



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

CARRERA: INGENIERÍA FORESTAL

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

TEMA:

“Evaluación de tratamientos hormonales en el injerto de *Eucalyptus grandis* W.Hill, Imbabura, Ecuador ”

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

Línea de investigación: Desarrollo agropecuario y forestal

Autores: Chasi Cabascango Paulina Elizabeth y Lita Rengifo Marjorie Minela.

Director: Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, MSc.

Ibarra - Ecuador – 2025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	172769090-9		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Chasi Cabascango Paulina Elizabeth		
DIRECCIÓN:	Tabacundo		
EMAIL:	pechasic@utn.edu.ec / pauely.chasi@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:		TELF. MOVIL	0958967406
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100472450-4		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Lita Rengifo Marjorie Minela		
DIRECCIÓN:	Atuntaqui		
EMAIL	mmmlitar@utn.edu.ec / marjorielita13@gmail.com		
TELÉFONO FIJO		TELF. MOVIL	0997057228

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“Evaluación de tratamientos hormonales en el injerto de <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill, Imbabura, Ecuador”
AUTOR (ES):	Chasi Cabascango Paulina Elizabeth, Lita Rengifo Marjorie Minela
FECHA: AAAAMMDD	07 de mayo de 2025
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
CARRERA/PROGRAMA:	☒ GRADO ☐ POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Forestal
DIRECTOR:	Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, MSc.



CONSTANCIAS

Los autores manifiestan 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 son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 07 días del mes de mayo de 2025

LOS AUTORES:


.....

Paulina Elizabeth Chasi Cabascango


.....

Marjorie Minela Lita Rengifo

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR**

Ibarra, 01 de mayo de 2025

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Alvares, 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.

HUGO
VINICIO
VALLEJOS
ALVAREZ

Firmado
digitalmente por
HUGO VINICIO
VALLEJOS ALVAREZ
Fecha: 2025.05.06
09:32:44 -05'00'

.....
Ing. Hugo Vinicio Vallejos Alvares, MSc.

C.C.: 1002018941



APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del Trabajo de Integración Curricular “Evaluación de tratamientos hormonales en el injerto de *Eucalyptus grandis* W. Hill, Imbabura, Ecuador” elaborado por Paulina Elizabeth Chasi Cabascango y Marjorie Minela Lita Rengifo, previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

HUGO VINICIO VALLEJOS ALVAREZ

Firmado digitalmente
por HUGO VINICIO
VALLEJOS ALVAREZ
Fecha: 2025.05.06
09:33:06 -05'00'

.....
Ing. Hugo Vinicio Vallejos Alvares, MSc.

C.C.: 100201894-1



Firmado electrónicamente por:
JORGE LUIS CUE
GARCÍA

Validar únicamente con FirmaEC

.....
Ing. Jorge Luis Cue García, PhD.
C.C.: 175460870-9

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado en primer lugar a Dios por las bendiciones recibidas durante todo el trayecto de mi vida estudiantil y por guiarme a lograr una meta más en mi vida, a mi querido hermano, que ahora habita en el cielo siempre ha sido mi inspiración y mi fuerza. Cada logro que alcanzo lleva tu recuerdo, porque sé que sigues guiando mi camino con tu luz. Esta meta es también tuya. A mis padres por siempre apoyarme en cada paso que doy y por ser un pilar fundamental en mi vida, por motivarme a seguir adelante a través de sus consejos, a mis hermanos y a toda mi familia por siempre estar ahí para mí. Y a una persona especial gracias por tu amor incondicional, por tu apoyo en los momentos difíciles y por celebrar conmigo cada pequeño avance.

Paulina Elizabeth Chasi Cabascango

Dedico mi tesis a Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta. A mis padres por brindarme su amor, confianza y apoyo incondicional por motivarme a continuar y no rendirme en cada etapa de mi vida. A mis hermanos, por todo su apoyo incondicional, espero les sirva de ejemplo de que todo se puede lograr. A mí misma, por no rendirme en los momentos difíciles y por aprender a confiar en mis capacidades. Este logro es el resultado de mi esfuerzo, dedicación y perseverancia. Gracias por cada noche de estudio y cada sacrificio.

Marjorie Minela Lita Rengifo

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por brindarme sabiduría y fortaleza a demás por permitirme cumplir con tan valioso sueño y a mi familia por su apoyo incondicional y a todos quienes fueron parte de esta formación académica y profesional mis más sinceros agradecimientos.

Paulina E. Chasi C.

Agradezco a Dios quien ha sido mi guía y fortaleza en cada paso de este proceso. A lo largo de este arduo y enriquecedor camino, muchas personas han sido fundamentales en la realización de esta tesis. En primer lugar, a mis padres, les debo todo mi agradecimiento. Su apoyo incondicional, amor y sacrificios me han permitido alcanzar esta meta.

Marjorie M. Lita R

A la gloriosa Universidad Técnica del Norte por ser una institución que nos acogió y formó durante nuestra carrera, brindándonos las herramientas necesarias para desarrollarnos tanto académicamente como personalmente. A todos y cada uno de los docentes de la carrera de Ingeniería Forestal quienes, con su dedicación, conocimientos y pasión fueron fundamentales en nuestra formación profesional, en especial al Ing. Hugo Vinicio Vallejos Msc, e Ing. Jorge Cué, PhD. por el aporte y la ayuda brindada en el proceso de nuestro trabajo de titulación

RESUMEN

El injerto como técnica de propagación asexual representa una alternativa viable para la mejora genética de especies forestales del género *Eucalyptus*, en Ecuador. Sin embargo, aún persiste la necesidad de identificar tratamientos hormonales efectivos que incrementen el porcentaje de púas vivas y aseguren la supervivencia del injerto. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes tratamientos hormonales sobre el porcentaje de púas vivas en el injerto de *Eucalyptus grandis* W. Hill como especie donante (púa), utilizando como patrón a *Eucalyptus globulus* Labill. Se aplicó un diseño completamente al azar – DIA, con cuatro tratamientos, que fueron (auxinas, giberelinas, citoquininas con una concentración de 2.5 mg/l, y testigo), cuatro repeticiones, cada una con 60 plantas, total del ensayo 240 plantas. Los injertos se realizaron bajo condiciones ambientales controladas, evaluándose variables como: número de yemas, longitud de la púa, diámetro de la púa, porcentaje de púas vivas, primordios foliares, formación de callos en la hendidura del patrón, durante 30 días. Los resultados evidenciaron que el tratamiento con citoquinina obtuvo el mayor porcentaje de púas vivas (14,25%), superando significativamente a los demás tratamientos entre ellos el testigo. Esta diferencia indica que la aplicación de hormonas citoquininas, influye en la estimulación del movimiento de nutrientes entre el patrón y la púa.

Palabras clave: Injerto, hormonas, plantas, tratamientos, púa

ABSTRACT

Grafting as an asexual propagation technique represents a viable alternative for the genetic improvement of forest species of the genus *Eucalyptus* in Ecuador. However, there is still a need to identify effective hormonal treatments to increase the percentage of live scions and ensure graft survival. The objective of this research was to evaluate the effect of different hormonal treatments on the percentage of live scions in the graft of *Eucalyptus grandis* W. Hill as a donor species (scion), using *Eucalyptus globulus* Labill as rootstock. A completely randomized design - DIA was applied, with four treatments (auxins, gibberellins, cytokinins with a concentration of 2.5 mg/l, and control), four replicates, each with 60 plants, total trial 240 plants. Grafting was carried out under controlled environmental conditions, evaluating variables such as: number of buds, scion length, scion diameter, percentage of live scions, leaf primordia, callus formation in the rootstock cleft, during 30 days. The results showed that the cytokinin treatment obtained the highest percentage of live scions (14.25%), significantly exceeding the other treatments, including the control. This difference indicates that the application of cytokinin hormones influences the stimulation of nutrient movement between the rootstock and the scion.

Keywords: Grafting, hormones, plants, treatments

LISTA DE SIGLAS

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

ISTA. Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas.

ANOVA: Análisis de la varianza

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Problema.....	16
1.1.1. Problemática a investigar	16
1.2. Justificación.....	17
1.3. Objetivos	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4. Hipótesis.....	18
CAPÍTULO I.....	19
MARCO TEÓRICO	19
1.1. Descripción botánica de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill	19
1.1.1 Clasificación taxonómica	19
1.2. Descripción botánica <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill	20
1.2.1. Clasificación taxonómica	21
1.3. Distribución natural.....	21
1.4. Introducción del <i>Eucalyptus</i> al Ecuador.....	22
1.5. Importancia económica del <i>Eucalyptus spp.</i>	22
1.6. Genética.....	23
1.6.1. Principios.....	23
1.7. Mejoramiento genético forestal.....	23
1.7.1. Propagación asexual.....	24
1.7.2 Injerto	25
1.7.3. Injerto de hendidura simple.....	25
1.7.4. Consecuencias del fracaso del Injerto	26
1.8. Hormona.....	26
1.8.1. Auxinas	26
1.8.2. Giberelinas	27
	12

1.8.3. Citoquininas	27
1.8.4. Fitohormonas.....	28
1.9. Componentes y Factores de Éxito en el Injerto.....	28
1.10. Condiciones ambientales.....	29
1.10.1. Temperatura	29
1.10.2. Humedad	29
CAPÍTULO II.....	30
MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
2.1. Tipo de investigación	30
2.2. Ubicación del lugar	30
2.3. Caracterización edafoclimática del lugar	31
2.5. Métodos, técnicas e instrumentos.....	32
2.5.1. Diseño experimental:	32
2.5.2. Modelo estadístico del experimento.....	33
2.5.3. Diseño de las matrices para el registro de los datos primarios	33
2.5.4. Instalación del experimento.	33
CAPITULO III	38
RESULTADOS Y DISCUCIÓN	38
3.1. Calidad del material vegetal.....	38
3.1.1. Número de yemas.....	38
3.1.2. Longitud de la púa.....	38
3.1.3. Diámetro de la púa	39
3.2. Efecto de los tratamientos hormonales	40
3.2.1. Porcentaje de púas vivas.....	40
3.2.2. Primordios foliares	43
3.2.3. Formación de callos en la hendidura del patrón.....	44
CAPITULO IV	45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
Conclusiones	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción taxonómica del <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.....	20
Tabla 2. Descripción taxonómica del <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill.....	21
Tabla 3. Materiales, equipos y software a emplear en la investigación.....	32
Tabla 4. Componentes del diseño	32
Tabla 5. Esquema del diseño experimental.....	33
Tabla 6. Matriz para registro de datos.....	33
Tabla 7. Tabla clasificación árbol plus	34
Tabla 8. Modelo de evaluación árboles superiores	34
Tabla 9. Porcentaje de púas vivas	40
Tabla 10. Prueba de normalidad porcentaje de púas vivas	40
Tabla 11. Análisis de varianza con Arcseno	41
Tabla 12. Homocedasticidad mediante Prueba de Levene	41
Tabla 13. Análisis de la varianza	41
Tabla 14. Prueba de Tukey	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del vivero de investigación del Campus Yuyucocha.....	31
--	----

INTRODUCCIÓN

1.1. Problema

1.1.1. Problemática a investigar

Se desconoce cómo reacciona la púa de *Eucalyptus grandis* W. Hill con el patrón *Eucalyptus globulus* Labill, en el prendimiento del injerto, a través de esta investigación se desea conocer cuál de las hormonas es más efectiva en la fusión de los tejidos meristemáticos del cambium con el fin de poder obtener resultados favorables o desfavorables.

Existe pocos programas de mejoramiento genético por reproducción asexual de plantas de calidad en *Eucalyptus globulus* Labill en Ecuador, debido a que se desconoce técnicas adecuadas como injertos que permita mejorar a la especie en crecimiento, resistencia a plagas y enfermedades, calidad de la madera, entre otros.

Uno de los problemas graves en la injertación es el de la incompatibilidad vegetativa, que produce un rechazo de la púa por el patrón, ocasionando la falla del injerto (Gainza et al., 2015).

En ciertas especies, se han observado señales externas que indican la presencia de incompatibilidad vegetativa. Estas señales incluyen: fallas tempranas recurrentes con árboles específicos, variaciones en las tasas de crecimiento de la púa y su patrón, irregularidades en la coloración y desarrollo foliar de la púa, así como un crecimiento excesivo en la zona de unión, por encima o por debajo de ella. Los casos de crecimiento excesivo son típicos de la incompatibilidad de tipo tardío (Gainza et al., 2015).

El injerto puede ser un método deseable para propagar plantas, sin embargo, puede ocurrir un problema de incompatibilidad entre las partes injertadas y resultar en una mayor muerte regresiva de una planta. Por lo tanto, es importante conocer los mecanismos de incompatibilidad entre las partes del injerto para mitigar el problema potencial (Darikova, 2011).

Los injertos en *Eucalyptus globulus* Labill representan una técnica prometedora para mejorar la calidad de la madera, crecimiento, resistencia a plagas y enfermedades, entre otras. Sin embargo, la eficacia de esta técnica está sujeta a diversos desafíos, principalmente lo que respecta la compatibilidad entre el injerto y el patrón.

1.1.2. Formulación del problema de investigación.

En Ecuador, se desconoce cuál es el tratamiento hormonal más efectivo para el éxito del injerto en especies de *Eucalyptus*, lo que ha limitado el desarrollo e implementación de programas de

mejoramiento genético mediante métodos de propagación asexual. Esta falta de conocimiento técnico impide optimizar la producción y mejora genética de estas especies con alto valor económico y ecológico.

1.2. Justificación

La presente investigación se enfocó en el estudio de dos especies forestales de *Eucalyptus*, con la cual se evaluó los tratamientos hormonales mediante (injertos) con el fin de saber cuál de las hormonas funcionaron en el prendimiento de los injertos.

Los estudios sobre injertos pueden conferir resistencia a enfermedades o situaciones climáticas extremas, lo que fortalecerá la capacidad de estos árboles para sobrevivir y prosperar en diferentes entornos, ya que se contará con el material vegetal en la investigación. Por tal motivo se decidió optar por las dos especies, *Eucalyptus globulus* Labill y *Eucalyptus grandis* W. Hill, porque es importante en el sector forestal tanto en la conservación de especies y promover la sostenibilidad económica y ambiental.

Los conocimientos sobre esta investigación podrían potenciar la productividad y la calidad de los árboles de *Eucalyptus globulus* Labill, lo que beneficiara a las personas que trabajan dentro del sector forestal, a la ciencia y a sectores como la industria maderera. Será de interés para las instituciones académicas y científicas, porque aportará nuevos avances científicos que surgirán del proyecto de investigación, enfocado en la mejora genética de los árboles de eucalipto y las técnicas de propagación. Esto se podrá llevar a la publicación de resultados en revistas científicas especializadas, lo que contribuirá al conocimiento en el campo de la silvicultura y la genética forestal. Los resultados de la investigación ayudaran a la industria a mejorar la productividad y la calidad de la madera de eucalipto, lo que tendría un impacto positivo en la rentabilidad y la competitividad del sector. Las comunidades locales ya sea en áreas donde la industria forestal es una parte importante de la economía local, estarán interesadas en conocer esta nueva especie, debido a su impacto en el empleo y el desarrollo económico regional.

En la investigación sobre los injertos de *Eucalyptus globulus* Labill tiene el potencial de generar expectativas en una variedad de sectores, desde la academia y la industria hasta la tecnología y sobre todo en la ciencia que va mejorando cada día más.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar los tratamientos hormonales en el injerto de *Eucalyptus grandis* W. Hill, Imbabura, Ecuador

1.3.2. Objetivos específicos

1. Determinar la calidad del material vegetal (púas) de *Eucalyptus grandis* W. Hill
2. Analizar el efecto de diferentes tratamientos hormonales aplicados en los injertos de *Eucalyptus grandis* W. Hill.

1.4. Hipótesis

Nula:

Ninguno de los tratamientos hormonales aplicados presenta diferencias significativas en el porcentaje de púas vivas del injerto.

Alternativa:

Al menos uno de los tratamientos hormonales aplicados presenta diferencias significativas en el porcentaje de púas vivas del injerto.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Descripción botánica de *Eucalyptus globulus* Labill

Dentro de la familia Myrtaceae, una de las especies de mayor interés forestal es el *Eucalyptus globulus*, reconocida por su rápido crecimiento, alta productividad de biomasa y adaptabilidad a diversas condiciones climáticas.

Son árboles de hoja perenne que habitualmente alcanzan alturas de entre 30 y 50 metros. Cuando crecen en plantaciones, presentan un tronco recto, mientras que en ejemplares aislados el tronco adquiere una forma helicoidal. La corteza es gris, permanece adherida en la base del tronco y se desprende en tiras largas y verticales en el resto del mismo.

Tienen dos tipos distintos de hojas a lo largo de su vida: las hojas jóvenes son de color gris azulado, sin pecíolo, están dispuestas una frente a la otra y crecen en tallos con forma cuadrada. Las hojas adultas tienen pecíolo, están dispuestas de forma alterna, son curvadas y terminan en punta fina. Son de textura algo dura, miden entre 10 y 20 centímetros de largo y tienen un nervio central muy visible. Además, cuentan con muchas glándulas que producen aceites esenciales.

Las flores son hermafroditas, de color blanco, por lo general aparecen solas en las axilas de las ramas superiores. Son grandes y tienen cuatro partes; el cáliz y la corola están unidos formando una especie de tapa (opérculo) que se cae cuando la flor se abre, dejando ver numerosos estambres de color crema muy llamativos

El fruto es una cápsula de madera dura que se abre en cuatro o cinco partes en forma de válvulas anchas y triangulares. Las semillas son negras, con forma angular y miden entre 2 y 2,5 milímetros de diámetro (Di Marco, 2015)

1.1.1 Clasificación taxonómica

El eucalipto blanco, eucalipto común o eucalipto azul (*Eucalyptus globulus* Labill) es una especie arbórea de la familia de las mirtáceas, originaria del sureste de Australia y Tasmania (Hernández, 2021). (Tabla 1)

Tabla 1.*Descripción taxonómica del Eucalyptus globulus Labill*

Descripción taxonómica	
Reino	Plantae
División	Spermatophyta
Subdivisión	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Genero	<i>Eucalyptus</i>
Especie	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill
Nombre común	Eucalipto

Fuente: NaturalistEc (2021)

1.2. Descripción botánica *Eucalyptus grandis* W. Hill

Otra especie relevante del mismo género es el *Eucalyptus grandis*, conocida por su buena conformación del fuste, resistencia a plagas y enfermedades, y adaptabilidad a zonas tropicales húmedas.

Es una especie de hoja perenne y de gran tamaño, que puede alcanzar normalmente los 55 metros de altura, e incluso llegar a los 60 en casos excepcionales. Su tronco es recto y puede tener hasta 1,5 o incluso 2 metros de diámetro, limpio de ramas a gran altura. La corteza es áspera, delgada y con textura fibrosa o escamosa, de color gris o marrón grisáceo; en otras partes del tronco y en las ramas, es lisa y de tono blanco o blanco grisáceo. La copa del árbol es poco densa y se extiende bastante cuando crece en espacios abiertos, pero se vuelve más estrecha en plantaciones con alta densidad.

Las hojas juveniles tienen pecíolo y al principio crecen en pares opuestos, pero luego se disponen de forma alterna. Son de forma ovalada, pueden medir hasta 16 cm de largo y 8,5 cm de ancho, y presentan dos tonos de verde: más oscuro en un lado y más claro en el otro.

Las hojas adultas también son pecioladas y alternas, con forma que va de lanceolada a ampliamente lanceolada. Alcanzan hasta 15 cm de largo y 3 cm de ancho. Al igual que las juveniles, son de dos colores: verde más intenso en la parte superior (haz) y verde pálido en la inferior (envés).

Inflorescencias axilares y simples, con (5-) 7(-12) flores; pedúnculos aplanados, de hasta 1.8 cm de largo, flores blancas.

Los frutos tienen un pedicelo corto, aunque a veces carecen de él (sésiles), y presentan una forma entre obcónica y ligeramente parecida a una pera. Suelen tener un tono glauco (verde grisáceo) y miden entre 5 y 8 mm de largo y entre 4 y 7 mm de ancho. A menudo se estrechan hacia el extremo y se agrupan en rosetas de 4 a 6, ocasionalmente hasta 7 frutos. El borde es delgado, el disco es poco visible y algo hundido, y tienen 4 o 5 valvas que sobresalen, son anchas y se curvan hacia el interior. (Vallejo & Zapata, 2018).

1.2.1. Clasificación taxonómica

Eucalyptus grandis W. Hill fue descrito por primera vez por Walter Hill en 1862. El nombre de la especie, *grandis*, "grande" alude al gran tamaño del árbol. Es comúnmente conocido como eucalipto rosado (Sánchez & Arreola, 2024). (Tabla 2)

Tabla 2.

Descripción taxonómica del Eucalyptus grandis W. Hill

Descripción taxonómica	
Nombre Científico	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill
Nombre común	Eucalipto
Clasificación	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Genero	<i>Eucalyptus</i>
Especie	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill

Fuente: NaturalistEc (2021)

1.3. Distribución natural

Eucalyptus spp. es el género de especies comerciales más plantado en el mundo, con especies ampliamente conocidas como *Eucalyptus grandis* W. Hill, y sus híbridos, en América del Sur y África.

E. globulus, se cultiva ampliamente en Chile, Argentina y otros países. Todas las especies del género se plantan con diversos fines, como la producción de madera para aserrío, fabricación de tableros (como los compensados y aglomerados), obtención de astillas para pulpa de papel, así como para la extracción de aceites esenciales. (Martínez, 2005)

Eucalyptus globulus Labill, fue una de las primeras especies del género en ser identificadas y reconocidas a nivel mundial. Su subespecie es originaria del este, sudeste y algunas zonas costeras del oeste de Tasmania, así como de las islas del estrecho de Bass y del sur del estado de Victoria, en Australia. (Di Marco, 2015).

Eucalyptus grandis W. Hill es una especie nativa de la costa este de Australia. Es conocido comúnmente como "rose gum" (eucalipto rosado), aunque también se le llama "flooded gum", un nombre considerado incorrecto. El eucalipto rosado es una de las especies forestales más importantes en los estados de Queensland y New South Wales. Además, se ha convertido en una de las especies de eucalipto de mayor valor comercial, con más de medio millón de hectáreas plantadas en regiones tropicales y subtropicales de cuatro continentes (Meskimen & Francis, 2010).

1.4. Introducción del *Eucalyptus* al Ecuador

Ecuador es un país ubicado en la región ecuatorial, en la costa occidental de América del Sur, entre las latitudes 1°38' norte y 4°50' sur. La especie de eucalipto más comúnmente cultivada en el país es *Eucalyptus globulus*, introducida por primera vez en 1865. La mayor concentración de plantaciones se encuentra entre Quito y Latacunga, aunque también se han establecido cultivos en varias provincias, como Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Cotopaxi, Chimborazo, Imbabura, Loja, Pichincha y Tungurahua.

Los principales eucaliptos cultivados, aparte de *E. globulus*, son *E. saligna*, *E. camaldulensis* y pocos *E. robusta*, pero también se están las siguientes especies *E. citriodora*, *E. grandis*, *E. propinqua*, *E. resinifera*, *E. tereticornis* y *E. umbra*.

Eucalyptus globulus Labill es la especie más empleada en el sector de la construcción en Ecuador, y se encuentra principalmente en la región de la sierra, debido a las condiciones favorables para su plantación y crecimiento en esa zona. Otra especie cultivada en el país es *Eucalyptus grandis* W. Hill, que se encuentra principalmente en la región costera de Ecuador. (Siza & Martínez, 2009).

1.5. Importancia económica del *Eucalyptus* spp.

El género *Eucalyptus* es uno de los más utilizados a nivel global para la creación de plantaciones. Su importancia económica proviene de los diversos usos de su madera, que incluye la producción de pasta para papel, la fabricación de tableros de fibras, su empleo como material de construcción y como leña. Además, el *Eucalyptus* también es una fuente de materia

prima para la fabricación de productos farmacéuticos, cosméticos, de perfumería y de limpieza, entre otros. (Martinez Hernandez et al., 2014)

1.6. Genética

1.6.1. Principios

Los programas de mejoramiento genético forestal en diversas especies comenzaron a desarrollarse en la década de 1950. En muchos casos, las poblaciones domesticadas están genéticamente separadas de sus poblaciones silvestres solo por una o dos generaciones. Las poblaciones naturales de todas las especies son esenciales para conservar la diversidad genética y mantener el equilibrio del ecosistema (Imbaquingo, 2021).

La variabilidad genética es fundamental para el éxito de cualquier plan de mejoramiento genético. Este proceso se ha convertido en una herramienta tecnológica clave para el desarrollo sostenible de las plantaciones forestales comerciales, ya que, junto con otras disciplinas de la silvicultura, permite incrementar tanto la productividad como la calidad de las plantaciones. Esto asegura que se logren las metas de producción en términos de cantidad y calidad de los productos derivados. Las diversas experiencias de programas de mejoramiento genético en otros países tropicales han demostrado que es posible obtener ganancias genéticas de entre el 25% y el 30% en la productividad y calidad de la madera durante el primer ciclo de mejora (Comisión Nacional Forestal [CONAFOR] & Asociación Mexicana de Plantadores Forestales [AMEPLANFOR], 2017).

El mejoramiento de los árboles ayuda a incrementar la productividad anual de los bosques plantados mediante ciclos de selección y recombinación de especies de *Eucalyptus spp.* La aplicación de esta técnica de mejoramiento se emplea como una herramienta para mejorar los genotipos de manera más rápida que los métodos tradicionales (Silva & Grattapaglia, 2021).

1.7. Mejoramiento genético forestal

El objetivo principal del mejoramiento genético forestal es aumentar la productividad, resistencia y calidad de los árboles mediante la selección y propagación de individuos genéticamente superiores. En este proceso, el injerto juega un papel crucial dentro de los programas de mejoramiento, ya que facilita la multiplicación rápida y precisa de clones seleccionados, manteniendo intacta su constitución genética.

A diferencia de la propagación sexual, que genera una gran variabilidad genética en la descendencia, el injerto asegura la conservación de las características genéticas del árbol

donante, lo que permite establecer bancos clonales y huertos semilleros en un tiempo más corto. Esta técnica resulta especialmente útil cuando los árboles élite tienen dificultades para enraizar a partir de esquejes o cuando se necesita una evaluación rápida de su desempeño en el campo (Nuñez et al., 2017).

El injerto no solo ayuda a estudiar cómo se heredan ciertas características, sino que también permite crear materiales genéticos más consistentes en condiciones controladas. En los programas de mejora del eucalipto, se ha utilizado con éxito para mantener las mejores variedades y hacer más fácil la producción de semillas mejoradas, utilizando portainjertos fuertes que se adaptan bien a las condiciones locales.

Por lo tanto, el injerto no solo es una técnica de propagación vegetativa, sino una estrategia complementaria para acelerar los procesos de selección, multiplicación y validación de genotipos en programas de mejoramiento genético forestal.

1.7.1. Propagación asexual

La propagación vegetativa es la manera en que el ser humano aplica los principios de la reproducción asexual agámica, permitiendo el desarrollo de nuevas plantas a partir de tejidos diferenciados. Esto se diferencia de otro tipo de reproducción asexual, en la que interviene un gameto, pero no se realiza el proceso de fecundación.

Existen diversos métodos de propagación vegetativa, entre los cuales los más comunes son las estacas, los acodos y los injertos. Tanto las estacas como los acodos tienen el objetivo de estimular el enraizamiento de una parte vegetativa de la planta. En cambio, el injerto busca unir y fusionar los tejidos del patrón y el injerto, permitiendo que ambos se integren funcionalmente para formar una sola planta que comparta savia y nutrientes (Padilla, 2020).

La propagación vegetativa juega un papel cada vez más importante en los programas de mejoramiento genético y en el ámbito operativo, especialmente gracias a los buenos resultados obtenidos en las plantaciones clonales comerciales. Este tipo de propagación permite multiplicar con precisión todas las características de interés de los individuos genéticamente seleccionados. Si se utilizan las técnicas de propagación adecuadas para la producción de plantas a escala comercial, se pueden crear plantaciones genéticamente superiores y con un nivel de uniformidad que mejora todas las actividades de manejo y explotación (Trujillo, 2002).

1.7.2 Injerto

El injerto, una técnica utilizada para propagar plantas, tiene su origen en la agricultura y es común en la producción de frutas, aunque su uso en árboles forestales es más reciente. Este proceso involucra dos componentes principales: la yema, que es un brote de un árbol con características fenotípicas superiores, y el patrón, que es la planta base. Cuando la yema se une al patrón, se forma la parte aérea de una nueva planta. (Instituto Superior Tecnológico Huando, 2023).

Según Melnyk & Nanda, (2018) nos indica que el injerto, consiste en cortar y unir dos secciones de material vegetal proveniente de plantas para que crezcan juntas como una sola, es un método para mejorar la resistencia a las enfermedades, la tolerancia al estrés abiótico y el tamaño de la planta.

El injerto de púa consiste en insertar una sección de rama, conocida como púa, que contiene una o más yemas. Esta púa, que se corta en la base con forma de cuña, se introduce en una hendidura del patrón, atravesando tanto la corteza como la madera. Este tipo de injerto se emplea comúnmente en frutales como el peral, manzano, ciruelo y cerezo (Medina & Perdomo Molina, 2013).

El éxito del injerto no solo depende de los protocolos técnicos y fitosanitarios, sino también de los niveles de compatibilidad entre el portainjerto y la púa, es decir, de la capacidad del injerto para desarrollarse con éxito. La incompatibilidad se refiere al fenómeno de reconocimiento celular, en el cual el injerto es rechazado por los tejidos del patrón (Tedesco et al., 2022).

La efectividad del injerto depende de la compatibilidad entre el portainjerto y el vástago. Los estudios han mostrado que los injertos entre géneros diferentes dentro de la misma familia rara vez son compatibles, mientras que los injertos entre especies distintas dentro del mismo género tienen más probabilidades de sobrevivir y formar una unión efectiva (Wang et al., 2017).

1.7.3. Injerto de hendidura simple

Según Moncayo, (2021) este método también se conoce como hendidura diametral, sustitución de guía terminal, fisura terminal o injerto de cuña. Aunque puede realizarse en cualquier época del año, se recomienda principalmente en primavera, ya que presenta una alta tasa de éxito. Para llevarlo a cabo correctamente, es necesario hacer un corte largo de entre 3 y 3,5 cm, asegurándose de no desprender la corteza residual.

1.7.4. Consecuencias del fracaso del Injerto

Los problemas causados por errores en la técnica o por incompatibilidad entre el injerto y el portainjerto pueden aparecer desde unos días después del injerto o incluso años más tarde. Si la incompatibilidad no es total, algunos síntomas comunes son un crecimiento descontrolado en la zona del injerto, daños graves o la muerte de la parte superior de la planta y las raíces, debido a problemas con el flujo de savia. También puede verse una degradación de los tejidos en el área del injerto, con la aparición de sustancias viscosas que bloquean el paso de nutrientes. Además, pueden aparecer deformaciones, cambios raros en el tamaño del injerto y una calidad deficiente del producto, todo esto debido a una mala compatibilidad. En algunos casos, pueden brotar nuevas ramas que combinan características del portainjerto y del injerto incompatible, y en situaciones más graves, el daño a las raíces puede afectar también a la parte aérea de la planta debido a la transferencia de sustancias tóxicas (Álvarez, 2019).

1.8. Hormona

Las hormonas vegetales como las auxinas, citoquininas (CK) y giberelinas (GA) juegan un papel clave en la regulación de los procesos fisiológicos en la zona de unión del injerto. Estas hormonas tienen la capacidad de moverse a través de las partes de la planta injertadas. Sin embargo, son las auxinas las principales responsables de regular el crecimiento y desarrollo de los tejidos vasculares en el injerto (Zhang, Wang, & Li, 2019).

Según Sánchez et al., (2019) una hormona vegetal o fitohormona es un compuesto que la planta produce internamente, actúa en concentraciones muy bajas y tiene su principal efecto a nivel celular, alterando los patrones de crecimiento y facilitando su control. Por otro lado, los reguladores vegetales son compuestos sintetizados químicamente o extraídos de otros organismos, y suelen ser mucho más potentes que las hormonas naturales. Estos reguladores sintéticos se han convertido en herramientas esenciales para controlar el crecimiento y la actividad bioquímica de las plantas, lo que ha llevado a un aumento en su uso en los últimos años.

1.8.1. Auxinas

Las auxinas son un grupo de hormonas vegetales naturales que regulan muchos aspectos del desarrollo y crecimiento de plantas. La forma predominante en las plantas es el ácido indolacético. Las citoquininas son hormonas esenciales en el accionar de varios procesos vinculados al crecimiento y desarrollo de las plantas y relacionados a la acción de varios genes.

Las auxinas tienen una estructura química caracterizada por la presencia de un anillo cíclico, un grupo funcional carboxílico ($-\text{COOH}-\text{COOH}$) u otro funcionalmente análogo, y una cadena lateral que influye en la actividad de la molécula. La cadena acética $-\text{CH}_2-\text{COOH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ es la más activa.

Las auxinas cumplen diversas funciones en las plantas, estimulan la expansión de las células, promoviendo el crecimiento de tallos y raíces, facilitan la formación de raíces en esquejes, siendo utilizadas en la propagación vegetativa y también inhiben el crecimiento de yemas laterales, favoreciendo el desarrollo del tallo principal.

1.8.2. Giberelinas

Las giberelinas (GAs) son hormonas de crecimiento diterpenoides tetracíclicos involucrados en varios procesos de desarrollo en vegetales (Cassareto & Jordán, 2006) Su estructura incluye un grupo carboxilo en la posición C-7 y grupos hidroxilos en posiciones C-3 y C-2, los cuales determinan su actividad biológica. Una forma activa común es el ácido giberélico (GA3).

Las giberelinas desempeñan diversas funciones en las plantas como promover tanto la división como la elongación celular, rompen la latencia de las semillas al inducir la síntesis de enzimas hidrolíticas, influyen en la transición de la fase vegetativa a la fase reproductiva, promoviendo la iniciación y desarrollo de las flores en ciertas especies, estimulan el crecimiento y maduración de los frutos.

1.8.3. Citoquininas

Las citoquininas o citosinas son hormonas vegetales, fitohormonas, imprescindibles en la regulación del desarrollo y mantenimiento de los tejidos vegetales. Junto con las giberelinas y las auxinas se encargan de la regulación de los procesos fisiológicos de los vegetales. Las citoquininas conjuntamente con las auxinas controlan el ciclo celular (Contreras, 2014).

Las citoquininas son derivados de la adenina con una cadena lateral unida al nitrógeno en la posición 6 del anillo purínico. Esta cadena lateral puede ser de naturaleza isoprenoide o aromática. Entre las citoquininas naturales más comunes se encuentran la zeatina y la isopenteniladenina.

Las citoquininas son hormonas esenciales que regulan la división celular, el desarrollo de órganos y la respuesta al envejecimiento en las plantas, asegurando su crecimiento y adaptación al entorno.

Algunos estudios han encontrado que las hormonas, como la auxina, la citoquinina y la GA, juegan un papel fundamental en la regulación de las interacciones entre el vástago y el portainjerto (Wang et al., 2017).

1.8.4. Fitohormonas

Según Nolasco (2024), las plantas pueden verse influenciadas por diversas sustancias orgánicas, algunas de las cuales han sido reconocidas como hormonas vegetales tras ser estudiadas y evaluadas por sus características químicas y biológicas. Tradicionalmente, las auxinas, giberelinas, citoquininas, etileno y ácido abscísico han sido consideradas las principales hormonas vegetales. Su clasificación se basa en los efectos que ejercen sobre el desarrollo o el fenotipo de plantas mutantes que presentan alteraciones en su capacidad de síntesis o percepción.

1.9. Componentes y Factores de Éxito en el Injerto

Es crucial garantizar la compatibilidad genética entre el injerto y el portainjerto, así como seleccionar plantas sanas, libres de plagas y enfermedades. Se debe elegir material vigoroso, con un desarrollo adecuado y en el estado fenológico óptimo, generalmente cuando la savia fluye activamente.

De acuerdo con Ordoñez (2025) menciona que las yemas son pequeñas estructuras con apariencia de botones, ubicadas en los nudos de los tallos de las plantas. En su interior poseen un meristemo, un tejido especializado con la capacidad de dividirse y transformarse en distintos tipos de tejido vegetal. Bajo condiciones adecuadas, las yemas pueden desarrollarse y dar origen a nuevos brotes de tallos, hojas o flores

El patrón o portainjerto es la parte inferior de la planta que proporciona el sistema radicular. Esta estructura no solo ofrece soporte físico, sino también la absorción de agua y nutrientes esenciales del suelo, los cuales son fundamentales para el establecimiento y desarrollo del injerto (Nolasco, 2024). Por su parte, la púa es una sección de la planta donadora, generalmente una rama joven con al menos tres yemas viables. Su elección cuidadosa y preparación, con cortes adecuados para garantizar un buen contacto cambial, incrementan las probabilidades de éxito (Nuestraflora, 2019).

Además de estos factores estructurales, las condiciones fisiológicas influyen considerablemente en la tasa de sobrevivencia del injerto. La temperatura, por ejemplo, puede inducir respuestas adaptativas en la planta, como la aclimatación. Esta consiste en una

reprogramación molecular que permite soportar condiciones ambientales que, de otra forma, serían letales. Sin embargo, una exposición directa a temperaturas extremas puede superar la capacidad de adaptación de la planta, reduciendo así la viabilidad del injerto (Paz Espinoza, 2015).

La cicatrización en la zona de unión del injerto se produce a través de la generación de células tras el proceso de injertación. Durante esta fase, las capas externas de células expuestas en la región cambial, tanto de la púa como del patrón, producen células de parénquima, lo que lleva a la formación de tejido calloso (Ordoñez , 2025).

En conjunto, la correcta selección del patrón y la púa, junto con un manejo adecuado del entorno, son claves para maximizar la eficiencia del proceso de injertación en especies forestales como el eucalipto.

1.10. Condiciones ambientales

Cada especie necesita un rango específico de condiciones térmicas. Sin embargo, todas ellas pueden lograr el proceso de unión dentro de un rango de temperaturas que va de 5 a 40°C. La temperatura óptima, que favorece una unión más rápida y aumenta las probabilidades de éxito del injerto, se encuentra entre los 20 y los 25°C (Álvarez, 2019).

1.10.1. Temperatura

El eucalipto crece bien en zonas cálidas o tropicales, requiriendo lugares con mucha luz solar. Su rango ideal de temperatura para un crecimiento óptimo está entre los 20°C y 30°C. Sin embargo, tiene cierta tolerancia al frío, ya que varias de sus especies pueden soportar temperaturas de hasta -12°C y desarrollarse en condiciones de hasta -5°C (Red IBEROMASA, 2023).

1.10.2. Humedad

Según Paz Espinoza (2015) mencionan que es crucial mantener la superficie de los cortes humectada durante la formación del callo, ya que esto favorece una cicatrización adecuada. La humedad debe mantenerse constantemente alta, idealmente entre el 80 y el 90%, ya que niveles más bajos pueden afectar negativamente la calidad de la cicatrización.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tipo de investigación

Enfoque o paradigma

Esta investigación se llevó a cabo con un enfoque cuantitativo, mediante la recopilación y el análisis de datos numéricos para obtener resultados exactos y verificables.

Aspiración, objetivo o finalidad

Esta investigación se caracterizó por ser de tipo aplicada.

Alcance o nivel de profundidad

Se clasificó como una investigación explicativa ya que se abordó el estudio con el objetivo de evaluar y comprender efecto y relaciones que existen entre las variables involucradas.

Diseño de investigación

El diseño del estudio fue experimental, lo que implicó la manipulación de ciertas variables para observar sus efectos y establecer posibles relaciones de causa y efecto.

El tiempo

En la investigación se consideró sincrónico, ya que se realizó en un solo momento, sin extender el tiempo.

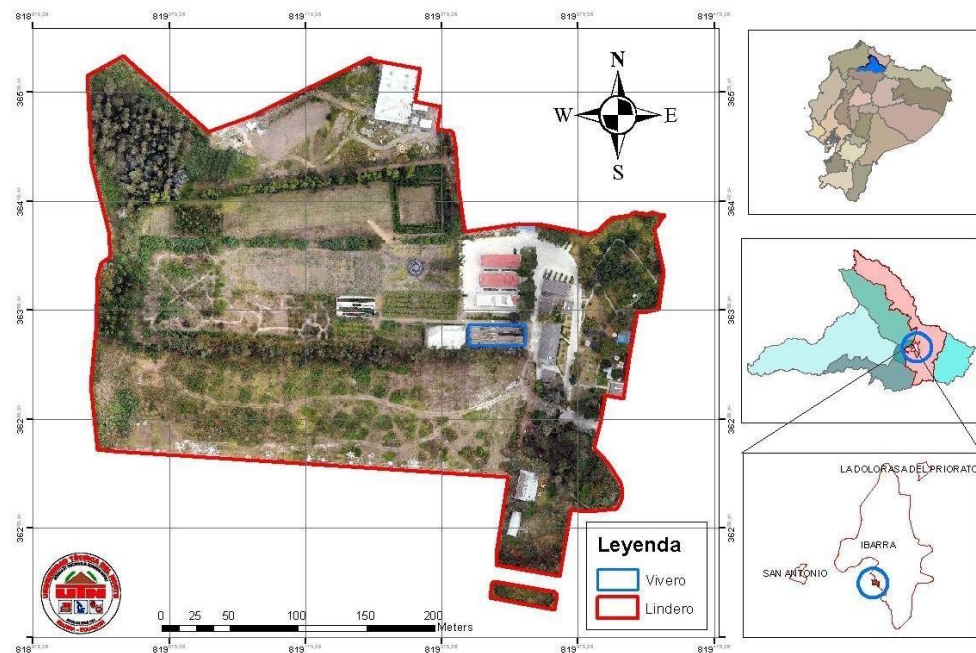
El lugar

Fue una investigación de campo, ya que se realizó directamente en el lugar de estudio.

2.2. Ubicación del lugar

El estudio se realizó en el Campus Yuyucocha de la Universidad Técnica del Norte ubicado en la parroquia Caranqui de la ciudad de Ibarra de la provincia de Imbabura con las siguientes coordenadas: N°19°43.5828'', W78°7'53.3456''. (Figura 1); sus límites son los siguientes: “El área limita al norte con viviendas en la calle Armando Hidrobo, al este con la Av. Cap. José Espinoza de los Monteros y la calle Hno. Miguel, al sur con un predio agrícola y la calle Flores Rúaes y al oeste con una quebrada seca” (Guevara & Pozo, 2019).

Figura 1. Mapa de ubicación del vivero de investigación del Campus Yuyucocha



2.3. Caracterización edafoclimática del lugar

Según el Instituto Geográfico Militar (2024), las características edafoclimáticas del Campus Yuyucocha fueron determinadas de la siguiente manera:

- Suelo: existe dos tipos de suelos textura franco arcilloso y franco, entre el tres y cinco porcientos de materia orgánica.
- Clima: Precipitación tenemos isoyetas anualmente entre 500 y 750 mm de lluvia.
- Temperatura: Isoyetas 12 a 14 °C.

2.4. Materiales, equipos y software

Los materiales de campo, materiales de laboratorio, equipos y software que se emplearon en el desarrollo de la investigación están descritos en la Tabla (3).

Tabla 3.*Materiales, equipos y software a emplear en la investigación.*

Materiales de campo	Materiales de laboratorio	Equipos	Software
Tijera de podar	Cajas Petri	Computador	Microsoft Word
Navaja de injertar	Pinzas	Balanza	Microsoft Excel
Cinta plástica para injertación	Alcohol	Calibrador digital	Infostat
Alcohol al 70% para desinfectar	Agar		
Material vegetal	Guantes quirúrgicos		
Flexómetro			
Fitohormonas			
Agua			

2.5. Métodos, técnicas e instrumentos.**2.5.1. Diseño experimental:**

En la presente investigación se aplicó el diseño irrestricto al azar, Tabla (4) los tratamientos aplicados fueron 4:

ET1= Testigo

ET2=Giberelina

ET3= Citoquinina

ET4= Auxina

Tabla 4.*Componentes del diseño*

Componentes del Diseño	Cantidad
Tratamientos	4
Repeticiones	4
Unidades experimentales	16
Número de individuos por	15
Unidad experimental	
Total, de plantas	240

Tabla 5.

Esquema del diseño experimental

ET3R	ET1R	ET4R	ET4R	ET3R	ET1R	ET	ET3R	ET4R	ET1R	ET2R	ET4R	ET2R	ET2R	ET1R	ET2R
1	1	3	1	1	2	3 R3	2	2	3	1	4	4	2	4	3

2.5.2. Modelo estadístico del experimento.

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

En donde:

Y_{ij} = observación individual

μ = media

τ_i = efecto de tratamiento

ϵ_{ij} = error experimental

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

Tabla 6.

Matriz para registro de datos

Datos de púas vivas del injerto																
Número de individuos por unidad experimental																
Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Fecha
ET1R1																Observaciones
ET2R2																
ET3R3																
ET4R4																

2.5.4. Instalación del experimento.

Para la instalación del experimento se utilizó dos especies:

Eucalyptus globulus Labill como patrón

Eucalyptus grandis W. Hill como injerto (púa)

(ver anexo 1)

- **Selección de los árboles fenotípicamente superiores:**

Un árbol plus debe presentar características mínimas deseables como posición sociológica dominante, fuste muy recto con ramas delgadas y excelente estado fitosanitario las cuales se observan en la tabla 7 y 8. Se evaluaron fenotípicamente y cuantitativamente 20 árboles de *Eucalyptus grandis* W. Hill para la obtención del material vegetal (púas) de la estación experimental “La Favorita” los cuales se eligieron los mejores cinco árboles valorados, según Samaniego et al. (2015).

Tabla 7.

Tabla clasificación árbol plus

Criterios	Factores (características fenotípicas)	Calificación
Forma del fuste	Recto y cilíndrico	4
	Ligeramente torcido	3
	Torcido	2
	Muy torcido	1
Ángulo de intersección de ramas	De 60° a 90°	3
	De 30° a 60°	2
	De 0° a 30°	1
Forma de la copa	Columnar	4
	Semicolumnar	3
	Columnar irregular	2
	Pocas ramas	1
Estado fitosanitario	100% sano	4
	75% sano	3
	50% sano	2
	25% sano	1

Tabla 8.

Modelo de evaluación árboles superiores

Características Evaluadas	Modelo de evaluación	Calificación
DAP ALTURA	Se realiza una comparación con la media de todos los individuos	Se asignan valores del 1 al 7, valores menores los que están debajo de la media, y valores altos a los que están sobre la Media

- **Recolección del material vegetal (púas)**

Se recolectaron las púas de los cinco mejores árboles seleccionados de *Eucalyptus grandis* W. Hill, con una tijera de poda, se cortó las púas de la copa media del árbol.

- **Traslado del material vegetal**

Se utilizó papel periódico húmedo como medio de traslado del material vegetal para mantener las púas activas y evitar su oxidación.

- **Preparación del material vegetal (Injerto)**

Se seleccionaron las púas con las características más adecuadas, verificando que contaran con cuatro a cinco yemas visibles y sanas. Antes de realizar el corte, el bisturí fue desinfectado con alcohol para garantizar la higiene del procedimiento. Posteriormente, se efectuó el corte siguiendo la técnica apropiada para el injerto. Todo el proceso se llevó a cabo en el laboratorio de fisiología vegetal del Campus Yuyucocha.

- **Preparación de las fitohormonas**

Se utilizó las fitohormonas de giberelina, auxina, citoquinina de 2,5 mg/l en dos litros de agua cada una, en los cuales se introdujeron las púas durante 24 h.

- **Preparación del patrón (*Eucalyptus globulus* Labill)**

Se recolectaron plantas provenientes de regeneración natural y posteriormente, se seleccionaron los individuos con mejores características. Estas fueron colocadas en fundas de 5 x 8 cm. Se eligieron plantas con un diámetro basal de 5 mm y una altura de 30 cm, las cuales fueron utilizadas como patrón. A cada una se le realizó un corte transversal a 10 cm de altura utilizando una tijera podadora. Luego, se efectuó un corte de hendidura simple para el injerto. Toda esta actividad se llevó a cabo en una platabanda del vivero del Campus Yuyucocha.

- **Injertación**

Se colocó la púa de *Eucalyptus grandis* W. Hill sobre el patrón de *Eucalyptus globulus* Labill. Luego, se aseguró firmemente con cinta de injerto para prevenir la filtración de agua y garantizar la estabilidad del injerto.

- **Condiciones climáticas**

Durante el ensayo fueron cuidadosamente monitorizadas y ajustadas, manteniendo la temperatura entre 20 °C y 25 °C, ya que temperaturas superiores podrían afectar negativamente la tasa de éxito del injerto. La humedad relativa se mantuvo entre el 60 % y 70 %, y se evitó la exposición directa al sol para prevenir el estrés en las plantas. Además, se protegió a las plantas

del viento, que podría causar deshidratación. Para asegurar un ambiente adecuado, se ubicaron en una platabanda cubierta con plástico de invernadero, complementado con un sistema de riego programado.

2.6. Variables

Objetivo 1

- Número de yemas

Las púas obtenidas en La Favorita fueron seleccionadas en función de su número de yemas, eligiendo aquellas que tenían entre cuatro y cinco yemas para ser utilizadas como injertos. Este proceso se realizó mediante una evaluación visual.

- Longitud de la púa

Se realizó una medición inicial de la longitud de cada púa en el momento de la injertación, utilizando un flexómetro. Luego, se seleccionaron las púas con una longitud de 10 cm, ya que estas presentaban mayores probabilidades de emitir brotes.

- Diámetro de la púa

El diámetro de cada púa fue medido inicialmente en el momento de la injertación utilizando un calibrador digital, lo que permitió obtener mediciones precisas en el punto medio de la púa. Para asegurar la exactitud de los datos, se verificó que el calibrador estuviera perpendicular a la púa al momento de la medición, registrando el diámetro en milímetros (mm). Se seleccionaron púas con un diámetro de 5 mm, ya que este rango resulta ideal para garantizar una mejor compatibilidad con el patrón y favorecer la formación de una unión sólida entre las partes injertadas.

Objetivo 2

- Porcentaje de púas vivas

Se evaluaron los injertos durante un periodo de un mes al finalizar este tiempo, se observó cuántos injertos mostraron signos de sobrevivencia. Posteriormente, se calculó el porcentaje de injertos que sobrevivieron, dividiendo el número de injertos viables entre el total de injertos realizados, multiplicado por cien. Esta variable categórica se analizó utilizando la fórmula del porcentaje de púas vivas, lo que permitió identificar las diferencias en la tasa de éxito entre los distintos tratamientos hormonales.

$$\text{Porcentaje de puas vivas} = \frac{\text{Número de injertos que sobrevivieron}}{\text{Número total de injertos realizados}} \times 100$$

- **Primordios foliares**

Se realizaron observaciones visuales de cada injerto, lo que permitió examinar con mayor detalle la presencia de primordios foliares durante las evaluaciones semanales.

- **Formación de callos en la hendidura del patrón (*Eucalyptus globulus* Labill)**

La formación de callos fue evaluada mediante observación directa durante un periodo de dos semanas. Cada semana se realizaron observaciones para verificar si en los bordes de la hendidura, donde se había injertado la púa, comenzaba a formarse el callo cicatricial. Durante estas observaciones, se registró la presencia o ausencia de callos en cada injerto. Estos datos fueron anotados en una matriz para su posterior análisis.

- **Procedimiento y análisis de datos.**

En primer lugar, se realizó la comprobación de supuestos estadísticos de normalidad y homocedasticidad. Mediante la prueba de Shapiro Wilks se determinó la normalidad en la distribución de los datos y con la prueba de Levene la homocedasticidad. Una vez confirmados estos supuestos se procedió a realizar el análisis de varianza (ANOVA), para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos. Finalmente, al detectarse diferencias estadísticamente significativas se aplicó la prueba de medias de Tukey para definir entre que tratamientos existe estas diferencias.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUCIÓN

3.1. Calidad del material vegetal

3.1.1. Número de yemas

Durante el desarrollo de la investigación, se obtuvo un promedio de cuatro a cinco yemas por púa, lo que garantizó una distribución adecuada de yemas por segmento. Lo cual resultó fundamental para aumentar las probabilidades de emisión de brotes en el proceso de injertación.

De acuerdo a Trujillo (2019) en su investigación afirma que para la propagación vegetativa de *Eucalyptus grandis* W. Hill, se debe de elegir las estacas consisten en segmentos nodales, con dos o cuatro yemas axilares y con la lámina foliar seccionada a la mitad transversalmente para reducir el área de transpiración. Para la colecta, la base de las púas se debe sumergir en agua para reducir la deshidratación, lo cual coincide con la presente investigación ya que se realizó el mismo procedimiento para la colecta de las púas, consideraron cuatro a cinco yemas por púa mismas que nos dan mayores probabilidades de emisión de brotes, garantiza la selección del mejor brote prendido.

En la investigación de Venturini & Lopez (2010), mencionan que en la propagación asexual de *Eucalyptus spp.* se toma en cuenta entre dos o tres yemas dormidas en cada púa, obteniendo en su estudio valores del test de Wald y Odds ratio para los efectos principales (cobertura y hormona, respectivamente) son 7,038 y 2,55; y aplicando la ecuación del modelo $e^{\beta_1} = e^{1,9513} = 7,037$ y $e^{\beta_2} = e^{0,9369} = 2,5$. Lo cual difiere con el número de yemas de la presente investigación, ya que se presentó entre cuatro y cinco yemas vivas, debido a que la presencia de yemas es indispensable para el desarrollo vigoroso del injerto.

3.1.2. Longitud de la púa

La longitud de las púas en la presente investigación tuvo un promedio de 10 cm de longitud por unidad, lo que sugiere que se encuentran dentro de un rango óptimo para su uso en injertos.

De acuerdo a Trujillo (2019) en su investigación afirma que para la propagación vegetativa de *Eucalyptus grandis* W. Hill, se debe de elegir las estacas consisten en segmentos nodales de seis a ocho cm de longitud, en la presente investigación, se trabajó con púas de 10 cm de longitud, lo que favoreció una mayor probabilidad de emisión de brotes. Este criterio contribuyó a garantizar la selección del brote más adecuado para su desarrollo.

Los resultados de González-Jiménez et al., (2023) en su investigación consideraron que la longitud del brote de acuerdo con su objetivo final, sea púa para injerto, explante para cultivo in vitro o estaca, recomendaron para especies forestales debe tener una longitud del brote de siete-nueve cm, ya que ésta influye en características morfológicas de planta injertada, especialmente en términos de vigor, capacidad de adaptación, en la presente investigación se consideraron púas maduras con longitudes ajustadas a estas recomendaciones, asegurando así una mayor probabilidad de éxito en el proceso de injertación.

Según en su estudio Mejía (2010) señala que la porción apical de las ramas es la más adecuada para extraer las púas, recomendando una longitud entre 15 y 20 cm. Posteriormente, se debe eliminar aproximadamente el 75 % del follaje, reduciendo las hojas a una cuarta parte de su tamaño original. En esta investigación, se optó por utilizar la parte apical por preferencia técnica. Asimismo, tanto la longitud de la púa como el manejo del follaje fueron adaptados a las características morfológicas de las ramas de la especie en estudio, ya que estos aspectos influyen de forma importante en la transpiración y el éxito del injerto.

3.1.3. Diámetro de la púa

En la presente investigación se consideró un diámetro promedio de cinco mm por púa, la cual es una medida adecuada para el proceso de injertación.

En su investigación Trujillo (2019), afirma que para la propagación vegetativa de *Eucalyptus grandis* W. Hill, el diámetro recomendado suele ser de aproximadamente 5 a 10 mm para las púas que serán utilizados para el injerto. En la presente investigación se consideraron cinco mm de diámetro por púa ya que garantiza una mejor compatibilidad con el patrón y facilita la formación de una unión sólida entre las partes injertadas.

Según González-Jiménez et al., (2023), en su investigación resalta, que el diámetro de las púas a partir de injertos fue 4.5 mm y para T5 (planta no injertada) de 3.0 mm, lo cual recomendaron para especies forestales con diámetro promedio de 2.5-3.0 mm. Para la presente investigación se seleccionó a las mejores púas con diámetros similares por ciertas condiciones que se tomó en cuenta ya que permite una mejor alineación de los tejidos de cambium, lo que optimiza la fusión de los tejidos y la cicatrización del injerto. Además, se eligió este diámetro porque las púas con mayores reservas nutricionales, mejora el establecimiento de la planta injertada.

3.2. Efecto de los tratamientos hormonales

3.2.1. Porcentaje de púas vivas

Los resultados obtenidos en la presente investigación hasta la segunda semana de estudio, se observa en la tabla 9, ninguno de los tratamientos hormonales aplicados sobrevivió hasta el final del ensayo (un mes).

Tabla 9.

Porcentaje de púas vivas

Tratamientos	Porcentaje de púas vivas
T1	11,25
T2	13
T3	14,25
T4	13,75

Una vez aplicada la prueba de normalidad utilizando el método de Shapiro-Wilk, se observó que el porcentaje de púas vivas no presentó una distribución normal, ya que el valor de p fue 0,0009, menor a 0,05. Por ello, los datos fueron transformados mediante la función Arcseno, obteniendo una distribución normal en la variable transformada, con un valor de p de 0,2429, superior al umbral de significancia ($p > 0.05$). (Tabla 10 y 11).

Tabla 10.

Prueba de normalidad porcentaje de púas vivas

Variable	N	Media	D.E.	W*	P (Unilateral D)
Porcentaje de púas vivas	16	0,87	0,11	0,78	0,0009
Arcseno	16	1,10	0,21	0,91	0,2429

Tabla 11.*Análisis de varianza con Arcseno*

Variable	CV
Arcseno	14,2

Se aplicó la prueba de Levene para verificar la homogeneidad de varianzas entre tratamientos, obteniéndose un valor de p de 0,3565, mayor a 0,05. Esto indica que se cumple el supuesto de homocedasticidad. Dado que también se comprobó la normalidad de los datos, se procedió a aplicar el análisis de varianza (ANOVA), ya que se cumplen los supuestos requeridos para su uso (Tabla 12).

Tabla 12.*Homocedasticidad mediante Prueba de Levene*

F. V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0,03	3	0,01	1,19	0,3565
Tratamientos	0,03	3	0,01	1,19	0,3565
Error	0,09	12	0,01		
Total	0,11	15			

Se realizó el análisis de la varianza con los datos transformados del porcentaje de púas vivas al arcoseno con lo cual se obtuvo normalidad. En la tabla 13 se puede observar que el error es más pequeño que la suma de cuadrados lo cual nos indica que existen diferencias significativas entre tratamientos, además se tiene que el p-valor es menor a 0,05 por lo cual se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 13.*Análisis de la varianza*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	0,39	3	0,13	5,44	0,0136
Error	0,29	12	0,02		
Total	0,69	15			

Se realizó la prueba de Tukey para determinar si existe diferencias significativas entre los tratamientos aplicados en el ensayo. En la tabla 14 se puede observar que si existe diferencias entre los tratamientos destacándose el T3 (Citoquinina) y el T1 (Testigo), siendo la citoquinina mejor que el testigo.

Tabla 14.

Prueba de Tukey

Tratamientos	Medias	N	E.E.		
T3	1,3	4	0,08	A	
T4	1,16	4	0,08	A	B
T2	1,06	4	0,08	A	B
T1	0,87	4	0,08		B

En su investigación Cabrera et al., (2024), reportaron un porcentaje de púas vivas es del 93,33 % al utilizar la hormona citoquinina (Cytokin). Este alto porcentaje se atribuye a la capacidad de las citoquininas para estimular e inducir una proliferación y división celular significativa. En contraste, en la presente investigación, el tratamiento T3 mostró un porcentaje de púas vivas del 14,25 %, destacándose como el mejor resultado durante la segunda semana de evaluación.

Según Perez & Blas (2016), en su investigación obtuvo un porcentaje de púas vivas altamente significativo entre los tratamientos, evidenciando diferencias notables entre ellos y un coeficiente de variabilidad de 36,24%. En cambio, en la presente investigación, el coeficiente de variabilidad alcanzó el 14,2 % lo cual indica que los tratamientos presentaron una respuesta más uniforme, en los resultados, esta diferencia en los porcentajes se atribuye a diversos factores, entre ellos que en el sitio de estudio las condiciones ambientales.

David & Avendaño (2023) métodos como el injerto de púa o el de hendidura pueden influir significativamente en el éxito del injerto y en la homogeneidad de los datos. En nuestro caso, la técnica empleada parece haber sido adecuada, ya que el CV fue de 14,2 % lo que refleja una variabilidad aceptable y un alto grado de precisión en los resultados.

En su investigación Agramonte et al. (2001) se centró en la micropropagación in vitro, destacando que un equilibrio adecuado entre auxinas y citoquininas es esencial para el crecimiento óptimo de los explantes. Particularmente, la adición de bajas concentraciones de 6-BAP ($0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) promovió una mayor longitud de los brotes, mientras que dosis más altas (0.5 y $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) inhibieron el crecimiento, reduciendo la longitud de los brotes y afectando

negativamente el coeficiente de multiplicación. En contraste, en la presente investigación se evaluó el éxito del injerto en *Eucalyptus grandis*, reportando que el tratamiento T3 alcanzó un 14,25% de púas vivas durante la segunda semana de evaluación. Aunque este porcentaje es relativamente bajo, se destacó como el mejor resultado entre los tratamientos probados.

Los resultados de Martínez-Ruiz et al., (2005) en su estudio después de 45 días encontraron diferencias entre los tratamientos. Al realizar la prueba de Tukey con la comparación de medias para la especie *E. grandis* la respuesta fue que el mayor promedio se obtuvo en el tratamiento 3.0 mg/l de citoquininas (BA) mientras que obtuvo 0 mg/l de auxina (ANA) con una media de 2.050 g. De forma similar, en la presente investigación se evidenció diferencias significativas entre tratamientos, destacando que el tratamiento con citoquinina (T3) fue superior al testigo (T1). Estos hallazgos refuerzan el papel de las citoquininas en la estimulación del desarrollo vegetal y sugieren su utilidad en protocolos de propagación.

3.2.2. Primordios foliares

En este estudio, no se logró la aparición de primordios foliares ni el brote de nuevas estructuras en el injerto. Se identificó que esto podría estar relacionado con una cicatrización deficiente, la falta de alineación entre los tejidos del cambium de la púa y el patrón, y una posible alteración en el transporte de hormonas.

Según Crecente et al., (2008) en su investigación demuestran que los brotes leñosos dan peores resultados debido sin duda al desfase fisiológico con el patrón. A partir del segundo injerto, las púas reinjertadas presentan una alta sincronización fisiológica con los patrones, que se traduce en altos porcentajes de prendimiento, los reinjertos se realizaron cada 40 días. Al final de cada ciclo, la púa prendida y desarrollada aportó $4,22 \pm 1,25$ brotes apicales y nodales, utilizados como púas para reinjertar. En la presente investigación, se evidenció que los primeros brotes no emergieron, lo que se atribuye a la falta de cicatrización adecuada del injerto, lo cual se asume que el problema fue causado por la ausencia de contacto efectivo entre los tejidos de cambium de la púa y el patrón, lo que impidió la circulación de nutrientes y hormonas esenciales para la activación de los meristemos apicales, debido a esto no se produjo la emisión de brotes ni la diferenciación de primordios foliares, afectando la eficiencia del proceso de injertación.

En su estudio Martínez-Ruiz et al., (2005) después de 45 días tuvo resultados positivos, la citoquinina (BA) la cual ayudo a la estimulación de la división celular y activo los puntos de crecimiento de los nuevos brotes. Los resultados obtenidos en este estudio muestran en forma

general una mayor respuesta de multiplicación de brotes en los tratamientos donde se utilizó BA. Los resultados de la presente investigación no se observó la formación de primordios foliares durante el periodo experimental. A pesar de las condiciones controladas y la aplicación de técnicas estándar para promover la compatibilidad y el desarrollo de las púas injertadas se perdió debido a que no hubo el prendimiento lo que indica una posible interrupción en el flujo hormonal o una falta de integración fisiológica entre los tejidos del injerto.

3.2.3. Formación de callos en la hendidura del patrón

En la presente investigación, no se observó formación de callos en la hendidura del patrón, se determinó que esto pudo deberse a la incompatibilidad entre el patrón y la púa, así como a la presencia de hongos y bacterias.

En su investigación Larson et al., (2006), mencionan que los callos que presentaron formación de brotes alcanzaron valores muy variados dentro de los tratamientos, los porcentajes más altos de caulogénesis se obtuvieron en los tratamientos 13 y 14 con un 100% de formación de brotes en todos los espantos. La rapidez en la formación de los callos y el tamaño al final del periodo de inducción está directamente relacionado con las concentraciones de BAP aplicadas. En la presente investigación no se evidenció la formación de callos, lo cual podría atribuirse a la manipulación del material vegetal y a la oxidación del corte. La exposición prolongada al aire pudo haber interferido con el proceso de cicatrización, inhibiendo así la inducción de callo.

En su investigación Ipinza et al., (2014), han determinado que en *Eucalyptus* el callo se produce mayormente cuando es inducida a la auxina (ANA), sin embargo, observó que la exposición a concentraciones más altas de ANA por más de una semana inhibe la formación callos. Por otro lado, el aumento de la concentración de sacarosa reduce la producción de callo e incrementa la oxidación. En la presente investigación no se observó formación de callos en la hendidura del patrón, lo que impidió el establecimiento adecuado del injerto. Tras la realización de estudios de laboratorio, se identificó la presencia de un hongo en los tejidos de la hendidura del patrón. Este hallazgo sugiere que la colonización fúngica pudo haber afectado negativamente los procesos de cicatrización y división celular necesarios para la formación de callos. Esto podría explicar la ausencia de proliferación celular en la zona del injerto, así como la falta de unión efectiva entre el patrón y la púa.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El material vegetal (púas) de *Eucalyptus grandis* W. Hill presentó características morfológicas adecuadas como cuatro a cinco yemas axilares, una longitud de aproximadamente 10 cm y un diámetro de cinco mm.
- El tratamiento (T3) con citoquininas (BA) logró mantener las púas vivas hasta 15 días, sin embargo, la supervivencia del injerto no se obtuvo en ninguno de los tratamientos.

Recomendaciones

- Se sugiere realizar pruebas preliminares antes de implementar injertos de *Eucalyptus spp.* a gran escala. Es fundamental revisar cuidadosamente factores como la compatibilidad entre el patrón y el injerto, además las técnicas de injerto utilizadas.
- Se debe desarrollar investigaciones enfocadas en el uso de fitohormonas aplicadas en distintas fases del proceso de injerto, como la preparación del patrón, el manejo de las púas y la consolidación del injerto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, H. (2019). *Injertación en frutales: Contribución en fisiología vegetal*. Universidad Nacional de Jaén. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/389>
- Agramonte Peñalver, D., Delgado Fernández, L., Trocones Boggiano, A., Pérez Peralta, M., Ramírez Aguilar, D., & Gutiérrez Martínez, O. (2001). Micropropagación del *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) a partir de segmentos nodales. *Bioteecnología Vegetal*, 1(2), 109–114. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/73/550>
- Cabrera Caisa, D. J., Chanaguano Lusintuña, J. D., Quinatoa Lozada, E. F., & Espinosa Cunuhay, K. A. (2024). Tipos de Injerto y fitohormonas en la propagación clonal del aguacate (*Persea americana* Mill) de la variedad Hass. *Revista Científica Kosmos*, 3(2), 67–80. <https://doi.org/10.62943/rck.v3n2.2024.99>
- Crecente-Campo, S., & Fernández-Lorenzo, J. L. (2008). Injerto en serie “acelerado” de *Quercus robur* adulto. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (24), 45–50. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4245805.pdf>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) & Asociación Mexicana de Plantadores Forestales (AMEPLANFOR). (2017). *Propuesta de mejora genética en apoyo a los programas de plantaciones forestales comerciales en el sureste de México*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/246715/Estrategia_de_mejora_genetica_a_de_especies_para_PFC_en_el_sureste.pdf
- Contreras, J. (2014). *Hormonas vegetales: Citoquininas*. La Guía 2000. Recuperado el 1 de mayo de 2025. <https://biologia.laguia2000.com/fisiologia-vegetal/hormonas-vegetales-citoquininas>
- David, E., & Avendaño, L. (2023). Efecto del riego, la fertilización y el contenedor en la respuesta a la injertación en *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 14(73), 118–143. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v14i73.1314>
- Di Marco, E. (2015). *Eucalyptus globulus* sp. *globulus* Labill (eucalipto blanco). Familia Myrtaceae. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina, Dirección de Producción Forestal, 34–36. <https://forestindustria.magyp.gob.ar/archivos/procedimiento-requerido-en-plantaciones/eucalyptus-globulus-sp-globulus-labill-familia-myrtace.pdf>

- González-Jiménez, B., Jiménez-Casas, M., López-Upton, J., López-López, M. Á., & Rodríguez-Laguna, R. (2023). Plantas injertadas de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. para producción de estacas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46(4), 451–459.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802023000400451&script=sci_arttext
- Gainza, F., Opazo, I., & Muñoz, C. (2015). *Incompatibilidad de injertos en plantas: Cambios metabólicos durante la formación y establecimiento de la unión portainjerto/esqueje con énfasis en especies de Prunus*. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 75(Supl. 1), 1–10. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/33549>
- Guevara Nepas, K. M., & Pozo Velasco, A. J. (2019). *Interpretación turística y ambiental en los senderos de la Granja Experimental Yuyucocha, Ibarra-Ecuador* [Trabajo de titulación, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital UTN.
<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9740/2/02%20TUR%20132%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Imbaquingo Rosero, J. J. (2021). *Determinación de un tratamiento para enraizamiento de clones de Eucalyptus globulus Labill en la Hacienda Pisangacho, de la parroquia San Blas, cantón Urcuquí, provincia de Imbabura* [Trabajo de titulación de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11095>
- Instituto Superior Tecnológico Huando. (2023). *Injerto en frutales*.
<https://plataformaiestphuando.com/wp-content/uploads/2023/01/INJERTO-EN-FRUTALES.pdf>
- Instituto Geográfico Militar. (2024). *Visualización y descarga de información cartográfica y geográfica a través del Geoportal Institucional*. Gobierno del Ecuador.
[https://www.gob.ec/igm/tramites/visualizacion-descarga-informacion-cartografico-geografica-traves-geoportal-institucional​;contentReference\[oaicite:0\]{index=0}](https://www.gob.ec/igm/tramites/visualizacion-descarga-informacion-cartografico-geografica-traves-geoportal-institucional​;contentReference[oaicite:0]{index=0})
- Jordán, M., & Casaretto, J. (2007). *Hormonas y reguladores del crecimiento: Auxinas, giberelinas y citocininas*. En F. A. Squeo & L. Cardemil (Eds.), *Fisiología vegetal* (Cap. 15). Universidad de La Serena.
<https://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Auxinasgiberelinasycitocininas.pdf>
- Larson, C. G., Gómez, C., Sánchez-Olate, M., & Ríos, D. (2006). Induction of indirect

caulogenesis in *Eucalyptus globulus*. *Bosque*, 27(3), 250–257.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=173113289004>

Martínez, H. (2005). Fondo Nacional de Financiamiento Forestal Forest Monitoring System for REDD+ Costa Rica. *Fondo Nacional de Financiamiento Forestal*, 1, 1–53.

<https://www.onfcr.org/media/uploads/documents/genero-eucalipto.pdf>

Martínez Hernández, D. D., Jiménez Pérez, J., Alanís Rodríguez, E., Uvalle Saucedo, J. I., Canizales Velázquez, P. A., & Rocha Domínguez, L. (2014). Regeneración natural del matorral espinoso tamaulipeco en una plantación de *Eucalyptus spp.*. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(21), 94–107.

<https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/360>

Martínez-Ruiz, R., Azpíroz-Rivero, H. S., Rodríguez-De la O, J. L., Cetina-Alcalá, V. M., Gutiérrez-Espinosa, M. A., & Sahagún-Castellanos, J. (2005). Micropropagación Clonal in Vitro En *Eucalyptus GrLandis* Y *E. Urophylla*. *Ra Ximhai*, 111–130.

<https://doi.org/10.35197/rx.01.01.2005.08.rm>

Medina, C. E., & Perdomo Molina, A. C. (2013). *Injertos de púa en frutales de hueso y pepita* (Publicación técnica No. frut_479). Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife.

https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/frut_479_INJERTO%20FRUTALES2013.pdf

Mejía, W. V. (2010). *Evaluación de los injertos de púa terminal y lateral de aguacate fuerte en patrones de aguacate nacional en macetas, con cuatro sustratos en el vivero de San Vicente de Pusir Carchi* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte].

Repositorio UTN.

<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/265/2/03%20AGP%2093%20TESIS.pdf>

Melnyk, C. W. & Nanda, A. K., & (2018). The role of plant hormones during grafting. *Journal of Plant Research*, 131(1), 49–58. <https://doi.org/10.1007/s10265-017-0994-5>

Meskimen, G., & Francis, J. K. (2010). *Eucalyptus grandis* [PDF]. doc-developpement-durable.org.https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Bois-de-RapportReforestation/FICHES_ARBRES/Eucalyptus%20grandis/Eucalyptusgrandis.pdf

- Moncayo, X. A. (2021). *Caracterización dasométrica de dos plantaciones de Pinus radiata D. Don, con fines de manejo en la parroquia San Andrés, cantón Guano* (Tesis de maestría). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15888>
- Nolasco Caballero, I. E. (2024). *Influencia de fitohormonas en el prendimiento y crecimiento de las variedades duke y topa topa injertadas sobre semillas nodrizas de palto (Persea americana mill.) en condiciones del centro de investigación frutícola olerícola de la UNHEVAL, 2019* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional UNHEVAL.<https://hdl.handle.net/20.500.13080/10550>
- Nuestraflora (2019.). *Injerto de púa: de hendidura simple, doble y en frutales*. Nuestra Flora.
<https://nuestraflora.com/c-generalidades/injerto-de-pua/>
- Ordoñez Quiroz, E. E. (2025). *Título de la tesis* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Cajamarca.
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/6856/TESIS%20EVER%20EL%c3%8dAS%20ORDO%c3%91EZ%20QUIROZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Padilla Hernández, S. J. (2020). *Selección y propagación de árboles plus de eucalipto (Eucalyptus grandis × Eucalyptus urophylla) en la Reforestadora del Sinú* [Trabajo de grado, Universidad de Córdoba]. Repositorio Institucional Unicordoba.
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/b0744130-3d2e-473c-9e98-52a8fe6bea86/content>
- Paz Espinoza, V. (2015). *Adaptación de un protocolo para la producción de plántulas de tomate (Solanum lycopersicum L.) injertadas bajo condiciones de El Zamorano, Honduras* [Tesis de licenciatura, Universidad Zamorano].
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/14ca0bb6-80ad-4647-a995-d11371c6416a/content>
- Perez, Miranda & Blas, L. (2016). *Propagación asexual del eucalipto (Eucalyptus viminalis) con enraizador natural (agua de coco), en la cámara de sub-irrigación en el Centro Experimental de Cota Cota* [Tesis de licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés].
<https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/10537/T-2354.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Red IBEROMASA. (2023). *Guía de cultivos energéticos en Latinoamérica*. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).
https://www.cytred.org/assets/img/redes/102/publicacao/Guia_Cultivos_Energeticos_Latinoamerica_e.pdf
- Samaniego, J. A., Rodríguez, A. I., & López, J. R. (2015). *Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal*. *Agronomía Costarricense*, 39(1), 105–119.
<https://www.redalyc.org/pdf/436/43617800011.pdf>
- Silva-Junior, O. B., & Grattapaglia, D. (2021). Accelerating the domestication of *Eucalyptus grandis* through genomic selection. *Industrial Crops and Products*, 170, 113735.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113735>
- Siza, J. C., & Martínez, J. E. (2009). *Propiedades físico-mecánicas del eucalipto y aplicación al diseño estructural de una vivienda parte de una granja integral, ubicada en el IASA I* [Tesis de licenciatura, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. Repositorio Institucional ESPE.<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2050/1/T-ESPE-021896.pdf>
- Tedesco, S., Fevèreiro, P., Kragler, F., & Pina, A. (2022). Plant grafting and graft incompatibility: A review from the grapevine perspective. *Scientia Horticulturae*, 299, Article 111019. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111019>
- Trujillo, M. I. (2002). *Propagación vegetativa de Eucalyptus grandis* (SAD-425p1-10). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).
<https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/12881/1/sad-425p1-10.pdf>
- Vallejo, Á., & Zapata, F. (2018, noviembre 10). *Eucalipto grandis*. Forestal Maderero.
<https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/eucalipto-grandis.html>
- Venturini, M., & Lopez, C. (2010). Propagación de árboles selectos por injerto de púas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. *Revista de Ciencias Forestales*, 18, 101–105.
<http://fcf.unse.edu.ar/archivos/quebracho/v18a11.pdf>
- Wang, J., Jiang, L., & Wu, R. (2017). Plant grafting: How genetic exchange promotes vascular reconnection. *New Phytologist*, 214(1), 56–65.
<https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.14383>

Zhang, Y., Wang, L., & Li, X. (2019). Molecular responses during plant grafting and its regulation by auxins, cytokinins, and gibberellins. *Biomolecules*, 9(9), 397.
<https://www.mdpi.com/2218-273X/9/9/397>

ANEXO 1

Fotografías



Fotografía 1. Plantas de *Eucalyptus globulus* Labill que servirán de patrón para el injerto.



Fotografía 2. Recolección del material vegetal (púas) de *Eucalyptus grandis* W. Hill.



Fotografía 3. Preparación de las fitohormonas



Fotografía 4. Preparación de las púas para el injerto



Fotografía 5. Púas en las fitohormonas



Fotografía 6. Preparación del patrón para el injerto



Fotografía 7. Injerto



Fotografía 8. Injertación



Fotografía 9. Plantas injertadas



Fotografía 10. Toma de datos



Fotografía 11. Revisión del injerto



Fotografía 12. Preparación del medio para identificación del hongo



Fotografía 13. Identificando presencia de hongos



Fotografía 14. Presencia de hongos