1.5.1. Tipos comunes de dormancia**

La dormancia funciona como un control interno que evita la germinación pese a condiciones externas adecuadas. En plantas forestales se distinguen tres formas: la exógena causada por cubiertas duras o impermeables, la endógena derivada de embriones imperfectos o dificultad bioquímica, donde también ocurre la mixta las cuales comparten barreras fisiológicas o físicas (Smith et al, 2010).

### **1.5.2. Latencia fisiológica en *Eucalyptus grandis* (equilibrio ABA/GA)**

Las semillas de *Eucalyptus grandis* no presentan testa impermeable ni embrión subdesarrollado, su germinación se retrasa por un leve desequilibrio hormonal donde el ácido abscísico (ABA) supera momentáneamente las giberelinas activas (GA). Ensayos brasileños mostraron que remojar la semilla en 250 mg/L de GA<sub>3</sub> eleva el porcentaje de germinación de 76 % a 92 %, confirmando una dormancia fisiológica poco profunda regulada por el cociente ABA/GA. Resultados similares se obtuvieron en viveros ecuatorianos de la costa, donde la misma dosis redujo el tiempo medio de germinación en dos días (Donald & Lundquist, 1988).

## **1.6. Tratamientos pre germinativos**

### **1.8.1. Métodos físicos: lixiviación, temperatura, desinfección**

La aplicación de lixiviación previo en agua destilada durante 12 y 24 h homogeniza la imbibición y puede adelantar la emergencia de *Eucalyptus grandis* dos días respecto al testigo. Temperaturas alternas de 20 y 30 °C los cuales favorecen la activación enzimática y aumenta el índice de velocidad de emergencia (IVE) (Souza et al., 2020). La desinfección con hipoclorito de sodio al 1 % por 10 min reduce > 90 % la incidencia de *Pythium* y *Rhizoctonia*, evitando damping-off en vivero (Afroze et al., 2021).

### **1.8.2. Reguladores de crecimiento: GA<sub>3</sub>, BAP (bases bioquímicas)**

El ácido giberélico exógeno suministrado a 250 mg/L activa la expresión de  $\alpha$ -amilasas y eleva la germinación de 75 % a 92 % en *Eucalyptus grandis*. La 6-bencilaminopurina al 10  $\mu$ M complementa a GA<sub>3</sub>, estimulando la división celular inicial y mejorando uniformidad de plántulas sin alterar la morfología. El efecto conjunto responde al restablecimiento del balance ABA/GA y al incremento de citocininas en el eje embrionario (Liu et al., 2018).

### **1.8.3. Síntesis de estudios previos y brecha ecuatoriana**

Brasil, Sudáfrica y Australia reportan que GA<sub>3</sub>, solo o combinado con BAP, reduce el tiempo medio de germinación hasta 30 % en eucaliptos comerciales (Avelar et al., 2020). En el Ecuador, la literatura se limita a un ensayo costero donde GA<sub>3</sub> a 200 mg/L acortó la germinación dos días (Paredes, Cevallos, & Ayala, 2020). Aún no se han comparado dosis ni evaluado citocininas en la Sierra, evidenciando un vacío experimental que el presente estudio aborda.

## **CAPITULO II**

### **MATERIALES Y METODOS**

#### **2.1. Tipo de investigación según los siguientes criterios**

La investigación es de enfoque cuantitativo y finalidad aplicada, con alcance explicativo; emplea un diseño experimental controlado, se desarrolló de forma sincrónica y se llevó a cabo en campo.

#### **2.2. Ubicación política de los lugares de estudio**

La presente investigación se realizó en dos sitios Estación Experimental La Favorita y Rumipamba Grande.

##### **2.2.1. Estación Experimental La Favorita (Sitio I)**

El área de la colecta de semillas está localizada en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cantón Santo Domingo, parroquia Alluriquín, en la comunidad de Chiriboga en el predio de la Universidad Técnica del Norte conocido como “Estación Experimental La Favorita”, figura 1. Las coordenadas geográficas del punto de recolección del material vegetativo fueron 745654 E y 9975960 N (UTM 17S, WGS84), las coordenadas completas del sitio se presentan en la Tabla 1.

##### **2.2.2. Rumipamba Grande (Sitio II)**

El ensayo se instaló en la propiedad de la Sra. María Matango Amaguaña, ubicada en la comunidad Rumipamba Grande, parroquia rural La Esperanza, cantón Ibarra, provincia de Imbabura, Ecuador (Figura 2). La altitud puntual del sitio de siembra, registrada en campo con GPS portátil, fue de 2.652 m s.n. m. El punto donde se realizó el ensayo experimental fue en las coordenadas 821699 E y 30423 N (UTM 17N, WGS84); las coordenadas completas de todos los puntos geográficos se presentan en la Tabla 2.

### 2.2.3. Ubicación geográfica de los sitios de estudio.

Las ubicaciones geográficas de los sitios de estudio se detallan en la Tabla 1 y Tabla 2 y en las Figuras 1 y 2.

**Tabla 1:**

*Ubicación geográfica de la Estación Experimental “La Favorita”*

<b>Puntos</b>	<b>Coordenadas X</b>	<b>Coordenadas Y</b>
P 1	744755	9977063
P 2	745837	9976172
P 3	746308	9976632
P 4	747079	9975526
P 5	746707	9974936
P 6	745624	9974276
P 7	744153	9974906

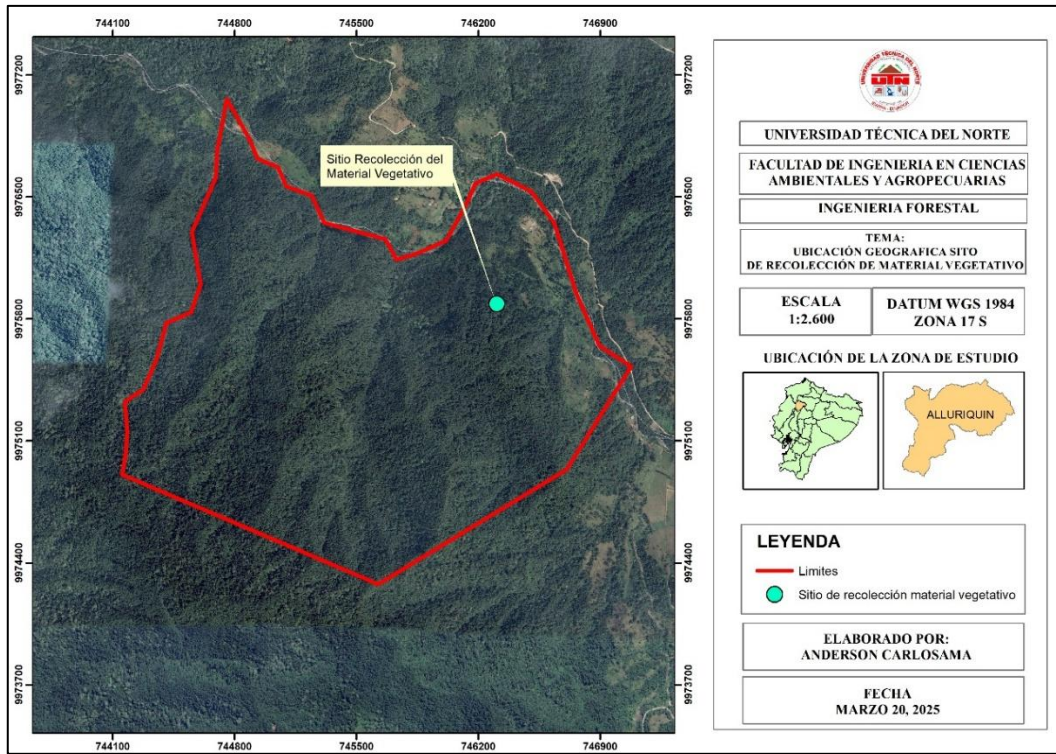
**Tabla 2:**

*Ubicación geográfica del sitio del ensayo*

<b>Puntos</b>	<b>Coordenadas X</b>	<b>Coordenadas Y</b>
P1	821698	3041976
P2	821699	3041614
P3	821706	3041869
P4	821703	3042378

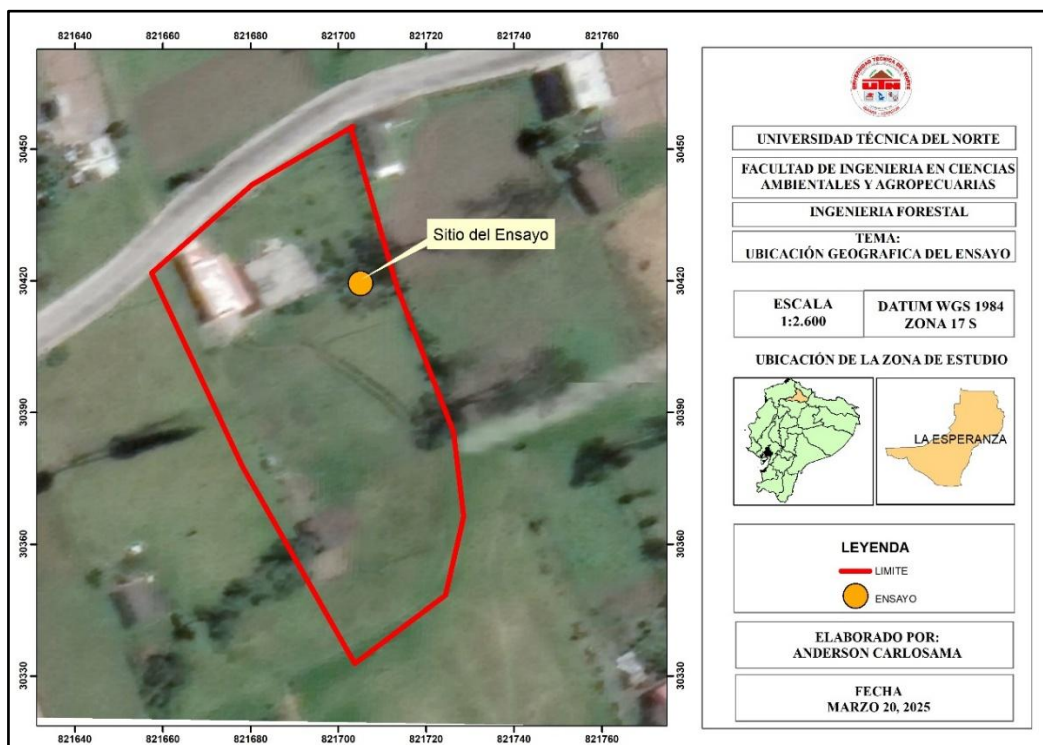
**Figura 1:**

*Sito de recolección del material vegetal*



**Figura 2:**

*Sitio del ensayo de investigación*



### **2.3. Límites de los sitios de estudio**

#### **2.3.1. Límites (Sitio I)**

El Sitio I corresponde a la Estación Experimental “La Favorita”, que limita al norte con el río Saloya, al sur con terrenos baldíos, al este con la quebrada Las Peñas, y al oeste con el predio del señor Ernesto Descalzi. (Bustos, 2020).

#### **2.3.2. Límites (Sitio II)**

El Sitio II corresponde a los linderos limitantes donde se realizó la instalación del ensayo, que limita al norte con la propiedad del señor Ramón Quilca, al sur con la propiedad de la señora María Amaguaña, al este con la propiedad de la señora Estela Quilca y al oeste con la propiedad del señor Ostacio Amaguaña.

### **2.4. Caracterizaciones edafoclimáticas del lugar**

#### **2.4.1. Tipo de suelo**

##### **2.4.1.1. Estación Experimental La Favorita (Sitio I)**

Andisol volcánico limo-arenoso (pH 5,5–6,5; > 10 % MO) con alta porosidad y alófanos que aportan drenaje rápido y fijan P; perfil profundo que sostiene bosque siempreverde y de neblina montano bajo (1 600–2 200 m) (GAD Parroquial Rural de Alluriquín, 2019).

##### **2.4.1.2. Rumipamba Grande (Sitio II)**

Inceptisoles (~40 %) ácidos y de fertilidad moderada, y Mollisoles (~51 %) oscuros con > 5 % de materia orgánica (pH 6,5–7,5), ambos de textura limosa y buen drenaje, donde existe pendientes moderadas y dificulta la agricultura extensiva (GAD Parroquial Rural La Esperanza, 2023).

## 2.4.2. Clima

**Estación Experimental La Favorita (Sitio I):** La Estación presenta 1200 a 1600 mm de precipitación promedio anual, el clima es húmedo y está situado como montano bajo, temperatura media de 16 °C, precipitación anual de 2 500–3 000 mm y alta humedad (GAD Parroquial Rural Alluriquín, 2019).

**Rumipamba Grande (Sitio II):** Rumipamba Grande (2 400–3 200 m) presenta clima ecuatorial de alta montaña (95,4 %) y mesotérmico semihúmedo (4,6 %), precipitación anual de 750–1 250 mm, temperatura media de 7–12 °C y humedad > 70 % (GAD Parroquial Rural La Esperanza, 2023).

## 2.5. Materiales, equipo y software

Materiales de campo, laboratorio y software que se utilizó en la investigación se describen en la siguiente Tabla 3.

**Tabla 3:**

*Detalle de materiales, equipos y software empleados en la investigación*

<b>Materiales equipo de campo</b>	<b>Herramientas para vivero</b>	<b>Materiales de laboratorio</b>	<b>Equipo</b>	<b>Software</b>
Podadora aérea	Bandejas de semilleras	Pipetas	Computadora	ArcGIS 10.7 – Número de autorización: EFL209674136
Hojas de campo	Guantes	Agua destilada	Balanza digital	InfoStat Versión Estudiantil
Útiles de escritorio	Pala	Giberilinas	Cámara Fotografía	Paquete Office 365
Etiquetas Plástico	Tamizador	Citoquininas	Microscopio	
	Abono	Vitavax	GPS	
	Pomina	Lupa	Estufa	
	Suelo			
	Bomba de riego			

## 2.6. Metodología, técnicas e instrumentos.

### 2.6.1. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con un factor de cuatro niveles (tratamientos pre germinativos: GA<sub>3</sub>, citoquininas, lixiviación y un testigo ), con cinco repeticiones de 100 semillas cada una.

#### 2.6.1.1. Factor

El tratamiento pre germinativo corresponde al factor evaluado en la germinación de *Eucalyptus grandis* (Tabla 4).

**Tabla 4:**

*Tratamientos pre germinativos hormonales y físicos aplicados.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Factor (tratamiento)</b>	<b>Descripción breve</b>
<b>T1</b>	Giberelina	Semillas imbibición 24 h en 200 mg GA <sub>3</sub> , 2 g de Newgibb 10 % disueltos en 1 L de agua.
<b>T2</b>	Citoquinina	Semillas imbibición 24 h en 5 mg BAP 50 mL de Cytokin 0,01 % completados a 1 L.
<b>T3</b>	Lixiviación	Semillas en imbibición 24 h en agua destilada (1 L).
<b>T4</b>	Testigo	Semillas sembradas directamente; solo desinfectadas.

#### Esquema del experimento.

La Tabla 5 presenta los detalles de los tratamientos aplicados en el experimento.

**Tabla 5:***Diseño Completamente al Azar (DCA)*

Variable	Cantidad
Numero de tratamientos	3 + 1 (testigo)
Numero de repeticiones	5
Número de unidades experimentales	20
Numero de semillas por unidad experimental	100
Numero de semillas/tratamiento	500
Número total de semillas	2000

**2.6.1.2. Distribución de tratamientos**

La Tabla 6 presenta el esquema de distribución de los tratamientos en el campo experimental.

**Tabla 6:***Arreglo experimental*

Repetición	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
R1	T3 – Lixiviación	T1 – GA <sub>3</sub>	T4 – Testigo	T2 – BAP
R2	T2 – BAP	T3 – Lixiviación	T1 – GA <sub>3</sub>	T4 – Testigo
R3	T4 – Testigo	T2 – BAP	T3 – Lixiviación	T1 – GA <sub>3</sub>
R4	T1 – GA <sub>3</sub>	T4 – Testigo	T2 – BAP	T3 – Lixiviación
R5	T3 – Lixiviación	T2 – BAP	T4 – Testigo	T1 – GA <sub>3</sub>

### 2.6.1.3. Modelo estadístico del experimento

El modelo estadístico empleado en este estudio se describe a continuación:

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

Fuente: Aguirre & Vizcaino (2010)

En donde:

$Y_{ij}$  Observación individual

$\mu$  Media

$t_i$  Efecto de tratamiento

$\epsilon_{ij}$  Error experimental

### 2.6.1.4. Diseño de matriz para el registro de los datos

Para asegurar la trazabilidad de las observaciones y el cálculo posterior de las variables germinativas, se diseñó una planilla de registro primario como se puede observar en la Tabla 7, en la que se consignaron, para cada unidad experimental de 100 semillas (4 tratamientos  $\times$  5 repeticiones), la fecha de siembra, el conteo diario de plántulas emergidas, la germinación acumulada al final del periodo de evaluación y el número de plántulas vigorosas (cotiledones completamente desplegados). Esta planilla sirvió como fuente de datos para los análisis de porcentaje de germinación, índice de velocidad de emergencia (IVE), vigor y tiempo medio de germinación (TMG) presentados en las tablas de resultados.

**Tabla 7:**

*Matriz de registro de datos primarios*

		Formato de actividades			
Unidad experimental	Tratamiento	Fecha de siembra	Conteo diario de plántulas emergidas	Germinación final (n / 100)	Vigor (cotiledones desplegados)

## **2.6.2. Instalación del ensayo**

### **2.6.2.1. Selección y recolección de semilla**

Las semillas de *Eucalyptus grandis* se recolectaron en la Estación Experimental La Favorita seleccionando árboles adultos, sanos y fenotípicamente superiores. Los frutos en madurez fisiológica se cortaron con podones y se trasladaron en bolsas de papel para preservar su integridad y reducir la contaminación fúngica.

### **2.6.2.2. Evaluación inicial de calidad**

El lote se limpió manualmente para eliminar brácteas e impurezas y se evaluó según las Reglas ISTA (2016) pureza física, porcentaje de germinación, humedad y peso de 1 000 semillas— confirmando homogeneidad para el experimento.

### **2.6.2.3. Acondicionamiento del área de germinación**

El ensayo experimental se realizó en un invernadero desinfecto previamente. Donde se instaló veinte bandejas (semilleros) de 100 alveolos se dispusieron sobre mesas a 0,80 m del suelo para facilitar el manejo y evitar salpicaduras.

### **2.6.2.4. Preparación del sustrato**

Se empleó una mezcla 55 % suelo del sitio + 30 % humus + 15 % pomina, tratada con fungicida cúprico ( $8 \text{ mL} \cdot 20 \text{ L}^{-1}$ ) y oreada 48 h. Cada alveolo se llenó manualmente asegurando buena aireación y drenaje.

### **2.6.2.5 Desinfección de la semilla**

Las semillas se sumergieron 10 min en Vitavax 200 (Carboxin + Thiram;  $2 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ ) y se enjuagaron con agua estéril antes de los tratamientos pregerminativos.

### **2.6.2.6. Aplicación de tratamientos pregerminativos**

Se realizó imbibición durante 24 h en las soluciones descritas en la Tabla 1. Para cada tratamiento se usaron  $\approx 150 \text{ mL}$  de solución por 500 semillas.

### 2.6.2.7. Aplicación de tratamientos pregerminativos

Se empleó imbibición (24 h) en tres soluciones:

**Tabla 8:**

*Tratamientos pre germinativos aplicados por (imbibición 24 h)*

<b>Código</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Concentración final</b>	<b>Preparación por litro</b>
T1	Giberelina	200 mg	2 g de Newgibb 10 % + agua destilada 1 L
T2	Citoquinina	5 mg	50 mL de Cytokin 0,01 % + agua destilada 1 L
T3	Lixiviación		Agua destilada
T4	Testigo		Sin imbibición

### 2.6.2.8. Diseño experimental y siembra

Se empleó un Diseño Completamente al Azar (4 tratamientos × 5 repeticiones). Una unidad experimental fue una bandeja semillera con 100 alveolos y se plantó una semilla por alveolo, dando su totalidad de 20 unidades experimentales repartidos mediante números aleatorios. Las semillas fueron sembradas a una profundidad de 5 mm de profundidad cubriéndole con el sustrato tamizado.

### 2.6.2.9. Riego y manejo

Se aplicó riego diario con agua reposada 24 h, usando mochila de presión manual hasta capacidad de campo, manteniendo  $25 \pm 2$  °C y humedad constante. Las malezas se eliminaron manualmente.

## 2.7. Normas ISTA

La International Seed Testing Association (ISTA) establece procedimientos estandarizados para evaluar la calidad de semillas a nivel mundial. Las normas ISTA, detallan los métodos para determinar pureza, contenido de humedad, peso de 1 000 semillas y germinación, entre otros parámetros. Al aplicar íntegramente estos

lineamientos en el presente estudio, se asegura que los resultados de pureza, humedad y vigor de las semillas de *Eucalyptus grandis* sean técnicamente válidos, comparables con otros trabajos y reconocidos internacionalmente en el comercio y producción de semillas (International Seed Testing Association [ISTA], 2024).

### 2.7.2. Pureza

La pureza física indica la proporción de semilla limpia y viable frente a materia inerte u otras semillas, un dato esencial para determinar la dosis de siembra y las necesidades de tratamiento previo (ISTA, 2016).

La pureza física se determinó conforme al Capítulo 3.5 (Pureza) de las Reglas Internacionales para Análisis de Semillas (ISTA 2016). Para *Eucalyptus grandis* ISTA establece una muestra de trabajo mínima de 5 g y una muestra global de  $\geq 18$  g. Se preparó una muestra global de 20 g en el laboratorio y se fraccionó en cuatro submuestras independientes de  $5,00 \pm 0,01$  g ( $n = 4$ ), superando la masa mínima requerida y con ello aumentando la precisión de los datos.

Cada submuestra se fraccionó manualmente en:

- Semilla pura
- Material inerte
- Impurezas orgánicas

Las fracciones se pesaron con una balanza analítica ( $\pm 0,0001$  g). La pureza física de cada submuestra se calculó mediante la ecuación.

$$\text{Porcentaje de Pureza} = \frac{\text{Peso de semilla pura}}{\text{Peso de submuestra}} * 100$$

(ISTA, 2016)

### 2.7.1. Contenido de humedad

La humedad de la semilla refleja su estado fisiológico un contenido reducido prolonga la vida útil en almacenamiento, mientras que valores altos aceleran el envejecimiento y favorecen infecciones fúngicas por ello, la humedad debe controlarse antes de empacar, transportar o analizar el lote (International Seed Testing Association [ISTA], 2024).

El contenido de humedad se determinó tomando dos submuestras de 5 g, las cuales se secaron en estufa a  $103 \pm 2$  °C durante 17 h, la variación de peso entre la muestra fresca y la seca se transformó en porcentaje de agua contenida en la semilla (ISTA, 2024; Labouriau, 1983; Ranal & Santana, 2006).

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso seco}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

(ISTA, 2016)

### 2.7.3. Peso

El peso de 1 000 semillas ofrece una estimación rápida del tamaño y la densidad promedio del lote, y se usa para convertir porcentajes a cantidades absolutas, ajustar volúmenes de soluciones y fijar la densidad de siembra (Copeland & McDonald, 2001).

Para determinar el peso de 1 000 semillas (PMS), se tomaron cuatro réplicas de 1 000 semillas puras cada una, las cuales se pesaron individualmente en una balanza analítica con precisión de  $\pm 0,001$  g. El valor final se expresó como el promedio ( $\pm$  DE) de estas cuatro pesadas, reportado directamente en gramos por 1 000 semillas conforme por (ISTA, 2016).

### 2.7.4. Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación determina cuántas semillas generan plántulas

normales bajo condiciones controladas, es la medida básica de viabilidad que respalda la certificación y el etiquetado comercial (ISTA, 2016).

El porcentaje de germinación se calculó contando, al día 30, las plántulas normales emergidas en cada semillero y expresando su número como proporción del total sembrado (ISTA, 2016).

$$\text{Porcentaje germinativo} = \frac{n^{\circ} \text{ semillas germinadas}}{n^{\circ} \text{ de semillas sembradas}} * 100$$

(ISTA, 2016)

### 2.7.5. Índice de velocidad de emergencia (IVE)

El IVE, propuesto por Maguire (1962), resume los conteos diarios de plántulas y cuantifica la rapidez y uniformidad con que un lote se establece; valores altos indican semillas más vigorosas y cultivos homogéneos. Para cada tratamiento se registró la emergencia a diario del día 1 al 30 pos-siembra y se calculó el IVE mediante la ecuación descrita por Maguire. Las primeras plántulas aparecieron el día 4 en GA<sub>3</sub>, el 5 en BAP, el 7 tras lixiviación y el 9 en el testigo; los últimos brotes se observaron en los días 18, 20, 23 y 26, respectivamente, lo que evidencia la ventaja práctica de los reguladores hormonales.

$$IVE = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{N_i}$$

(Gonzales & Orozco, 1996)

### 2.7.6. Vigor germinativo

Las pruebas de vigor estiman la capacidad de las semillas para germinar y crecer bajo un rango amplio de condiciones, permitiendo predecir el desempeño en campo y la longevidad en almacenamiento (Association of Official Seed Analysts [AOSA], 2023).

El vigor germinativo (VG) se calculó al día 19 pos-siembra, seleccionado porque todos los tratamientos pregerminativos habían alcanzado  $\geq 50$  % de su germinación final y el incremento diario posterior fue  $\leq 4$  %. Para cada réplica se aplicó la fórmula  $VG = VM \times GDM$ , donde VM es el máximo de  $G_i/i$  y GDM es  $G_{19}/19$ .

$$VG = VM * GDM$$

(ISTA, 2016)

### 2.7.7. Tiempo medio de germinación

El tiempo medio de germinación (TMG) indica cuántos días, en promedio tarda un cierto grupo de semillas en germinar y se analiza multiplicando cada día de conteo por la cantidad plántulas emergidas en esa fecha, un TMG bajo sugiere que la germinación ocurrió de forma veloz y uniforme. El TMG es útil para evaluar el vigor fisiológico de distintos lotes o tratamientos, valores más reducidos responden a una germinación más temprana y homogénea (Ranal & Garcia, 2016).

La uniformidad de la emergencia se describió con el Tiempo Medio de Germinación (TMG), que pondera los días transcurridos por la frecuencia diaria de semillas germinadas, valores reducidos de TMG indican un proceso de germinación rápido y homogéneo.

$$TGM = (T_1 N_1 + T_2 N_2 \dots T_n N_n) / N$$

(ISTA, 2016)

## CAPITULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Análisis de semillas

##### 3.1.1. Pureza

El análisis de pureza física reveló un  $3,5 \pm 0,1$  % de semilla pura ( $n = 4$ ), valor considerablemente inferior al rango de 10–20 % descrito para lotes de *Eucalyptus grandis* sin beneficio industrial en Brasil (Fantinatti & Usberti, 2011). La fracción de semilla pura promedió  $0,174 \pm 0,005$  g por sub-muestra, es decir, 0,696 g en los 20 g analizados. Esta discrepancia metodológica se acentúa al comparar el tamaño muestral: los autores citados trabajaron con una única muestra de 5 g, mientras que en el presente estudio se emplearon cuatro submuestras independientes de 5 g, tal como aconsejan las Reglas ISTA (2016, cap. 2.5.5) para lotes heterogéneos, aumentando así la representatividad.

La composición del material fue 3,5 % de semilla pura, 94,1 % de tejido estéril (fragmentos de cápsula y tegumento) y 2,4 % de otros residuos orgánicos, evidenciando la naturaleza cruda de la recolección procedente directamente del árbol y sin procesos de aire-criba ni separación por densidad.

##### 3.1.2. Peso

Se obtuvo un PMS de  $0,303 \pm 0,023$  g ( $CV = 7,6$  %). El intervalo de confianza al 95 % (0,264–0,341 g) difiere claramente del 0,226 g registrado en Brasil para un lote depurado (Fantinatti & Usberti, 2011), donde nos confirma una existencia de diferencias significativa  $t_3 = 6,7$ ; 0,006.

Los valores más altos descritos para *Eucalyptus grandis* 1,45 g en Colombia (Cenicafé, 2006) y 1,5–1,7 g en catálogos africanos y oceánicos (PROTA, 2020; World Agroforestry Centre, 2005), incluyen tegumento y fragmentos de fruto. En nuestro lote, la eliminación total del pericarpio y la procedencia andina (semillas hasta 30 % más

ligeras en altitudes frías; Gentil & Ferreira, 2002; Vásquez et al., 2015) explican que el PMS resulte  $\approx 5$  veces menor sin comprometer la germinación.

Este PMS se traduce en  $3,30 \times 10^6$  semillas puras  $\text{kg}^{-1}$ , unas 5 veces la densidad de lotes comerciales sin limpieza fina (450 000–650 000 semillas  $\text{kg}^{-1}$ ; Cenicafé, 2006). Así, 300 g bastan para sembrar una hectárea a 1 000 pl  $\text{m}^{-2}$ , reduciendo el costo de semilla en más de 80 %. Ajustar la dosis según el valor de densidad garantiza uniformidad de plántulas pese a la pureza física del 3.5%.

Por el cual en conjunto el PSM es sólido estadísticamente y coherente con la literatura cuando se controlan limpieza y altitud, y respalda la viabilidad técnica y económica para una siembra.

### **3.1.3. Contenido de humedad.**

El contenido hídrico medio de la semilla pura fue  $11,3 \pm 0,1$  % ( $n = 4$ ). El valor se calculó a partir de una pérdida de 0,039 g de agua sobre un peso fresco inicial de 0,345 g por sub-muestra.

Debido a la baja pureza física (3,5 %), cada sub-muestra quedó por debajo de los 4,5 g recomendados por las normas ISTA (2016); sin embargo, el ISTA autoriza medir masas menores cuando la disponibilidad de semilla es limitada, siempre que se emplee una balanza con precisión de 0,001 g y se documente la restricción.

El resultado concuerda con el intervalo 11,0 – 11,5 % descrito para semillas recién separadas la especie *Eucalyptus grandis* (Fantinatti & Usberti, 2007; Bonner, 1981), lo que confirma la frescura fisiológica del lote.

Un contenido hídrico  $< 12$  % es suficiente para siembra o traslado inmediato. Para almacenar por más de un mes, desecar a  $\leq 8$  %: cada 1 % de reducción casi duplica la longevidad de la semilla (Bonner, 1981) sin costos adicionales.

### 3.2. Evaluar la uniformidad de germinación través de la aplicación de tres tratamientos pre germinativos.

#### 3.2.1. Porcentaje de germinación

En la Tabla 9 se presentan los porcentajes de germinación obtenidos tras 30 días de evaluación. Todos los tratamientos se realizaron por imbibición de las semillas durante 24 h: el Tratamiento 1 (T1: ácido giberélico, GA<sub>3</sub>) alcanzó el mayor porcentaje de germinación (49,80 %, 249/500), seguido del Tratamiento 2 (T2: citoquininas) con 38,40 % (192/500), del Tratamiento 3 (T3: lixiviación) con 25,00 % (125/500) y del testigo con 15,60 % (78/500). En conjunto, germinaron 644 de las 2 000 semillas sembradas representando al (32,20%).

**Tabla 9:**

*Evaluación del porcentaje de germinación por Tratamiento/Repetición*

Tratamiento/Repetición	Porcentaje germinación %
T1R1	55,00
T1R2	47,00
T1R3	51,00
T1R4	46,00
T1R5	50,00
T2R1	37,00
T2R2	46,00
T2R3	35,00
T2R4	34,00
T2R5	40,00
T3R1	25,00
T3R2	24,00
T3R3	28,00
T3R4	26,00
T3R5	22,00
T4R1	16,00
T4R2	18,00
T4R3	15,00
T4R4	14,00
T4R5	15,00
<b>Total</b>	<b>644</b>

#### a. Verificación de supuestos estadísticos

Para garantizar la validez del análisis de varianza se evaluaron, en primer lugar, los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas.

Normalidad. Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk ( $\alpha = 0,05$ ) al porcentaje de germinación (PorcGerm). Cada tratamiento GA<sub>3</sub>, citoquininas, lixiviación y control presentó valores de  $p > 0,05$  (0,7187; 0,4608;  $> 0,9999$  y 0,5798, respectivamente), por lo que no se rechazó la hipótesis nula de normalidad. El análisis global ( $n = 20$ ) arrojó  $W = 0,88$  y  $p = 0,0510$ ; aunque cercano al umbral, también respalda que los datos no presentan desviaciones significativas.

Homogeneidad de varianzas. Con la prueba de Levene se obtuvo  $p = 0,127$  ( $> 0,05$ ), confirmando varianzas homogéneas entre tratamientos. Dado que ambos supuestos se cumplieron, fue apropiado realizar un ANOVA clásico de una vía.

#### b. Análisis de la varianza

El diseño completamente al Azar ANOVA, reveló unas diferencias significativas altas en el porcentaje de germinación  $F=104,02$ ;  $p<0,0001$ . Don el modelo explica que el 95% de la variabilidad total es  $R^2 = 0,95$ :  $R^2$  ajustado igual a 0,94, donde también nos presento un coeficiente de variación de 10,22% con el cual nos indica que tenemos una alta precisión experimental. En la Tabla 10 podemos observar los resultados que confirman que el tipo de tratamiento pre germinativo influyó de manera significativa sobre la germinación de esta especie de estudio.

**Tabla 10:***Resumen del análisis de varianza (ANOVA)*

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Tratamiento	3 378,00	3	1 126,00	104,02	< 0,0001
Error	173,2	16	10,83		
<b>Total</b>	<b>3 551,20</b>	<b>19</b>			

*Nota: R<sup>2</sup> = 0,95; CV = 10,22 %.*

## c. Comparación de medias

Debido a la significancia detectada, se aplicó la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ; DMS = 5,95) para identificar las diferencias específicas. Los tratamientos quedaron agrupados en cuatro letras distintas GA<sub>3</sub> (A), citoquininas (B), lixiviación (C) y control (D) lo que demuestra que todas las medias difirieron estadísticamente entre sí como se puede evidenciar en la Tabla 11 y Figura 3. El ácido giberélico alcanzó la germinación más alta (49,80 %), seguido de las citoquininas (38,40 %) y del remojo en agua (25,00 %); el control exhibió la menor germinación (15,60 %). Estas diferencias cuantifican la magnitud con que cada tratamiento mejora la germinación respecto al control y proporcionan la evidencia necesaria para recomendar el uso de GA<sub>3</sub>, especialmente en lotes de semilla con viabilidad reducida.

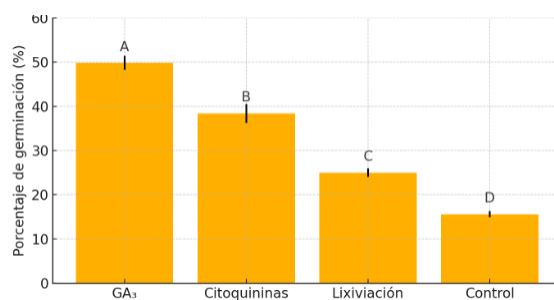
**Tabla 11:***Agrupamiento de medias según la prueba de Tukey*

<b>Tipos Tratamientos</b>	<b>Porcentaje Media</b>	<b>Grupo</b>
GA <sub>3</sub>	49,8	A
Citoquininas	38,4	B
Lixiviación	25	C
Control	15,6	D

*Nota: Medias distintas difieren significativamente entre tratamientos.*

### Figura 3:

#### *Efecto de tratamientos pre germinativos en la germinación*



El ácido giberélico (GA<sub>3</sub>; 200 mg·L<sup>-1</sup>) elevó la germinación de *Eucalyptus grandis* al 49,8 %, superando citoquininas (38,4 %), y lixiviación (25,0 %) y el testigo sin tratamiento (15,6 %). La eficacia de los tratamientos sigue el siguiente orden de mejor a menos eficaz: giberelinas, citoquininas, lixiviación y testigo, esto concuerda con la eficacia de las giberelinas para aliviar dormancia y acelerar la emergencia en *Eucalyptus regnans* y *Eucalyptus pauciflora* reportadas (Bachelard, 1967; Willan, 1985). Sin embargo, 49,8 % es menor que el ≥80–90 % reportado para semilla fresca de *Eucalyptus grandis* en condiciones favorables, lo que sugiere pérdida de vigor y/o latencia secundaria asociada al almacenamiento del lote usado (Musengi & Archibald, 2017; Afroze et al., 2021).

En eucaliptos templado-fríos con dormancia fisiológica como *Eucalyptus delegatensis*, *regnans*, *fastigata*, *pauciflora* los tratamientos con GA en rangos de decenas a varios cientos mg·L<sup>-1</sup> pueden sustituir parcial o totalmente la estratificación fría (Close & Wilson, 2002; Willan, 1985). En nuestro ensayo experimental realizado el BAP (5 mg·L<sup>-1</sup>) logró 38,4 %, mayor que el testigo, pero menor que GA<sub>3</sub>, patrón coherente con efectos moderados o sinérgicos de citocininas en germinación/vigor temprano sin igualar la capacidad giberelínica para romper dormancia profunda.

La imbibición en agua destilada 24 h alcanzó 25,0 %, superior al testigo (15,6 %), Según (Willan, 1985) el beneficio se atribuye a hidratación uniforme y lixiviación de solutos inhibidores en la cubierta y las semillas forestales recomiendan el remojo para mejorar germinación cuando la dormancia es leve. La abundancia de fenoles/taninos en tejidos de *Eucalyptus* respalda la hipótesis de arrastre de inhibidores hidrosolubles capaces de reducir la emergencia (Pardo-Muras et al., 2018; He et al., 2016). Según (Bewley et al., 2013) operativamente al ensayar los tratamientos pre germinativos la lixiviación en un medio acuoso es opción más económica para lotes vigorosos, así reservando GA<sub>3</sub> para lotes más envejecidos o con problemas de germinación más dificultosos cuando se busca máxima germinación y sincronía de emergencia de las plántulas.

### 3.2.2. Índice de velocidad de emergencia.

El índice de velocidad de emergencia analizó la rapidez y uniformidad con las que las plántulas emergieron bajo cada tratamiento pre germinativo como se puede observar en la Tabla 12. El mayor tratamiento positivo fue el GA<sub>3</sub> 200 ppm en 3,04 días, seguido de citoquininas BAP 5 ppm en 2,26 días, lixiviación hídrica en 1,32 días todos por imbibición de 24 horas frente al testigo de 0,67 días. Dado que el IVE muestra la velocidad de emergencia, así como la sincronía de emergencia, resultados obtenidos nos muestran que el GA<sub>3</sub> fue el mejor acelerando y homogenizando significativamente la emergencia inicial de esta especie estudiada.

**Tabla 12:**

*Evaluación del IVE de cada tratamiento/repetición*

TRATAMIENTO	IVE
T1R1	3,40
T1R2	2,98
T1R3	3,03

T1R4	2,76
T1R5	3,04
T2R1	2,21
T2R2	2,87
T2R3	1,99
T2R4	1,80
T2R5	2,42
T3R1	1,37
T3R2	1,24
T3R3	1,46
T3R4	1,37
T3R5	1,15
T4R1 (Testigo 1)	0,69
T4R2 (Testigo 2)	0,77
T4R3 (Testigo 3)	0,64
T4R4 (Testigo 4)	0,61
T4R5 (Testigo 5)	0,64

**a.** Prueba de normalidad (Shapiro–Wilk modificada).

Se aplicó el Shapiro–Wilk modificado a los cinco valores de IVE dentro de cada tratamiento. Cada tratamiento presentó valores de  $p$  superiores a 0,39 GA<sub>3</sub> = 0,64, citoquininas = 0,85, lixiviación = 0,70 y control = 0,40, lo que indica distribución normal dentro de los grupos como se puede determinar en la tabla 13.

**Tabla 13:**

*Prueba de normalidad*

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Citoquininas	IVE	5	2,26	0,41	0,97	0,8465
Control	IVE	5	0,67	0,06	0,89	0,3995
GA3	IVE	5	3,04	0,23	0,93	0,6354
Lixiviacion	IVE	5	1,32	0,12	0,94	0,7022

*Nota:* Cada conjunto de residuos internos sigue una distribución normal; se cumple el primer supuesto del ANOVA.

**b.** Homogeneidad de varianzas (Levene)

Al analizar la igualdad de varianzas mediante la prueba de Levene aplicada a los valores absolutos de los residuos del modelo. Se obtuvo en siguiente resultado de  $F =$

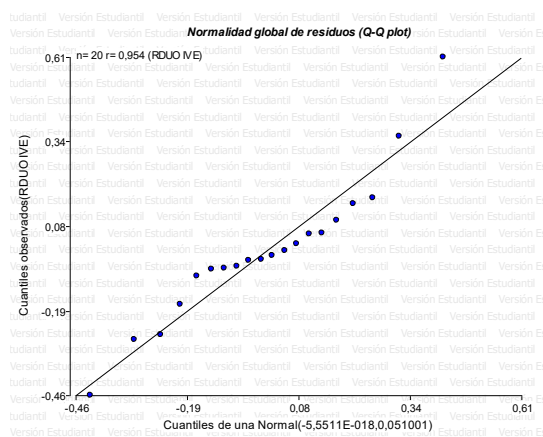
3.18 con  $p = 0.053$ , mostrándonos ligeramente que está por encima del umbral de 0.05. Por el cual no se rechazó la hipótesis de homocedasticidad y se analizó que los cuatro tratamientos pre germinativos comparten varianzas semejantes, dándonos el aval para el uso del ANOVA clásico.

### c. Normalidad global de residuos (Q-Q plot)

Tras ejecutar el ANOVA se graficó el Q-Q plot de los residuos estandarizados. La correlación punto-línea fue  $r = 0,954$ ; los puntos se alinearon cercanos a la diagonal y solo mostraron leves desviaciones en las colas, confirmando que los errores se ajustan satisfactoriamente a la distribución normal como se puede evidenciar en la Figura 4.

**Figura 4:**

*Normalidad global de residuos (Q-Q plot)*



### d. Análisis de la varianza y comparación de medias

Con los supuestos cumplidos, el ANOVA mostró un efecto altamente significativo de los tratamientos sobre el IVE ( $F(3, 16) = 89,66$ ;  $p < 0,0001$ ;  $R^2 = 0,94$ ;  $CV = 13,5 \%$ ). La prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ;  $DMS = 0,445 \text{ d}^{-1}$ ) separó los tratamientos en cuatro grupos, situando a  $\text{GA}_3$  200 ppm en el nivel más alto (A), seguido por BAP 5 ppm (B), lixiviación hídrica 24 h (C) y el testigo (D) como se puede observar en la tabla 14.

**Tabla 14:**

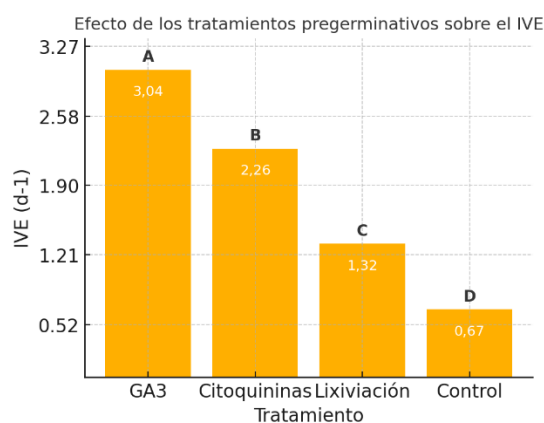
*Análisis de la varianza y comparación de medias*

Tratamiento	IVE $\pm$ EE (d <sup>-1</sup> )	Grupo Tukey
GA <sub>3</sub> 200 ppm	3,04 $\pm$ 0,11	A
BAP 5 ppm	2,26 $\pm$ 0,11	B
Lixiviación 24 h	1,32 $\pm$ 0,11	C
Testigo	0,67 $\pm$ 0,11	D

La Figura 5 ilustra las medias del IVE con sus errores estándar y las letras de Tukey, destacando la superioridad del GA<sub>3</sub> (4,5  $\times$  el valor del testigo) y la eficacia intermedia del BAP (3,4  $\times$  el testigo).

**Figura 5:**

*Efecto de tratamientos pre germinativos sobre el IVE*



La imbibición con GA<sub>3</sub> contrarresta el ABA y activa hidrolasas de la testa, fenómeno descrito en *Eucalyptus delegatensis* y especies afines (Bachelard, 1967) y corroborado para *Eucalyptus grandis* por Caproni et al. (1993). El BAP multiplicó por 3,4 el IVE del control, reafirmando que las citoquininas estimulan la división celular embrionaria (Rodríguez Beraud, Hormazábal & Medina, 2016). El remojo duplicó el IVE del testigo al eliminar inhibidores hidrosolubles, Pero su eficacia en germinación quedo por debajo del uso y aplicación de las fitohormonas, lo que evidencia que hay un

importante componente hormonal endógeno en la latencia de *Eucalyptus grandis* (FAO, 1979).

### 3.2.4. Vigor germinativo

En la Tabla 15 se muestra el VG medio al día 19 para cada tratamiento: T1 (GA<sub>3</sub>) alcanzó  $2,56 \pm 0,77$ , T2 (citoquininas)  $1,72 \pm 0,58$ , T3 (lixiviación)  $0,57 \pm 0,28$  y T4 (testigo)  $0,002 \pm 0,001$ . Estos resultados confirman que solo la imbibición en GA<sub>3</sub> sincroniza y acelera eficazmente la germinación de *Eucalyptus grandis*, mientras que citoquininas aporta un beneficio moderado, la lixiviación un efecto mínimo y el testigo conserva una emergencia muy lenta y dispersa.

**Tabla 15:**

*Evaluación del vigor germinativo por tratamiento/repetición*

<b>Tratamiento/Repetición</b>	<b>VG</b>
T1R1	3,017
T1R2	3,480
T1R3	1,480
T1R4	2,662
T1R5	2,172
T2R1	2,172
T2R2	1,891
T2R3	1,108
T2R4	1,108
T2R5	2,330
T3R1	0,709
T3R2	0,277
T3R3	0,709
T3R4	0,898
T3R5	0,277
T4R1	0,003
T4R2	0,003
T4R3	0,000
T4R4	0,003
T4R5	0,003

El vigor germinativo (VG) se estimó en el día 19, primera fecha en la que los tres tratamientos pregerminativos (T1, T2, T3) alcanzaron  $\geq 50\%$  de su porcentaje final en las cinco repeticiones. La Tabla 16 resume los estadísticos básicos de las 20 observaciones finales.

**Tabla 16:**

*Resumen estadístico del VG en día 19 por tipo de tratamiento*

Tratamiento	n	Media $\pm$ DE	CV %	Mediana	Mín-Máx
T1 (GA <sub>3</sub> )	5	2,56 $\pm$ 0,77	30,1	2,66	1,48 – 3,48
T2 (CK)	5	1,72 $\pm$ 0,58	33,8	1,89	1,11 – 2,33
T3 (Lixiviación)	5	0,57 $\pm$ 0,28	49,1	0,71	0,28 – 0,90
T4 (Testigo)	5	0,002 $\pm$ 0,001	55,9	0,003	0,000 – 0,003

Nota: Los coeficientes de variación muestran dispersión moderada en T1–T3 y muy alta en el testigo, como resultado de los valores prácticamente nulos del VG sin pregerminación.

Evaluación de supuestos

**a. Prueba paramétrica de normalidad.**

Antes de comparar tratamientos en el vigor germinativo (VG) se evaluaron los supuestos del ANOVA. La prueba de Shapiro–Wilk sobre el conjunto mostró desviación de normalidad ( $W = 0,87$ ;  $p = 0,0227$ ). Por tratamiento (Tabla 17), T1–T3 cumplieron normalidad ( $p > 0,05$ ), pero el Testigo (T4) presentó no normalidad severa ( $p < 0,0001$ ) por la acumulación de valores de  $VG = 0$ : el lote tenía baja proporción de semilla pura y, al no recibir pre-germinación, mantuvo dormancia fisiológica, de modo que muchas de las pocas semillas viables germinaron tarde (después del período usado para calcular el VG) o no germinaron. Esto produjo una distribución cero-inflada.

La prueba de Levene detectó heterogeneidad de varianzas ( $F = 8,72$ ;  $p = 0,0038$ ) porque T4 mostró varianza mínima (datos anclados en 0) frente a la variabilidad moderada de los tratamientos pregerminados. Como el ANOVA exige normalidad y

varianzas homogéneas y para evitar que al realizar las transformaciones afecten la interpretación biológica del vigor germinativo, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis (diseño balanceado), seguida de comparaciones de rangos.

**Tabla 17:**

*Prueba de normalidad*

Tratamiento	<i>W</i>	p
T1	0,98	0,9346
T2	0,82	0,1261
T3	0,82	0,1425
T4	0,57	< 0,0001

### 3.3 Prueba global y comparaciones múltiples

La prueba de Kruskal–Wallis indicó diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $H = 16,80$ ;  $gl = 3$ ;  $p = 0,0007$ ). Para identificar qué pares difieren se aplicó el test de Dunn con ajuste Bonferroni ( $\alpha = 0,05$ ), como se puede evidenciar en la tabla 18.

**Tabla 18:**

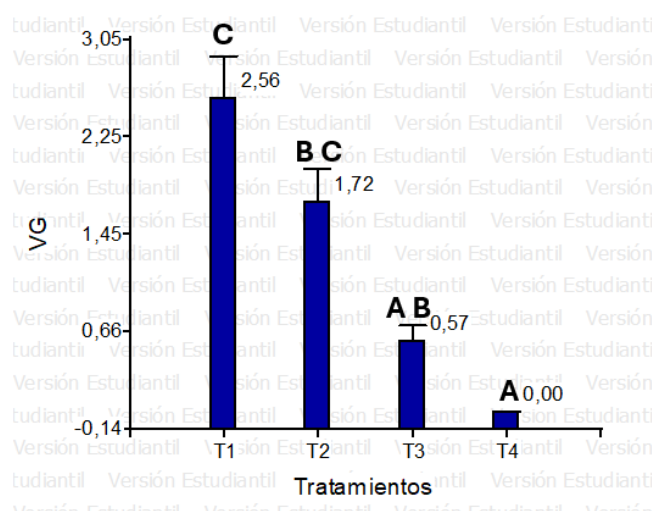
*Comparaciones de rangos medios y agrupaciones por Dunn*

Tratamiento	Rango medio	Letras
T1 – GA <sub>3</sub>	17,1	C
T2 – CK	13,9	B C
T3 – Lixiviación	8	A B
T4 – Testigo	3	A

Letras diferentes indican diferencias significativas, por lo que la eficacia disminuye en el siguiente orden T1 (C) menor que T2 (B C) menor que T3 (A B) menor que T4 (A), donde GA<sub>3</sub> superó a todos (Figura 6), el testigo fue el menos eficaz y CK no difirió de T1 ni de lixiviación.

**Figura 6:**

*Vigor germinativo comparación de efectividad entre tratamientos*



El tratamiento con GA<sub>3</sub> (30 %, 24 h) elevó significativamente el vigor germinativo (VG = 2,56 ± 0,77; CV 30 %) frente a los demás (Kruskal–Wallis, p < 0,001). Esto coincide con estudios clásicos que muestran que 200–250 ppm de GA<sub>3</sub> duplican o triplican la germinación en *Eucalyptus* mediante la activación de enzimas hidrolíticas y la protrusión radicular (Bachelard, 1967; Shafiq, 1980). El remojo en agua (VG = 0,57) ofreció una mejora modesta atribuida a la eliminación de inhibidores solubles (Rodríguez-Romero, 2016), mientras que las citocininas no aumentaron la velocidad inicial de germinación (López et al., 2014).

Las semillas testigo registraron un vigor germinativo casi nulo de 0,002 y una emergencia germinativa dispersa, pese a que su porcentaje final se ubica en el rango 50–60 % recomendado por la FAO (2010). Estos resultados confirman que, aunque *Eucalyptus grandis* no presenta latencia intensa la imbibición en GA<sub>3</sub> favorece la germinación más rápida y uniforme, mientras que el remojo simple puede aplicarse como alternativa de bajo costo y las citoquininas carecen de eficacia práctica en la fase pre-germinativa inicial.

### 3.2.5. Tiempo Medio de Germinación

En la Tabla 19 se muestra el Tiempo Medio de Germinación (TMG) obtenido para cada uno de los cuatro tratamientos evaluados en *Eucalyptus grandis*: GA<sub>3</sub> (T1), citoquininas (T2), lixiviación (T3) y testigo (T4). El tratamiento control o testigo (T4) presentó el mayor TMG con 23,40 días, siendo el que más tardó en germinar; en cambio, GA<sub>3</sub> (T1) registró el menor TMG, 17,70 días, seguido de muy cerca por citoquininas (T2) con 18,08 días, lo que indica una aceleración de la emergencia de aproximadamente 5,7 días respecto al testigo. La lixiviación (T3) se ubicó en un punto intermedio, con 19,37 días.

**Tabla 19:**

*Tiempo medio de germinación por tratamiento y réplica*

<b>Tratamiento</b>	<b>TMG (días)</b>
T1R1	17,76
T1R2	16,78
T1R3	18,27
T1R4	17,71
T1R5	17,98
T2R1	17,75
T2R2	17,32
T2R3	18,40
T2R4	19,35
T2R5	17,60
T3R1	18,68
T3R2	19,79
T3R3	19,46
T3R4	19,34
T3R5	19,59
T4R1	23,25
T4R2	23,61
T4R3	23,60
T4R4	22,92
T4R5	23,60

Antes de emplear técnicas paramétricas se verificó que los residuos del modelo siguieran una distribución normal, ya que este supuesto garantiza la validez de los contrastes F del ANOVA. Se ejecutó un ANOVA provisional, se guardaron los residuos y se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk. El estadístico  $W = 0,96$  y el  $p = 0,7115$  (Tabla 20) indican que los residuos no difieren significativamente de la normalidad ( $p > 0,05$ ). Esto respalda la utilización de un ANOVA clásico, pues la simetría y curtosis observadas se corresponden con lo esperado bajo normalidad.

**Tabla 20:**

*Normalidad de los residuos (Shapiro-Wilk)*

<b>Variable</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>D.E.</b>	<b>W*</b>	<b>p</b>
Residuos TMG	20	0	0,51	0,96	0,7115

#### **b. Homogeneidad de varianzas – Prueba F (Levene)**

Al analizar la igualdad de varianzas entre los tratamientos pre germinativos con la prueba. Todos los p valores superaron el 0.05, lo que nos muestra que hay varianzas homogéneas. El coeficiente de variación dentro de cada tratamiento oscilo en 1.3% y 4.5%, con el cual respaldamos la precisión experimental y la validez de la utilización del ANOVA clásico.

#### **c. Efecto del tratamiento – ANOVA de un factor**

El ANOVA (Tabla 21) indicó diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $F_{3, 16} = 109,21$ ;  $p < 0,0001$ ). El modelo explicó el 95 % de la variación total del TMG, con un coeficiente de variación global de 2,84 %, señalando una elevada precisión experimental.

**Tabla 21:***ANOVA para TMG*

Tratamiento	SC	gl	CM	F	p
Tratamiento	101,82	3	33,94	109,21	<0,0001
Error	4,97	16	0,31		
Total	106,79	19			

**e. Comparaciones múltiples – Tukey HSD ( $\alpha = 0,05$ )**

El TMG expresa cuántos días, en promedio ponderado, tardan en emerger las semillas que germinan; un valor menor significa germinación más rápida. El efecto de tratamiento fue significativo (ANOVA,  $p < 0,05$ ). El testigo sin tratamiento fue el más lento (TMG = 23,40 d). La lixiviación en agua destilada 24 h redujo el TMG a 19,37 d. Los reguladores GA<sub>3</sub> (17,70 d) y citoquininas (18,08 d) produjeron la germinación más rápida y estadísticamente equivalente entre sí, adelantando la emergencia ~5–6 días frente al testigo. (Tabla 22; Fig. 7).

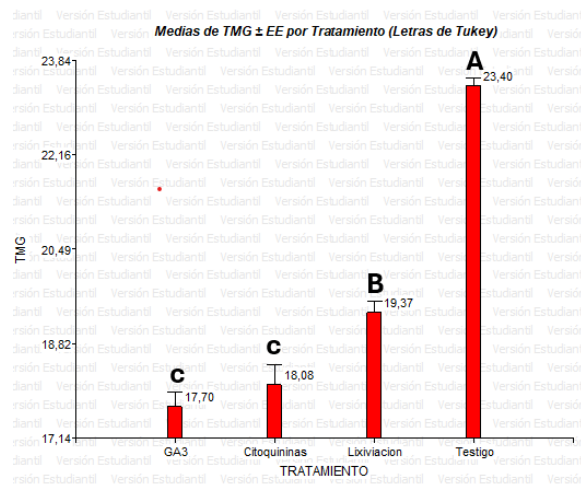
En las comparaciones múltiples Tukey HSD ( $\alpha = 0,05$ ), las letras indican grupos estadísticamente iguales (no un orden “mejor-peor” por el alfabeto). Ordenadas de mayor a menor TMG: el testigo quedó en A (TMG más alto = germinación más lenta), la lixiviación en B (intermedia) y GA<sub>3</sub> + citoquininas en C (TMG más bajo = germinación más rápida). Esto confirma que los reguladores aceleraron la germinación respecto al testigo.

**Tabla 22:***Medias  $\pm$  EE y letras de Tukey*

Medias	Media $\pm$ EE (d)	Letra
Testigo (T4)	23,40 $\pm$ 0,25	<b>A</b>
Lixiviación (T3)	19,37 $\pm$ 0,25	<b>B</b>
Citoquininas (T2)	18,08 $\pm$ 0,25	<b>C</b>
GA <sub>3</sub> (T1)	17,70 $\pm$ 0,25	<b>C</b>

**Figura 7:**

*Medidas de TMG por tratamiento (Tukey)*



El ácido giberélico al 10 % acortó el TMG  $\approx$  6 días frente al testigo al activar enzimas hidrolíticas de las semillas que aflojan la dureza de la testa y permite la movilización de reservas (Bachelard, 1967). El lixiviado 24 h también adelantó la emergencia al remover inhibidores, como se describe para especies tropicales (Matías et al., 1973).

La citoquinina 0,01 % redujo modestamente el TMG, confirmando la acción sinérgica hormonal en la ruptura de latencia observada en otras leñosas (Hassani et al., 2009). Estos hallazgos concuerdan con estudios donde GA<sub>3</sub> y el remojo breve aceleran la germinación de coníferas y eucaliptos (Rawat et al., 2006), respaldando su uso para optimizar plántulas de *Eucalyptus grandis*.

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

En el análisis de calidad semillas el lote presentó una pureza física muy baja, lo que confirma que el principal obstáculo inicial es la presencia de residuos e impurezas, sin embargo, la fracción de semilla verdaderamente pura conservó la humedad y el vigor dentro de rangos fisiológicos aceptables, de modo que la viabilidad depende ante todo de elevar la fracción limpia antes de la siembra.

Entre las alternativas de tratamientos pre germinativos evaluadas, la imbibición de 24 h en ácido giberélico T1 demostró una mayor diferencia significativa y eficacia al incrementar en el porcentaje, velocidad y sincronía de emergencia, las citoquininas mostraron respuesta intermedia y la lixiviación sólo mitigó parcialmente la dormancia. Por tanto, combinar semilla depurada con GA<sub>3</sub> constituye la estrategia óptima para obtener lotes homogéneos y vigorosos, reduciendo tiempos de producción y optimizar los recursos en la producción de plántulas de *Eucalyptus grandis*.

#### 4.2. RECOMENDACIONES

Purifique con zaranda y aire; desinfecte con Vitavax 2 mL L<sup>-1</sup> y remoje 24 h en GA<sub>3</sub> 200 mg L<sup>-1</sup>. Seque al 8 % y almacene a 4 °C en envases herméticos. Si el presupuesto es bajo, omita el GA<sub>3</sub> y use solo agua desinfectada.

En micro-lotes ensaye GA<sub>3</sub> 250–500 mg L<sup>-1</sup> y GA<sub>3</sub> + BAP 5 mg L<sup>-1</sup>, registrando germinación, IVE y vigor; adopte el protocolo solo si supera el estándar. Cada 15 días revise humedad, realice pruebas de germinación y documente procedencia, fecha y resultados.

## ANEXOS – FOTOGRAFIAS

	
Recolección de semillas	Secado de semillas
	
Material vegetal obtenido	Limpieza de impurezas
	
Almacenamiento de semillas	Pesaje de semillas



Prueba de germinación



Construcción de un invernadero



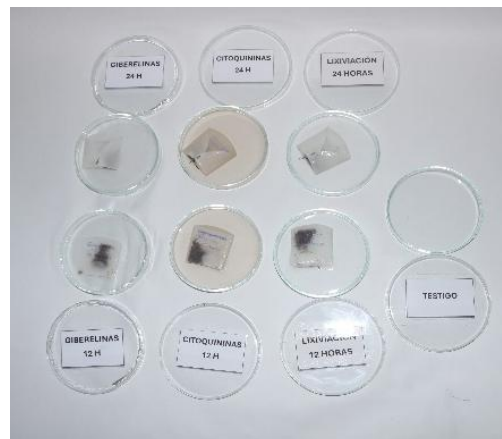
Preparación de sustrato



Desinfección del suelo



Llenado de bandejas semilleras



Aplicación de tratamientos



Sembrado de semillas



Riego a las semillas



Emergencia de plántula



Evaluación vigor germinativo



Evaluación TMG



Plántulas de *Eucalyptus grandis*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [GBIF] Global Biodiversity Information Facility. (2025). *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. Obtenido de BIF Backbone Taxonomy: <https://www.gbif.org/es/species/3177028>
- [MAG] Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2021). *Estado del sector forestal en el Ecuador 2021: Boletín situacional forestal. Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria*. Obtenido de [https://fliphtml5.com/ijia/iftr/Bolet%C3%ADn\\_Situacional\\_Forestal\\_2021](https://fliphtml5.com/ijia/iftr/Bolet%C3%ADn_Situacional_Forestal_2021)
- Acosta, M. (1949). *El Eucalipto en el Ecuador*. Obtenido de Instituto Ecuatoriano en Ciencias Naturales: <https://biblioteca.ucuenca.edu.ec/digital/files/original/d4d8625ddd965f3fd458e9045f39c83da5ba0bbd.pdf>
- Afroze, F., Douglas , G. C., & Grogan , H. (2021). *A comparative study on seed physiology and germination requirements for 15 species of Eucalyptus*. Obtenido de springer: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40626-021-00222-0>
- Alcantara Cortes, J. S., Acero Godoy , J., Alcántara Cortés , J. D., & Sánchez Mora , R. M. (2019). *Principales reguladores hormonales y sus interacciones en*. Obtenido de NOVA: <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Avelar,, L., Souza, M., Fernandes, S., Silva, E., Duarte, V., Molinari, L., & Brondani, G. (2020). *Spectral quality and temporary immersion bioreactor for in vitro multiplication of Eucalyptus grandis × Eucalyptus urophylla*. Obtenido de springer: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13205-020-02447-3>
- Bachelard, E. P. (1967). *Effects of growth regulators on germination of eucalypt seed*. Obtenido de Australian Forestry, 31(1), 29-38: <https://www.publish.csiro.au/BT/BT9670393>
- Bahru, T., Eshete, N., & Woldemariam, Z. (2023). *Effect of spacing on survival and growth performance of Eucalyptus grandis Hill ex Maiden at Holeta Research Site, Central Ethiopia*. Obtenido de International Journal of Forestry Research: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2023/9957776>
- Bell, D. T., Rokich, D. P., McChesney, C. J., & Plummer, J. A. (1995). *Effects of temperature, light and gibberellic acid on the germination of seeds of 43 species*

- native to Western Australi.* Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/3236393>
- Bewley, J., Bradford, K., & Hilhorst, H. (2013). *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy (3.ª ed.)*. Obtenido de Springer: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4614-4693-4>
- Bonner, F. T. (1981). *Measurement and Management of Tree Seed Moisture*. Obtenido de Forest Service U.S. Department of Agriculture: [https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/rp/rp\\_so177.pdf](https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/rp/rp_so177.pdf)
- Brooker, M., & Kleinig, D. A. (2006). *Field guide to Eucalypts (Vol. 2, 3.ª ed.)*. Obtenido de Bloomings Books: <https://catalogue.nla.gov.au/catalog/3664134>
- Bustos Bolaños, J. J. (2020). *Propiedades físicas, mecánicas y trabajabilidad de eucalyptus grandis hill ex Maiden procedente de la estación experimental la favorita, Santo Domingo de los Tsachilas*. Obtenido de Universidad Técnica del Norte: <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10120/2/03%20FOR%20293%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Carvalho, A., & Nakagawa, J. (2012). *Variabilidad del vigor en semillas de Eucalyptus grandis. Seed Science and Technology*. Obtenido de Seed Science and Technology, 40(1), 50–58: <https://www.ingentaconnect.com/content/ista/sst/2012/00000040/00000001/art0005>
- Churchill, D., & Cremer, K. (1973). *Provenance effects on pre-germination treatments for Eucalyptus regnans and E. delegatensis seed*. Obtenido de Australian Forestry, 36(1), 41-48: [https://www.researchgate.net/publication/248427714\\_Provenance\\_effects\\_on\\_pre-germination\\_treatments\\_for\\_Eucalyptus\\_regnans\\_and\\_E\\_delegatensis\\_seed](https://www.researchgate.net/publication/248427714_Provenance_effects_on_pre-germination_treatments_for_Eucalyptus_regnans_and_E_delegatensis_seed)
- Close, D. C., & Wilson, S. J. (2002). *Provenance effects on pre-germination treatments for Eucalyptus regnans and E. delegatensis seed*. Obtenido de Forest Ecology and Management, 170(1–3), 299–305: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037811270100768X?via%3Dihub>
- Courtis, A. (2013). *GERMINACIÓN DE SEMILLAS*. Obtenido de FaCENA: <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/GuiadeestudioGerminacion.pdf>

- Crespo, V., & Barragán Yáñez, Á. R. (2023). *Reports Outline Ecology and Evolution Study Results from Laboratorio de Entomología Presence of the Eucalyptus snout beetle in Ecuador and potential invasion risk in South America*. Obtenido de PUCE: <https://puceinvestiga.puce.edu.ec/es/clippings/reports-outline-ecology-and-evolution-study-results-from-laborato>
- Dirección General Forestal [DGF]. (2025). *Superficie plantada de bosques en Uruguay (1975–2023)*. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Obtenido de <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2025-02/Superficie%20Plantado%20Informe%202024.pdf>
- Donald, D., & Lundquist, J. (1988). *Treatment of Eucalyptus seed to maximise germination*. Obtenido de South African Forestry Journal, 147(1), 9-15: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00382167.1988.9628965>
- Doran, J. C., & Turnbull, J. W. (1997). *Australian trees and shrubs: Species for land rehabilitation and farm planting in the tropics*. Obtenido de Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR): <https://www.aciar.gov.au/publication/books-and-manuals/australian-trees-and-shrubs-species-land-rehabilitation-and-farm-planting-tropics>
- Fantinatti, J. B., & Roberto, U. (2011). *Seed viability constants for Eucalyptus grandis*. Obtenido de Seed Science & Technology, 39(1), 123–130: <https://www.scielo.br/j/pab/a/dtJRqVqdYbrXRhhDmxjH3KS/?format=pdf&lang=en>
- Fantinatti, J. B., & Usberti, R. (2007). *Seed viability constants for Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden*. Obtenido de Pesquisa Agropecuária Brasileira, 42(1), 111-117: <https://www.scielo.br/j/pab/a/dtJRqVqdYbrXRhhDmxjH3KS/?lang=en>
- FAO. (2014). *El Eucalipto en la repoblación forestal*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: <https://www.fao.org/4/ac459s/AC459S00.htm#TOC>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2022). *El estado de los bosques del mundo 2022: Vías forestales hacia la recuperación verde y la creación de economías inclusivas, resilientes y sostenibles*. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/bitstreams/27c42fe0-a995-464b-86de-a6eaeaedfea8/download>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2022). *El estado de los*

- bosques del mundo 2022: Vías forestales hacia la recuperación verde y la creación de economías inclusivas, resilientes y sostenibles*. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/bitstreams/27c42fe0-a995-464b-86de-a6eaeaedfea8/download>
- GAD Parroquial Rural de Alluriquín. (2019). *PDOT - Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial año 2019 -2023*. Obtenido de <https://www.alluriquin.gob.ec/wp-content/uploads/2024/06/PDOT-GADPR-ALLURIQUIN-2019-2023-1.pdf>
- GAD Parroquial Rural La Esperanza. (2023). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA RURAL LA ESPERANZA 2023 -2027*. Obtenido de [https://gplaesperanza.gob.ec/wp-content/uploads/2025/02/PDOT-Esperanza-2023-2027\\_compressed.pdf](https://gplaesperanza.gob.ec/wp-content/uploads/2025/02/PDOT-Esperanza-2023-2027_compressed.pdf)
- Gómez , M. (2004). *Estimación de la capacidad germinativa y el vigor de las semillas de Diomate (Astronium graveolens Jacq.) sometidas a diferentes tratamientos y condiciones de almacenamiento*. Obtenido de Revista Facultad Nacional de Agronomía, 57(1), 15: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914072006>
- Gómez Restrepo, M. (2004). *Estimación de la capacidad germinativa y el vigor de las semillas de Diomate (Astronium graveolens Jacq.) sometidas a diferentes tratamientos y condiciones de almacenamiento*. Obtenido de Revista Facultad Nacional de Agronomía, 57(1), 15: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914072006>
- Gómez Restrepo, M. (2004). *Estimación de la capacidad germinativa y el vigor de las semillas de Diomate (Astronium graveolens Jacq.) sometidas a diferentes tratamientos y condiciones de almacenamiento*. Obtenido de Revista Facultad Nacional de Agronomía, 57(1), 15: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914072006>
- Gonzales, A., & Orozco, L. (1996). *Métodos de evaluación de la velocidad de germinación en semillas*. Agroforestal.
- Gonzales, L., & Orozco, A. (1996). *Métodos de analisis de datos en la germinación de semillas*. Obtenido de Boletín de la Sociedad Botánica de México, 15-30: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17129/botsoci.1484>
- Granados Sánchez, D., & López Ríos, G. (2007). *Fitogeografía y ecología del género Eucalyptus*. . Obtenido de Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del

- Ambiente ,13(2), 143-156: <https://www.redalyc.org/pdf/629/62913208.pdf>
- Hassani, S. B., Saboora, A., Radjabian, T., & Fallah Husseini, H. (2009). *ffects of temperature, GA<sub>3</sub> and cytokinins on breaking seed dormancy of Ferula assafoetida L. Iranian Journal of Science, 33(1), 75–85.* Obtenido de [https://ijsts.shirazu.ac.ir/article\\_2204.html](https://ijsts.shirazu.ac.ir/article_2204.html)
- Imbaquingo Rosero , J. (2021). *DETERMINACIÓN DE UN TRATAMIENTO PARA ENRAIZAMIENTO DE CLONES DE Eucalyptus globulus Labill EN LA HACIENDA PISANGACHO, DE LA PARROQUIA SAN BLAS, CANTON URCUQUÍ, PROVINCIA DE IMBABURA.* Obtenido de UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE: <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11095/2/03%20FOR%20325%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- ISTA. (2016). *Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas.* Obtenido de [https://vri.umayor.cl/images/ISTA\\_Rules\\_2016\\_Spanish.pdf](https://vri.umayor.cl/images/ISTA_Rules_2016_Spanish.pdf)
- Jacobs, M. R. (1979). *Eucalypts for planting.* Obtenido de [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a4c76b87-a9e4-47a3-8122-046adcb4416c/content>
- Liu, B., Zhang, H., Wu, X., & Li, Y. (2018). *Gibberellin-mediated transcriptome profiling reveals its regulatory role in seed germination of Eucalyptus grandis.* Obtenido de Industrial Crops and Products, 113, 81-89: <https://www.mdpi.com/1422-0067/24/8/7051>
- Liu, Q. Y., Guo, G. S., Qiu, Z. F., Li, X. D., Zeng, B. S., & Fan, C. J. (2018). *Exogenous GA<sub>3</sub> application altered morphology, anatomic and transcriptional regulatory networks of hormones in Eucalyptus grandis.* Obtenido de springer: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00709-018-1218-0>
- Maguire, J. D. (1962). *Speed of Germination—Aid In Selection And Evaluation for Seedling Emergence And Vigor.* Obtenido de Crop Science, 2(2), 176-177: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2135/cropsci1962.0011183X00020020033x>
- Matías, R., Beas, A., & Tuesta, D. (1973). *Efecto del remojo sobre la germinación de semillas forestales tropicales.* Obtenido de Instituto Forestal Andino Amazónico: [https://www.ifaa.org.pe/publicaciones/remojo\\_germinacion\\_1973.pdf](https://www.ifaa.org.pe/publicaciones/remojo_germinacion_1973.pdf)
- Meskimen, G., & Francis, J. (1990). *Engineering properties of Eucalyptus grandis wood.*

- Obtenido de Southern Journal of Applied Forestry, 14(4), 200-203.:  
[https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/misc/ag\\_654/volume\\_2/eucalyptus/grandis.htm](https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/misc/ag_654/volume_2/eucalyptus/grandis.htm)
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2023). *En alianza con la academia y sector privado, MAG toma acciones para controlar una plaga en plantaciones de eucalipto*. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/en-alianza-con-la-academia-y-sector-privado-mag-toma-acciones-para-controlar-una-plaga-en-plantaciones-de-eucalipto/>
- Musengi, K., & Archibald, S. (2017). *Demographics of Eucalyptus grandis and implications for invasion*. Obtenido de Koedoe: <https://doi.org/10.4102/koedoe.v59i1.1437>
- Oberschelp, J., Marcó, M., Sánchez Acosta, M., & Mastrandrea, C. (2007). *Propiedades de la Madera de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden, E. dunnii Maiden y E. saligna Sm. Relacionadas a Usos Sólidos de Alto Valor*. Obtenido de Congreso Iberoamericano de Productos Forestales IBEROMADERA 2007, Buenos Aires, Argentina. : <https://www.researchgate.net/publication/289537883>
- Orwa , C., Mutua , A., Kindt , R., Jamnadass , R., & Simons , A. (2009). *Agroforestry Database: A tree reference and selection guide*. Obtenido de World Agroforestry Centre: <https://www.worldagroforestry.org/output/agroforestry-database>
- Ospina, C., Hernández, R., Rodas, C., Urrego, J., Riano, H., Aristizabal, F., . . . Osorio, O. (2006). *El Eucalipto /Eucalyptus grandis/ W. Hill ex Maiden*. Obtenido de [https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras\\_publicaciones/cartillas/publicaciones\\_guias\\_silviculturales\\_para\\_el\\_manejo\\_de\\_especies\\_foresta](https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/cartillas/publicaciones_guias_silviculturales_para_el_manejo_de_especies_foresta)
- Paredes, G. E., Cevallos, R. M., & Ayala, P. S. (2020). *Evaluación del ácido giberélico en la germinación de Eucalyptus grandis en viveros de la zona costera de Manabí*. Obtenido de Universidad Técnica de Manabí: [https://biblioteca.utm.edu.ec/opac\\_css/](https://biblioteca.utm.edu.ec/opac_css/)
- Pereira, V., Silva, L., & Santos, B. (2016). *Influence of osmopriming on salt stress tolerance of Eucalyptus urophylla and E. grandis × E. urophylla seeds*. Obtenido de Journal of Seed Science, 38(2), 123–130: <https://www.scielo.br/j/jss/a/DHBy8cJg4BgZNycvTPr83ws/?lang=en>
- Pérez González, D. J. (2019). *Efecto inhibitorio del aceite esencial del eucalipto (eucalyptus) en diferentes concentraciones sobre porphyromona gingivalis. Estudio in vitro*. Obtenido de Universidad Central del Ecuador:

- <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/17525ef6-f57a-4cc6-a00e-3f53658a81a7>
- Polo, P. M., & Stumpo, G. (2024). *El sector forestal-maderero de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay*. Obtenido de Programa AL-INVEST Verde / CEPAL: <https://alinvest-verde.eu/wp-content/uploads/2024/12/El-sector-forestal-maderero.pdf>
- PROTA. (2020). *Eucalyptus grandis*. In *Plant resources of tropical Africa: Timbers 2* (pp. 250–254). Obtenido de <https://research.wur.nl/en/publications/plant-resources-of-tropical-africa-72-timbers-2>
- Ramírez, J. L., & Chagna Avila, E. J. (2019). *Secuestro de carbono en la biomasa aérea de una plantación de Eucalyptus grandis W. Hill*. Obtenido de Vol. 7 Núm. 1 (2019): enero-abril : <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/402>
- Ranal, M., & Garcia, D. (2016). *How and why to measure the germination process?* Obtenido de Revista Brasil. Bot., V.29, n.1, p.1-11, jan.-mar. 2006: <https://www.scielo.br/j/rbb/a/ZfHBJBGtpDcXzfkNWfmNM4G/?format=pdf&lang=en>
- Rawat, B. S., Sharma, C. M., & Ghildiyal, S. K. (2006). *Improvement of seed germination in three important conifer species by gibberellic acid (GA<sub>3</sub>)*. *Lyonia*, 11(2), 23–30. Obtenido de <http://www.lyonia.org/downloadPDF.php?pdfID=283.486.1>
- Rocha, M., Ristau, A., & Vera Cruz, M. (2022). *Growth dynamics of container seedlings of Eucalyptus grandis × Eucalyptus urophylla and Hymenaea courbaril L.* Obtenido de Revista Ceres, 69(4), 425–435: [https://www.researchgate.net/publication/362400084\\_Growth\\_dynamics\\_of\\_container\\_seedlings\\_of\\_Eucalyptus\\_grandis\\_x\\_Eucalyptus\\_urophylla\\_and\\_Hymenaea\\_courbaril\\_L](https://www.researchgate.net/publication/362400084_Growth_dynamics_of_container_seedlings_of_Eucalyptus_grandis_x_Eucalyptus_urophylla_and_Hymenaea_courbaril_L)
- Rowe, C., & Gordon, A. G. (1981). *Studies on the effects of pre-chilling periods or gibberellins used to stimulate the seed germination of Nothofagus obliqua y Nothofagus procera*. Obtenido de Seed Science and Technology, 9(3), 823-838: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/>
- Smith, M., Wang, B., & MSANGA, P. (2010). *Dormacia y Germinacion*. Obtenido de Universidad de Natal, Durban, Sudáfrica.: [https://rngr.net/publications/manual-de-semillas-de-arboles-tropicales/parte-i/dormancia-y-germinacion/at\\_download/file](https://rngr.net/publications/manual-de-semillas-de-arboles-tropicales/parte-i/dormancia-y-germinacion/at_download/file)
- Varela, S. A., & Arana, M. V. (2011). *Latencia y germinación de semillas. Tratamientos*

*pregerminativos*. Obtenido de INTA:  
<https://listas.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Latenciaygerminaci%C3%B3ndeSemillas.pdf>

Willan, R. L. (1985). *A guide to forest seed handling* . Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations: <https://www.fao.org/4/ad232e/ad232e00.htm>