



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

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS  
PREGERMINATIVOS CON HORMONAS NATURALES (LENTEJA Y  
CANELA) SOBRE LA GERMINACIÓN DE (*Morella pubescens*) PARA SU  
PRODUCCIÓN SOSTENIBLE EN EL VIVERO TUNDUCAMA,  
BELISARIO QUEVEDO.**

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

**Autora:**

Lagos Noguera Scarleth Nayeli

**Tutor:**

Rivera Moreno Marco Antonio

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Marzo 2026**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Lagos Noguera Scarleth Nayeli con cédula de ciudadanía No. 1004797237, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS CON HORMONAS NATURALES (LENTEJA Y CANELA) SOBRE LA GERMINACIÓN DE (Morella pubescens) PARA SU PRODUCCIÓN SOSTENIBLE EN EL VIVERO TUNDUCAMA, BELISARIO QUEVEDO.”**, siendo el Ingeniero Mg. Marco Antonio Rivera Moreno, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 05 de febrero del 2026

Scarleth Nayeli Lagos Noguera  
C.C: 1004797237  
**ESTUDIANTE**

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **LAGOS NOGUERA SCARLETH NAYELI**, identificada con cédula de ciudadanía **1004797237** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará la **CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS CON HORMONAS NATURALES (LENTEJA Y CANELA) SOBRE LA GERMINACIÓN DE (Morella pubescens) PARA SU PRODUCCIÓN SOSTENIBLE EN EL VIVERO TUNDUCAMA, BELISARIO QUEVEDO.”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Abril 2022 - Agosto 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, Mg.

Tema: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS CON HORMONAS NATURALES (LENTEJA Y CANELA) SOBRE LA GERMINACIÓN DE (Morella pubescens) PARA SU PRODUCCIÓN SOSTENIBLE EN EL VIVERO TUNDUCAMA, BELISARIO QUEVEDO”**

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

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

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.
- f) **CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 05 días del mes de febrero del 2026.

Scarleth Nayeli Lagos Noguera  
**LA CEDENTE**

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

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS CON HORMONAS NATURALES (LENTEJA Y CANELA) SOBRE LA GERMINACIÓN DE (Morella pubescens) PARA SU PRODUCCIÓN SOSTENIBLE EN EL VIVERO TUNDUCAMA, BELISARIO”**, de Lagos Noguera Scarleth Nayeli, de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 05 de febrero del 2026

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

## **AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Lagos Noguera Scarleth Nayeli, con el título de Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS CON HORMONAS NATURALES (LENTEJA Y CANELA) SOBRE LA GERMINACIÓN DE (*Morella pubescens*) PARA SU PRODUCCIÓN SOSTENIBLE EN EL VIVERO TUNDUCAMA, BELISARIO”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 05 de febrero del 2026

Ing. Oscar Rene Daza Guerra, Mg.  
C.C: 0400689790  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**

Dr. José Antonio Andrade Valencia, Ph.D.  
C.C: 0502524481  
**LECTOR 2 (MIEMBRO)**

Ing. Isaac Eduardo Cajas Cayo, Mg.  
C.C: 0502205164  
**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*Expreso mi sincero agradecimiento a mis tutores y lectores, quienes con su orientación y apoyo hicieron posible el desarrollo de esta investigación. Al ingeniero Marco Antonio Rivera Moreno, mi tutor principal, por su guía constante, dedicación y valiosas recomendaciones a lo largo de todo el proceso. Al ingeniero Juan Estrada, mi tutor externo, por su aporte de conocimientos, experiencia y disposición para colaborar en cada etapa del trabajo.*

*Asimismo, agradezco a los lectores: al ingeniero Oscar René Daza Guerra, al ingeniero José Antonio Andrade Valencia y al ingeniero Isaac Eduardo Cajas Cayo, por sus observaciones, sugerencias y contribuciones académicas que permitieron fortalecer y enriquecer esta investigación.*

*Finalmente, extiendo mi agradecimiento a los trabajadores de la Quinta Tunducama de la Prefectura de Cotopaxi, parroquia Belisario Quevedo, por su apoyo, colaboración y compromiso durante la ejecución del estudio, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo exitoso de esta investigación.*

**Scarleth Nayeli Lagos Noguera**

## **DEDICATORIA**

*Dedico este logro, en primer lugar, a Dios, por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida, por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para superar cada obstáculo y alcanzar mis metas.*

*Dedico también este trabajo a mí misma, por el esfuerzo, la perseverancia y la determinación demostradas a lo largo de este proceso, incluso en los momentos más difíciles. Este logro es el reflejo de la constancia, el sacrificio y el compromiso con mis metas personales y profesionales.*

*A mis padres, Marcelo Lagos y Lidia Noguera, y a mi hermana Marcela Lagos, por su amor, apoyo incondicional y confianza depositada en mí. Gracias por estar presentes en cada etapa de mi formación, por sus consejos, motivación constante y por creer siempre en este sueño hasta verlo hecho realidad. Todo lo que soy y este logro alcanzado se lo debo a ustedes.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por brindarme la oportunidad de formarme académicamente y permitirme dar un paso más hacia el éxito profesional, preparándome para enfrentar nuevos desafíos con responsabilidad y compromiso.*

**Scarleth Nayeli Lagos Noguera**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS  
PREGERMINATIVOS CON HORMONAS NATURALES (LENTEJA Y CANELA)  
SOBRE LA GERMINACIÓN DE (*Morella pubescens*) PARA SU PRODUCCIÓN  
SOSTENIBLE EN EL VIVERO TUNDUCAMA, BELISARIO QUEVEDO”**

**Autor:**

Lagos Noguera Scarleth Nayeli

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en el vivero Tunducama, ubicado en la parroquia Belisario Quevedo, cantón Latacunga, con el objetivo de evaluar el tratamiento natural más eficiente para optimizar la germinación de la especie *Morella pubescens* (laurel de cera). La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño experimental de bloques completamente al azar en arreglo factorial 3×3. Se emplearon dos tratamientos naturales (extracto de lenteja y extracto de canela) y un tratamiento comercial (ácido giberélico), aplicados en concentraciones de 25 %, 50 % y 75 %. Se evaluó el porcentaje de germinación y el número de plántulas mediante mediciones realizadas a los 90 y 110 días. Además, se analizaron variables como la longitud de raíz, longitud de tallo, diámetro del tallo y número de hojas. Los principales resultados mostraron que el tratamiento con extracto de lenteja presentó el mayor porcentaje de germinación tanto a los 90 como a los 110 días, registrando 78,1 % de germinación y un promedio de 73,22 % de plántulas a los 90 días, y alcanzando 92,2 % de germinación y 88,11 % de plántulas a los 110 días, superando al extracto de canela y al ácido giberélico. Asimismo, el tratamiento con lenteja permitió obtener un mayor número de plántulas y un mejor desarrollo en comparación con los demás tratamientos. Se concluye que el tratamiento con extracto de lenteja contribuye significativamente a mejorar la germinación de *Morella pubescens*, permitiendo obtener mayor cantidad de plantas en menor tiempo y con mejor calidad. Este tratamiento representa una alternativa natural, económica y accesible que puede ser utilizada en viveros para apoyar la producción de plantas nativas y contribuir a la restauración de ecosistemas.

**Palabras clave:** Diseño experimental, germinación, *Morella pubescens*, tratamiento natural.

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

**TITLE: “EVALUATION OF THE EFFECT OF PRE-GERMINATION TREATMENTS WITH NATURAL HORMONES (LENTIL AND CINNAMON) ON THE GERMINATION OF (*Morella pubescens*) FOR ITS SUSTAINABLE PRODUCTION AT THE TUNDUCAMA NURSERY, BELISARIO QUEVEDO”**

**Author:**

Lagos Noguera Scarleth Nayeli

**ABSTRACT**

This research was conducted at the Tunducama nursery, located in the parish of Belisario Quevedo, Latacunga canton, with the objective of evaluating the most efficient natural treatment to optimize the germination of the species *Morella pubescens* (wax laurel). The study was developed under a quantitative approach, using a completely randomized block experimental design with a 3×3 factorial arrangement. Two natural treatments (lentil extract and cinnamon extract) and one commercial treatment (gibberellic acid) were applied at concentrations of 25%, 50%, and 75%. Germination percentage and number of seedlings were evaluated through measurements taken at 90 and 110 days. Additionally, variables such as root length, stem length, stem diameter, and number of leaves were analyzed. The main results showed that the lentil extract treatment presented the highest germination percentage at both 90 and 110 days, registering 78.1% germination and an average of 73.22% seedlings at 90 days, and reaching 92.2% germination and 88.11% seedlings at 110 days, surpassing cinnamon extract and gibberellic acid. Furthermore, the lentil treatment allowed for a greater number of seedlings and better development compared to the other treatments. It is concluded that the lentil extract treatment significantly contributes to improving the germination of *Morella pubescens*, allowing a greater number of plants to be obtained in less time and with better quality. This treatment represents a natural, economical, and accessible alternative that can be used in nurseries to support the production of native plants and contribute to ecosystem restoration.

**Keywords:** Experimental design, germination, *Morella pubescens*, natural treatment

## INDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	vi
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
INDICE DE CONTENIDO .....	xi
INDICE TABLAS .....	xii
INDICE FIGURA.....	xiii
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. JUSTIFICACIÓN.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
6. OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	6
6.1 Objetivo General: .....	6
6.2 Objetivos Específicos: .....	6
7. ACTIVIDADES EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA.....	7
8.1 Biología, taxonomía de <i>Morella pubescens</i> (laurel de cera) .....	7
8.2 Distribución hábitat y rol ecológico en Andes .....	9
8.3 Biología reproductiva .....	10
8.4 Semillas: latencia y dormancia y calidad .....	10
8.5 Requerimientos para germinación en condiciones andinas .....	11
8.6 Tratamientos pregerminativos: definición y finalidad.....	12
8.7 Hormonas naturales y bioinsumos.....	13
8.7.1 Ácido giberélico .....	13
8.7.2 Extracto de lenteja.....	14
8.7.2 Extracto de canela .....	14
8.8 Marco legal.....	14

8.8.1 Constitución del Ecuador .....	14
8.8.2 Código Orgánico del Ambiente .....	15
9. HIPÓTESIS .....	16
10. ÁREA DE ESTUDIO .....	17
11.METODOLOGÍA.....	19
11.1 Enfoque y tipo de investigación .....	19
11.2 Método cuantitativo.....	19
11.3 Nivel de investigación .....	19
11.4 Diseño experimental.....	20
11.5 Técnicas de investigación.....	21
11.6 Procesamiento de datos .....	24
12. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	26
14. CONCLUSIONES.....	39
15. RECOMENDACIONES .....	40
16.REFERENCIAS .....	41

### INDICE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Beneficiarios del proyecto de investigación.....	4
<b>Tabla 2.</b> Actividades y sistema de tareas en la relación a los objetivos planteados .....	6
<b>Tabla 3.</b> Clasificación taxonómica de <i>Morella pubescens</i> .....	7
<b>Tabla 4.</b> Principales tratamientos pregerminativos.....	13
<b>Tabla 5.</b> Operacionalización de las variables independientes .....	16
<b>Tabla 6.</b> Operacionalización de las variables dependientes.....	16
<b>Tabla 7.</b> Codificación de tratamientos pregerminativos según tipo de hormona .....	20
<b>Tabla 8.</b> Adeva del estudio .....	21
<b>Tabla 9.</b> Adeva de porcentaje de germinación a los 90 días.....	27
<b>Tabla 10.</b> Porcentaje de germinación 90 días .....	27
<b>Tabla 11.</b> Adeva de porcentaje de germinación a los 110 días.....	28
<b>Tabla 12.</b> Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) – % germinación 110 días .....	29
<b>Tabla 13.</b> Adeva del número de plántulas a los 90 días.....	30
<b>Tabla 14.</b> Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) – Plántulas 90 días.....	31

<b>Tabla 15.</b> Adeva de número de plántulas a los 110 días.....	31
<b>Tabla 16.</b> Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) – Plántulas 110 días.....	32
<b>Tabla 17.</b> Concentración.....	33
<b>Tabla 18.</b> Adeva de longitud de raíz 90 días .....	34
<b>Tabla 19.</b> Adeva de la longitud de tallo 90 a los días .....	34
<b>Tabla 20.</b> Adeva del diámetro a los 90 días.....	35
<b>Tabla 21.</b> Adeva del número de hojas a los 90 días.....	35
<b>Tabla 22.</b> Adeva de la longitud de raíz los 110.....	36
<b>Tabla 23.</b> Adeva de la longitud de tallo a los 110 días .....	36
<b>Tabla 24.</b> Adeva del diámetro de los 110 días.....	37
<b>Tabla 25.</b> Diámetro 110 días ( $\alpha = 0.05$ ).....	37
<b>Tabla 26.</b> Resumen global de crecimiento.....	38
<b>Tabla 27.</b> Resultados promedio de germinación y número de plántulas de <i>Morella pubescens</i> a los 90 y 110 días según tratamiento.....	38

## INDICE FIGURA

<b>Figura 1</b> Mapa de ubicación .....	18
---	----

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del proyecto:**

Evaluación del efecto de tratamientos pregerminativos con hormonas naturales (lenteja y canela) sobre la germinación de (*Morella pubescens*) para su producción sostenible en el vivero Tunducama, Belisario Quevedo.

**Lugar de ejecución:** Vivero de Tunducama, ubicado en la Quinta Tunducama de la parroquia Belisario Quevedo, cantón Latacunga.

**Facultad que auspicia:** Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Ambiental

**Nombres de equipo de investigadores:**

Tutor: Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, Mg

Lector 1: Ing. Oscar René Daza Guerra, Mg.

Lector 2: Dr. José Antonio Andrade Valencia, PhD.

Lector 3: Ing. Isaac Eduardo Cajas Cayo, Mg.

Estudiante: Srta. Scarleth Nayeli Lagos Noguera

**Área de Conocimiento:**

Ciencias Naturales, Medio Ambiente, Ciencias Ambientales

**Línea de investigación:**

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local

**Línea de vinculación:**

Flora y recursos naturales para el desarrollo sustentable y la prevención de desastres naturales

## 2. INTRODUCCIÓN

Los bosques andinos constituyen uno de los ecosistemas más biodiversos y al mismo tiempo, más vulnerables del mundo. En esta región se encuentran especies endémicas que cumplen funciones clave para la regulación hídrica, el ciclo de carbono y la conservación de la diversidad biológica. Sin embargo, están sometidos a fuertes presiones por deforestación, cambio de uso de suelo y degradación ambiental. En el contexto ecuatoriano, la especie *Morella pubescens* (Myricaceae) se emplea en procesos de restauración ecológica de bosques de montaña, debido a su adaptabilidad a grandes altitudes y su papel en la estructura de la vegetación (Palomeque & Maza, 2017).

La importancia de este estudio se sustenta en que optimizar los procesos de germinación y la producción de plántulas de especies nativas como *Morella pubescens* es un factor clave para la recuperación de ecosistemas degradados, pues la promoción de programas de reforestación con especies locales y el fortalecimiento de la capacidad técnica y productiva de los viveros comunitarios establecidos en regiones andinas. Según Huertas (2024) en un experimento realizado, se empleó *M. pubescens* junto a otras especies nativas para evaluar la regeneración de bosque interandino, evidenciando que las etapas de germinación y establecimiento temprano de plántulas constituye un cuello de botella para la restauración exitosa. Así mismo, se ha evidenciado que la germinación y la dormancia de semillas de especies forestales andinas están poco exploradas, lo que limita la producción de plántulas de calidad.

La presente investigación se propone en analizar el efecto de tratamiento pregerminativos basados en extractos naturales de lenteja y canela, aplicados en tres concentraciones, sobre la germinación y el vigor de semillas de *Morella pubescens* en el vivero Tunducama, ubicado en el cantón Belisario, Quevedo. Para alcanzar este propósito se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) factorial  $3 \times 3$ , lo cual permite comparar los efectos de los tratamientos respecto del químico y evaluar interacciones entre factores de concentración y tipo de hormona natural. Así mismo, se evaluó precisamente la viabilidad y calidad inicial de las semillas mediante indicadores fisiológicos de germinación y vigor, lo que constituye un paso metodológico clave para la contextualizar los resultados experimentales.

El desarrollo de esta investigación es experimental, ya que presentar ciertas limitaciones. En primer lugar, los tratamientos se aplicaron en condiciones controladas de vivero, lo que puede no replicar completamente las condiciones heterogéneas de campo en zonas andinas con microclimas variables. En segundo lugar, al centrarse únicamente en dos hormonas naturales como la lenteja, canela y tres concentraciones, no se exploraron otras posibles sustancias o dosis que podrían influir en la germinación de *Morella pubescens*. Por lo tanto, estas restricciones fueron abordadas mediante el uso de replicas suficientes, la estratificación de semillas homogéneas y el control de variables ambientales en el vivero para garantizar la validez interna del experimento.

### 3. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación surge desde una necesidad basada en el contexto local, debido a la baja tasa de germinación de *Morella pubescens*, especie nativa del Ecuador, en el vivero de Tunducama ubicada en la parroquia de Belisario Quevedo, cantón Latacunga, ya que este vivero constituye un espacio estratégico especializado en la producción de plantas destinadas a procesos de restauración ecológica y reforestación con especies propias de los ecosistemas andinos. No obstante, las dificultades técnicas asociadas a la germinación de esta especie han limitado la disponibilidad de plántulas suficientes para cubrir la demanda de los proyectos ambientales en la zona.

Desde una perspectiva ecológica, *Morella pubescens* cumple un rol fundamental en la recuperación de bosques montanos andinos, debido a su capacidad de adaptación a suelos degradados, su contribución a la estabilización de taludes y su participación en procesos de sucesión vegetal (Uyaguari & Jiménez, 2019). En el contexto ecuatoriano, la restauración con especies nativas constituye una prioridad ambiental alineada con el Plan Nacional de Restauración Forestal y con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 15, que promueve la protección y recuperación de los ecosistemas terrestres (CEPAL, 2016). Sin embargo, la efectividad de estos programas depende en gran medida de la disponibilidad de material vegetal de calidad lo cual inicia n la fase de germinación.

Las especies forestales altoandinas representan una de las principales limitantes para la propagación eficiente en vivero (FAO, 2023). En el caso específico de *Morella pubescens*, se han reportado porcentajes de germinación bajos bajo condiciones convencionales, lo que genera pérdidas económicas, incremento en los tiempos de producción y disminución en la eficiencia operativa de viveros comunitarios, esta problemática no solo afecta la capacidad productiva del

vivero Tunducama, sino que también impacta directamente en la ejecución de proyectos de restauración ambiental en la provincia de Cotopaxi.

En este escenario surge la necesidad de evaluar alternativas técnicas accesibles, sostenibles y económicamente viables que permitan mejorar la germinación sin depender exclusivamente de reguladores de crecimiento sintéticos como el ácido giberélico, cuyo acceso puede resultar limitado en contextos rurales. Por lo cual la importancia de promover bioinsumos y soluciones de base natural en sistemas productivos sostenibles, especialmente en territorios donde los recursos económicos y tecnológicos son restringidos. En este sentido, los extractos naturales de lenteja y canela representan opciones coherentes con los principios de sostenibilidad ambiental y aprovechamiento de recursos locales (Muñoz, 2017).

De esta manera, el estudio contribuye a llenar un vacío en la literatura sobre tratamientos pregerminativos naturales aplicados a especies nativas altoandinas, dado que la mayoría de estudios se centran en especies agrícolas o forestales de zonas templadas, generar evidencia experimental bajo condiciones reales de vivero fortalece la base técnica para la toma de decisiones en programas de restauración ecológica y aporte conocimiento aplicado en fisiología vegetal y propagación forestal (Espitia, 2016). Por lo cual, se justifica no solo por su pertinencia ambiental y productiva, sino también por su contribución científica y social al ofrecer alternativas técnicas que podrían incrementar la producción sostenible de *Morella pubescens* en el vivero Tunducama, fortaleciendo los procesos locales de restauración ecológica en la región andina del Ecuador.

#### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

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

**Tabla 1** Beneficiarios del proyecto de investigación

Beneficiarios	Sector	Población
Directos	Parroquia de Belisario Quevedo	6.359 personas
Indirectos	Provincia de Cotopaxi	<b>470. 210 personas</b>

*Nota.* Información obtenida del GAD parroquial Belisario Quevedo

#### 5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

A escala global, los programas de restauración forestal enfrentan una limitación persistente relacionada con la baja disponibilidad de semillas viables y las reducidas tasas de germinación de numerosas especies nativas, lo que comprende la efectividad de las iniciativas de reforestación y conservación. De acuerdo con la FAO (2025) esta problemática ha dificultado

el cumplimiento de las metas establecidas en el Plan Estratégico para los Bosques 2030, evidenciando que pese a los esfuerzos de reforestación persisten elevados niveles de mortalidad durante las etapas iniciales de desarrollo, especialmente en regiones de montaña donde las condiciones ambientales son más restrictivas.

En los ecosistemas andinos tropicales, la restauración de bosques nativos presenta mayores desafíos debido a factores como la altitud, la variabilidad climática, la baja fertilidad de los suelos y las adaptaciones fisiológicas propias de las especies altoandinas. La germinación y el establecimiento temprano de plántulas en rangos altitudinales elevados suelen ser procesos lentos y altamente sensibles al estrés ambiental. No obstante, se ha demostrado que la aplicación de tratamientos pregerminativos adecuados pueden mejorar significativamente las tasas de germinación y supervivencia en especies forestales nativas, lo que evidencia el potencial de intervenciones técnicas para optimizar estos procesos (Flores & Ramirez, 2015).

En el contexto ecuatoriano, *Morella pubescens* es conocida como Laurel de Cera, la cual constituye una especie nativa de alto valor ecológico y funcional para los ecosistemas, particularmente en la provincia de Cotopaxi y el cantón Latacunga. Sin embargo, en los últimos años se ha evidenciado una disminución progresiva de su presencia natural, asociada tanto a la degradación de los ecosistemas como las dificultades técnicas para su propagación en viveros. Las semillas de esta especie presentan bajos porcentajes de germinación bajo condiciones convencionales, situación atribuida a la presencia de dormancia fisiológica, variabilidad genética, ilimitaciones en la activación metabólica durante las primeras fases del proceso germinativo (Salazar, 2022).

La problemática se evidencia de manera directa en el vivero Tunducama, espacio estratégico para la producción de especies nativas destinadas para programas de restauración ecológica en el cantón Latacunga. Las reducidas tasas de germinación *Morella pubescens* limita la producción sostenible de plántulas, generando una diferencia entre la demanda de material vegetal para proyectos de reforestación y la capacidad productiva real del vivero. Como consecuencia, se ve afectada la implementación de iniciativas orientadas a la recuperación de áreas degradadas, la protección de suelos y la regulación hídrica en la zona (Obando, 2025)

En la actualidad existen tratamientos químicos como el ácido giberélico que permite estimular la germinación, su uso implica costos elevados y posibles impactos ambientales lo que restringe su aplicación en viveros comunitarios. Frente a esta situación, los extractos naturales como los de lenteja y canela, emergen como alternativas ecológicas y de bajo costo

más accesibles para la población, con antecedentes favorables en otras especies forestales y agrícolas. Sin embargo, la ausencia de estudios específicos que evalúen su efectividad en especies nativas altoandinas como *Morella pubescens* constituye una brecha científica y técnica que limita su adopción de programas de restauración ecológica (Díaz, 2020).

## 6. OBJETIVOS DEL PROYECTO

### 6.1 Objetivo General:

Determinar el efecto del tipo de hormona y la concentración sobre la germinación y el crecimiento inicial de *Morella pubescens* en vivero de Tunducama, Belisario Quevedo

### 6.2 Objetivos Específicos:

- Evaluar el comportamiento de las hormonas naturales (lenteja, canela) y ácido giberélico, en distintas concentraciones aplicadas, sobre el porcentaje de germinación y la emergencia de plántulas de *Morella pubescens* en el vivero de Tunducama.
- Determinar la dosis óptima de tratamiento que maximice el crecimiento inicial de plántulas de *Morella pubescens*, mediante la evaluación de sus atributos morfológicos en condiciones de vivero
- Identificar la hormona con mejor desempeño en la producción integral de plántulas de *Morella pubescens*, mediante la comparación de medias y la aplicación de pruebas estadísticas inferenciales.

## 7. ACTIVIDADES EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

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

OBJETIVO ESPECÍFICO	METODOLOGÍA	ACTIVIDADES	RESULTADOS ESPERADOS
<b>Evaluar el comportamiento de las hormonas naturales (lenteja y canela) y ácido giberélico sobre la germinación de <i>Morella pubescens</i>.</b>	Análisis de ANOVA factorial 3×3 para evaluar el tiempo de germinación de las plántulas por tratamiento.	- Siembra de semillas bajo el diseño experimental DBCA. - Registro del número de semillas germinadas durante 110 días. - Análisis estadístico del tiempo de germinación.	Tiempo y porcentaje de germinación por tratamiento.

<b>Determinar la dosis óptima de tratamiento que maximice el crecimiento inicial de plántulas de <i>Morella pubescens</i>.</b>	Cálculo del porcentaje de germinación por tratamiento y análisis comparativo mediante ANOVA y Tukey.	- Registro del porcentaje de semillas germinadas a los 90 y 110 días. - Comparación estadística entre tratamientos. - Evaluación del vigor inicial de plántulas.	Identificación del tratamiento con mayor respuesta germinativa.
<b>Identificar la hormona con mejor desempeño en la producción integral de plántulas de <i>Morella pubescens</i>.</b>	Evaluación de variables de respuesta (longitud de raíz, longitud de tallo, diámetro del tallo y número de hojas) por tratamiento.	- Seguimiento del desarrollo de las plántulas. - Medición de variables morfológicas a los 90 y 110 días. - Registro de crecimiento durante el periodo experimental.	Identificación del tratamiento con mejor desarrollo inicial.

Nota. Elaborado por Lagos (2025)

## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA

### 8.1 Biología, taxonomía de *Morella pubescens* (laurel de cera)

Tabla 3. Clasificación taxonómica de *Morella pubescens*

Categoría taxonómica	Clasificación
<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Fagales
<b>Familia</b>	Myricaceae
<b>Género</b>	<i>Morella</i>
<b>Especie</b>	<i>Morella pubescens</i> (Willd.) Wilbur
<b>Sinónimo taxonómico</b>	<i>Myrica pubescens</i> Willd.

Fuente: Adaptado de Luna (2021)

## Figura 1

### *Morella Pubescens* - Laurel de cera



Nota: Árbol y semillas de *Morella pubescens* (laurel de cera). Adaptado de Luna (2021).

Desde el punto de vista taxonómico, *Morella pubescens* pertenece a la familia Myricaceae el cual es un grupo de plantas leñosas ampliamente distribuido en regiones templadas y montañas del mundo, esta familia se caracteriza por especies arbóreas o arbustivas que suelen presentar adaptaciones a suelos pobres y condiciones ambientales exigentes. De esta manera, el género *Morella* agrupa especies conocidas comúnmente como laureles de cera, reconocidas por la presencia de glándulas resiníferas y su asociación con microorganismos fijadores de nitrógeno, lo que les confiere una ventaja ecológica en ambientes degradados (Luna, 2021).

El aspecto botánico de *Morella pubescens* se caracteriza por ser una especie leñosa que se desarrolla como árbol o arbusto, caracterizada por un sistema radicular profundo y bien ramificado, el cual le permite adaptarse a suelos pobres y contribuir eficazmente a la estabilización del suelo en ambientes andinos degradados. Con respecto a su estructura presenta hojas simples, alternas y de textura coriácea, generalmente pubescentes, rasgo que favorece la reducción de la pérdida de agua y la tolerancia a condiciones climáticas adversas. De esta manera, la estructura vegetativa y fisiológica le confieren una alta capacidad de adaptación a altitudes elevadas, así como un papel ecológico relevante en la protección de cuencas, la mejora de la fertilidad del suelo y la facilitación de procesos de sucesión vegetal (Luna, 2021).

En ecosistemas andinos la *Morella pubescens* destaca por su capacidad de adaptación a altitudes elevadas y por su importancia en procesos de sucesión vegetal y restauración

ecológica. No obstante, en la literatura científica existe una sinonimia taxonómica ampliamente documentada, ya que la especie ha sido históricamente clasificada bajo el nombre de *Myrica pubescens*, por lo cual se puede realizar revisiones taxonómicas previas donde el género *Myrica* incluía a varias especies que posteriormente fueron reubicadas en el género *Morella* a partir de estudios morfológicos y filogenéticos.

A pesar de que la nomenclatura aceptada actualmente es *Morella pubescens*, en algunos repositorios académicos y científicos aún se utilizan el término de *Myrica*, por lo cual esta coexistencia de estas dos terminologías hace necesario considerar ambas denominaciones a la hora de buscar información relacionada a fin de garantizar una adecuada interpretación de los antecedentes y una correcta contextualización taxonómica de la especie.

## **8.2 Distribución hábitat y rol ecológico en Andes**

*Morella pubescens* se distribuye principalmente a lo largo de la cordillera de los Andes desde Venezuela hasta Bolivia, encontrándose con mayor frecuencia en países como Colombia, Ecuador y Perú. En el territorio ecuatoriano, esta especie se reporta en ecosistemas de bosque montano andino y bosque siempreverde altoandino, desarrollándose en rangos altitudinales aproximados entre 2.500 y 3.800 m.s.n.m. De tal manera, su presencia es común en laderas, bordes de quebrada, áreas de transición entre páramo y bosque, así como en zonas con suelos volcánicos y alta humedad.

Por lo cual las condiciones ecológicas evidencian su capacidad de adaptación a ambientes fríos con alta radiación solar y sueños de naja fertilidad, lo que la convierte en una especie representativa de los ecosistemas andinos. Desde el punto de vista ecológico, *Morella pubescens* cumple un rol fundamental en la protección de suelos y cuencas hidrográficas, debido a su sistema radicular profundo y a su capacidad de establecerse en áreas degradadas (Palomeque & Maza, 2017). De tal manera, la especie contribuye a la estabilización de taludes, la reducción de procesos erosivos y la mejora de la estructura del suelo, favoreciendo la infiltración y regulación del recurso hídrico.

Según Delgado et al., (2016) en el ámbito forestal su utilización en programas de restauración ecológica y reforestación con especies nativas resulta estratégica ya que actúa como una especie facilitadora en procesos de sucesión vegetal, permitiendo el establecimiento posterior de otras especies del bosque montano. Por ello, *Morella pubescens* es considerada una especie clave para la recuperación de ecosistemas andinos degradados y para el fortalecimiento de la resiliencia ambiental en zonas de alta fragilidad ecológica.

### 8.3 Biología reproductiva

La biología reproductiva de *Morella pubescens* se caracteriza por un ciclo fenológico adaptado a las condiciones climáticas de los ecosistemas andinos. Según Romero (2020) menciona que los bosques octanos del Ecuador y Colombia señalan que la floración de esta especie ocurre generalmente durante la época seca o de transición entre los meses de agosto y noviembre, mientras que la fructificación se concentra entre diciembre y marzo, coincidiendo con el incremento de la humedad ambiental. De tal manera se identifica un patrón fenológico responde a estrategias adaptativas que favorecen la maduración de frutos en periodos con mayor disponibilidad hídrica, lo que incrementa las probabilidades de germinación y establecimiento de las plántulas.

No obstante, la literatura también señala que estos periodos pueden variar ligeramente según la altitud, la latitud y las condiciones micro climáticas del sitio, lo que explica la heterogeneidad observada en la producción de semillas entre poblaciones naturales. En cuanto al tipo de dispersión *M. pubescens* presenta principalmente dispersión zoocórica, mediada por aves frugívoras que consumen sus frutos y facilitan el transporte de las semillas a nuevas áreas. De tal manera, este mecanismo de dispersión es especialmente relevante en ecosistemas andinos, donde la conectividad del paisaje depende en gran medida de la fauna silvestre (Villena & Alain, 2024).

De tal manera, la dispersión animal no solo permite ampliar el rango de distribución de la especie, sino que también contribuye a la colonización de áreas perturbadas y a la regeneración natural del bosque montano. Sin embargo, la efectividad de este proceso se ha visto reducida por la fragmentación del hábitat y la disminución de poblaciones de dispersores, lo que refuerza la necesidad de fortalecer estrategias de propagación asistida en viveros y programas de restauración ecológica como los propuestos en la presente investigación.

### 8.4 Semillas: latencia y dormancia y calidad

En especies forestales, la latencia o dormancia se define como la incapacidad de una semilla viable para germinar aun cuando se encuentra en condiciones ambientales favorables, debido a restricciones fisiológicas, morfológicas o químicas propias del embrión o de las cubiertas seminales (Villena & Alain, 2024). De tal manera, este fenómeno constituye una estrategia adaptativa que permite sincronizar la germinación con periodos óptimos para el establecimiento de las plántulas, especialmente en ecosistemas con alta variabilidad climática como los Andes. En especies leñosas altoandinas, la dormancia fisiológica es una de las más

frecuentes y suele estar asociada a la presencia de inhibidores químicos a la inmadurez del embrión o a la necesidad de estímulos externos que activen los procesos metabólicos iniciales.

Por ello, el estudio de la latencia resulta fundamental para el diseño de tratamientos pregerminativos que permitan mejorar la emergencia y uniformidad de las plántulas en vivero. En el caso de laurel de cera, se evidencia que en la región andina se han reportado bajas tasas de germinación bajo condiciones convencionales con valores que oscilan entre el 20% a 30%, incluso cuando las semillas presentan viabilidad aceptable (Morales, 2017). Es por eso, que las dificultades se atribuyen principalmente a la dormancia fisiológica y a la variabilidad en la calidad de las semillas recolectadas en poblaciones naturales influenciada por factores como la altitud, el estado fenológico de la planta madre y las condiciones ambientales durante la maduración del fruto.

Asimismo, se ha señalado que la ausencia de protocolos técnicos adecuados en viveros forestales limita la activación metabólica de las semillas, afectando tanto la velocidad como la uniformidad de la germinación. Es decir, la problemática refuerza la necesidad de evaluar tratamientos pregerminativos específicos que permitan superar la latencia y mejorar la calidad germinativa de *M. pubescens*, particularmente en programas de restauración ecológica andina.

### **8.5 Requerimientos para germinación en condiciones andinas**

La germinación de especies forestales altoandinas, como *Morella pubescens*, está fuertemente condicionada por factores ambientales propios de los Andes, entre los cuales la temperatura y la humedad desempeñan un papel determinante. En viveros ubicados en rangos altitudinales superiores a los 2.500 m.s.m se ha reportado que temperaturas moderadas entre 15 y 20 °C, favorecen la activación metabólica de las semillas y reducen el estrés térmico durante las primeras fases del desarrollo. De igual manera, una humedad constante del sustrato resulta esencial para asegurar la inhibición adecuada de la semilla, evitando tanto la desecación como el exceso de agua, condiciones que pueden retrasar o inhibir el proceso germinativo (Romero, 2020).

Otro aspecto clave en la germinación de *Morella pubescens* es el tipo de sustrato y la disponibilidad de la luz. Como menciona Morales (2017) en el caso de los viveros forestales andinos señalan que sustratos con buena aireación, drenaje adecuado y alto contenido de materia orgánica, como mezclas de suelo forestal, arena y compost los cuales favorecen el desarrollo radicular inicial y reducen la incidencia de patógenos. Asimismo, aunque la especie no presenta una dependencia estricta de la luz para germinar, la exposición a luz difusa durante

Las primeras etapas de emergencia contribuye a un crecimiento más equilibrado de las plántulas. La compactación del sustrato, la baja oxigenación y la exposición directa a radiación solar intensa han sido identificadas como factores que afectan negativamente la germinación y el vigor inicial en condiciones andinas.

Las implicaciones de estos requerimientos ambientales para la producción de plántulas son significativas, especialmente en viveros comunitarios dedicados a la restauración ecológica. La falta de control sobre temperatura, humedad y sustrato puede traducirse en bajas tasas de emergencia, crecimiento lento y alta mortalidad temprana, lo que incrementa los costos de producción y reduce la disponibilidad de material vegetal para reforestación. En este contexto la adopción de prácticas técnicas adecuadas, complementadas con tratamientos pregerminativos eficientes, permite optimizar la producción de plántulas de *Morella pubescens*, mejorar su calidad fisiológica y asegurar su supervivencia en campo (Morales, 2017).

#### **8.6 Tratamientos pregerminativos: definición y finalidad**

Los tratamientos pregerminativos se definen como el conjunto de procedimientos físicos, químicos o biológicos aplicados a las semillas antes de la siembra, con el propósito de romper la latencia o dormancia, acelerando la germinación y mejorar la uniformidad y el vigor de las plántulas (Morales, 2017). En especies forestales, estos tratamientos resultan especialmente relevantes debido a que muchas presentan mecanismos de dormancia como estrategia adaptativa frente a condiciones ambientales variables. La aplicación adecuada de tratamientos pregerminativos permite activar los procesos metabólicos del embrión, facilitar la absorción de agua y oxígeno y sincronizar la emergencia de las plántulas, lo que es fundamental para una producción eficiente en vivero.

Desde el punto de vista fisiológico, la germinación inicia con la imbibición de la semilla, seguida por la activación enzimática, la movilización de reservas y el crecimiento del embrión. En este proceso los tratamientos pregerminativos actúan reduciendo barreras físicas o químicas que limitan la germinación o bien estimulando respuestas hormonales que favorecen la división y elongación celular. En la actualidad, además de los tratamientos tradicionales, se ha incrementado el interés por el uso de bioinsumos y reguladores de crecimiento de origen natural, debido a su menor impacto ambiental y su potencial para mejorar la germinación en especies nativas destinadas a la restauración ecológica (Narváez & Torres, 2022).

**Tabla 4.** Principales tratamientos pregerminativos

Tratamiento pregerminativos	Definición	Finalidad fisiológica	Aplicación en especies forestales
<b>Escarificación</b>	Procedimiento físico o químico que debilita o rompe la cubierta de la semilla.	Facilitar la entrada de agua y oxígeno al embrión.	Común en semillas con cubiertas duras; mejora la velocidad y uniformidad de germinación.
<b>Imbibición</b>	Remojo de semillas en agua o soluciones específicas por un tiempo determinado.	Activar procesos metabólicos iniciales y enzimas germinativas.	Usada ampliamente en viveros para acelerar la emergencia.
<b>Desinfección</b>	Tratamiento con sustancias fungicidas o desinfectantes suaves.	Reducir patógenos que afectan la germinación.	Previene pérdidas por hongos y enfermedades en vivero.
<b>Reguladores de crecimiento</b>	Sustancias hormonales como giberelinas o auxinas.	Estimular la división y elongación celular del embrión.	Incrementan el porcentaje de germinación en especies con dormancia fisiológica.
<b>Bioinsumos naturales</b>	Extractos vegetales o soluciones orgánicas ricas en compuestos bioactivos.	Activar respuestas fisiológicas sin impacto ambiental negativo.	Alternativa sostenible para viveros comunitarios y restauración ecológica.

Fuente: (Narváez & Torres, 2022)

## 8.7 Hormonas naturales y bioinsumos

Las hormonas naturales y bioinsumos representan una alternativa sostenible dentro del manejo agroforestal, debido a que permiten estimular procesos fisiológicos de las semillas sin recurrir a insumos sintéticos de mayor costo o impacto ambiental. En términos generales, los bioinsumos son productos de origen biológico o natural que contribuyen a mejorar el desarrollo vegetal mediante la activación metabólica, la disponibilidad de nutrientes o la protección frente a agentes patógenos, siendo ampliamente promovidos en sistemas de producción sostenible (Cargua, 2019).

### 8.7.1 Ácido giberélico

Es un regulador de crecimiento vegetal ampliamente utilizado en viveros y ensayos experimentales para estimular la germinación de semillas con dormancia fisiológica. Por lo cual, este compuesto pertenece al grupo de las giberelinas, hormonas vegetales que intervienen en la activación metabólica del embrión, promoviendo la elongación celular, la movilización

de reservas y la ruptura de la latencia seminal. Su aplicación pregerminativos favorece la síntesis de enzimas hidrolíticas, lo que acelera el proceso germinativo y mejora la uniformidad de emergencia, razón por la cual es empleado como un químico en estudios comparativos sobre germinación de especies forestales (Palma & Parra, 2022).

### **8.7.2 Extracto de lenteja**

El extracto de lenteja es considerado un bioestimulante natural debido a su contenido de compuestos orgánicos y fitohormonas de acción similar a las auxinas y giberelinas, las cuales participan en la división y elongación celular durante las primeras etapas del desarrollo vegetal, su aplicación en tratamientos pregerminativos puede favorecer la activación metabólica de la semilla, mejorar la velocidad de germinación y fortalecer el vigor inicial de las plántulas. Además, al tratarse de una leguminosa, la lenteja aporta aminoácidos y minerales que actúan como soporte nutricional temprano, lo que la convierte en una alternativa accesible y sostenible para viveros dedicados a la propagación de especies nativas (Barrios, 2022).

### **8.7.2 Extracto de canela**

Es reconocido como un bioinsumo natural con propiedades antimicrobianas y antifúngicas, atribuibles principalmente a compuestos como el cinamaldehído y los fenoles presentes en sus aceites esenciales. En el ámbito pregerminativos, su uso se orienta a la protección sanitaria de las semillas y del sustrato, reduciendo la incidencia de hongos y patógenos que afectan la germinación. Aunque su acción estimulante sobre el crecimiento es limitada en comparación con reguladores hormonales, la canela contribuye a generar un ambiente germinativo más seguro, favoreciendo una emergencia más uniforme y reduciendo pérdidas por contaminación en viveros forestales (Vega, 2021).

## **8.8 Marco legal**

### **8.8.1 Constitución del Ecuador**

La Constitución de la República del Ecuador (2008) reconoce a la naturaleza como sujeto de derechos, estableciendo un marco ético y legal orientado a la preservación del medio ambiente. En este contexto, el artículo 71 otorga a los ecosistemas el derecho a existir, mantenerse y regenerarse, mientras que el artículo 73 establece la obligación del Estado de aplicar medidas de precaución y restricción frente a actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales. Los principios constitucionales refuerzan la importancia de promover acciones orientadas a la conservación y recuperación de la biodiversidad, entre ellas la propagación y

restauración de especies nativas. En este sentido, la producción de plántulas de especies forestales autóctonas como *Morella pubescens* contribuye directamente al cumplimiento de estos preceptos legales, al favorecer procesos de restauración ecológica, recuperación de áreas degradadas y fortalecimiento de la cobertura vegetal en ecosistemas andinos, lo cual a su vez apoya la conservación de la diversidad biológica y el equilibrio de los sistemas naturales.

### **8.8.2 Código Orgánico del Ambiente**

El Código Orgánico del Ambiente (2018) constituye el principal instrumento legal que regula la gestión ambiental en el Ecuador y establece lineamientos orientados a la conservación, restauración y manejo sostenible de los ecosistemas. En este marco, el artículo 333 faculta a la Autoridad Ambiental Nacional para formular directrices técnicas destinadas a la revegetación y recuperación de áreas degradadas, promoviendo prácticas que favorezcan la regeneración natural y la restauración ecológica. Asimismo, el artículo 334 impulsa la implementación del Plan Nacional de Restauración Ecológica, el cual prioriza el uso de especies nativas en programas de recuperación ambiental, especialmente en ecosistemas degradados o de alto valor ecológico. En este contexto, la propagación de especies forestales nativas adquiere un papel estratégico, ya que contribuye a restablecer la estructura y funcionalidad de los ecosistemas, fortalecer la biodiversidad y garantizar la sostenibilidad de los procesos de restauración ambiental en el territorio ecuatoriano.

### **8.8.3 Código Orgánico del Ambiente**

Código Orgánico del Ambiente (2017) reconoce a la biodiversidad como un patrimonio natural y un bien público de interés nacional, estableciendo principios y disposiciones orientadas a su conservación, manejo y aprovechamiento responsable. En su artículo 1 se enfatiza la protección de las especies nativas y la regulación del acceso a los recursos biogenéticos, con el propósito de preservar la diversidad biológica y evitar su deterioro o pérdida. De igual manera, el artículo 3 establece que el Estado ejerce soberanía sobre la biodiversidad presente en su territorio, promoviendo además la investigación científica y el uso sostenible de los recursos biológicos, incluyendo el conocimiento etnobotánico asociado a especies vegetales nativas. En este sentido, el estudio y propagación de especies forestales autóctonas contribuye al cumplimiento de estos lineamientos legales, al fomentar la conservación de la diversidad genética, el fortalecimiento de los ecosistemas naturales y el desarrollo de estrategias sostenibles de restauración ecológica.

## 9. HIPÓTESIS

**Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):** La aplicación de tratamientos pregerminativos elaborados con extractos naturales de lenteja (*Lens culinaris*) y canela (*Cinnamomum verum*), en diferentes concentraciones, incrementa significativamente el porcentaje de germinación y el vigor inicial de las semillas de *Morella pubescens*

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):** La aplicación de tratamientos pregerminativos con extractos naturales de lenteja y canela, en diferentes concentraciones, no produce diferencias significativas en el porcentaje de germinación ni en el vigor inicial de las semillas de *Morella pubescens*

**Tabla 5.** Operacionalización de las variables independientes

Variable	Definición operativa	Indicador	Unidad	Técnica e instrumento
<b>Tipo de hormona pregerminativa (Factor A)</b>	Sustancia natural o química aplicada a las semillas de <i>Morella pubescens</i> antes de la siembra para estimular la germinación.	3 categorías de tratamientos: Extracto de lenteja, Extracto de canela y Ácido giberélico.	A1=Extracto de lenteja A2=Extracto de canela; A3=Ácido giberélico	Registro en libreta de campo y rotulado de unidades
<b>Concentración del tratamiento (Factor B)</b>	Proporción (%) de la solución hormonal aplicada de las semillas durante el tratamiento pregerminativo.	3 niveles de concentración evaluados experimentalmente	B1=25; B2=50; B3=75	Preparación de soluciones y registro en libreta de campo

Nota. Elaborado por Lagos (2025)

**Tabla 6.** Operacionalización de las variables dependientes

Variable	Definición operativa	Indicador	Unidad	Instrumento	Momento de medición
<b>Porcentaje de germinación</b>	Proporción de semillas germinadas respecto al total sembrado por unidad experimental	(Número de semillas germinadas/ 140 semillas)	%	Conteo visual directo de estacas con raíces	90 y 110 días
<b>Número de plántulas establecidas</b>	Cantidad de plántulas emergidas y viables por unidad experimental	Conteo directo por unidad experimental	No.	Observación directa y registro en ficha	90 y 110 días

<b>Longitud de la raíz</b>	Medición de la raíz principal desde la base del tallo hasta la punta	Promedio por unidad experimental	cm	Calibrador eléctrico	90 y 110 días
<b>Longitud del tallo</b>	Medición del tallo desde la base hasta la punta radicular	Promedio por unidad experimental	cm	Calibrador eléctrico	90 y 110 días
<b>Diámetro del tallo</b>	Grosor del tallo medido en la base de la plántula	Promedio por unidad experimental	cm	Calibrador eléctrico	90 y 110 días
<b>Número de hojas</b>	Cantidad de hojas desarrolladas por plántulas	Promedio por unidad experimental	No.	Observación directa y registro en ficha	90 y 110 días

*Nota.* Elaborado por Lagos (2025)

La operalización de las variables dependientes e independientes permitió evaluar de manera integral la respuesta germinativa y el crecimiento inicial de *Morella pubescens*, combinando indicadores de establecimiento como el porcentaje de germinación y número de plántulas con variables morfológicas como la longitud de raíz, longitud de tallo, diámetro y número de hojas. El porcentaje de germinación (PG) y el número de plántulas establecidas, medidos como variables de razón, son ampliamente reconocidos como indicadores primarios de eficiencia en ensayos pregerminativos, ya que reflejan la capacidad real de las semillas para superar la dormancia y consolidar su emergencia (Vallejo, 2020). Por su parte, las variables morfológicas permiten interpretar el vigor inicial de las plántulas, aspecto clave para su supervivencia en vivero y posterior establecimiento en campo. En este sentido, Godoy y Alcántara (2019) señalan que el crecimiento temprano, especialmente el diámetro del tallo y el desarrollo radicular constituye un predictor importante del desempeño futuro de especies forestales nativas. En conjunto, la selección de estas variables y sus momentos de medición 90 y 110 días resultan metodológicamente pertinentes ya que permiten analizar tanto la fase germinativa como la fase post germinativa, fortaleciendo la validez de los resultados y su interpretación en el contexto de la restauración ecológica andina.

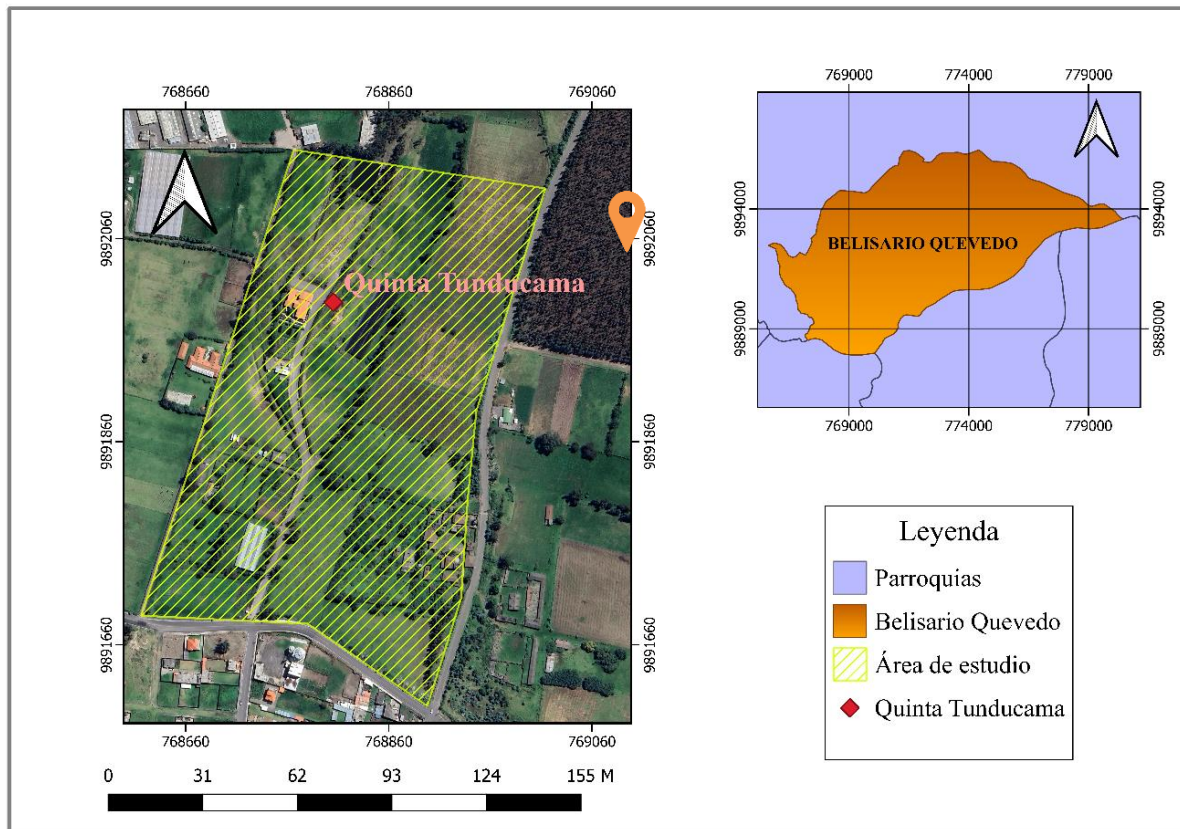
## 10. ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se desarrolló en el vivero Tunducama, ubicado en la parroquia Belisario Quevedo, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, en la región interandina del Ecuador. La zona se caracteriza por su localización en un entorno andino, con altitudes propios de ecosistemas de montaña, lo que influye directamente en las condiciones climáticas y ecológicas del área (GAD-Cotopaxi, 2025). El vivero constituye un espacio estratégico para la

producción de especies forestales nativas destinadas a programas de restauración ecológica, razón por la cual resulta pertinente para el desarrollo del presente estudio orientado a la germinación de *Morella pubescens*.

**Figura 2**

*Mapa de ubicación*



Nota: Elaborado en ArcGIS (2025)

Desde el punto de vista ambiental, el área de estudio presenta un clima frío a templado con variaciones térmicas moderadas entre el día y la noche, propias de los ecosistemas altoandinos. Las precipitaciones se distribuyen de manera estacional, generando periodos de mayor humedad que inciden en los procesos de germinación y desarrollo inicial de las plántulas. La topografía del sector es predominante irregular, con pendientes suaves a moderadas y los suelos se caracterizan por un contenido variable de materia orgánica, generalmente de origen volcánico, lo que condiciona la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes para las plantas (GAD-Cotopaxi, 2025).

En el ámbito social y productivo, la parroquia de Belisario Quevedo cuenta con comunidades rurales que participan activamente en iniciativas de reforestación y conservación

de los recursos naturales, utilizando viveros comunitarios como el de Tunducama para abastecer de plántulas nativas a proyectos locales. Las condiciones socioambientales convierten al área de estudio en un escenario representativo para evaluar tratamientos pregerminativos bajo condiciones reales de producción, permitiendo comprender como los factores locales influyen en la germinación y el vigor inicial de *Morella pubescens*, y facilitando la posterior aplicación de los resultados en programas de restauración ecológica de la región andina (GAD-Cotopaxi, 2025).

## **11.METODOLOGÍA**

### **11.1 Enfoque y tipo de investigación**

El presente estudio se enmarca dentro de una investigación de tipo experimental, debido a que se manipuló de manera deliberada las variables independientes, correspondientes al tipo de hormona pregerminativa y la concentración aplicada, con el propósito de evaluar su efecto sobre la germinación y el establecimiento inicial de *Morella pubescens*. La investigación se desarrolló bajo condiciones controladas de vivero, lo que permitió reducir la influencia de factores externos y establecer relaciones de causa y efecto a través de la aplicación de tratamientos pregerminativos y el análisis estadístico de los resultados obtenidos (Dávila, 2021).

### **11.2 Método cuantitativo**

El método cuantitativo se fundamentó en la recopilación, medición y análisis de datos numéricos con el objetivo de describir fenómenos, contrastar hipótesis y determinar relaciones entre variables mediante procedimientos estadísticos. En este estudio, el enfoque cuantitativo permitió evaluar de forma objetiva el comportamiento germinativo de *Morella pubescens* a partir de indicadores medibles como el porcentaje de germinación, el número de plántulas y variables de crecimiento inicial, facilitando la comparación entre tratamientos y la validación de los resultados experimentales (Calle, 2023).

### **11.3 Nivel de investigación**

La investigación corresponde a un nivel explicativo ya que busca identificar y analizar la relación de causa y efecto entre las variables independientes como el tipo de hormona pregerminativa y concentración y su influencia sobre la germinación y el establecimiento inicial e *Morella pubescens*. Para ello, se aplicaron tratamientos controlados bajo un diseño experimental y se emplearon análisis estadístico que permitieron explicar el efecto de cada factor y sustentar de manera científica los resultados obtenidos (Garzón, 2020)

### 11.4 Diseño experimental

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y experimental utilizando un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) en arreglo factorial 3x3 el cual permite disminuir la variabilidad causada por condiciones del vivero: microclima, humedad o diferencias del sustrato dentro de la cama de siembra.

En la investigación se evaluaron dos factores experimentales, definidos de la siguiente manera:

#### Factor A: Tipo de hormona- tratamiento pregerminativos

- A1: Extracto de lenteja
- A2: Extracto de canela
- A3: Ácido giberélico

#### Factor B: Dosis -concentración del tratamiento

- B1: 25 %
- B2: 50 %
- B3: 75 %

**Tabla 7.** Codificación de tratamientos pregerminativos según tipo de hormona y dosis aplicada en *Morella pubescens*

Código	Codificación	Tipo de hormona	Dosis (%)
T1	A1B1	Extracto de lenteja	25
T2	A1B2	Extracto de lenteja	50
T3	A1B3	Extracto de lenteja	75
T4	A2B1	Extracto de canela	25
T5	A2B2	Extracto de canela	50
T6	A2B3	Extracto de canela	75
T7	A3B1	Ácido giberélico	25
T8	A3B2	Ácido giberélico	50
T9	A3B3	Ácido giberélico	75

Cada tratamiento será replicado tres veces, utilizando 140 semillas por unidad experimental, dado un total de 27 unidades experimentales. Las unidades serán asignadas de forma aleatoria para reducir el error experimental.

**Tabla 8.** *Adeva del estudio*

Fuente de variación	Grados de libertad		
Factor A: Hormona	a-1	3-1	2
Factor B: Dosis	b-1	3-1	2
Interacción A×B	(a-1)(b-1)	(3-1)(3-1)02x2	4
Repetición	r-1	3-1	2
Error	(axb)(r-1)-(r-1) =ab(r-1)-(r-1)	9(2)-2=18-2	16
Total	n-1= abr-1	27-1	26

La tabla 8 evidencia que el experimento fue estructurado bajo un diseño factorial 3x3 asignando adecuadamente los grados de libertad a los factores tipo de hormona, dosis y su interacción, así como el error experimental. La distribución permite evaluar de forma independiente y conjunta los efectos de los tratamientos sobre las variables estudiadas, asegurando un análisis estadístico confiable. La estimulación del error con suficientes grados de libertad respalda la validez de las comparaciones realizadas, tal como señala Espitia (2016) quien destaca que una correcta estructuración de la variación es clave para interpretar los resultados en diseños experimentales factoriales.

## 11.5 Técnicas de investigación

### *Observación científica*

La observación científica se empleó como técnica fundamental para evaluar de manera sistemática el comportamiento germinativo de las semillas *Morella pubescens* y el establecimiento inicial de las plántulas durante el periodo experimental. La observación se realizó bajo criterios previamente definidos permitiendo identificar la emergencia de plántulas, el número de individuos establecidos y las características visibles del desarrollo visual en cada unidad experimental. El procedimiento se efectuó en condiciones controladas del vivero, garantizando uniformidad en el manejo y reduciendo la influencia de factores externos.

### ***Registro de datos***

El registro se realizó mediante fichas de campo diseñadas específicamente para la investigación, en las cuales se consignaron de forma ordenada y periódica los valores correspondientes a cada variable evaluada. Los registros se efectuaron en los tiempos establecidos de 90 y 110 días, lo que permitió asegurar la trazabilidad de la información, la consistencia de los datos y su posterior utilización en el análisis estadístico, acorde con el diseño experimental planteado.

### ***Medición***

La medición de las variables se llevó a cabo utilizando instrumentos adecuados y calibrados, tales como regla milímetro y calibrador, con el fin de cuantificar de manera precisa las variables relacionadas con la germinación y el crecimiento inicial de las plántulas. Las mediciones permitieron obtener datos numéricos confiables, necesarios para la aplicación de pruebas estadísticas y la validación de los resultados obtenidos en el estudio.

### ***Instrumentos utilizados***

El procesamiento inicial de la información y la elaboración de tablas se realizaron utilizando Microsoft Excel, mientras que el análisis estadístico inferencial se desarrolló con el software Statgraphics. Adicionalmente, ArcGIS fue empleado para la representación espacial y contextual del área de estudio, fortaleciendo la presentación y comprensión integral de los resultados obtenidos.

### ***Datos a evaluar***

La unidad experimental estuvo constituida por cada tratamiento evaluado dentro de un bloque, de acuerdo con el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial 3x3. En este sentido se establecieron nueve tratamientos, correspondientes a la combinación de tres tipos de hormona pregerminativa como el extracto de lenteja, extracto de canela y ácido giberélico y tres niveles de concentración de 25%, 50% y 75% los cuales fueron distribuidos en tres bloques o repeticiones, dando como resultado un total de 27 unidades experimentales.

Dentro de cada unidad experimental se trabajó con 140 semillas de *Morella pubescens*, las cuales fueron sometidas al mismo tratamiento y mantenidas bajo condiciones homogéneas de manejo en vivero. El número de semillas permitió obtener información suficiente y

representativa sobre la respuesta germinativa de cada tratamiento, reduciendo el error experimental y fortaleciendo la validez de los resultados.

Para el análisis estadístico se consideró que la unidad de análisis correspondió a la unidad experimental y no a cada semilla de manera individual. En este sentido, los datos obtenidos fueron organizados y resumidos mediante estadísticos descriptivos, generando un único valor representativo por variable y por unidad experimental. Este procedimiento resulta metodológicamente adecuado para la aplicación del análisis de varianza (ANOVA) en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), ya que garantiza la independencia de las observaciones y evita problemas.

En consecuencia, para cada unidad experimental se calcularon los siguientes indicadores los cuales fueron utilizados directamente en el análisis de varianza:

- **Porcentaje de germinación (%):** Se determinó mediante conteo directo del número de semillas germinadas respecto al total de semillas sembradas en cada unidad experimental. El indicador fue registrado a los 90 y 110 días después de la siembra y se expresó como porcentaje de germinación por unidad experimental.
- **Número de plántulas establecidas:** Se obtuvo mediante el conteo directo de plántulas emergidas y viables en cada unidad experimental, registrándose a los 90 y 110 días, lo que permitió evaluar el establecimiento inicial de la especie bajo cada tratamiento.
- **Longitud de raíz (cm):** Se evaluó mediante un método destructivo a los 90 y 110 días. Para ello, se seleccionaron plántulas al azar por unidad experimental, las cuales fueron extraídas cuidadosamente del sustrato y medidas desde la base del tallo hasta el ápice radicular, registrándose posteriormente el valor promedio.
- **Longitud de tallo (c.):** Se determinó a los 90 y 110 días mediante la medición directa desde la base hasta el ápice del tallo, utilizando una regla milimetrada o calibrador y calculando el promedio por unidad experimental.
- **Diámetro del tallo (mm):** Se midió en la base del tallo de las plántulas seleccionadas, empleando un calibrador, con el fin de evaluar el vigor estructural inicial.
- **Número de hojas:** Se cuantificó mediante conteo directo de hojas verdaderas por plántula, obteniendo un valor promedio por unidad experimental en cada tiempo de evaluación.

## 11.6 Procesamiento de datos

### *Preparación de tratamientos pregerminativos*

Para la aplicación de los tratamientos pregerminativos se trabajó con dos extractos naturales como la: lenteja, canela y un regulador de crecimiento (ácido giberélico), en tres concentraciones (25 %, 50 % y 75 %). En todos los casos, se prepararon soluciones en base acuosa, se mantuvo un tiempo de reposo estandarizado de 24 horas y se filtraron antes de su uso, con el fin de obtener soluciones homogéneas y evitar residuos sólidos que pudieran afectar el remojo de las semillas o contaminar el sustrato. Para asegurar la trazabilidad del proceso, cada tratamiento fue rotulado con el código correspondiente, tipo de hormona y concentración aplicada.

#### *a) Preparación del extracto de lenteja (maceración)*

- **Pesaje del material:** se midieron 300 g, 600 g y 900 g de lenteja para preparar las soluciones al 25 %, 50 % y 75 %, respectivamente, utilizando una balanza.
- **Maceración:** la lenteja se colocó en recipientes limpios y se añadió 1 L de agua por cada concentración, mezclando manualmente para favorecer el contacto del agua con el material vegetal.
- **Reposo:** las mezclas se mantuvieron en reposo durante 24 horas, en condiciones protegidas de contaminación externa.
- **Filtrado:** luego del reposo, las soluciones se filtraron con colador o tela fina para retirar sólidos y obtener un extracto uniforme.
- **Rotulado:** se identificó cada solución por concentración y tipo de tratamiento para su correcta aplicación.

#### *b) Preparación del extracto de canela (infusión)*

- **Pesaje del material:** se midieron 100 g, 200 g y 300 g de canela para las concentraciones 25 %, 50 % y 75 %, respectivamente, empleando balanza.
- **Infusión:** la canela se incorporó en 1 L de agua por concentración y se preparó la infusión, promoviendo la liberación de compuestos solubles.
- **Reposo:** las soluciones se dejaron reposar durante 24 horas para estabilizar el extracto.
- **Filtrado:** posteriormente, se filtraron para retirar partículas y obtener una solución apta para remojo.
- **Rotulado:** cada extracto se registró e identificó con su código de tratamiento.

### ***c) Preparación del ácido giberélico***

- **Pesaje del producto:** se midieron 100 g, 200 g y 300 g para preparar las concentraciones del 25 %, 50 % y 75 %, respectivamente.
- **Disolución:** se incorporó el producto en 1 L de agua por concentración, mezclando cuidadosamente hasta lograr una distribución uniforme.
- **Reposo:** la solución se mantuvo en reposo durante 24 horas.
- **Filtrado:** se filtró para evitar impurezas o residuos.
- **Rotulado y registro:** se identificó cada solución y se registró su preparación para control experimental.

### ***Remojo de semillas en la aplicación del tratamiento***

Para cada concentración se trabajó con 200 g de semillas, las cuales se colocaron en recipientes separados y se sometieron a remojo en la solución correspondiente, manteniendo tiempos estandarizados y evitando la mezcla entre tratamientos. Finalizado el remojo, las semillas fueron escurridas y se procedió inmediatamente a la siembra, conservando su identificación por código.

### ***Siembra y condiciones del ensayo en vivero***

La siembra se realizó en una cama de germinación de 1,20 m × 6,00 m, preparada previamente para garantizar condiciones físicas favorables (aireación, drenaje y retención de humedad). El sustrato utilizado fue una mezcla homogénea compuesta por cascarilla de arroz, tierra negra, tierra del lugar, arena, abono orgánico, turba y cal, combinada manualmente hasta lograr uniformidad en textura y distribución de materiales.

Las semillas tratadas se sembraron a una profundidad adecuada para la especie, manteniendo un número uniforme de semillas por unidad experimental y respetando el orden de los tratamientos en la cama, de modo que cada grupo quedara correctamente delimitado, rotulado y bajo las mismas condiciones de vivero. Este manejo permitió disminuir la influencia de factores externos y asegurar la comparabilidad entre tratamientos.

### ***Manejo del ensayo y registro de germinación***

El manejo del ensayo se desarrolló bajo condiciones controladas de vivero, cuidando que todas las unidades experimentales recibieran el mismo tratamiento de manejo agronómico. El riego se realizó diariamente en horas de la mañana, con el objetivo de mantener humedad

constante en el sustrato sin generar saturación. Adicionalmente, se efectuaron deshierbes manuales como el despique de maleza de forma periódica para evitar competencia por agua, luz y nutrientes, y para mantener condiciones sanitarias adecuadas en la cama de germinación.

El registro de germinación se efectuó mediante conteo visual directo de plántulas emergidas por tratamiento, utilizando fichas de registro previamente diseñadas. A partir de los conteos se determinó el porcentaje de germinación y el número de plántulas establecidas, y se recopiló la información necesaria para calcular indicadores de respuesta germinativa, especialmente el índice de velocidad de germinación, el cual permite interpretar la rapidez y el vigor del proceso en función del tratamiento aplicado.

### ***Instrumentos utilizados***

Para asegurar precisión y control en la preparación y evaluación del ensayo, se utilizaron los siguientes instrumentos: balanza para pesaje de insumos y semillas, recipientes graduados para medición de volumen, recipientes plásticos limpios para maceración/infusión/remojos, colador o tela fina para filtración, etiquetas y marcadores para rotulado, calibrador eléctrico, y fichas de campo para el registro sistemático de datos.

## **12. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

En este apartado se presentan el análisis estadístico y la discusión de los resultados obtenidos a partir de la aplicación de tratamientos pregerminativos en semillas de *Morella pubescens*. Con la finalidad de verificar las hipótesis planteadas en la investigación, se realizó la prueba de hipótesis mediante un análisis de varianza (ANOVA) factorial, el cual permitió determinar si el tipo de hormona, la concentración aplicada y la interacción entre ambos factores generaron efectos significativos sobre las variables evaluadas.

El análisis permitió contrastar la hipótesis nula, que establece la ausencia de diferencias entre tratamientos, frente a la hipótesis alternativa, que plantea la existencia de efectos significativos atribuibles a los factores estudiados. A partir de los valores de significancia obtenidos, se interpretó el comportamiento germinativo y el crecimiento inicial de las plántulas, complementando el análisis con pruebas de comparación de medias cuando fue necesario. De esta manera, los resultados se discuten en función de su significado biológico y su relación con investigaciones previas, permitiendo comprender la eficiencia de los tratamientos evaluados en la propagación de la especie bajo condiciones de vivero.

**a) Evaluación del comportamiento de las hormonas naturales (lenteja, canela) y ácido giberélico, en distintas concentraciones aplicadas, sobre el porcentaje de germinación y la emergencia de plántulas de *Morella pubescens* en el vivero de Tunducama.**

**Tabla 9.** Adeva de porcentaje de germinación a los 90 días

Fuente de variación	GL	F	p-valor	Nivel de significancia
<b>Hormona (A)</b>	2	376.30	< 0.000000000000001	***
<b>Concentración (B)</b>	2	30.16	0.0000018	**
<b>A × B</b>	4	1.73	0.1865	ns
<b>Error</b>	18			
<b>CV (%)</b>			<b>2.58</b>	

Nota. Elaborado por Lagos (2025)

Porcentaje de germinación a los 90 días evidencia que el tipo de hormona tuvo un efecto altamente significativo sobre la germinación de *Morella pubescens* ( $p < 0,000001$ ), lo que confirma que los tratamientos hormonales influyen de manera directa en la activación metabólica de las semillas y en la superación de la dormancia fisiológica. De igual manera, la concentración aplicada presentó un efecto estadísticamente significativo ( $p = 0,0000018$ ), indicando que la dosis del tratamiento condiciona la eficiencia del proceso germinativo, aspecto ampliamente documentado en estudios de propagación forestal. En contraste, la interacción hormona por concentración no resultó significativa ( $p = 0,1865$ ), lo que sugiere que ambos factores actúan de forma independiente y no sinérgica (Pacheco, 2015). El bajo coeficiente de variación ( $CV = 2,58\%$ ) refleja una alta precisión experimental, fortaleciendo la confiabilidad y validez de los resultados obtenidos.

**Tabla 10.** Porcentaje de germinación 90 días

Hormona	Media (%)	Grupo Tukey
<b>Lenteja</b>	78.1	a
<b>Ácido giberélico</b>	69.9	b
<b>Canela</b>	55.7	c

Nota. Elaborado por Lagos (2025)

El porcentaje de germinación evaluado a los 90 días evidenció diferencias estadísticas significativas entre las hormonas aplicadas. El extracto de lenteja registró el mayor porcentaje de germinación (78,1 %), seguido del ácido giberélico (69,9 %), mientras que el extracto de

canela presentó el valor más bajo (55,7 %). El comportamiento superior del extracto de lenteja puede atribuirse a sus características bioestimulantes, ya que este bioinsumo contiene compuestos orgánicos y fitohormonas de acción similar a las auxinas y giberelinas, además de aminoácidos y minerales que favorecen la activación metabólica del embrión y la movilización de reservas durante las etapas iniciales de la germinación (Barba, 2025). Asimismo, la concentración aplicada permitió generar un estímulo hormonal suficiente para superar la dormancia fisiológica sin provocar efectos inhibitorios. Los resultados confirman que el tipo de hormona influye de manera directa en la germinación de *Morella pubescens*, diferenciándose estadísticamente entre sí (Barrios, 2022). En concordancia, Barba (2025) señala que la hormona aplicada constituye un factor determinante en la germinación de especies forestales, debido a su acción directa sobre los mecanismos fisiológicos que regulan la emergencia y el establecimiento temprano de las plántulas.

### b) Concentración

La prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) no evidenció diferencias estadísticas significativas entre las concentraciones evaluadas, a pesar de que el ADEVA mostró un efecto global de la concentración. La ausencia de separación de medias indica que los niveles aplicados presentaron un comportamiento similar en el porcentaje de germinación, por lo que el efecto observado se atribuye principalmente al tipo de hormona y no a la dosis utilizada. Según Pacheco (2015) la ausencia de diferencias entre concentraciones en pruebas de comparación de medias es común cuando el efecto fisiológico dominante depende del tipo de regulador aplicado y no de la magnitud de la dosis.

**Tabla 11.** Adeva de porcentaje de germinación a los 110 días

Fuente de variación	GL	F	p-valor	Nivel de significancia
Hormona (A)	2	501.20	< 0.000000000000001	***
Concentración (B)	2	20.03	0.000026	**
A × B	4	0.50	0.7333	ns
Error	18			
CV (%)			1.80	

*Nota.* Elaborado por Lagos (2025)

El porcentaje de germinación a los 110 días, por medio del análisis del ANOVA factorial indica que el tipo de hormona tuvo un efecto altamente significativo sobre la respuesta evaluada

( $p < 0,000001$ ), mientras que la concentración también influyó de manera significativa ( $p = 0,000026$ ), confirmando que ambos factores condicionan el comportamiento germinativo de *Morella pubescens*, como lo reporta la literatura sobre regulación hormonal en semillas forestales (Barba, 2025). Por lo contrario, la interacción hormona por concentración no fue significativa ( $p = 0,7333$ ), lo que sugiere un efecto independiente de los factores. El coeficiente de variación muy bajo ( $CV = 1,80 \%$ ) evidencia una altísima precisión experimental, fortaleciendo la confiabilidad de los resultados.

**Tabla 12.** Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) – % germinación 110 días

Hormona	Media (%)	Grupo
Lenteja	92.9	a
Ácido giberélico	83.2	b
Canela	60.2	c

Nota. Elaborado por Lagos (2025)

La prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) aplicada a los 110 días confirmó el mismo patrón de respuesta observado en la evaluación previa, evidenciando que el extracto de lenteja alcanzó el mayor porcentaje de germinación, seguido del ácido giberélico, mientras que el extracto de canela presentó el menor desempeño. El efecto superior y sostenido del extracto de lenteja puede explicarse por su composición bioestimulante, rica en compuestos orgánicos y fitohormonas de acción similar a las auxinas, las cuales favorecen la activación metabólica prolongada del embrión, la movilización de reservas y la estabilidad del proceso germinativo en el tiempo. En este sentido, Godoy y Alcántara (2019) señalan que los bioestimulantes naturales con compuestos tipo auxina mantienen un efecto superior y estable sobre la germinación de especies forestales en evaluaciones prolongadas, lo que respalda los resultados obtenidos en *Morella pubescens* bajo el tratamiento con extracto de lenteja.

## b) Concentración

En relación con el factor concentración, la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) realizada a los 110 días no evidenció diferencias estadísticas significativas entre los niveles evaluados, lo que indica que las dosis aplicadas presentaron un comportamiento similar en el porcentaje de germinación de *Morella pubescens*. Aunque el análisis de varianza (ANOVA) mostró un efecto significativo de la concentración, la ausencia de separación de medias sugiere que dicho efecto corresponde a una variación general del factor y no a diferencias específicas entre las dosis

evaluadas, por lo que la respuesta germinativa estuvo determinada principalmente por el tipo de hormona aplicada

Asimismo, el análisis de varianza evidenció diferencias altamente significativas atribuibles al tipo de hormona tanto a los 90 como a los 110 días ( $p < 0,001$ ), confirmando su influencia directa en el proceso germinativo. La prueba de Tukey mostró que el extracto de lenteja alcanzó los mayores porcentajes de germinación, superando al ácido giberélico y a la canela en ambas evaluaciones. Los coeficientes de variación inferiores al 3 % reflejan una alta precisión experimental y confiabilidad de los resultados. Según Dávila (2021) se destaca los bioestimulantes naturales compuestos tipo auxina presentes debido a una mayor eficacia en la activación metabólica y la superación de la dormancia en semillas forestales.

**Tabla 13.** Adeva del número de plántulas a los 90 días

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Nivel de significancia</b>
<b>Hormona (A)</b>	2	372.82	< 0.000000000000001	***
<b>Concentración (B)</b>	2	29.84	0.0000019	**
<b>A × B</b>	4	1.70	0.1939	ns
<b>Error</b>	18			
<b>CV (%)</b>			2.59	

Nota. Elaborado por Lagos (2025)

El número de plantas con respecto a el análisis del ANOVA factorial indica que el tipo de hormona y la concentración influyeron significativamente en el número de plántulas a los 90 días, confirmando su efecto sobre el vigor y establecimiento inicial de *Morella pubescens*. La interacción hormona x concentración no fue significativa lo que evidencia un efecto independiente de ellos factores. El bajo coeficiente de variación (CV=2,59%) demuestra una alta precisión experimental. Según Godoy y Alcantara (2019) los reguladores de crecimiento y bioestimulantes influyen directamente en la activación metabólica, el vigor inicial y la supervivencia temprana de plántulas forestales, mejorando su establecimiento en vivero.

**Tabla 14.** Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) – Plántulas 90 días

Hormona	Media (N° plántulas)	Grupo
Lenteja	73.22	a
Ácido giberélico	54.56	b
Canela	41.78	c

Nota. Elaborado por Lagos (2025)

La prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) aplicada al número de plántulas a los 90 días evidenció diferencias estadísticas significativas entre las hormonas evaluadas, destacándose el extracto de lenteja con el mayor promedio de plántulas establecidas (73,22), seguido del ácido giberélico (54,56) y la canela (41,78). El mejor desempeño del extracto de lenteja se asocia a su efecto bioestimulante, debido a la presencia de compuestos tipo auxina que favorecen la división celular, el vigor inicial y el establecimiento temprano de las plántulas. El ácido giberélico mostró un efecto intermedio, relacionado principalmente con la ruptura de la dormancia, mientras que la canela presentó el menor número de plántulas, evidenciando una acción más orientada al control sanitario que a la estimulación del crecimiento. Estos resultados coinciden con lo señalado por Huertas (2024) quien indica que los bioestimulantes naturales promueven un mayor vigor y supervivencia inicial en especies forestales.

### b) Concentración

Con respecto al factor concentración, la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para el número de plántulas a los 90 días no mostró diferencias estadísticas significativas entre los niveles evaluados. La ausencia de separación de medias indica que las concentraciones aplicadas presentaron un comportamiento similar en el establecimiento de plántulas, por lo que el efecto observado se atribuye principalmente al tipo de hormona utilizada y no a la dosis.

**Tabla 15.** Adeva de número de plántulas a los 110 días

Fuente de variación	GL	F	p-valor	Nivel de significancia
Hormona (A)	2	493.05	< 0.0000000000000001	**
Concentración (B)	2	19.75	0.0000289	*
A × B	4	0.50	0.7388	ns
Error	18			
CV (%)			1.82	

Nota. Elaborado por Lagos (2025)

El ANOVA factorial indica que el tipo de hormona tuvo un efecto altamente significativo y la concentración un efecto significativo sobre la variable evaluada, confirmando que ambos factores influyen de manera directa en la respuesta fisiológica de *Morella pubescens*. La interacción hormona  $\times$  concentración no fue significativa, lo que sugiere un efecto independiente de los factores. El CV muy bajo (1,82%) evidencia altísima precisión experimental y confiabilidad de los resultados. De acuerdo a Espitia (2016) señala que los reguladores de crecimiento y bioestimulantes modulan la activación metabólica y el vigor inicial de las semillas de forma dosis e independiente con efectos generalmente aditivos en diseños factoriales.

**Tabla 16.** Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) – Plántulas 110 días

<b>Hormona</b>	<b>Media (n° plántulas)</b>	<b>Grupo</b>
<b>Lenteja</b>	88.11	a
<b>Ácido giberélico</b>	74.56	b
<b>Canela</b>	55.89	c

Nota. Elaborado por Lagos (2025)

La prueba de comparación de medias (Tukey,  $\alpha = 0,05$ ) a los 110 días confirmó diferencias estadísticas significativas entre las hormonas evaluadas, manteniéndose el patrón Lenteja > Ácido giberélico > Canela. El extracto de lenteja presentó el mayor número de plántulas establecidas (88,11), lo que evidencia su capacidad para sostener el vigor y el establecimiento temprano a lo largo del tiempo, efecto asociado a la presencia de compuestos bioactivos y fitohormonas de acción similar a las auxinas. El ácido giberélico mostró un comportamiento intermedio, relacionado principalmente con la superación de la dormancia fisiológica, mientras que la canela registró el menor número de plántulas, confirmando una acción orientada al control sanitario más que a la estimulación del crecimiento. Por lo cual, los resultados concuerdan con lo señalado por Godoy y Alcántara (2019) quienes indican que los bioestimulantes naturales con compuestos tipo auxina favorecen un crecimiento inicial más estable y una mayor supervivencia de plántulas en evaluaciones prolongadas.

**Tabla 17. Concentración**

<b>Concentración</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>	<b>Nivel de significancia</b>
<b>0.75</b>	77.44	a	ns
<b>0.50</b>	74.78	a	ns
<b>0.25</b>	71.00	a	ns

*Nota.* Elaborado por Lagos (2025)

La prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) indicó que no existen diferencias estadísticas significativas entre las concentraciones evaluadas (25 %, 50 % y 75 %), ya que todas se agrupan dentro del mismo grupo estadístico. Aunque se observan ligeras variaciones en los valores medios, estas no son suficientes para establecer un efecto diferencial de la concentración sobre la variable analizada, lo que confirma que el comportamiento observado es similar entre los niveles evaluados. De acuerdo con Flores y Ramirez (2015) en ensayos pregerminativos una vez superado el umbral fisiológico de respuesta hormonal, incrementos adicionales en la dosis no necesariamente generan mejoras significativas en la germinación

### **Resultados de número de plántulas 90 y 110 días**

El análisis de varianza para el número de plántulas a los 90 y 110 días evidenció diferencias altamente significativas atribuibles al tipo de hormona ( $p < 0.001$ ). La concentración presentó un efecto significativo en el ADEVA. Sin embargo, la prueba de Tukey no permitió separar diferencias entre niveles. La hormona natural a base de lenteja presentó el mayor número de plántulas establecidas, seguida del ácido giberélico, mientras que la canela mostró el menor desempeño. Los coeficientes de variación inferiores al 3 % confirman la alta precisión experimental. De esta manera, Palma y Parra (2022) señalan que los bioestimulantes con compuestos tipo auxina favorecen el vigor y la supervivencia temprana de plántulas forestales. Los coeficientes de variación inferiores al 3% confirman la alta precisión experimental y la confiabilidad de los resultados.

**b) Determinación de la dosis óptima de tratamiento que maximice el crecimiento inicial de plántulas de *Morella pubescens*, mediante la evaluación de sus atributos morfológicos en condiciones de vivero**

**Tabla 18.** *Adeva de longitud de raíz 90 días*

<b>Fuente</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Nivel de significancia</b>
<b>Hormona (A)</b>	2.98	0.0760	ns
<b>Concentración (B)</b>	0.42	0.6658	ns
<b>A × B</b>	0.16	0.9545	ns

**CV = 15.22 %**

La prueba de análisis de varianza factorial ADEVA indicó que no se registraron diferencias estadísticas significativas para el factor hormona, la concentración ni para la interacción entre ambos factores ( $p > 0,05$ ). Estos resultados evidencian que, bajo las condiciones del estudio, los tratamientos evaluados no generaron efectos diferenciados sobre la variable analizada. El coeficiente de variación ( $CV = 15,22 \%$ ) se considera moderado, lo que refleja una variabilidad aceptable de los datos y una adecuada precisión experimental.

Debido a que el análisis de varianza no evidenció diferencias estadísticas significativas entre los factores evaluados ( $p > 0,05$ ), no fue procedente aplicar la prueba de comparación de medias de Tukey, ya que no existen efectos significativos que justifiquen la separación estadística entre tratamientos. Según Romero (2020) la ausencia de significancia en el ANOVA indica homogeneidad en la respuesta de los tratamientos, por lo que cualquier separación de medias carecería de sustento estadístico.

**Tabla 19.** *Adeva de la longitud de tallo 90 a los días*

<b>Fuente</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Nivel de significancia</b>
<b>Hormona (A)</b>	2.11	0.1499	ns
<b>Concentración (B)</b>	0.78	0.4715	ns
<b>A × B</b>	0.45	0.7707	ns

**CV = 9.63 %**

El análisis de varianza ADEVA para la longitud de tallo a los 90 días no mostró diferencias estadísticas significativas para el factor hormona, la concentración ni para la interacción entre ambos factores ( $p > 0,05$ ). El coeficiente de variación ( $CV = 9,63 \%$ ) indica una variabilidad baja y una adecuada precisión experimental. En consecuencia, no fue procedente aplicar la prueba de comparación de medias de Tukey, debido a la ausencia de

efectos significativos entre los tratamientos evaluados. De acuerdo con Barrios (2022) cuando ANOVA no detecta efectos significativos entre tratamientos, no se justifica la aplicación de pruebas de comparación de medias, ya que las respuestas observadas pueden considerarse estadísticamente homogéneas bajo las condiciones evaluadas.

**Tabla 20.** Adeva del diámetro a los 90 días

<b>Fuente</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Nivel de significancia</b>
<b>Hormona (A)</b>	0.98	0.3952	ns
<b>Concentración (B)</b>	0.33	0.7208	ns
<b>A × B</b>	1.03	0.4195	ns

**CV ≈ 14.7 %**

El análisis de varianza ADEVA para el diámetro del tallo a los 90 días no evidenció diferencias estadísticas significativas entre los factores hormona, concentración ni en la interacción entre ambos ( $p > 0,05$ ). El coeficiente de variación ( $CV \approx 14,7 \%$ ) refleja una variabilidad moderada y una adecuada confiabilidad de los datos. En consecuencia, no fue procedente aplicar la prueba de comparación de medias de Tukey, debido a la ausencia de efectos estadísticamente significativos entre los tratamientos evaluados.

**Tabla 21.** Adeva del número de hojas a los 90 días

<b>Fuente</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Nivel de significancia</b>
<b>Hormona (A)</b>	1.47	0.2565	ns
<b>Concentración (B)</b>	1.47	0.2565	ns
<b>A × B</b>	1.24	0.3281	ns

**CV ≈ 14.7 %**

El análisis de varianza (ADEVA) para el diámetro del tallo a los 90 días no evidenció diferencias estadísticas significativas para el factor hormona, la concentración ni para la interacción entre ambos factores ( $p > 0,05$ ). El coeficiente de variación ( $CV \approx 14,7 \%$ ) refleja una variabilidad moderada y una adecuada confiabilidad de los datos obtenidos. En

consecuencia, no fue procedente aplicar la prueba de comparación de medias de Tukey, debido a la ausencia de efectos significativos entre los tratamientos evaluados.

**Tabla 22.** Adeva de la longitud de raíz los 110

<b>Fuente</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Nivel de significancia</b>
<b>Hormona (A)</b>	1.98	0.1703	ns
<b>Concentración (B)</b>	1.47	0.2565	ns
<b>A × B</b>	1.24	0.3281	ns

**CV = 14.71 %**

El análisis de varianza (ADEVA) para la longitud de la raíz a los 110 días no mostró diferencias estadísticas significativas para el factor hormona, la concentración ni para la interacción entre ambos factores ( $p > 0,05$ ). El coeficiente de variación (CV = 14,71 %) indica una variabilidad moderada y una adecuada precisión experimental. En consecuencia, no procede la aplicación de la prueba de comparación de medias de Tukey, debido a la ausencia de efectos significativos entre los tratamientos evaluados.

**Tabla 23.** Adeva de la longitud de tallo a los 110 días

<b>Fuente</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Nivel de significancia</b>
<b>Hormona (A)</b>	1.98	0.1703	ns
<b>Concentración (B)</b>	1.47	0.2565	ns
<b>A × B</b>	1.24	0.3281	ns

**CV = 14.71 %**

El análisis de varianza (ADEVA) para la longitud del tallo a los 110 días no evidenció diferencias estadísticas significativas para el factor hormona, la concentración ni para la interacción entre ambos factores ( $p > 0,05$ ). El coeficiente de variación (CV = 14,71 %) indica una variabilidad moderada y una adecuada precisión experimental, por lo que no procede la

aplicación de la prueba de comparación de medias de Tukey al no existir efectos significativos entre los tratamientos evaluados.

**Tabla 24.** Adeva del diámetro de los 110 días

<b>Fuente</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Nivel de significancia</b>
<b>Hormona (A)</b>	<b>3.94</b>	<b>0.0380</b>	<b>*</b>
<b>Concentración (B)</b>	0.77	0.4758	ns
<b>A × B</b>	0.30	0.8735	ns

**CV = 4.94 %**

El ADEVA para el diámetro del tallo a los 110 días mostró diferencias significativas únicamente para el factor hormona ( $p < 0,05$ ), mientras que la concentración y la interacción no presentaron efectos significativos. El bajo coeficiente de variación ( $CV = 4,94 \%$ ) indica alta precisión experimental y confiabilidad de los resultados. De acuerdo con Cargua (2019) cuando un solo factor resulta significativo en un diseño factorial, se interpreta que dicho factor es el principal responsable de la variabilidad observada en la variable respuesta, validando la consistencia del efecto y la estabilidad del experimento.

**Tabla 25.** Diámetro 110 días ( $\alpha = 0.05$ )

<b>Hormona</b>	<b>Interpretación</b>
<b>Lenteja</b>	Mayor diámetro
<b>Ácido giberélico</b>	Intermedio
<b>Canela</b>	Menor diámetro

*Nota.* Elaborado por Lagos (2025)

La prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para el diámetro del tallo a los 110 días mostró que el extracto de lenteja presentó el mayor diámetro, diferenciándose estadísticamente de la canela, mientras que el ácido giberélico obtuvo valores intermedios y no difirió significativamente de los demás tratamientos.

**Tabla 26.** *Resumen global de crecimiento*

<b>Variable</b>	<b>90 días</b>	<b>110 días</b>
<b>Raíz</b>	No significativo	No significativo
<b>Tallo</b>	No significativo	No significativo
<b>Diámetro</b>	No significativo	Hormona significativa
<b>Hojas</b>	No significativo	No significativo

*Nota.* Elaborado por Lagos (2025)

El análisis de varianza para las variables de crecimiento a los 90 y 110 días mostró que, en general, el tipo de hormona y la concentración no influyeron significativamente en la longitud de raíz, longitud de tallo ni en el número de hojas ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, para el diámetro a los 110 días se detectaron diferencias estadísticas significativas atribuibles al tipo de hormona ( $p < 0.05$ ), con valores superiores en plántulas tratadas con lenteja. Los coeficientes de variación obtenidos fueron bajos a moderados, lo que indica una adecuada precisión experimental.

**c) Identificación de la hormona con mejor desempeño en la producción integral de plántulas de *Morella pubescens*, mediante la comparación de medias y la aplicación de pruebas estadísticas inferenciales.**

**Tabla 27.** *Resultados promedio de germinación y número de plántulas de *Morella pubescens* a los 90 y 110 días según tratamiento*

<b>Tratamiento</b>	<b>Germinación (%) 90 días</b>	<b>Germinación (%) 110 días</b>	<b>N.º de plántulas 90 días</b>	<b>N.º de plántulas 110 días</b>
<b>Extracto de lenteja</b>	78,10 a	83,40 a	73,22 a	88,11 a
<b>Ácido giberélico</b>	69,90 b	74,80 b	54,56 b	74,56 b
<b>Extracto de canela</b>	55,70 c	60,20 c	41,78 c	55,89 c

**Nota.** El extracto de lenteja mostró los mayores valores de germinación y número de plántulas en ambos periodos de evaluación, superando estadísticamente al ácido giberélico y a la canela. Se mantiene el mismo patrón de superioridad a los 90 y 110 días según Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Elaborado por Lagos (2025).

## 14. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permitieron concluir que el tipo de hormona pregerminativa influye de manera significativa en el porcentaje de germinación y en la emergencia de plántulas de *Morella pubescens*, tanto a los 90 como a los 110 días después de la siembra. El análisis estadístico evidenció que el extracto natural de lenteja presentó consistentemente los mayores valores de germinación, superando de forma significativa al ácido giberélico y el extracto de canela. Si bien la concentración del tratamiento mostró un efecto global en el análisis de varianza, la prueba de comparación de medias no permitió discriminar diferencias entre niveles, lo que indica que la respuesta germinativa estuvo determinada principalmente por el tipo de hormona aplicada y no por la dosis.

El análisis de las variables morfológicas evaluadas permitió establecer que las concentraciones de los tratamientos pregerminativos no generaron diferencias estadísticas significativas en la mayoría de los atributos de crecimiento inicial, tanto a los 90 como a los 110 días. No obstante, se observó que el diámetro del tallo de los 110 días presentó diferencias significativas atribuibles al tipo de hormona, destacándose nuevamente el extracto de lenteja con valores superiores. Por lo tanto, desde una perspectiva técnica y operativa, el uso de concentraciones más bajas resulta suficiente y eficiente para la producción de plántulas en vivero.

La comparación estadística de los tratamientos permitió identificar que el extracto de lenteja fue la hormona con mejor desempeño integral en la producción de plántulas de *Morella pubescens*, al presentar los mayores porcentajes de germinación, el mayor número de plántulas establecidas y un mayor diámetro del tallo en la etapa final de evaluación. Pues, el comportamiento superó de manera consistente al ácido giberélico utilizado como químico y al extracto de canela cuyo efecto se relacionó principalmente con funciones sanitarias más que con estimulación fisiológica. De esta manera se constituye la alternativa más eficiente y sostenible y técnicamente viable para la propagación de esta especie nativa en viveros comunitarios, aportando evidencia científica para su implementación en programas de restauración ecológica andina.

## 15. RECOMENDACIONES

Dado que el tipo de hormona fue el principal factor que influyó significativamente en el porcentaje de germinación y en la emergencia de plántulas de *Morella pubescens*, se recomienda priorizar el uso de extracto natural de lenteja como tratamiento pregerminativa en viveros forestales, especialmente en contextos andinos. La aplicación puede contribuir a mejorar la eficiencia germinativa y reducir la dependencia de reguladores de crecimiento sintéticos, promoviendo prácticas más sostenibles y acordes con los principios de la restauración ecológica.

Considerando que las diferentes concentraciones evaluadas no mostraron diferencias estadísticas significativas en el crecimiento inicial de las plántulas, se recomienda emplear concentraciones bajas o intermedias de los tratamientos pregerminativos, ya que estas resultan suficientes para obtener respuestas fisiológicas adecuadas. La práctica permitirá optimizar el uso de insumos, reducir costos operativos en viveros y facilita la replicabilidad del protocolo en proyectos comunitarios y programas de producción de plantas nativas.

En función del desempeño superior del extracto de lenteja en la producción integral de plántulas, se recomienda incorporar este bioestimulante como parte de los protocolos técnicos de propagación de *Morella pubescens* en programas de reforestación y restauración ecológica. Asimismo, se sugiere ampliar futuras investigaciones hacia la evaluación de este bioinsumos en otras especies forestales nativas y en condiciones ambientales distintas, con el fin de fortalecer su validación científica y su aplicación a mayor escala.

## 16.REFERENCIAS

- Barba, C. (2025). Comporación de la germinación de semillas y el desarrollo inicial de plántulas de *Agave angustifolia* Haw. y *Agave karwinskii* Zucc. en condiciones in vitro y en invernadero. *Revista Polibotánica*(59), 199-212.  
doi:10.18387/polibotanica.59.12
- Barrios, E. (2022). Efecto de dos enraizantes naturales y uno sintético en la propagación de zarzamora (*Rubus robustus* C. Presl). *Aporte Santiaguino*, 15(1), 72-86.  
doi:<https://doi.org/10.32911/as.2022.v15.n1.894>
- Calle, S. (2023). Diseños de investigación cualitativa y cuantitativa. *Revista Ciencia Latina Internacional*, 7(4). doi:[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i4.7016](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7016)
- Cargua, J. (2019). Eficacia de bioestimulantes sobre el crecimiento inicial de plantas de frejol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Recista Espamciencia*, 10(1), 14-22. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7020082.pdf>
- CEPAL. (2016). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe: [https://www.cedhnl.org.mx/bs/vih/secciones/planes-y-progra\\*\\*/Agenda-2030-y-los-ODS.pdf](https://www.cedhnl.org.mx/bs/vih/secciones/planes-y-progra**/Agenda-2030-y-los-ODS.pdf)
- Dávila, G. (2021). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y. *Laurus*, 12, 180-205. doi:ISSN: 1315-883X
- Delgado, I., Daza, J., & Luna, G. (2016). Cuantificación de carbono radical *Morella pubescens* (willd.) Wilbur en dos agroecosistemas(Nariño, Colombia). *Revista Forestal*, 19(2), 209-218.  
doi:<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2016.2.a06>
- Díaz, L. (2020). Efecto del acido gierelico sobre el crecimiento y desarrollo del fruto de banano. *Revista científica Nexus*, 1(1). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5002391.pdf>
- Espitia, M. (2016). Pruebas de germinación de semillas de forestales nativos de cordoba, Colombia, en laboratorio y casa malla. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación*

- Científica*, 19(2), 307-315. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v19n2/v19n2a07.pdf>
- FAO. (2023). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2023. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, 2(1). doi:<https://doi.org/10.4060/cc7724es>
- FAO. (2025). *FAO en Ecuador*. Obtenido de La deforestación mundial se desacelera, pero los bosques siguen bajo presión, según informe de la FAO: <https://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/zh/c/1744504/>
- Flores, J., & Ramirez, M. (2015). Efecto de tratamientos pre germinativos en al calidad de plántulas guapinol (hymenaea courbaril. *Revista científica Nexo*, 2(1). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/6483857.pdf>
- GAD-Cotopaxi. (2025). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Provincial*. Obtenido de Gobierno Autónomo Descentralizado de la provincia de Cotopaxi: <https://www.pazydesarrollo.org/wp-content/uploads/2022/02/6.-PDYOT-2021-2025.pdf>
- Garzón, E. (2020). Metodología de la Investigación. *Universidad Continental*. Obtenido de [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO\\_UC\\_EG\\_MAI\\_UC0584\\_2018.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf)
- Godoy, J., & Alcantara, J. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Revista Nova*, 17(32). Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-24702019000200109](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702019000200109)
- Huertas, C. (2024). *Evaluación de prácticas de siembra para la reforestación con Morella pubescens en zonas degradadas en el Área Protegida Comunitaria Tambillo*. Universidad de Cuenca. Obtenido de <https://dspace-test.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/45044/1/Trabajo-de-Titulaci%c3%b3n.pdf>
- Luna, G. (2021). Laurel de cera (*Morella pubescens*), especie promisoría de usos múltiples empleada en agroforestería. *Revista Agroforestería*, 1(1). Obtenido de <https://revistas.ut.edu.co/index.php/agroforesteria/article/view/15>

- Morales, M. (2017). Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie. *Revista Agrociencia*, 51(1). Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952017000100043](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000100043)
- Muñoz, J. (2017). Regeneración Natural: Una revisión de los aspectos ecológicos en el bosque tropical de montaña del sur del Ecuador. *Revista Indexada Bosques Latitud Cero*, 7(2). Obtenido de ISSN: 2528-7818
- Narváez, I., & Torres, L. (2022). Tratamientos pregerminativos y germinación de semillas de *Vochysia lehmannii* en los llanos orientales de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 125 - 136.
- Obando, B. (2025). Caracterización morfológica y dasométrica de *Morella pubescens* en el subpáramo del Santuario de Flora y Fauna del Volcán Galeras. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 19(37), 49-55. Obtenido de <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/entrecienciaeingenieria/article/download/3164/2730/8705>
- Pacheco, J. (2015). Efecto de tratamiento pre germinativos en la calidad de plantulas. *Revista científica Nexo*, 28(2). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6483857.pdf>
- Palma, J., & Parra, H. (2022). Análisis del ácido giberélico desde la cartografía conceptual con enfoque bioético y sustentable. *Acta universitaria*, 32. doi:<https://doi.org/10.15174/au.2022.3420>
- Palomeque, X., & Maza, A. (2017). Variabilidad intraespecífica en la calidad de semillas de especies forestales nativas en bosques montanos en el sur del Ecuador: Implicaciones para la restauración de bosques. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), 52-72. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/6650/665070588002.pdf>
- Romero, J. (2020). Caracterización morfofisiológica de semillas de especies leñosas distribuidas en dos zonas secas presentes en el sur del Ecuador. Obtenido de [https://oa.upm.es/39532/1/JOSE\\_MIGUEL\\_ROMERO\\_SARITAMA.pdf](https://oa.upm.es/39532/1/JOSE_MIGUEL_ROMERO_SARITAMA.pdf)

- Salazar, S. (2022). *Propagación vegetativa de Morella Pubescens, en San Pedro de Huaca, Carchi, Andes del Norte del Ecuador*. Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13330/2/03%20FOR%20350%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Uyaguari, C., & Jiménez, J. (2019). Respuesta de semillas de tres especies nativas altoandinas a diferentes. *\*\*kana, 10(2)*. doi:doi: 10.18537/mskn.10.02.07
- Vallejo, G. (2020). Pruebas robustas para modelos ANOVA de dos factores con varianzas heterogéneas. *Revista de Psicología, 31(1)*, 129-148. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/169/16912881007.pdf>
- Vega, M. (2021). Extracto de canela sobre las características de fermentación ruminal en sistemas in vitro. *Revista Ecosistemas, Recursos y Agropecuarios, 8(3)*. doi:<https://doi.org/10.19136/era.a8n3.2763>
- Villena, P., & Alain, J. (2024). Evaluación de germinación y dormancia de semillas de tres especies forestales nativas andinas en Azuay-Ecuador. *45(1)*, 177-186. doi:10.4067/S0717-92002024000100177