



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

**CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL
INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR, MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

TEMA:

**“Efecto de fitohormonas en propagación vegetativa vía estacas de
Magnolia mindoensis Cucharillo en San Pedro, Imbabura, Ecuador.”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de ingeniería forestal

Línea de investigación: Desarrollo agropecuaria y forestal sostenible

Autor: Jocelyn Adriana Gomez Benavides

Director: Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, MSc.

Ibarra-Ecuador-2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Gomez Benavides Jocelyn Adriana
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Efecto de fitohormonas en propagación vegetativa vía estacas de <i>Magnolia mindoensis</i> Cucharillo en San Pedro, Imbabura, Ecuador.
AUTOR (ES):	Gomez Benavides Jocelyn Adriana
FECHA: DD/MM/AAAA	12/05/2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Forestal
DIRECTOR/ASESOR:	Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, MSc./ Ing. Oscar Hernando Eraso Terán PhD.

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 12 días, del mes de mayo de 2026

EL AUTOR:



Firma.....

Nombre: Jocelyn Adriana Gómez Benavides

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, a los 12 días del mes de mayo de 2026

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

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

(f)

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, MSc.

C.C.:1002018941

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El comité calificador del trabajo de Integración Curricular “Efecto de fitohormonas en propagación vegetativa vía estacas de *Magnolia mindoensis* Cucharillo en San Pedro-Imbabura-Ecuador.” elaborado por Jocelyn Adriana Gómez Benavides, previo a la obtención del título del Ingeniería forestal, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f):
Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, MSc.
C.C.: 1002018941

(f):
Ing. Oscar Hernando Eraso Terán PhD.
C.C.1003565718

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres, **Carmen Benavides** y **Julio Gomez**, quienes han sido esenciales en mi vida y modelos de esfuerzo y constancia. A mis hermanos **Juce, Luis** y **Andrea**, por estar siempre ahí con su apoyo incondicional. También a mi familia y amigos cercanos, cuya confianza y motivación hicieron posible este proyecto de estudio. A todos ellos, por ser la base y la fuerza que hicieron posible este éxito profesional.

A quienes ya no caminan entre nosotros, pero habitan eternamente en nuestros corazones: aquellos ángeles guardianes **Miguel Gomez, Germán Cortez** y mi pequeña **Solangie Gomez** que desde el cielo iluminan y dirigen cada paso nuestro.

Con todo mi amor.

AGRADECIMIENTO

Con profundo amor agradezco a **Dios** por permitirme cumplir esta meta; a mis padres, **Carmen y Julio** por estar siempre apoyándome, a mis hermanos ya que han sido un elemento esencial en esta etapa y un modelo de perseverancia constante. Al resto de mis familiares gracias por estar presentes. A mis amigos, aquellos que estuvieron desde el inicio de esta meta y que ayudaron a que este trabajo profesional fuera un éxito; **Maholy, Bryan** entre otros. Agradezco a la Bióloga **Silvia Jami** por su excelente orientación técnica y a la empresa **Sol Gold** por los recursos que me brindaron. Mi agradecimiento a cada uno de los docentes que compartieron sus conocimientos conmigo a lo largo de la carrera, y finalmente a mis compañeros de clases; 4 años compartidos hoy quedan en agradecimiento.

Gracias infinitas.

RESUMEN EJECUTIVO

Esta investigación se basó en probar métodos para reproducir la especie *Magnolia mindoensis*, un árbol ecuatoriano en peligro de extinción que no se reproduce con facilidad. Se realizaron ensayos para su propagación vegetativa usando material vegetal (estacas) con diferentes tipos de fitohormonas (auxinas, citoquininas, giberelinas) y extracto de sauce (*salix babylonica*), en un sitio húmedo y cálido en San Pedro, Imbabura, Ecuador. El experimento se realizó con un diseño irrestricto al azar. A pesar de que los análisis estadísticos no mostraron diferencias importantes, los hallazgos revelaron la gran dificultad de propagar la especie de esta forma: ninguna de las estacas enraizó en ninguno de los ensayos y todas se marchitaron en dos semanas. Dando resultados de 0%. Las pruebas estadísticas confirmaron que los tratamientos hormonales no tuvieron ningún impacto. *Magnolia mindoensis* presenta una gran dificultad para reproducirse vegetativamente, quizás debido a su madera dura y a la falta de nutrientes almacenados. Esto indica que se demandan estrategias más específicas y estrictas para su cuidado fuera de su hábitat natural.

Palabras claves: *Magnolia mindoensis*, propagación vegetativa, fitohormonas, enraizamiento de estacas, conservación de especies.

ABSTRACT

This study investigated how to conserve the *Magnolia mindoensis* tree species (cucharillo), which is found only in the mountains of Ecuador and is endangered because it does not grow well on its own. The objective was to test the viability of propagation via cuttings (cut branches) using different hormones (such as auxins, cytokinins, and gibberellins) and a willow extract in the San Pedro area of Imbabura province. A randomized trial method was used after verifying that the location had adequate humidity and temperature. However, the results showed that it is very difficult to propagate this plant in this way: none of the cut branches rooted, and all died within 15 days. Statistical tests confirmed that there was no difference between using hormones and not using them. It is understood that *Magnolia mindoensis* cannot be easily cultivated using this cutting method, perhaps because its wood is very hard and lacks sufficient internal reserves. This suggests that more advanced methods are needed to help conserve it outside its natural habitat.

Keywords: *Magnolia mindoensis*, vegetative propagation, phytohormones, rooting of cuttings, species conservation.

LISTA DE SIGLAS

AIA: Ácido Indolacético (tipo de auxina)

ANA: Ácido Naftalenacético (regulador de raíces)

AG: Ácido Giberélico

ESM: Esquejes de *Magnolia mindoensis*

Índice

RESUMEN EJECUTIVO	vii
INTRODUCCIÓN	15
Problema de investigación	15
Justificación.....	15
Objetivos	16
Objetivo general	16
Objetivos específicos.....	16
Hipótesis o preguntas de investigación	16
CAPÍTULO I	17
MARCO TEÓRICO.....	17
1.1 Tipo de bosques.....	17
1.1.1 Montanos y premontanos	17
1.2 Descripción de la especie	19
1.3 Propagación.....	20
1.3.1 Propagación asexual.....	20
1.3.2 Propagación sexual.....	21
1.4 Fisiología de los Reguladores de Crecimiento Vegetal	21
1.5 Variables cuantitativas y cualitativas de investigación.....	22
1.5.1 Número de estacas con raíz.....	22
CAPÍTULO II	25
MATERIALES Y MÉTODOS	25
2.1 Tipo de investigación según los siguientes criterios:	25
2.2 Ubicación del lugar	25
2.3 Caracterización edafoclimática del lugar	27
2.4 Materiales, equipos y software.....	28
2.5 Métodos, técnicas e instrumentos.....	29
2.6 Operacionalización de variables.....	33
2.7 Procedimiento y análisis de datos.	37
CAPÍTULO III.....	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1 Distribución geográfica de los individuos a evaluar.	38
CAPÍTULO IV.....	55
Conclusiones y recomendaciones	55
Conclusiones	55

Recomendaciones.....	55
Referencias bibliográficas:.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas del ensayo de investigación	26
Tabla 2. Materiales, equipos y software a emplear en la investigación.....	28
Tabla 3. Características del experimento.	29
Tabla 4. Niveles de cada factor.....	30
Tabla 5. Tratamientos	30
Tabla 6. Distribución en campo.....	31
Tabla 7. Diseño de las matrices para el registro de los datos primarios.	31
Tabla 8. Estado fitosanitario de la estaca.....	36
Tabla 9. Resultados del Análisis Físicoquímico e Interpretación del Suelo.....	40
Tabla 10. Registro de aves encontradas en área de individuos evaluados.....	44
Tabla 11. Registro de mamíferos encontrados en el área de los individuos evaluados	44
Tabla 12. Registro de reptiles presentes en las áreas donde se encuentran los individuos evaluados.....	45
Tabla 13. Registro de insectos presentes en el área de estudio de los individuos	45
Tabla 14. Flora identificada en el área de ubicación de los individuos	47
Tabla 15. Número de estacas con brote de <i>Magnolia mindoensis</i>	51
Tabla 16. P_valor de sobrevivencia de estacas de <i>Magnolia mindoensis</i>	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sitio del ensayo de investigación San Pedro, Imbabura, Ecuador.	26
Figura 2. Distribución geográfica de los individuos evaluados en Lita, Imbabura, Ecuador ..	38
Figura 3. Precipitación y temperatura del área estudiada	42
Figura 4. Precipitación y humedad relativa del área estudiada.....	42

INTRODUCCIÓN

Problema de investigación

La especie *Magnolia mindoensis* (conocida localmente como cucharillo) es un taxón arbóreo endémico del Chocó biogeográfico, actualmente categorizado como "Vulnerable" por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2023). Este grado de amenaza obedece primordialmente a la fragmentación severa de su hábitat natural y a los bajísimos índices de regeneración natural que exhiben las poblaciones relictas en las estribaciones occidentales de los Andes ecuatorianos.

Un estudio reciente de *Magnolias mindoensis* en los bosques de Lita (en Imbabura) reveló que los individuos evaluados no producían fruto. Como no hay forma de obtener frutos se descartó la reproducción sexual, no se pueden usar métodos de reproducción a corto plazo para evitar que la especie pierda su diversidad genética. Por lo tanto, el uso de estacas es una forma ideal para propagar vegetativamente la especie. Sin embargo, la falta de información científica sobre cómo las hormonas vegetales externas afectan el enraizamiento en *M. mindoensis* ha impedido el desarrollo de métodos estándar para la reproducción por clonación. Esta investigación tiene el objetivo de aportar con este vacío de conocimiento, proporcionando la base para futuros planes de restauración ambiental.

¿Cuál es la respuesta de enraizamiento del material vegetativo de *Magnolia mindoensis* frente a la aplicación de distintos tratamientos fitohormonales, evaluados bajo condiciones de vivero en San Pedro, Imbabura, Ecuador?

Justificación

Magnolia mindoensis (cucharillo) constituye un elemento intrínseco e irremplazable del patrimonio forestal nativo ecuatoriano. Históricamente, sus cuotas poblacionales han sufrido un declive alarmante en el estrato premontano de Lita, Imbabura, traccionado por la constante conversión del paisaje, las cortas ilícitas y una limitadísima tasa de recambio generacional. Esta degradación del acervo genético se ve exacerbada por la recalcitrancia en la obtención de simiente fértil in situ, colapsando los enfoques convencionales de repoblación maderable.

Dada esta presión natural, la multiplicación de plantas sin semillas se considera una técnica biotecnológica muy importante para conservarlas fuera de su ambiente natural. No

obstante, que esta técnica funcione o no depende principalmente de cómo el tejido debajo de la capa exterior de la planta reacciona a sustancias que controlan su crecimiento (hormonas vegetales). Estas sustancias determinan si se pueden formar raíces y por consiguiente, si la planta sobrevive. Para que se formen raíces artificialmente, es necesario aplicar un equilibrio de hormonas externas. Con este objetivo, el diseño experimental contempló la aplicación de tres reguladores sintéticos clave: un análogo auxínico (ácido indolbutírico), citoquininas y giberelinas. Complementariamente, se probó la eficiencia de un biorregulador natural extraído del córtex de *Salix babylonica* L., cuyo perfil fitoquímico acuna concentraciones de ácido salicílico e indolacético que han demostrado modular rutas auxínicas secundarias en otras especies leñosas andinas (Hartmann & Kester, 2014). La pertinencia del presente ensayo radica en someter a una verificación silvicultural la factibilidad del estacado para este taxón, cuyo resultado cooperará activamente a formular estrategias realistas de remediación ecosistémica y conservación germoplásmica en el conjunto regional. Asimismo, proveerá de inteligencia científica a cuerpos gubernamentales y comunidades custodias para optimizar la toma de decisiones en programas de gobernanza forestal sobre especies en categoría de amenaza.

Objetivos

Objetivo general

Determinar el efecto de fitohormonas en propagación vegetativa vía estacas de *Magnolia mindoensis* Cucharillo, en San Pedro-Imbabura-Ecuador.

Objetivos específicos

- Caracterizar ecológicamente la especie.
- Determinar el mejor tratamiento de fitohormonas para el enraizamiento de *Magnolia mindoensis*.

Hipótesis o preguntas de investigación

- **H₀:** Ninguno de los tratamientos de fitohormonas evaluados produce un efecto estadísticamente significativo ($\alpha = 0.05$), sobre las variables de enraizamiento, brotación y supervivencia de estacas de *Magnolia mindoensis*.
- **H₁:** Al menos uno de los tratamientos de fitohormonas evaluados produce un efecto estadísticamente significativo ($\alpha = 0.05$), sobre al menos una de las variables de propagación vegetativa de *Magnolia mindoensis*.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Tipo de bosques

Los biomas forestales configuran la red de dominancia terrestre más influyente de la biósfera, organizada por dinámicas de cobertura foliar multiestratificada que sostienen pendientes ecológicas complejas (FAO, 2020). Su rol sistémico resulta imperativo en la estabilidad del planeta; actuando como sumideros críticos de carbono fotosintético transicional (Pugh et al., 2019), amortiguadores hidrodinámicos y estabilizadores geomórficos primordiales (Pang & Xu, 2024). En franjas neotropicales, el gradiente altitudinal y orográfico ejerce una presión selectiva absoluta, definiendo tanto la arquitectura florística como el metabolismo global del parche forestal (Murga-Orrillo et al., 2021).

1.1.1 Montanos y premontanos

Las formaciones boscosas de la cordillera andina (montañas y premontanas) constituyen focos globales de diversificación genética y endemismo superlativo; no obstante, manifiestan una vulnerabilidad termodinámica extrema frente al dislocamiento del clima contemporáneo. Lozano (2002) acota estadísticamente que estos nichos albergan micro poblaciones estenoicas (restringidas a franjas topográficas de topografía escarpada), lo cual incrementa notablemente su riesgo de extinción estocástica. Algo que los hace especiales es que hay muchas plantas que crecen sobre otras plantas, cubriendo los troncos, las ramas y la capa de hojas secas en el suelo (Josse et al., 2003).

Bosques Montanos

Frecuentemente conceptualizados como selvas nubladas tropicales, estos ecosistemas se establecen en franjas altitudinales de 1 500 a 3 000 m s.n.m. (Bruijnzeel et al., 2011). Su estabilidad hídrica depende de la super saturación atmosférica y la precipitación horizontal al azar por la orografía andina, propiciando un dosel cerrado con altas sombras. Estos parches sirven como reservorios sumamente eficientes de carbono y nitrógeno sistémico; la edafogénesis acumula estos macronutrientes debido a que la baja termodinámica frena el metabolismo catabólico del microbiota rizoférica (Cabrera, 1996; Lozano, 2002; Kvist et al., 2006).

Bosques Premontanos

Los bosques premontanos se ubican entre los 1 000 y 1 500 m s.n.m., funcionando como transición biogeográfica clave entre las cuencas de bosque pluvial y las laderas montanas inclinadas. Este ecosistema se caracteriza por temperaturas medias anuales de 18 a 24 °C y precipitaciones intensas; la elevada convección atmosférica promueve la conectividad ecológica de los corredores de especies endémicas, preservando la diversidad genética de las poblaciones con distribuciones latitudinales (Pacheco et al., 2010)

Estudios ecológicos sobre revoluciones demuestran que la estructura premontana cambia radicalmente con la formación de claros en el dosel. La caída y colapso de árboles emergentes modifican la hidrología del suelo inferior, impulsando una sucesión primaria en el sotobosque que eleva su evapotranspiración estomática hasta un 36%. Esto resalta la capacidad adaptativa del bosque para mantener la resiliencia hídrica y acelerar la regeneración natural temprana en condiciones de estrés (Lozano, 2002). En consecuencia, las estrategias de gestión conservacionista deben basarse en protocolos silviculturales alineados con los ciclos hidrológicos y la autoecología de reclutamiento de cada especie.

1.1.2 Ecología General de los Bosques Montano y Premontano

Tanto la unidad montana como la premontana cohesionan la columna vertebral de los biomas neotropicales ecuatorianos. La estratificación altitudinal esculpe nichos ecológicos especializados, y aunque discrepan en su fisionomía arbórea dominante, ambos son biológicamente biodiversos y absolutamente determinantes para el secuestro de carbono biosférico y la regulación de la hidrometeorología continental (Spracklen & Righelato, 2014).

Clima y altura

La altitud hipsométrica define de manera asimétrica el crecimiento de estas formaciones boscosas. Estas tensiones abióticas restringen la radiación fotosintéticamente activa y obligan al dosel a capturar la precipitación interceptada, un proceso clave para recargar la humedad edáfica y estabilizar el microclima. Esta saturación constante promueve el desarrollo abundante de comunidades epífitas, briófitos y pteridófitos vasculares sobre el xilema de los árboles dominantes. Desde una perspectiva termodinámica neta, la biomasa primaria bruta en las franjas mesotérmicas (18–24 °C) excede notablemente los ritmos metabólicos de las cotas montanas (12–18 °C) (Cabrera, 1996).

Estructura y Sensibilidad Ambiental

Metódicamente, a medida que la isoterma asciende, el estrato arbóreo experimenta un enanismo adaptativo acoplado a un paulatino ensanchamiento del diámetro basal (DAP). Esta reducción del área foliar dominante es biológicamente mitigada por una sobre densidad de biomasa epífita adherida. Adicionalmente, el gradiente altitudinal induce una contracción de la riqueza total, seleccionando una flora estenotópica y altamente especializada. Paradójicamente, este refinamiento evolutivo las arrincona a ser críticamente vulnerables frente a descensos hídricos o shocks térmicos derivados de la inestabilidad climática contemporánea (Díaz Cordero, 2012; Mendoza, 2017).

Función Ecológica

Estos ecosistemas son muy importantes para controlar el agua y almacenar carbono. Los bosques de montaña actúan como "esponjas" de agua, capturando la humedad del aire y asegurando un flujo constante de agua a las zonas bajas (Bruijnzeel et al., 2011). Estudios recientes muestran que los suelos de alta montaña, que son ácidos y fríos, guardan una gran cantidad de carbono orgánico, y protegerlos es clave para reducir el calentamiento global (Spracklen & Righelato, 2014; Duque et al., 2021).

Especies Únicas y Protección

Es imperativo señalar que estos bosques representan el hábitat exclusivo de especies endémicas. La estabilidad de su microclima es el factor determinante para la supervivencia de estas estacas, las cuales poseen rangos de distribución restringidos y una baja tolerancia a la fragmentación del paisaje (Fadrique et al., 2024).

1.2 Descripción de la especie

Reino: Plantae

Filo: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Magnoliales

Familia: Magnoliaceae

Género: *Magnolia* Plum. Ex L.

Especie: *Magnolia mindoensis* A. Vázquez, D.A.Neill&A.Dahua.

1.2.1 Caracterización ecológica

Magnolia mindoensis, documentada formalmente por Vázquez-García et al. (2017) tras una reestructuración taxonómica de las *Magnoliaceae* andinas, es un clúster endémico del Chocó biogeográfico. Su distribución se encuadra en relictos primarios nublados premontanos (1.150 a 2.000 m s.n.m.) de humedad extrema (>2.000 mm). La arquitectura del árbol resalta por hojas coriáceas subreticuladas y estructuras florales robustas.

Ecológicamente, la especie garantiza el flujo de genes Interpoblacional y prohíbe la endogamia severa bajo un mecanismo de polinización cruzada entomófila basado en protoginia (anticipando la maduración del gineceo sobre el androceo) (Montaldo et al., 2017; Vázquez-García et al., 2017). A la fecha, su circunscripción en la Lista Roja de la IUCN atañe su condición "Vulnerable", traccionada por la antropización aguda y el aislamiento progresivo de su rango reproductivo andino. Por ello, es imperativo silvicultural reestablecer conectividad demográfica intercediendo corredores génicos entre nichos asilados.

1.3 Propagación

La macropropagación clonal vía estaquillado es uno de los métodos biotecnológicos más trascendentales en la silvicultura de especies bajo amenaza. Fundamentalmente, esta técnica estabiliza ontogénicamente a la especie, posibilitando la transferencia exacta e inalterada de genotipos élite a los bancos de germoplasma y núcleos de repoblación, garantizando genéticamente el reclutamiento forestal (FAO, 2024).

1.3.1 Propagación asexual

En taxones estenóticos provistos de una marcada dinámica de recalcitrancia seminal (cuya viabilidad reproductiva intrabanco es limitada temporalmente) la biotecnología forestal dicta el empleo urgente de estrategias agámicas de morfogénesis adventicia. Técnicas clásicas (macropropagación, acodos terrestres/aéreos) hasta altamente tecnificadas (micropropagación somática in vitro) son elementales imperativos de multiplicación vegetativa, previniendo la degradación germoplásmica de las formaciones remanentes (Carvalho et al., 2019; Vásquez-Morales et al., 2019). Particularmente, la clonación silvicultural suple la inactividad de reproducción sexual madura. A pesar de la profunda falta de cuantificación fenotípica existente para *M. mindoensis*, la parametrización de especies análogas de la misma subfamilia, tales como *M. mexicana* y *M. schiedeana*, establece la prehipótesis de compatibilidad clonal andina (De la Cruz et al., 2022; Zavala et al., 2006).

Tanto el acodo aéreo como el injerto de pequeños fragmentos de tejido tienen mucho éxito cuando se controlan la temperatura, la luz y la humedad (Ramírez et al., 2023). Esto ofrece una buena estrategia para restaurar el árbol *M. mindoensis* en el bosque. (Silvia Romero, 2025) menciona las cantidades de fitohormonas y las cantidades de agua que se debe usar. (Ver tabla 5)

1.3.2 Propagación sexual:

La germinación seminal de *Magnolia mindoensis* está encadenada a un profundo letargo morfofisiológico transitorio. El letargo es doble: por un lado, una resistencia mecánica extrema impuesta por la dureza lignificada del endocarpo; por el otro, una alta concentración fitoquímica de inhibidores fisiológicos residentes en el sarcotesta. Consiguientemente, quebrar la dormancia demanda rigurosos procedimientos de escarificación mecánica e inmersión hídrica continua para despojar el arilo rojo y reactivar la permeabilidad osmótica embrionaria (Pérez-Castañeda, 2015; Vázquez-García et al., 2017). Su ambiente se categoriza debidamente como seminalmente recalcitrante; las semillas perecen catastróficamente bajo deshidratación o regímenes de almacenamiento prolongado, lo que paraliza a los viveros tradicionales que no cuentan con sistemas criptobióticos de súper condensación o estratificación gélida (Hong & Ellis, 1996).

1.4 Fisiología de los Reguladores de Crecimiento Vegetal

Las plantas producen sustancias orgánicas llamadas fitohormonas, que, en cantidades muy pequeñas, actúan como mensajes químicos para controlar funciones vitales. Estas moléculas controlan el desarrollo de la planta, incluyendo cómo las células se especializan, cuándo florecen, cuándo las semillas germinan y cómo resisten condiciones difíciles. Fichet, L.2017).

1.4.1. Auxinas:

Las auxinas análogas sintéticas, en concreto el ácido indolbutírico (AIB) y el ácido 1-naftalenacético (ANA), asumen el rol principal como potentes catalizadores de la estimulación rizogénica peridermal en propágulos desprovistos de raíces previas. Trabajos como los de Gómez & López (2019) comprueban sistemáticamente que la dosificación exógena acelera la inducción ontogénica adventicia interrumpiendo tempranamente los ejes de polaridad basal inactiva. Fisiológicamente, su éxito descansa sobre un umbral estricto en el balance homeostático auxina/citoquinina; mientras el choque auxínico hiperregula la des-

diferenciación del cambium para tejer el cilindro vascular radicular, un exceso de citoquininas priorizaría la morfogénesis aérea (polo meristemático) a expensas de un colapso basal irrecuperable (Gray, 2004).

1.4.2. Citoquininas:

Las citoquininas clásicas (zeatina, kinetina) actúan como determinantes elementales en la citoquinesis meristemática y diferenciación organogénica; en esquemas silviculturales, dictaminan esencialmente la viabilidad de la regeneración y mitigación rápida de la necrosis foliar en estacas (Sakakibara, 2006). En contraposición transversal, el ácido giberélico comanda la morfogénesis mediante elongación intercelular; acoplándose directamente al receptor nuclear y desencadenando un complejo mecanismo de hidrólisis selectiva sobre los represores. Esta liberación catalítica rompe la dormancia celular pasiva, acelerando el ciclo embriogénico en viveros de alta tecnificación (Jordan & Casaretto, 2006).

1.4.3. Giberelinas:

Las giberelinas, especialmente el ácido giberélico (GA3), controlan el crecimiento celular por alargamiento. Lo hacen al unirse al receptor nuclear GID1, lo que provoca la destrucción de las proteínas DELLA que frenan el crecimiento y activa los genes necesarios para la respuesta (Jordan & Casaretto, 2006). En la propagación vegetativa, las giberelinas facilitan la germinación de semillas con latencia morfofisiología y aceleran el crecimiento de brotes en estacas, contribuyendo a uniformizar el desarrollo inicial en viveros forestales.

1.5 Variables cuantitativas y cualitativas de investigación.

La propagación vegetativa mediante estacas constituye una estrategia fundamental en programas de conservación y producción de especies forestales nativas. Para evaluar la eficiencia de estos ensayos, diversos estudios científicos han adoptado metodologías específicas que permiten cuantificar variables fisiológicas y sanitarias clave como el enraizamiento, la brotación, la salud del material propagado y la supervivencia posttrasplante.

1.5.1 Número de estacas con raíz

La cantidad de estacas que desarrollan raíces es un indicador muy fuerte para medir qué tan adaptable es una planta y cómo reacciona a las hormonas de crecimiento y a los cambios en el ambiente del vivero. Siguiendo el método de Brennan y Mudge (1998) usado en estudios

de *Inga feuillei*, este número se calcula dividiendo la cantidad de estacas que tienen al menos una raíz visible entre el total de esquejes usados en el experimento.

Normalmente, esta evaluación se hace después de cinco semanas, durante las cuales las estacas están en un ambiente con mucha humedad y temperatura controlada, usando Fito hormonas para ayudar a que se formen raíces. Este proceso nos da una medida clara de qué tan bien funcionan los métodos de enraizamiento, lo que permite ajustar la cantidad de hormonas para árboles que son difíciles de enraizar (Brennan & Mudge, 1998; Environmental Pollution Forestry, 2025).

1.5.2 Número de raíces por estaca

Más allá de qué tan bien radican, la cantidad promedio de raíces por estacas es clave para evaluar la forma y la fuerza de las nuevas raíces. Como indica la metodología de Brennan y Mudge (1998), contar las raíces útiles al momento del trasplante muestra qué tan bien se fijará la planta y qué tan bien podrá buscar nutrientes en la tierra.

Estudios sobre silvicultura han demostrado que la cantidad y el número de raíces dependen mucho de la cantidad de auxina externa que se use y del estado de la planta, especialmente de qué parte del brote original se tomó el esqueje (base, medio o punta). Los esquejes de la base suelen tener más azúcares almacenados, lo que, junto con tratamientos hormonales, mejora cómo se forman las raíces (Brennan & Mudge, 1998; Peredo, S. F., Parada, E., Álvarez, R., & Barrera, C. (2015); Environmental Pollution Forestry, 2025).

1.5.3 Número de estacas con brotes

La activación y el desarrollo de los brotes de los tallos son un factor fisiológico crucial que indica qué tan bien una estaca puede recuperarse después de que le salen raíces. En estudios con plantas leñosas complejas como *Argania spinosa*, se mide el porcentaje de estacas que desarrollan al menos un brote y el largo del brote más grande para saber qué tan fuertes son después de echar raíces Peredo, S. F., Parada, E., Álvarez, R., & Barrera, C. (2015).

Esta medición se hace generalmente entre las semanas seis y diez del experimento, ya que para entonces las nuevas raíces deberían poder proveer suficiente agua y nutrientes a las hojas nuevas. Investigaciones recientes sugieren que, si estos brotes aparecen pronto y crecen mucho, esto predice un buen resultado al plantar las plantas en su lugar final, especialmente en proyectos para restaurar especies en peligro Peredo, S. F., Parada, E., Alvarez, R., & Barrera, C. (2015); Environmental Pollution Forestry, 2025).

1.5.4 Estado fitosanitario

La salud de las plantas jóvenes es muy importante para saber qué tan bien crecerán y si el método de cultivo es seguro. Siguiendo un método establecido por Peredo, S. F., Parada, E., Álvarez, R., & Barrera, C. (2015), las plantas se clasifican al final del experimento en tres grupos: "sanas", "enfermas" (que muestran partes muertas, hojas amarillas o crecimiento de hongos) y "muertas".

Esta clasificación ayuda a encontrar problemas graves en el cultivo, como falta de agua por baja humedad o enfermedades causadas por demasiada agua y poca ventilación. Investigaciones recientes muestran que controlar la salud de las plantas ayuda a mejorar la forma en que se limpian la tierra y las plantas madre, protegiendo así especies valiosas como las *Magnolias* Peredo, S. F., Parada, E., Álvarez, R., & Barrera, C. (2015); Environmental Pollution Forestry, 2025).

1.5.5 Supervivencia

La tasa de supervivencia se refiere al número de estacas que siguen vivos al final de la prueba o después de ser trasplantados. Para que se cuente una estaca como "viva", debe tener partes firmes, raíces que funcionen y nuevas yemas que estén creciendo. Según el Peredo, S. F., Parada, E., Álvarez, R., & Barrera, C. (2015), esta medida resume qué tan bien funciona el método de reproducción, siendo clave para saber si es útil para vender o si es bueno para el medio ambiente.

Al observar juntas las variables de enraizamiento, estado fitosanitario y sobrevivencia, podemos entender cómo reacciona la especie a cosas importantes como el tipo de estaca, la cantidad de hormonas, el tipo de tierra y el control del clima. Para especies muy amenazadas como la *Magnolia mindoensis*, es fundamental establecer estas medidas para que los programas de conservación fuera de su hábitat natural y los viveros forestales que buscan restaurar el Chocó Andino tengan éxito Peredo, S. F., Parada, E., Álvarez, R., & Barrera, C. (2015); Environmental Pollution Forestry, 2025).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Tipo de investigación según los siguientes criterios:

Según la metodología que se planteó en este estudio, la investigación se clasificó como mixta, ya que combina el análisis cuantitativo mediante experimentación con tratamientos hormonales y análisis estadístico con componentes cualitativos descriptivos relacionados con la caracterización ecológica del hábitat.

Su finalidad fue aplicada, puesto que buscaba generar soluciones prácticas para la conservación de *Magnolia mindoensis* mediante técnicas de propagación vegetativa. El alcance fue explicativo, dado que no solo describe los resultados, sino que analiza el efecto de las fitohormonas sobre el enraizamiento.

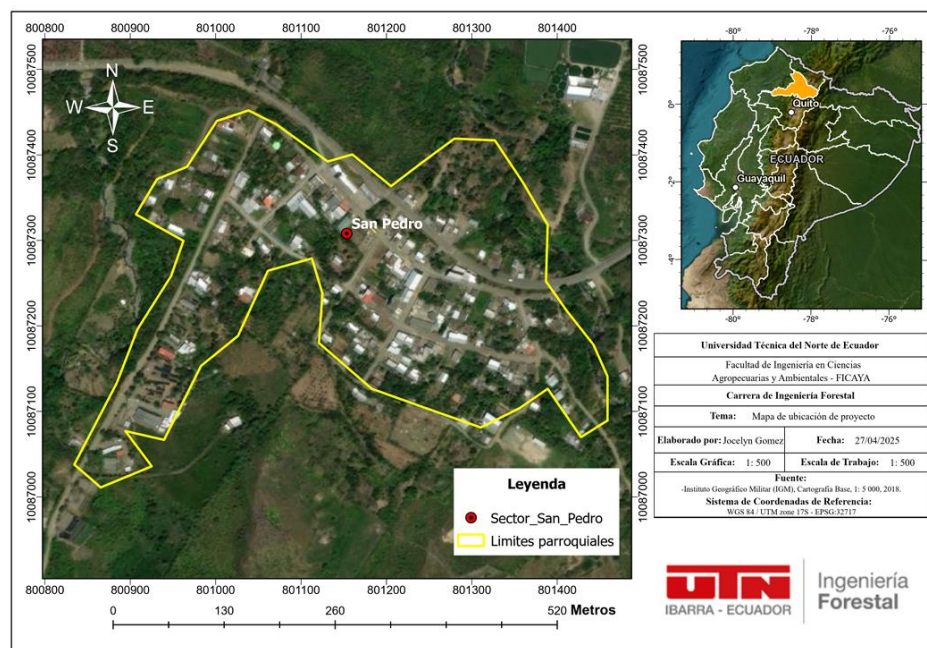
El modelo operativo de la presente investigación obedece al paradigma científico bio-cuantitativo; caracterizado por un alto nivel de control paramétrico *ex situ* instaurado para determinar correlaciones directas causa-efecto entre variables independientes silvícolas y la respuesta eco fisiológica vegetal. Su diseño medular radica enteramente en una manipulación experimental formal sistemática longitudinal (medición a lo largo de ciento cincuenta días), bajo la arquitectura de un Diseño Irrestricto al Azar (DIA). Las observaciones de monitoreo procedimental y levantamiento fenológico se integran al bloque algorítmico, constituyendo una herramienta inferencial para modelar probabilísticamente la recalcitrancia del germoplasma en condiciones tropicales de estrés vivo. Finalmente, por su lugar de ejecución, se desarrolló como un estudio de campo, desarrollado directamente en la comunidad de San Pedro, Imbabura.

2.2 Ubicación del lugar

Este estudio se desarrolló en la comunidad de San Pedro perteneciente a la parroquia de La Carolina, en el cantón de Ibarra, Imbabura-Ecuador. (Ver figura 1, tabla 1).

Figura 1.

Sitio del ensayo de investigación San Pedro, Imbabura, Ecuador.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.

Coordenadas del ensayo de investigación

Sitio de estudio	Longitud (W)	Latitud (N)
San Pedro	78° 14' 0" O	0° 48' 0" N

Norte: Con la parroquia de Lita y el límite provincial con Carchi (sector del río Mira).

Sur: Con la comunidad de Limonal y áreas de reserva forestal de la Cordillera Occidental.

Este: Con la comunidad de Guallupe (cabecera parroquial) y la desembocadura de ríos locales como el río San Pedro.

Oeste: La comunidad de El Guadual y sectores vecinos a la carretera Panamericana hacia San Lorenzo. (GAD Parroquial La Carolina, 2015).

La elección del área de estudio se evidencia por su función biogeográfica clave; la comunidad de San Pedro representa una zona de transición intensa entre la red de bosques pluviales de Esmeraldas y las estribaciones andinas noroccidentales. Esta correlación

topográfica fortalece corredores macro ecológicos altamente sensibles, que actúan como hábitat clímax estacional para los endemismos más sensibles del corredor Chocó Andino.

2.3 Caracterización edafoclimática del lugar

A nivel ecosistémico, el valle premontano de San Pedro converge bajo una faja isoterma mesotérmica e hiperhúmeda (11 a 17 °C). El estrato edafogénico está dominado por horizontes pardo-oscuros de perfiles fisiográficos abruptos (específicamente Andisoles escarpados e Inceptisoles transicionales) forjados sobre cenizas andesíticas agudas (Espinosa et al., 2014). Estas variables nativas garantizan altísimas concentraciones de materia orgánica libre; no obstante, su intrínseca humedad de estancación y pH altamente ácido enmarcan una zona de alta presión fisiológica para viveros en campo abierto, sentando un precedente abiótico crítico que interacciona de forma directa con la morfogénesis vascular artificial y el vector entomopatológico oportunista en los ensayos clonales (Climate-Data.org, 2024).

2.4 Materiales, equipos y software

Tabla 2.

Materiales, equipos y software a emplear en la investigación.

Materiales de campo	Materiales de laboratorio	Equipos	Software	Insumos
Hojas de campo	Microscopio	Cámara fotográfica	Microsoft Word	Auxinas (ácido indolbutírico (AIB) y el ácido naftalenacético (ANA))
Machete	Portaobjetos	Higrómetros	Microsoft Excel	Citoquininas
Martillo	Cubreobjetos	Computadora	ArcGis Pro 3	Giberelina
Tijera podadora Aérea	Balanza		KoboTool box	Hormona natural (sauce) <i>Salix babylonica</i> .
Material vegetal(estacas)	Guantes			
Piola	Estilete			
Regaderas				
Fundas 6x8				
Pala				
Periódico				
Tijera podadora				

2.5 Métodos, técnicas e instrumentos.

Diseño experimental:

Se utilizó un diseño únicamente para el cumplimiento del segundo objetivo en cuanto al primer objetivo se aplicó estadística descriptiva.

Se aplicó un diseño irrestricto al azar – DIA con un factor a estudiar que son las fitohormonas y el testigo (ver tablas 3,4,5,6)

Tabla 3.

Características del experimento.

Número de tratamientos	5
Número de repeticiones	4
Número de unidades experimentales	20
Número de estacas por unidad experimental	15
Número de estacas por tratamientos	60
Número de estacas totales	300

Tabla 4.*Niveles de cada factor.*

Factor	Niveles
Fitohormonas	Auxina
	Citoquinina
	Giberelina
	Hormona natural
	Testigo

Tabla 5.*Tratamientos*

Fitohormonas	Tratamientos	Descripción
Auxina	T1	4 litros de agua 4 gramos de auxina durante 24 horas
Citoquinina	T2	4 litros de agua 40ml de citoquinina durante 24 horas
Giberelina	T3	4 litros de agua 2,5 gramos de giberelina durante 24 horas.
Hormona natural	T4	4 litros de extracto de la corteza de <i>salix babylonica</i> durante 24 horas
Testigo	T5	Sin contenido

Tabla 6.

Distribución en campo.

T2	T4	T3	T3	T4	T2	T2	T5	T1	T5	T4	T5	T4	T1	T2	T3	T5	T1	T3	T1
R2	R1	R4	R1	R3	R4	R3	R2	R2	R3	R4	R4	R2	R3	R1	R3	R1	R4	R2	R1

Modelo estadístico del experimento.

El modelo estadístico que se aplicó en la investigación, es el siguiente:

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

En donde:

Y_{ij} : Variable respuesta de la ij -ésima unidad experimental.

μ : Efecto de la media general.

t_i : Efecto del i -ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} Efecto del error experimental asociado a la i -ésima unidad experimental.

Tabla 7.

Diseño de las matrices para el registro de los datos primarios.

Formato de actividades			
Unidad experimental	Número de raíces por estacas	Número de brotes	Estado fitosanitario de la estaca

Instalación del experimento.

Objetivo 1

Distribución geográfica de los individuos a evaluados

- El marco paramétrico abarcó el geoposicionamiento en precisión métrica (X,Y,Z) del banco semillero local remanente, cuantificado en 5 individuos clímax evaluados. Dada la extrema escasez del taxón en el ecosistema andino, el rigor muestral obedece a un censo biológico dirigido, priorizando genotipos funcionales con diámetros en categorías máximas.

Hábitat

Para el anidamiento ecológico, se trazó una cuadrícula dasométrica sistemática de 100 m² (10 m x 10 m) pivotando geoméricamente el fuste principal de *M. mindoensis* al epicentro de la parcela transeccional metodológica (Ríos-Chamba & Acevedo-Carrión, 2007). donde se evaluaron las siguientes variables:

Tipo de suelo

Inmediatamente, se ejecutó una retícula de recolección edáfica en aspás, extrayendo cilindros de suelo rizosférico para someterlos a espectrometría inorgánica y demanda de acidez biológica en laboratorio homologado. Se tomaron 5 muestras de suelo de cada individuo y se realizó un análisis.

Factores climáticos

Instalando pluviómetro casero se tomaron datos de la precipitación.

Con la ayuda de un hidrómetro de tomaron datos de Humedad relativa y temperatura, cada 15 días.

Fauna asociada

Se recopiló información de fauna asociada a la especie con la ayuda de documentos generados localmente.

Flora asociada

Se recolectó muestras botánicas de árboles que se encuentran asociados a la especie forestal en estudio, y se trasladara al herbario de la UTN para su reconocimiento.

Objetivo 2

Recolección del material vegetal - estacas

Se recolectó de la parte baja de la copa del árbol utilizando una tijera podadora aérea.

Traslado del material vegetal: Se utilizó papel periódico humedecido para su traslado.

Selección de las estacas.

Se evaluaron parámetros como diámetro, longitud y número de yemas para su definitiva selección.

- Se aplicaron fitohormonas de enraizamiento: Las cuales se mantuvieron con el tratamiento durante 24 horas.

T1. Auxinas

T2. Giberelinas

T3. Citoquinina

T4. Hormona natural (Sauce)

T5. Testigo

Una vez aplicados los tratamientos mencionados se procedió con la siembra y se evaluó las siguientes variables durante 5 meses cada 15 días.

(Ver ilustraciones Anexo 1)

Variables a evaluar

- Numero de estacas con raíz.
- Numero de raíz por estaca.
- Numero de estacas con brotes
- Estado fitosanitario (verde, seca, enferma)
- Supervivencia

2.6 Operacionalización de variables.

Objetivo 1

Distribución geográfica: Se uso el programa de koboToolbox para tomar datos como los puntos GPS que fueron insertados en ARGIS. Para realizar un mapa de distribución de los individuos a estudiar.

Hábitat: Se trabajó con la metodología propuesta por Ríos Chamba & Acevedo Carrión, (2007), en donde se tomó una muestra en de suelo en cada sitio donde este ubicado un individuo, estas muestras fueron llevadas a un laboratorio para realizar su respectivo análisis de PH, micronutrientes, contenido de MO.

Factores climáticos: Se aplicó un pluviómetro casero y se realizó un registro cada 15 días.

Instalación de higrómetros: Se instaló uno en el vivero y otro en campo en uno de los individuos a evaluar con el fin de tener un registro de la humedad relativa, se obtuvo información cada 15 días mediante una descarga de datos por medio del bluetooth.

Interacción de fauna asociada: Se realizó una clasificación de animales entre mamíferos, aves, reptiles, insectos y anfibios asociados al objeto de estudio con información secundaria.

Interacción flora asociada: Se realizó una identificación de especies que se encuentran dentro de la parcela de 10 x10 para así conocer su asociatividad.

Objetivo 2

Se realizó la recolección del material vegetal con ayuda de tijeras aéreas tomando en cuentas las condiciones del objeto de estudio, se ejecutó su posterior traslado con ayuda de periódico humedecido con el fin de no perder sus propiedades.

Para elegir el material vegetal, se usaron estadísticas simples, como el promedio y la variación, para asegurar que las plantas fueran parecidas (Hartmann & Kester, 1998). Se escogieron estacas que cumplieran con las características deseadas según Mesén, F. (1998): un grosor de hasta 3 cm, unos 20 cm de largo y al menos tres brotes /yemas axilares) por estaca.

Por la escasez del material vegetal de *Magnolia mindoensis*, según el diseño planteado se obtuvo una población de 300 estacas, de estas se consiguió un tamaño de la muestra de 25 estacas para los estudios de fisiología. Usando una fórmula de muestreo con un margen de error del 20%, se midieron aspectos, como la cantidad de agua presente, el agua que pueden absorber al máximo, la cantidad de agua relativa y la falta de agua, siguiendo el método de (Cachique et al 2011)

Conocer cuánta agua tienen estas plantas al principio es clave para entender qué tan firmes son sus tejidos y cómo reaccionarán a los químicos de crecimiento usados en el vivero (Hartmann & Kester, 1998; Cachique et al 2011).

Fórmula para calcular el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q} \quad (\text{Steel \& Torrie, 1980})$$

Donde:

- n = Tamaño de la muestra
- N = Tamaño de la población (número total de individuos o unidades experimentales posibles)
- Z = Valor de la distribución normal estándar (según el nivel de confianza deseado):
 - 1.96 para un 95 % de confianza
 - 2.58 para un 99 % de confianza
- p = Proporción esperada de éxito (si no se conoce, se usa 0.5 como valor conservador)
- $q = 1 - p$
- e = Error de estimación permitido (por ejemplo, 0.05 para ± 5 % de margen de error)

Se estableció el ensayo con el diseño irrestricto al azar en donde se evaluó:

- Número de estacas con raíz.

Se evaluó existían raíces y brotes en la misma estaca, por observación, sacrificando las estacas que cumplan con estas características; se retiró la estaca de la tierra con sumo cuidado para no dañar las raíces, con una brocha se eliminó primero la tierra de las raíces.

- Número de raíz por estaca.

Aunque el plan de manejo forestal se estableció para un periodo de cinco meses (150 días) fuera del laboratorio, las mediciones de cómo crecían nuevos órganos (brotes aéreos y raíces) se hicieron diariamente durante las etapas iniciales. Este procedimiento tan detallado permitió registrar exactamente cómo se deterioraba la forma y función de las plantas. Se observó que estructura colapsaba a partir del cuarto día, y para el octavo día, las estacas ya estaban completamente muertas, sin que se formara ningún nuevo individuo. Las unidades de conteo nulo se reportaron invariablemente como índice 0%.

- Número de estacas con brotes

Los brotes se evaluaron como una variable cuantitativa, cada quince días se realizó la evaluación de brotes por la duración de cinco meses, utilizando la siguiente fórmula. (Vaca Cazares, 2025).

$$\% \text{ de prendimiento} = \frac{\text{número de individuos con brote}}{\text{número de individuos iniciales}} \times 100$$

- Estado fitosanitario

Al mismo tiempo, se realizó una vigilancia cualitativa a través de la observación directa para evaluar la salud del material. La condición fitosanitaria se clasificó según las pautas técnicas de Acevedo, C. F. R. (2008), lo que hizo posible agrupar la presencia de enfermedades, bacterias o problemas de desarrollo durante la fase de enraizamiento. Esta evaluación de la salud de las plantas es esencial para distinguir entre el buen crecimiento y los problemas causados por factores bióticos negativos (Acevedo, C. F. R. 2008); SORIA CARRERAS, S. A. N. T. I. A. G. O., & SORIA RUIZ-OGARRIO, S. A. N. T. I. A. G. O. (2024).

Tabla 8.

Estado fitosanitario de la estaca.

Unidad de medida	Cualidad
1	Enfermo
2	Débil
3	Regular
4	Sano
5	Excelente

Estacas sanas debían presentar color tendiente a verde o marrón claro uniforme, una estaca seca debía presentar deshidratación ausencia de yemas activas y será de color café, por ultimo las estacas enfermas debían presentar manchas, signos de perdida de hidratación, necrosis y presencias de plagas u hongos.

- **Sobrevivencia**

Relacionado a la sobrevivencia con datos cuantitativos, se evaluó una sola vez a los cinco meses, tomando como referencia las estacas por tratamiento y por repetición, utilizando la siguiente formula mencionada en estudios de (Romero Flores, 2025).

$$\% \text{ de sobrevivencia} = \frac{\text{número de individuos finales}}{\text{número de individuos iniciales}} \times 100$$

2.7 Procedimiento y análisis de datos.

Con los datos colectados se realizó la comprobación de supuestos estadísticos: normalidad se aplicó la Prueba de Shapiro Wilk, en cuanto a homocedasticidad se realizó la Prueba de Levene. En caso de no cumplan se ejecutó el proceso de normalización de los datos; en caso de que se cumplan o se normalicen se realiza el análisis de varianza. Con este se determinó si existen o no diferencias significativas entre el efecto de las fitohormonas. Para el análisis de las variables cualitativas se utilizó pruebas no paramétricas. (Kruskal-Wallis (H) y Dunnett)

Se planteo aplicar pruebas no paramétricas pero debido a la naturaleza de los datos obtenidos no fue necesario aplicarlas.

CAPÍTULO III

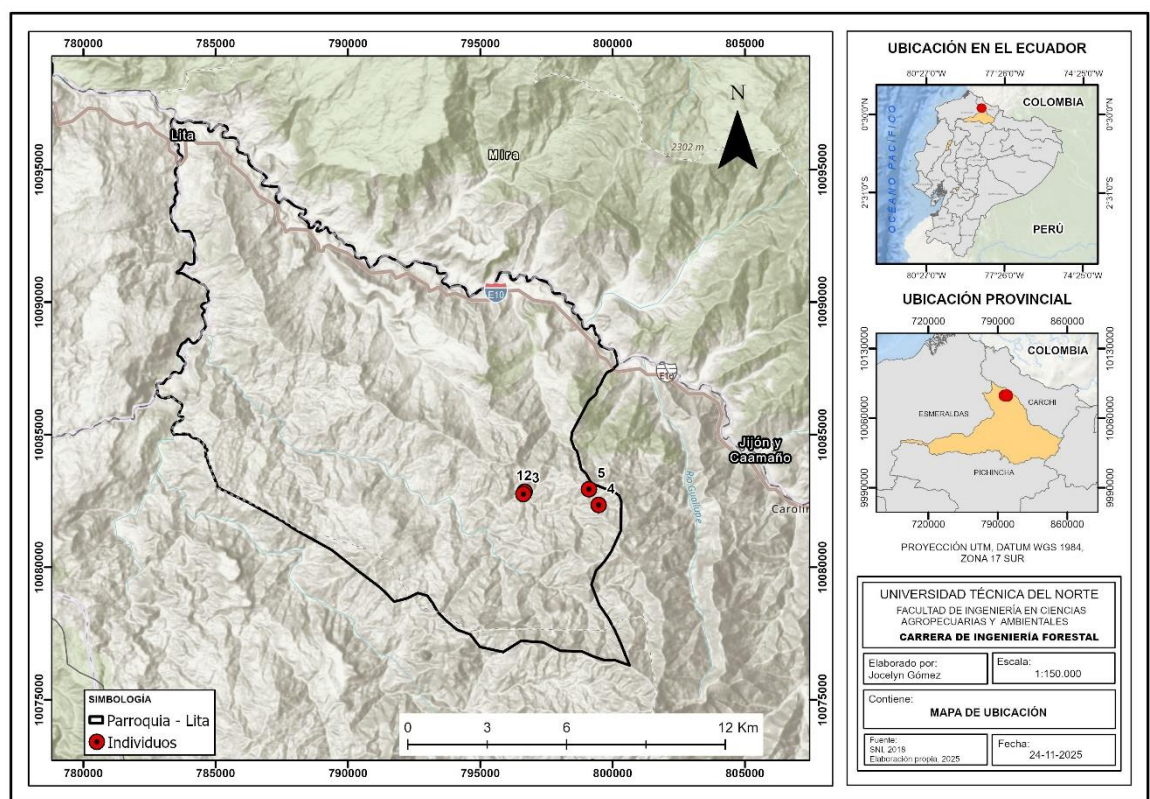
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Distribución geográfica de los individuos a evaluar.

Este análisis muestra la distribución geográfica de los individuos estudiados, identificando sus ubicaciones específicas y proporcionando un contexto visual claro sobre su dispersión. (Ver figura 2).

Figura 2.

Distribución geográfica de los individuos evaluados en Lita, Imbabura, Ecuador



Fuente: Elaboración propia

La distribución espacial de los individuos de *Magnolia mindoensis* en la parroquia Lita evidencia su estenotopia ambiental, requiriendo condiciones microclimáticas específicas. El análisis de los sitios de ocurrencia de los ejemplares evaluados indica una preferencia por zonas montanas hiperhúmedas, alineándose con las observaciones de Vázquez-García et al. (2017) para el Chocó andino. La exclusividad de registros en fragmentos boscosos remanentes configurados como islas ecológicas subraya su alta vulnerabilidad a la fragmentación hábitat, con implicaciones directas en la dinámica meta poblacional y riesgo de extinción local.

Los datos de medición de los árboles muestran que la población está formada principalmente por ejemplares muy grandes. Las circunferencias de estos árboles, medidos a la altura del pecho (CAP), son mayores de 180 cm, llegando hasta los 248 cm en el árbol número 4, lo que sugiere que estos bosques han servido como lugares seguros frente a los cambios del clima por mucho tiempo. En relación con esto, Neill et al. (2019) enfatizan que los árboles viejos y grandes no solo conservan la herencia genética de la especie, sino que también son fundamentales para la estabilidad del ecosistema, al proveer un hogar para otras plantas que crecen sobre ellos y para animales específicos.

Sin embargo, la buena salud de los individuos 1 y 2 (especialmente el individuo 2, que tiene un diámetro de 74,2 cm a la altura del pecho) sugiere que hay una dinámica de cambio o convivencia de diferentes capas de árboles. Pérez et al, (2017) mencionan que cuando hay árboles medianos robustos y árboles viejos juntos, la población tiene una estructura diversa, pero requiere monitoreo constante. Por ello, sugieren una "gestión flexible" que no solo cuide los árboles grandes y antiguos, sino que también asegure el crecimiento de los árboles jóvenes, que están más preparados para los desafíos actuales.

Dado que *M. mindoensis* es muy susceptible a los impactos humanos y del clima, su entorno es muy delicado. En este contexto, Arroyo & Pérez (2013) mencionan que el éxito de los planes de conservación depende de una base científica sólida que incluya tanto la protección de los hábitats que aún quedan como la intervención para ayudar a la regeneración. Para especies cuyas poblaciones están tan dispersas como la de Lita, es esencial crear corredores biológicos que unan a estos individuos aislados.

La condición de salud de los árboles más viejos apoya lo que García-Guzmán et al (2024) mencionaron: para conservar la variedad genética y la supervivencia de las poblaciones de *Magnolias*, es necesario actuar pronto cultivando plantas fuera de su lugar natural y gestionando sus semillas y tejidos, para evitar que los ejemplares más viejos mueran por envejecimiento natural.

Hábitat

Tipo de suelo:

Los resultados de análisis de suelo del área donde se encuentran los individuos de *Magnolia mindoensis*. describen datos como el tipo de suelo, nutrientes presentes y materia orgánica. (Ver tabla 9).

Tabla 9.

Resultados del Análisis Fisicoquímico e Interpretación del Suelo

Nutriente Parámetro	/	Valor	Unidad	Interpretación
N (Nitrógeno)		82,5	ppm	Medio
P (Fósforo)		1,32	ppm	Bajo
K (Potasio)		0,47	meq/100 ml	Bajo
Ca (Calcio)		4,73	meq/100 ml	Medio
Mg (Magnesio)		1,37	meq/100 ml	Medio
Zn (Zinc)		5,14	ppm	Alto
Cu (Cobre)		5,01	ppm	Alto
Fe (Hierro)		90,57	ppm	Alto
Mn (Manganeso)		20,9	ppm	Alto
B (Boro)		0,2	ppm	Bajo
pH		4,93	—	Ácido
Acidez intercambiable (Al+H)		3,45	meq/100 ml	Alta acidez
Aluminio (Al)		1,12	meq/100 ml	—
Calcio + Magnesio (Ca+Mg)		6,1	meq/100 ml	Medio
Conductividad eléctrica (CE)		0,16	mmhos/cm	No salino
Materia orgánica (MO)		10,03	%	Alta
Textura del suelo		—	—	Franco arenoso arcilloso

El análisis de los tenores edáficos revela la complejidad geoquímica que regula el bioma radicular en los bosques estudiados. Las pruebas de suelo indican un gradiente ácido extremo con pH de 4.93, desencadenando lixiviación masiva de cationes intercambiables (Ca, Mg, K) y acumulación de 1.12 meq/100 ml de aluminio en solución. Aunque Calderón Sáenz (2019) modeló la tolerancia de taxones magnoliales al Al libre, esta toxicidad inhibe severamente la

mitosis radicular inicial, compromete los meristemas cambiales y reduce drásticamente las reservas en propágulos juveniles.

Aunque el suelo tiene mucha materia orgánica, lo que indica que podría ser fértil y retener bien el agua, esto no significa que los nutrientes minerales estén fácilmente disponibles. La cantidad media de Nitrógeno (82,5 ppm) sugiere que se descompone lentamente, quizás debido a las bajas temperaturas o la gran acidez, lo que frena la acción de los microbios, como encontraron Duque et al. (2021) en selvas tropicales de montaña.

Se detectaron niveles muy bajos de elementos importantes como Fósforo (1,32 ppm) y Potasio (0,47 meq/100 ml). En suelos ácidos con mucho hierro y aluminio, el fósforo se "adhiera" o se vuelve inútil en formas que no se disuelven (fosfatos de aluminio y hierro), impidiendo que las plantas lo absorban. Esta falta de nutrientes es crucial para cómo funciona la especie y podría ser la razón del crecimiento lento o la poca resistencia a enfermedades en algunos árboles maduros.

Además, aunque es común encontrar mucho Hierro (Fe) y Manganeseo (Mn) en ambientes ácidos y con poco oxígeno, la falta de Boro (0,2 ppm) podría dificultar la división de las células y la supervivencia de las semillas, afectando la forma en que las plantas se reproducen naturalmente.

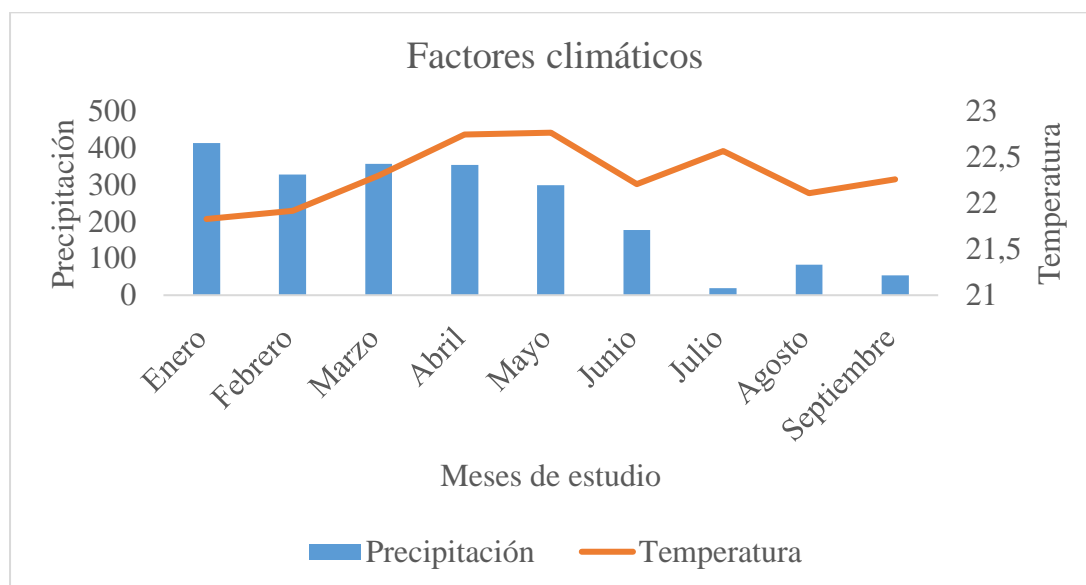
El tipo de suelo Franco arcilloso arenoso permite un buen equilibrio del agua, ya que la arena facilita la entrada de aire y la arcilla permite un intercambio moderado de nutrientes. Por último, la Conductividad Eléctrica (0,16 mmhos/cm) confirma que el suelo no tiene problemas de sal, lo que ayuda a que las raíces mantengan su equilibrio de agua en este ambiente húmedo.

Factores climáticos:

Los datos climáticos del lugar de estudio se muestran de los meses durante la investigación se muestran en la ilustración 3 y 4

Figura 3.

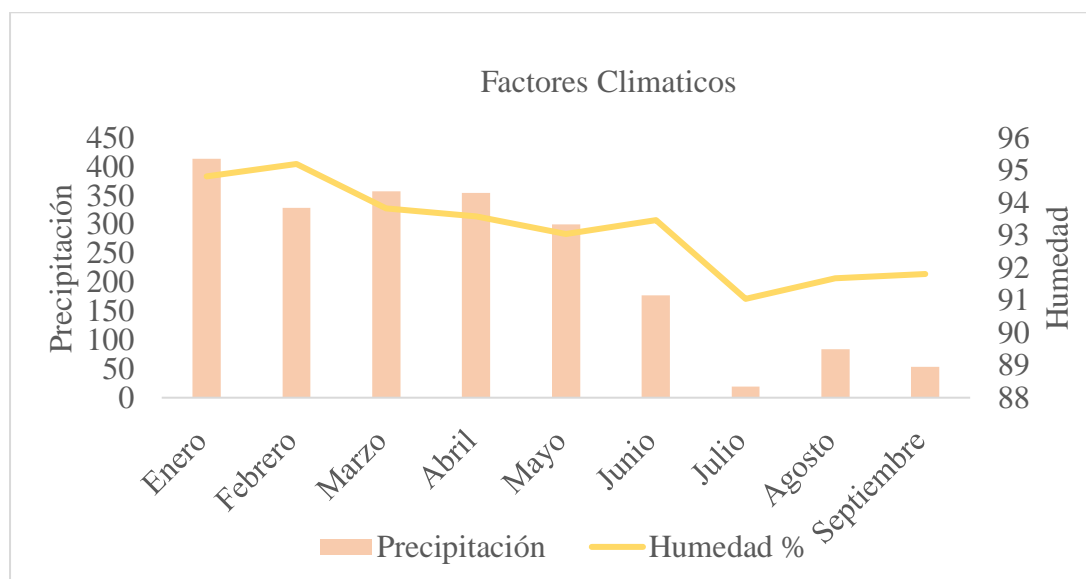
Precipitación y temperatura del área estudiada



Fuente. Elaboración propia

Figura 4.

Precipitación y humedad relativa del área estudiada



Fuente. Elaboración propia

En la región de Lita, las condiciones del tiempo exhiben una clara variación en la disponibilidad de agua a lo largo del año, aunque las temperaturas se mantienen bastante constantes. Esta pauta es clave para comprender cómo se desarrollan las plantas de los bosques locales.

De enero a abril, se presentan altas precipitaciones, siendo enero el mes con más precipitación con 410 mm. Esta gran cantidad de agua y la alta humedad (95%) son perfectas para que las plantas absorban agua y crezcan. Según Mondragón et al, (2025), las fuertes precipitaciones de estos meses rellenan el agua bajo tierra y mantienen el suelo húmedo, lo que ayuda a combatir la acidez y a que las plantas tomen nutrientes.

No obstante, en el mes de junio, la precipitación baja mucho, alcanzando solo 25 mm en julio, lo que causa una sequía anual. Durante esta época seca, la humedad del aire también disminuye a un 91%.

La temperatura varió muy poco (entre 21.8°C y 22.8°C), lo cual es normal para zonas de montaña tropicales cerca del ecuador. Pero el que las temperaturas más altas ocurran justo cuando empieza la temporada seca (abril-mayo) indica que la evaporación de agua de las plantas y el suelo podría aumentar.

Este pequeño aumento de calor, junto con la fuerte disminución de la lluvia en julio, podría causar más estrés a los árboles más viejos. Según Vázquez-García et al (2017), las *Magnolias* del Chocó necesitan un clima estable; pequeños cambios en la temperatura promedio pueden acelerar el envejecimiento en árboles maduros que ya no están en buen estado de salud, como se vio en los árboles 4 y 5 de este estudio.

Fauna asociada

La descripción ecológica del lugar de estudio se completa con la lista de animales, que se pudieron observar, las cuales encuentran relacionados con los árboles de *Magnolia mindoensis*. La clasificación de las especies halladas, organizada por orden, familias, nombre científico y nombre común, se presenta a continuación en las Tablas 10,11, 12 y 13.

Tabla 10.

Registro de aves encontradas en área de individuos evaluados

#	Orden	Familia	Nombre Científico	Nombre Común
1	Passeriformes	Thraupidae	<i>Tangara icterocephala</i>	Tangara Goliplata
2	Apodiformes	Trochilidae	<i>Heliodoxa imperatrix</i>	Brillante Emperador
3	Falconiformes	Falconidae	<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Halcón Reidor
4	Strigiformes	Strigidae	<i>Megascops ingens</i>	Autillo pálido
5	Passeriformes	Furnariidae	<i>Sclerurus obscurior</i>	Tirahojas Golianteado
6	Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas plumbea</i>	Paloma Plomiza

Tabla 11.

Registro de mamíferos encontrados en el área de los individuos evaluados

#	Orden	Familia	Nombre Científico	Nombre Común
1	Artiodactyla	Cervidae	<i>Mazama rufina</i>	Venado Rojo Pequeño
2	Primates	Cebidae	<i>Cebus capucinus</i>	Mono Capuchino

Tabla 12.

Registro de reptiles presentes en las áreas donde se encuentran los individuos evaluados

#	Orden	Familia	Nombre Científico	Nombre Común
1	Squamata: Serpentes	Colubridae: Colubrinae	<i>Oxybelis brevirostris</i>	Serpientes liana de hocico corto
2	Anura	Bufoidea	<i>Rhinella bella</i>	Sapo bello de la caña

Tabla 13.

Registro de insectos presentes en el área de estudio de los individuos

#	Orden	Familia	Nombre Científico	Nombre Común
1	<i>Hymenoptera</i>	Cicadidae	<i>Zammarini sp1</i>	Cigarra
2	<i>Lepidoptera</i>	Nymphalidae	<i>Archaeoprepona chromus</i>	Mariposa diurna
3	<i>Odonata</i>	Coenagrionidae	<i>Argia modesta</i>	Caballito de alas angostas
4	Orthoptera	Tettigoniidae	<i>Conocephalus sp1</i>	Saltamontes

El grupo más grande fue el de las aves, con seis tipos diferentes de cinco grupos. Sobresalieron las aves de dos grupos importantes en el bosque: los pájaros cantores (*Tangara icterocephala* y *Herpetotheres cachinnans*), y los que vuelan rápido, como la Paloma Plomiza (*Patagioenas plumbea*), que solo vive en los Andes. (Consultores Ambientales GESNAM, 2025).

Entre los mamíferos, se encontraron especies que conviven en un bosque subtropical, como el Venado Rojo Pequeño (*Mazama rufina*). La presencia del Mono Capuchino (*Cebus capucinus*) muestra lo complejo que es este lugar.

Reptiles e Insectos

Se encontraron reptiles, incluyendo la serpiente *Oxybelis brevirostris*. El grupo de los insectos mostró mucha variedad en sus funciones, con polinizadores (*Zammarini sp*, *Archaeoprepona*

chromus), saltamontes (*Conocephalus sp1*) y los que descomponen la materia (*Argia modesta*), lo que indica que hay mucha actividad en el ecosistema.

Los animales que viven donde se encuentra la *Magnolia mindoensis* son muy importantes, porque la supervivencia a largo plazo de esta planta depende de que el ecosistema esté sano y funcione bien. (Consultores Ambientales GESNAM, 2025).

Los animales encontrados en esta zona demuestran su valor como hábitat para la vida silvestre. El hecho de que haya mamíferos grandes del bosque como el venado pequeño (*Mazama rufina*) y el mono capuchino (*Cebus capucinus*), así como grandes depredadores y aves, muestra que el lugar está sano. Estos animales necesitan mucho espacio y un suministro constante de comida para vivir, lo que confirma lo bien que está el ecosistema (Terborgh et al., 2002). Que estos animales se muevan es muy importante porque ayudan a esparcir las semillas de los árboles, un paso clave para que la naturaleza se recupere y para que la *Magnolia mindoensis* sobreviva.

Para que la *Magnolia mindoensis* vuelva a crecer, las aves son clave para esparcir sus semillas. Aves como la Paloma Plomiza (*Patagioenas plumbea*) comen frutas y pueden llevar las semillas lejos, ayudando a que la planta se extienda y superando el problema de que las semillas no se muevan lo suficiente (Hernández, Á. (2007). Como no se pudo hacer crecer la *M. mindoensis* a partir de estacas, es crucial entender y proteger cómo se reproduce la especie con semillas, donde los animales que las dispersan son esenciales.

La presencia de insectos y aves demuestra que hay servicios importantes que el ecosistema brinda. El nivel de polinización de las plantas de la zona, incluso la *Magnolia*, que a menudo es polinizada por escarabajos y otros insectos, puede verse afectado. (Consultores Ambientales GESNAM, 2025).

Flora asociada

A continuación, se muestra la Tabla 14, la cual organiza seis plantas encontradas en la zona de estudio, según sus características. Estas plantas son importantes para entender el ecosistema, ya que algunas señalan cambios en el ambiente y otras tienen un gran valor para los bosques o para el medio ambiente en general.

Tabla 14.

Flora identificada en el área de ubicación de los individuos

#	Familia	Género	Especie	Nombre Común
1	Arecaceae	<i>Socratea</i>	<i>Socratea exorrhiza</i>	Pambil
2	Meliaceae	Guarea	Guarea guidonia	Guion
3	Arecaceae	<i>Euterpe</i>	<i>Euterpe precatoria</i>	Palmito
4	Moraceae	Ficus	<i>Ficus benjamina</i>	Mata palo
5	Sapindaceae	Nephelium	<i>Nephelium lappaceum</i>	Achotillo
6	Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>Ficus maxima</i>	Higuerón

Consultores Ambientales GESNAM (2025) afirma que la lista de plantas halladas (Tabla 14) muestra que hay especies de cuatro familias de plantas diferentes, lo que indica varios tipos de vida y ambientes. La familia de las palmas (*Arecaceae*) incluye la Palma Socratea (*Socratea exorrhiza*), una planta nativa de la parte baja del bosque con raíces singulares.

El análisis de la vegetación muestra un ambiente intermedio donde plantas locales importantes como *Socratea exorrhiza*, *Euterpe precatoria* y *Ficus maxima* crecen junto a especies no nativas como *Nephelium lappaceum* y *Ficus benjamina*. Esta mezcla es típica de los límites del Chocó Andino, donde la actividad humana cambia la composición original del bosque antiguo.

La existencia de palmeras (*S. exorrhiza* y *E. precatoria*) indica que el suelo aún tiene suficiente agua, lo cual es vital para la *Magnolia mindoensis*. Sin embargo, la presencia de *Nephelium lappaceum* (Achotillo) sugiere que podría haber cultivos.

La Palma (*Socratea exorrhiza*,) es muy importante en los hallazgos, la forma de sus raíces que parecen zancos le ayuda a vivir en suelos muy mojados o que no son firmes, algo común en los bosques tropicales húmedos (Kahn & De Granville, 1992. Según Pérez et al,

(2020), las *Magnolias* en Ecuador han sido obligadas a vivir en pequeños trozos de bosque rodeados de campos de frutas debido a la destrucción de su hogar. Esto cambia cómo se mueven los polinizadores y cómo se esparcen las semillas.

Un aspecto importante es el papel de los árboles llamados higuerones. Aunque *Ficus maxima* es muy importante para las aves de la zona, la especie *Ficus benjamina*, que no es nativa, compite con ella. Vázquez-García (2024) explican que, en los ecosistemas de esta región, traer plantas decorativas o frutales puede impedir el crecimiento natural de las *Magnolias* del grupo *Talauma* (como *M. mindoensis*) porque cambian la luz que llega al suelo del bosque y compiten por los nutrientes.

Por último, la sombra que ofrecen *Guarea guidonia* y *Ficus maxima* ayuda a crear el ambiente adecuado para reducir el daño del sol directo. Para que la *Magnolia mindoensis* siga existiendo a largo plazo en estos ambientes mezclados, será fundamental manejar bien estos trozos de bosque. Esto significa asegurarse de que el crecimiento de las plantas nativas no sea impedido por el avance de las especies no nativas mencionadas (Vaca, 2018; Metz et al, 2026).

La variedad de plantas indica un ecosistema saludable. Tilman et al. (2006) demostraron que tener una mayor diversidad de plantas (como la que se ve aquí, desde palmas hasta árboles que crecen primero) hace que el ecosistema sea más fuerte frente a los cambios del clima y los problemas.

Objetivo 2

Número de estacas con raíz.

La disección fisiológica postmortem reveló el colapso total e irreversible de la organogénesis radicular subterránea, con 0% de enraizamiento en todas las densidades hormonales evaluadas (T1-T5). El análisis estadístico no paramétrico confirmó varianza nula y fracaso absoluto en la clonación. Más allá de limitaciones en estacas juveniles, esto evidencia recesión meristemática grave y recalcitrancia regenerativa impenetrable; las auxinas exógenas fallaron al chocar con inhibiciones ontogénicas en tejidos maduros, bloqueando el metabolismo secundario y la citoquinesis vascular (Hartmann et al., 2014; Iglesias et al., 2020).

El hecho de que no haya ninguna señal de crecimiento, apoya la idea de el corte de la estaca haya provocado estrés al nivel de fallar y cabe mencionar que la *Magnolia mindoensis* es difícil de propagar a través de estacas, algo que ya se ha visto en otras especies de *Magnolia* (Iglesias et al. 2020). Esta dificultad se debe principalmente a lo madura que está la planta de la que se obtiene el material vegetal. Abedini, W. (2005) indican que los tejidos de árboles adultos envejecen y sus células pierden la capacidad de responder a las hormonas y producir nuevas raíces. Es posible que, aunque se usó auxina, la presencia de sustancias que inhiben el crecimiento o la falta de factores necesarios para el enraizamiento en el tejido maduro hayan cancelado totalmente el efecto de la hormona en las dos primeras semanas, impidiendo el inicio del crecimiento celular (Gerding, et al 1996)

Aunque la falta de enraizamiento es principalmente un problema del propio organismo, el estudio inicial del proceso debe incluir los factores ambientales estresantes (mencionados antes al hablar del suelo y el clima). Hartmann et al. (2014) advierten que cualquier factor de estrés (como un suelo muy ácido, demasiado aluminio, o cambios bruscos de humedad o temperatura), (presentes en el área de estudio); puede hacer que la estaca envejezca más rápido.

Los problemas del ambiente (temperatura) hacen que la planta use su energía y recursos para mantenerse viva en lugar de producir raíces. Si el problema es muy grande, las células mueren rápido, incluso antes de que la fitohormona pueda hacer efecto, lo que significa que no hay ninguna respuesta ni al principio ni al final.

Número de raíz por estaca.

En el tiempo establecido para el estudio no se obtuvieron valores favorables para esta variable, el número de raíces por estaca es importante para saber qué tan fuertes y aptos son para crecer en el campo. Cuando se propagan plantas usando partes de ellas, si una estaca

tiene más raíces que funcionen, podrá tomar mejor el agua y los nutrientes, de esta manera tendrá más posibilidades de sobrevivir después de que tenga raíces.

El hecho de que no crecieran raíces en las estacas de *Magnolia mindoensis* se debe a que la formación de raíces nunca comenzó. Hartmann et al. (2014) resaltan que el número de raíces depende de lo sana que esté la planta y de qué tan bien funcione el tratamiento con hormonas. Si no sale ninguna raíz, esto sugiere que la cantidad o el tipo de fitohormona no fue suficiente para iniciar la división y cambio de células, que es el primer paso para que crezcan raíces. En plantas difíciles de enraizar, la edad del tejido y la presencia de sustancias que detienen el crecimiento son las principales razones por las que probablemente no hubo respuesta.

Número de estacas con brote.

Se evaluó cada día el comportamiento de las estacas en vivero, para observar cómo afectaba la hormona al desarrollo de nuevos brotes, lo cual muestra que las estacas se mantuvieron vivas hasta los 8 primeros días de haber sembrado.

A partir del día 4 las estacas empezaron a mostrar problemas: perdieron firmeza, cambiaron de coloración lo que indica que se estaban deteriorando. Este deterioro se volvió mucho más rápido, y para el día 8, la mayoría de las estacas estaban completamente muertas o empezaron a pudrirse, por lo tanto, no se observó la brotación de rebrotes en ninguno de los tratamientos, lo que muestra que las fitohormonas no ayudaron en esta variable.

La prueba estadística ANOVA sobre la cantidad de estacas que brotaron (Tabla 15) mostró que el p valor siempre fue mayor que el límite de 0.05 en todos los días evaluados (Día 4: $P=0.6801$; Día 8: $P=0.6594$). La rápida pérdida de vida y al no obtener la formación de brotes muestran que el material vegetal (estacas) de *Magnolia mindoensis* tiene problemas biológicos, que los tratamientos con hormonas no pudieron solucionar.

Tabla 15.

Número de estacas con brote de Magnolia mindoensis

Día	No. estacas con brote (P_valor)
4	0,6801
5	0,1504
6	0,1504
7	0,5856
8	0,6594

La falta de brotes en las estacas significa que la hormona aplicada no pudo hacer que brotaran, o que el ambiente estresante impidió que las yemas laterales respondieran. (Gerding, et al 1996). En este caso, el cero por ciento de brotes, en todas las estacas, sugiere que la yema lateral pudo haber estado inactiva Abedini, W. (2005), sin poder reaccionar.

Los cambios en el estado morfológico de las estacas, vistos desde el día 4, como la rápida pérdida de agua y el oscurecimiento, indican que el balance de agua y el metabolismo se vieron muy afectados. Hartmann et al. (2014)

La rápida muerte de las células de la estaca fue probablemente por la falta de agua: el tallo no pudo tomar agua y el aire estaba seco, lo que causó sequedad. El estrés químico: el suelo muy ácido y la presencia del aluminio dañaron directamente las células. Marschner (2012) señala que el estrés por aluminio interrumpe funciones celulares importantes, lo que se ve como un rápido deterioro.

Estado fitosanitario

Se observó el estado fitosanitario desde el primer con una escala que mostraba qué tan buenas estaban las estacas morfológicamente. Ver (tabla 8). Esta escala servía para ver si las estacas estaban sanas o enfermas.

Frente a una senescencia fulminante (marchitamiento total a las 96 horas y pérdida masiva de soporte turgente basal), se condujo una intervención histotoxicológica forense in

vitro sobre el parénquima subyacente escindido. No se realizaron las pruebas paramétricas debido a que los resultados fueron negativos en todos los tratamientos.

Nicholls, C & Altieri, M (2006), dice que la salud de una planta depende de cuánta agua tiene y de qué tan bien produce su alimento. Como las estacas no tienen raíces para tomar agua cuando la pierden por transpiración, su falta de firmeza y el cambio de color (las primeras señales de "Débil") significan que no pueden controlar bien la pérdida de agua. También indican el inicio del envejecimiento causado por la falta de agua (Hartmann et al., 2014). Este estrés temprano afectó las reservas de energía que se necesitaban para que crecieran las raíces.

El estado final de "Enfermo" en el 100% de las estacas para el día 8 se asume que se debe a una infección.

Las plantas activan defensas, pero necesitan energía y partes sanas. En las estacas, el corte y mucha humedad facilitaron que las bacterias causaran daño, y las partes afectadas no podían defenderse (Gerding, et al 1996). La podredumbre blanda que siguió destruyó rápidamente las células, haciendo que la estructura y el funcionamiento se vinieran abajo, lo que se conoce como "Enfermo".

La dificultad de enraizar, el tejido adulto no repondió, según Abedini, W. (2005) los problemas del ambiente (suelos ácidos y demasiado aluminio, según Marschner, 2012) hicieron que las estacas de *Magnolia mindoensis* fueran muy propensas a las enfermedades. Santa et al (2024) destaca que las plantas reaccionan al estrés de forma completa.

Sobrevivencia

La Sobrevivencia se observó cada día y representa el porcentaje de estacas que conservan su firmeza, estructura intacta y color original, lo que muestra qué tan bien la estaca soporta condiciones difíciles del entorno y seres vivos. Esta medida es clave porque una baja supervivencia significa que no habrá crecimiento de raíces en el futuro. Ver tabla 16.

Tabla 16.

P_valor de supervivencia de estacas de Magnolia mindoensis.

Día	Sobrevivencia
	P_valor
4	0,6862
5	0,1504
6	0,1504
7	0,5856
8	0,6593

El estudio de la supervivencia mostró una disminución rápida y preocupante, lo que coincidía con el empeoramiento físico al no ver el desarrollo de brotes. Aunque se usaron tratamientos con hormonas para intentar mejorar su vida, la supervivencia empezó a bajar desde el día 4 y cayó en picado. Para el día 8, casi no existía supervivencia, obteniendo resultados de 0% en la todos los tratamientos, lo que significa que las estacas no pudieron sobrevivir.

Aquí, el testeo corroboró taxativamente la ocupación pervasiva del agente entomopatógeno causante de pudrición blanda: la enterobacteria destructiva *Pectobacterium carotovorum* (anteriormente circunscrita taxonómicamente bajo el linaje *Erwinia carotovora*) (Lei et al., 1987). La saturación hiperhídrica fungió directamente como un vehículo incubador, precipitando el colapso bioestructural que socavó y diluyó las barreras pépticas xilemáticas antes de poder metabolizar la inoculación exógena hormonal de los tratamientos.

La falta de diferencia en la sobrevivencia entre los tratamientos, junto con el hallazgo de *Erwinia carotovora*, muestra que la infección biológica fue el problema principal que impidió el crecimiento, anulando cualquier beneficio de las auxinas.

Encontrar *Erwinia carotovora* es muy importante. Agrios (2005) señala que los cortes en las estacas son puntos de entrada perfectos para esta bacteria, especialmente cuando hay mucha humedad y temperaturas templadas. La bacteria no solo mata las células directamente, sino que su rápido crecimiento aceleró el envejecimiento y el daño estructural que se vio desde el Día 4, haciendo que no sobreviviera ninguna estaca para el Día 8. La infección biológica no permitió enraizar.

Los suelos con poco aire, mucha precipitación y mal desagüe son ideales para microbios que no necesitan oxígeno o pueden vivir con poco. El suelo empapado por la mucha humedad en la superficie ayudó a que creciera una bacteria. Además, este exceso de agua debilitó las estacas, haciéndolas más fáciles de atacar por los microorganismos, impidiendo que pudieran defenderse de la infección, lo que permitió que la enfermedad avanzara sin obstáculos.

CAPÍTULO IV

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- El hábitat natural de *Magnolia mindoensis* en Lita se caracteriza por suelos franco-arcillo-arenosos con acidez extrema (pH 4.93), elevada saturación de aluminio y alto contenido de materia orgánica. La alta diversidad florístico-faunística confirma su rol como corredor ecológico interconectado para la vida silvestre.
- Ninguno de los cinco tratamientos evaluados (auxinas, citoquininas, giberelinas, extracto de *Salix babylonica* y testigo) logró que las ramas de *M. mindoensis* echaran raíces o brotaran. Ocho días después de comenzar el experimento, todo el material vegetal murió (100%), lo que se relacionó con la presencia de la bacteria *Pectobacterium carotovorum* en las partes afectadas y el exceso de humedad en el suelo. Se determinó que el método de reproducción vegetativa que se probó no funciona para esta especie en las condiciones de este estudio.

Recomendaciones

- Profundizar estudios de *magnolia mindoensis* en: comportamiento ecológico, silvicultural y propagación vegetativa utilizando otros tratamientos.
- Se recomienda realizar producción de plantas mediante propagación sexual debido a que en otros sitios como en el nororiente de Pichincha tienen una alta productividad de con este método.

Referencias bibliográficas:

- Abedini, W. (2005). Propagación vegetativa de *Parkinsonia aculeata* L. por estaquillado. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, (12), 23–33. <https://fcf.unse.edu.ar/index.php/quebracho/article/view/178>
- Acevedo, C. F. R. (2008). Masas forestales en cinco parques de Neiva: Especies, volumen de madera en pie, análisis estructural y estado fitosanitario. *Nodo: Arquitectura. Ciudad. Medio Ambiente*, 3(5), 85-99. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8690861>
- Agrios, George. N. (2005). *Plant Pathology* (5ta ed.). Elsevier Academic Press.
- Arroyo, F., A. J. Pérez & J. A. Vázquez-García. 2017. Six new threatened tree species of *Magnolia* (Magnoliaceae). Pp. 497–508. In: E. Salcedo-Pérez, E. Hernández-Álvarez, J. A. Vázquez-García, T. Escoto-García & N. Díaz-Echavarría (eds.), Recursos forestales del Occidente de México: Diversidad, manejo, producción, aprovechamiento y conservación. Serie Fronteras de Biodiversidad, Vol. 4, Tomo II. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías-Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Guadalajara, México.
- Brennan, Eric. B., & Mudge, Ken. W. (1998). Vegetative propagation of *Inga feuillei* from shoot cuttings and air layering. *New Forests*, 15(2), 151-163. <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/21904/BrennanPeerRevPdfs/New%20Forest%20vol%2015%20p37-51.pdf>
- Bruijnzeel, Sampurno L. A., Mulligan, Mark., & Scatena, Frederick. N. (2011). Hydrometeorology of tropical montane cloud forests: Emerging patterns. *Hydrological Processes*, 25(3), 465-498. <https://doi.org/10.1002/hyp.7974>
- CABRERA, H. M. (1996). Temperaturas bajas y límites altitudinales en ecosistemas de plantas superiores: respuestas de las especies al frío en montañas tropicales y subtropicales. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69(3), 309-320. https://rchn.biologiachile.cl/pdfs/1996/3/Cabrera_1996.pdf

- CACHIQUÉ, D., RODRÍGUEZ-DEL CASTILLO, Á. M., Henry, R. S., VALLEJOS, G., & SOLIS, R. (2011). Propagación vegetativa del sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) mediante enraizamiento de estacas juveniles en cámaras de subirrigación en la Amazonía Peruana. *Folia amazónica*, 20(1-2), 95-100.
- Calderón Sáenz, E. (2019, 8 de julio). *Horticultura de Magnolias para la Conservación: Curso de entrenamiento en técnicas empleadas por horticultores para la propagación de magnolias* [Archivo PDF]. Magnolia México. https://www.magnoliamexico2019.org/sites/default/files/contributions-2019-07/Calderon_2019.pdf
- Carvalho, S.C., Valverde, J., Souza, M., Ribeiro, T., Nazareth, S., Galetti, M., Côrtes, M.C. 2019. El papel de los zorzales en el mantenimiento de la estructura y diversidad genética de una palma tropical. *Ecosistemas* 28(1):26-34. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/2275>
- Climate-Data.org. (2024). *Clima San Pedro (Ecuador): Diagrama climático, Gráfico de temperatura, Tabla climática*. <https://es.climate-data.org/americadel-sur/ecuador/imbabura/san-pedro/>
- Consultores Ambientales GESNAM Cía. Ltda. (2025). *Anexo fotográfico: Monitoreo biótico semestral "Fase de exploración avanzada de minerales metálicos del área minera Cascabel" - Campaña agosto 2025*. Exploraciones Novomining S.A. (ENSA).
- Díaz Cordero, G. (2012). El cambio climático. *Ciencia y sociedad*. <https://intranetrepository.intec.edu.do/server/api/core/bitstreams/3bacdd56-e4ef-4b1f-a2eb-d5cced4f44aa/content>
- Dransfield, J., Uhl, NW, Asmussen, CB, Baker, WJ, Harley, MM y Lewis, CE (2005). Una nueva clasificación filogenética de la familia de las palmeras, *Arecaceae*. *Boletín de Kew*, 559-569.
- Duque, A., Pena, M. A., Cuesta, F., Van der Linden, A., Phillips, J., & Feeley, K. (2021). Mature Andean forests as globally important carbon sinks and future carbon refuges. *Nature Communications*, 12, 2138. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22459-8>

- Espinosa, J., Mite, F., Alvarado-Ochoa, S., & Moreno, J. (2024). Suelos de Ecuador: interpretación para manejo. *Siembra*, 11(3(Especial), e5548. Recuperado a partir de <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/5548>
- FAO. (2020). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020: Informe principal*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/ca9825es/ca9825es.pdf>
- FAO. (2024). *The State of the World's Forest Genetic Resources*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/cc1234en/cc1234en.pdf>
- Fichet, L.T. 2017. Biosíntesis de las Fitohormonas y Modo de Acción de los Reguladores de Crecimiento. Serie Nutrición Vegetal Núm. 92. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 6 p. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/biosintesis-de-las-fitohormonas-y-reguladores-de-crecimiento>
- GAD Parroquial La Carolina. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia La Carolina 2015-2025*. Ibarra, Ecuador: Secretaría de Planificación. <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/PDOT/Parroquial/PDOT%20LA%20CAROLINA.pdf>
- Gerding, V., Hermosilla, M. E., & Grez, R. (1996). Sustratos de corteza compostada para la propagación vegetativa de estacas de tallo de *Podocarpus nubigena* Lindl, y *Eucryphia cordifolia* Cav. *Bosque*, 17(2), 57-64.
- Gray W. M. (2004). Hormonal regulation of plant growth and development. *PLoS biology*, 2(9), E311. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0020311>
- Hartmann, Hudson. T., & Kester, Dale. E. (1998). *Plant Propagation: Principles and Practices* (6ta ed.). Prentice Hall. <https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/biblioteca/propagaciondeplantaslhartmankester2.pdf>
- Hartmann, Hudson. T., et al. (2014). *Hartmann & Kester's Plant Propagation: Principles and Practices* (8va ed.). Prentice Hall.

https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781292034133_A24589361/preview-9781292034133_A24589361.pdf

Hernández, Á. (2007). Alimentación de aves frugívoras en setos y bordes de bosque del norte de España: importancia de algunas especies de plantas en invierno y primavera. *Ecología*, 21, 145-156.

Hong, Tao., & Ellis, Richard. H. (1996). *A protocol to determine seed storage behaviour*. IPGRI Technical Bulletin No. 1. International Plant Genetic Resources Institute. <https://www.cbd.int/doc/case-studies/ttcc/seedstorage.pdf>

Iglesias Gutiérrez, L., Prieto Ruíz, J. Ángel, & Alarcón Bustamante, M. (2020). LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE PLANTAS FORESTALES. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 21(79), 15–41. Recuperado a partir de <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/998>

IUCN. (2026). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-1*. <https://www.iucnredlist.org/species/112185191/112185866>

Jordán, M., & Casaretto, J. (2006). Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas. *Squeo, F, A., & Cardemil, L.(eds.). Fisiología Vegetal*, 1-28. Spracklen, Dominick. V., & Righelato, Renton. (2014). Tropical montane forests are a significant carbon sink globally. *Nature Communications*, 5(1), 4397. <https://doi.org/10.1038/ncomms5397>

Josse, Carmen., Navarro, Gonzalo., Comer, Patrick., Evans, R., Faber-Langendoen, D., Fellows, M., Kittel, G., Menard, S., Pyne, M., Reid, M., Schulz, K., Snow, K., & Teague, J. (2003). *Ecological systems of the Amazon, Orinoco and Andes: A working classification*. NatureServe. https://www.natureserve.org/sites/default/files/publications/files/amazon_orinoco_andes_ecology_systems.pdf

Kahn, Francis., & De Granville, Jean-Jacques. (1992). *Palms in forest ecosystems of Amazonia*. Springer-Verlag. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-76852-1>

- Kvist, L. P., Aguirre, Z., & Sánchez, O. (2006). Bosques montanos bajos occidentales en Ecuador y sus plantas útiles. *La Paz: Botánica Económica de los Andes Centrales Universidad Mayor de San Andrés*, 205-23.
- Lei, S. P., Lin, H. C., Wang, S. S., Callaway, J., & Wilcox, G. (1987). Characterization of the Erwinia carotovora pelB gene and its product, pectate lyase. *Journal of Bacteriology*, 169(9), 4379-4383. <https://doi.org/10.1128/jb.169.9.4379-4383.1987>
- Lozano, P. (2002). Los tipos de bosque en el sur de Ecuador. *Botánica Austroecuatoriana. Estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chinchipec. Abya-Yala, Quito*, 29-49. https://elbosque.org.ec/wp-content/uploads/2022/12/Lozano_Unknown_Los-tipos-de-bosque-en-el-sur-del-ecuador.pdf
- Marschner, Petra. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (3ra ed.). Academic Press. <https://www.sciencedirect.com/book/edited-volume/9780123849052/marschners-mineral-nutrition-of-higher-plants>
- Mashpi Lodge & FILMINEA. (2024). *Plan de manejo y conectividad de la biodiversidad en el Chocó Andino: Reporte técnico*. <https://www.mashpilodge.com/es/blog/lodge/all-about-mashpi/selva-del-choco/>
- Mendoza, Z. A. (2017). Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso de un bosque montano en el sur del Ecuador. *Arnaldoa*.
- Metz, T., Schaefer, M., & Universität Bayreuth. (2026, 9 de abril). *Regenerating the Rainforest: Biodiversity Recovers Remarkably Quickly*. Universität Bayreuth Press. <https://www.uni-bayreuth.de/en/press-release/regenerating-rainforests>
- Mesén, F. (1998). *Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales* (No. 30). Bib. Orton IICA/Catie.
- Mondragón Valencia, V. A., Figueroa Casas, A., Macías Pinto, D. J., & Rosas-Luis, R. (2025). Soil Organic Carbon Storage in Different Land Uses in Tropical Andean Ecosystems and the Socio-Ecological Environment. *Earth*, 6(3), 106. <https://doi.org/10.3390/earth6030106>

- Montaldo, Norberto H, Mantese, Anita I, & Roitman, G. Germán. (2017). Sistema reproductivo y polinización de especies leñosas en una selva subtropical invadida por plantas exóticas. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 52(4), 675-687. Recuperado en 11 de febrero de 2026, de https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-23722017000400005&lng=es&tlng=es.
- Murga-Orrillo, H., Coronado-Jorge, M. F., Abanto-Rodríguez, C., & Lobo, F. A. (2021). Gradiente altitudinal y su influencia en las características edafoclimáticas de los bosques tropicales. *Madera y Bosques*, 27(3), e2732271. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2732271>
- Neill, David. A., et al. (2019). *Caracterización florística y estructural de los bosques montanos de la provincia de Imbabura*. Universidad Estatal Amazónica. <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/1239/1/RACYT-v04n01ep02-0046.pdf>
- Nicholls, C. I., & Altieri, M. (2006). Manejo de la fertilidad de suelos e insectos plaga: armonizando la salud del suelo y la salud de las plantas en los agroecosistemas. *Manejo integrado de plagas y agroecología*, 77(8), 8-16.
- Pacheco, Silvia., Brown, Alejandro Diego., & Malizia, Lucio. (2010). *La Selva Pedemontana de las Yungas: Historia natural, ecología y manejo de un ecosistema en peligro*. Fundación ProYungas. <https://proyungas.org.ar/wpcontent/uploads/2014/12/SelvaPedemontanade lasYungas.pdf>
- Pang, D., & Xu, H. (2024). Carbon sequestration and stability and soil erosion in forest ecosystems. *Forests*, 15(11), 1961. <https://doi.org/10.3390/f15111961>
- Peredo, S. F., Parada, E., Alvarez, R., & Barrera, C. (2015). Propagación vegetativa por estacas de *Dasyphyllum diacanthoides* mediante recursos endogenos. Una aproximación agroecológica. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 14(4), 301-306. <https://www.redalyc.org/pdf/856/85641104005.pdf>

- Pérez, A. J., Arroyo, F., Neill, D. A., & Vázquez-García, J. A. (2020). *Magnolia chocoensis* y *Magnolia mindoensis*: Distribución y estado de conservación en los Andes ecuatoriales. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 41(1), 1-15. <https://remcb-puce.edu.ec/remcb>
- Pugh, T. A., Lindeskog, M., Langen, B., Tan, K., Schaphoff, S., & Arneth, A. (2019). *Role of forest regrowth in global carbon sink dynamics*. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 116(10), 4382-4387. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30782807/>
- Ramírez, Jorge., et al. (2023). Advances in the asexual reproduction of *Magnoliaceae* under controlled environments. *Plant Science Today*, 10(1), 112-119. <https://doi.org/10.14719/pst.2201>
- Ríos-Chamba, D., & Acevedo-Carrión, P. (2007). *Inventario de la flora arbórea en la Quinta El Padmi, Zamora Chinchipe*. Universidad Nacional de Loja. <http://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/5038>
- Romero Flores, S. J. (2025). Efecto de hormonas de enraizamiento en propagación vegetativa De *Juglans Neotrópica* Diels, en el campus Yuyucocha [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/17136>
- Sakakibara, Hitoshi. (2006). Cytokinins: Activity, biosynthesis, and translocation. *Annual Review of Plant Biology*, 57, 431-449. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.57.032905.105231>
- Santa-Ceballos, J. P., M. A. Restrepo-Riaño, J. I. Montoya, J. A. Giraldo, M. Serna-González y L. E. Urrego Giraldo. 2024. Variables ambientales asociadas a la distribución de dos especies de *Magnolia* (Magnoliaceae) de los Andes colombianos. *Acta Botanica Mexicana* 131(2024): e2287. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm131.2024.2287>
- SORIA CARRERAS, S. A. N. T. I. A. G. O., & SORIA RUIZ-OGARRIO, S. A. N. T. I. A. G. O. (2024). *Determinación del estado sanitario de las plantas, suelo e instalaciones y elección de los métodos de control*. Ediciones Paraninfo, SA.

- Steel, R. G., & Torrie, J. H. (1980). *Bioestadística: Principios y procedimientos* (2da ed.). McGraw-Hill. <https://es.scribd.com/document/392008590/Steel-Robert-G-Bioestadistica-Principios-Y-Procedimientos-2ed-pdf>
- Terborgh, John., et al. (2002). Maintenance of diversity in tropical forests: The role of mammals and birds as seed dispersers. *Science*, 296(5574), 1923-1925. https://www.researchgate.net/publication/267822060_Maintenance_of_Tree_Diversity_in_Tropical_Forests
- Terburg, G. (2012). *Growth and $\Delta^{13}C$ trends in *Hura crepitans* do not show changes in growth, climatic and environmental drivers in a Neotropical forest concession in Eastern Bolivia* [Tesis de Maestría, Utrecht University / IBIF]. Repositorio del Instituto de Ecología de Bolivia. <https://ibifbolivia.org.bo/wp-content/uploads/2022/09/2012.Terburg-G.-Long-term-growth-and-13C-trends-in-Hura-crepitans-do-not-show-changes-in-growth.pdf>
- Tilman, David., et al. (2006). Biodiversity and ecosystem stability. *Science*, 344(6185), 708-710. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16738658/>
- Trinel, M., Andriamanantoanina, H., Ramanoelina, P. A., Bianchini, J. P., & Lenta, N. B. (2020). Daphnane diterpenes from the latex of *Hura crepitans* L. and activity against human colorectal cancer cells Caco-2. *Bioorganic Chemistry*, 103, 104132. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32768743/>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN]. (2023). *Magnolia mindoensis*. *La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN 2023*. <https://www.iucnredlist.org/species/112185191/112185866>
- USFQ. (2022). *Proyecto Magnolia: Conservación y propagación en el Chocó ecuatoriano*. Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales. <https://www.usfq.edu.ec/es/proyectos/identificacion-distribucion-y-propagacion-de-dos-especies-endemicas-de-plantas-magnolia>
- Vaca Cazares, R. R. (2025). Evaluación de sustratos y estimulantes para el enraizamiento de patrones de rosas (*Rosa* SP.) Var. Natal Brier, Guachalá - Cayambe [Tesis de pregrado,

- Vaca, G. (2018). *Guía de identificación de especies forestales del Chocó Andino*. Publicaciones del Herbario Nacional del Ecuador / Ministerio del Ambiente. https://www.mit.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/EIA_Carretera-Playas-El-Morro-Posorja_Capitulo-4_Marco-Legal-e-Institucional.pdf
- Vásquez-Morales, S. G., & Ramírez-Marcial, N. (2019). Germinación de semillas y estructura poblacional de dos especies de árboles en peligro: *Magnolia perezfarrerae* y *Magnolia sharpii*. *Botanical Sciences*, 97(1), 2-12. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-42982019000100002&script=sci_abstract
- Vázquez-García, JA, Neill, DA, Azanza, M., Pérez, Á.J., Dahua-Machoa, A., Merino-Santi, E., Delgado-Chaves, AF, & Urbano-Apráez, SM (2017). *Magnolia mindoensis* (subsect. Talauma, Magnoliaceae): Una especie nueva del Chocó biogeográfico premontano en Colombia y Ecuador. *Bretaña*, 69, 197-208. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12228-016-9449-x>
- Vázquez-García, J. A., Larridon, I., Park, S., Kim, S., & Samain, M.-S. (2024). Phylogenomic insights into Neotropical *Magnolia* relationships: Evolution and conservation in the Chocó Andino. *Heliyon*, 10(20), e39430. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39430>
- Vázquez-García, J. A., Kelly, L. M., Gutiérrez-Lozano, M., & Morales-Olvera, A. S. (2026). Una clasificación infragenérica actualizada de *Magnolia* (Magnoliaceae) del Neotrópico. *Acta Botanica Mexicana*, 133. <https://abm.ojs.inecol.mx/index.php/abm/article/view/2545>

Anexos 1

Ilustración 1.

Recolección del material vegetal



Nota: Material vegetal de *magnolia mindoensis* para el primer ensayo.

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 2.

Preparación de traslado del material vegetal



Nota: Se uso periódico humedecido para cubrir las estacas y evitar que se deshidraten pierdan su poco contenido de nutrientes.

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 3.

Selección de estacas



Nota: Se seleccionaron las estacas en mejores que presentaban las mejores condiciones; tomando en cuenta parámetros como diámetro, longitud y número de yemas.

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 4.

Aplicación de fitohormonas



Nota: Se mantuvieron las estacas en cada una de las fitohormonas durante 24 horas.

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5.

Preparación del sitio para sembrar



Nota: se preparó el sustrato y llenado de fundas aplicando la distribución del diseño planteado.

Ilustración 6

Siembra de estacas



Nota: Se sembró las estacas después de las 24 horas de reposo en cada uno de los tratamientos; después de esto se realizó la siembra manteniendo la distribución del diseño.

Ilustración 7.

Material vegetal evaluado en laboratorio



Nota: Material vegetal de magnolia mindoensis con signos de descomposición

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8.

Identificación de bacteria en material vegetal



Nota: Bacteria identificada *Erwinia carotovora*.

Fuente: Elaboración propia