



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

CARRERA: INGENIERIA FORESTAL

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACION

TEMA:

**“EFECTO DE HORMONAS DE ENRAIZAMIENTO EN PROPAGACION
VEGETATIVA DE *Juglans neotrópica* Diels, EN EL CAMPUS YUYUCOCHA”**

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

Línea de investigación: Desarrollo Agropecuario y Forestal Sostenible

Autor: Silvia Janeth Romero Flores

Director: Ing. Hugo Vinicio Vallejos Alvarez 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, 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			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004648901		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Romero Flores Silvia Janeth		
DIRECCIÓN:	Atuntaqui-Ecuador		
EMAIL:	sjromerof@utn.edu.ec / silvia.7.ecv21.flores@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:		TELF. MOVIL	0939508280

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EFFECTO DE HORMONAS DE ENRAIZAMIENTO EN PROPAGACION VEGETATIVA DE <i>Juglans neotrópica</i> Diels, EN EL CAMPUS YUYUCOCHA
AUTOR (ES):	Romero Flores Silvia Janeth
FECHA: AAAAMMDD	2025-04-08
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
CARRERA/PROGRAMA:	☒ GRADO ☐ POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Forestal
DIRECTOR:	Ing. Vallejos Álvarez Hugo Vinicio MSc.

CONSTANCIAS

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

08 de abril del 2025

LA AUTORA:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Silvia Janeth', with a stylized flourish at the end.

Romero Flores Silvia Janeth

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR

02 de abril del 2025

Ing. Vallejos Álvarez Hugo Vinicio 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: 2025.04.03
12:33:53 -05'00'

(f)

Ing. Vallejos Álvarez Hugo Vinicio MSc.

C.C.:1002018941

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “EFECTO DE HORMONAS DE ENRAIZAMIENTO EN PROPAGACION VEGETATIVA DE *Juglans neotrópica* Diels, EN EL CAMPUS YUYUCOCHA” elaborado por Romero Flores Silvia Janeth, previo a la obtención del título de Ingeniera 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: 2025.04.03
12:34:12 -05'00'

.....

Ing. Vallejos Álvarez Hugo Vinicio MSc.

C.C.: 1002018941

MARIO JOSE
ANAZCO ROMERO

Firmado digitalmente por
MARIO JOSE ANAZCO ROMERO
Fecha: 2025.04.03 14:50:52
-05'00'

.....

Ing. Añezco Romero Mario José PhD

C.C.: 0701574329

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía principal en cada paso que he dado, llenándome de fortaleza para poder seguir formándome como profesional, venciendo cada obstáculo que se me ha presentado y ayudándome a ser mejor cada día.

Al amor de mi vida Sebastián, con tu llegada iluminaste mi vida, tú siempre serás el dueño de todos mis logros ya que es por ti que mis ganas inmensas de superarme se están logrando, eres tú mi motor de vida, cada paso que doy es por ti, para poder asegurarte un futuro lleno de oportunidades y logros. Te amo

A mis amados padres Héctor y Carmita, quienes han sido mi pilar fundamental en mi vida, quienes me han educado con amor y sabiduría, su apoyo incondicional y esfuerzo inquebrantable que admirare siempre, son los que me han encaminado a lograr esta gran meta, son mi inspiración y el más bonito ejemplo que tengo.

A mi hermana Daniela, a mi hermano Oscar y a mi tía Miriam, su apoyo siempre ha estado presente hacia mí, me han brindado cariño lleno de motivación y a toda mi familia que siempre ha estado siempre para mí.

AGRADECIMIENTOS

A Dios quien presencio mi esfuerzo realizado, infinitas gracias por haberme permitido lograr culminar este gran sueño anhelado.

A mis padres por siempre estar presentes en cada etapa de mi vida, les agradezco su esfuerzo y dedicación hacia mí para lograr esta gran meta.

A mi hijo, que con su amor y bondad llego a direccionar mi vida te agradezco hijo mío por ser mi inspiración de cada actividad que realizo y es por ti que lo estoy logrando

A mis hermanos, a mi tía y a toda mi familia les agradezco de todo corazón su apoyo y consejos valiosos, quienes me ayudaron a afrontar mis miedos y por creer siempre en mí.

A mi gran equipo de trabajo quienes tuvieron la amabilidad de transmitirme sus grandes conocimientos, al director Hugo Vinicio Vallejos y asesor Ing. Mario José Añazco.

A mi carrera de Ingeniería Forestal, a mis admirables docentes Ing. Eduardo Chagna, Ing. Hugo Paredes, Ing. Oscar Rosales, Dr. Jorge Luis Cue, Ing. Guillermo Varela, Ing. Jorge Luis Ramírez, Ing. Gabriel Carvajal, Ing. Carlos Arcos.

¡Dios les pague!

RESUMEN

Juglans neotropica Diels (Nogal), fue descrita en 1906 por el botánico Alemán Friedrich Ludwig Emil Diels, además es de vital para silvicultura y agricultura moderna; es una especie arbórea de gran valor económico y ecológico, debido a su capacidad para la réplica de sus características genéticas de árboles selectos, se destaca que la propagación vegetativa es importante porque maximiza el rendimiento al asegurar la uniformidad genética de los futuros arboles obtenidos. La propagación vegetativa permite la producción de un gran número de plantas en un periodo más corto lo que es beneficioso en proyectos de reforestación asegurando nuevos árboles que son genéticamente idénticos al árbol madre con potencial de adaptabilidad. El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia de distintos tipos de hormonas de enraizamiento en la propagación vegetativa de *Juglans neotrópica* Diels (Nogal) en la etapa de vivero del Campus "Yuyucocha". Se aplicó un diseño irrestricto al azar, se utilizaron 300 estacas de rebrotes en tocones producto de podas anteriores, las variables evaluadas fueron diámetro, longitud de la estaca, numero de yemas, numero de brotes, sobrevivencia, numero de raíces por estaca, numero de estaca con brotes y raíces y estado fitosanitario, durante síes meses. El tratamiento T3(auxinas), fue el que mejor resultados produjo obteniendo un porcentaje de 1,66% que es superior a todas las variables. Se concluye que el uso de la hormona auxina es la mejor para la propagación vegetativa.

Palabras clave: Nogal, genética, fitohormonas, estacas, auxinas.

ABSTRACT

Juglans neotropica Diels (Walnut), was described in 1906 by the German botanist Friedrich Ludwig Emil Diels, and is also vital for modern forestry and agriculture; It is a tree species of great economic and ecological value, due to its capacity to replicate its genetic characteristics of select trees. It is highlighted that vegetative propagation is important because it maximizes performance by ensuring the genetic uniformity of the future trees obtained. Vegetative propagation allows the production of a large number of plants in a shorter period which is beneficial in reforestation projects by ensuring new trees that are genetically identical to the mother tree with potential for adaptability. The objective of the research was to evaluate the influence of different types of rooting hormones on the vegetative propagation of *Juglans neotropica* Diels (Walnut) in the nursery stage of the "Yuyucocha" Campus. An unrestricted randomized design was applied, 300 cuttings of sprouts were used on stumps resulting from previous pruning, the variables evaluated were diameter, length of the cutting, number of buds, number of shoots, survival, number of roots per cutting, number of stake with shoots and roots and phytosanitary condition, for six months. The T3 (auxin) treatment was the one that produced the best results, obtaining a percentage of 1.66%, which is higher than all the variables. It is concluded that the use of the hormone auxin is the best for vegetative propagation.

LISTA DE SIGLAS

INAMHI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-Ecuador.

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

PDOT. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	- 1 -
CONSTANCIAS.....	- 2 -
CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR ..	- 3 -
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR.....	- 4 -
DEDICATORIA	- 5 -
AGRADECIMIENTOS	- 6 -
RESUMEN	- 7 -
ABSTRACT.....	- 8 -
LISTA DE SIGLAS.....	- 9 -
INDICE DE CONTENIDOS	- 10 -
INDICE DE TABLAS	- 13 -
INDICE DE FIGURAS.....	- 14 -
INTRODUCCION	- 15 -
Problema de investigación	- 16 -
Problemática a investigar.....	- 16 -
Formulación del problema de investigación	- 17 -
Justificación	- 17 -
Objetivos	- 18 -
Objetivo General.....	- 18 -
Objetivos Específicos.....	- 19 -
Hipótesis	- 19 -
CAPITULO I	- 20 -
MARCO TEORICO.....	- 20 -
1.1. Descripción de Juglans neotrópica Diels	- 20 -
1.1.1. Taxonomía de Juglans neotrópica Diels.....	- 20 -
1.2. Mejoramiento genético (clones)	- 21 -
1.2.1. Importancia económica y valor genético de Juglans neotrópica Diels.....	- 21 -
1.3. Propagación vegetativa	- 21 -
1.3.1. Propagación vegetativa de Juglans neotrópica Diels.....	- 22 -
1.3.2. Beneficios de propagación vegetativa	- 22 -

1.3.3.	Propagación asexual	- 23 -
1.3.4.	Proceso de propagación en estacas de Juglans neotrópica Diels	- 23 -
1.3.5.	Temperatura.....	- 24 -
1.3.6.	Humedad.....	- 24 -
1.3.7.	Partes vegetativas a utilizar	- 24 -
1.3.8.	Brotes en estacas.....	- 25 -
1.4.	Material vegetal	- 25 -
1.4.1.	Calidad de material vegetal	- 26 -
1.4.2.	Calidad de material vegetal de Juglans neotrópica Diels	- 27 -
1.5.	Hormonas de enraizamiento	- 27 -
1.6.	Hormonas de enraizamiento para la propagación vegetativa de Juglans neotrópica Diels -	- 28 -
1.6.1.	Influencia de las fitohormonas para enraizar.....	- 29 -
1.7.	Hormonas químicas de enraizamiento	- 29 -
1.8.	Hormonas naturales de enraizamiento	- 30 -
1.9.	Hormonas que estimulan le emisión de brotes	- 30 -
CAPITULO II		- 32 -
MATERIALES Y METODOS		- 32 -
2.1.	Tipo de investigación.....	- 32 -
2.2.	Ubicación política de los lugares de estudio	- 32 -
2.2.1.	La Merced (Sitio I)	- 32 -
2.2.2.	Campus Yuyucocha (Sitio II)	- 32 -
2.2.3.	Ubicación geográfica de los sitios de estudio.....	- 32 -
2.3.	Límites de los sitios de estudio.....	- 34 -
2.3.1.	Límites de la Merced (sitio 1).....	- 34 -
2.3.2.	Límites Campus Yuyucocha (sitio 2)	- 34 -
2.4.	Caracterización edafoclimática de los sitios de estudio	- 35 -
2.4.1.	Tipo de suelo	- 35 -
2.4.1.1.	La Merced (Sitio 1).....	- 35 -
2.4.1.2.	Campus Yuyucocha (Sitio 2).....	- 35 -
2.4.2.	Clima	- 35 -
2.5.	Materiales, equipos y software	- 35 -
2.6.	Métodos, técnicas e instrumentos	- 36 -

2.6.1. Diseño experimental.....	- 36 -
2.6.1.1. Factor	- 36 -
2.6.1.2. Distribución de tratamientos.....	- 37 -
2.6.1.3. Modelo estadístico del experimento	- 39 -
2.6.1.4. Diseño de las matrices para el registro de los datos primarios.....	- 39 -
2.6.2. Instalación del experimento.....	- 39 -
2.6.2.3. Variables a evaluar	- 40 -
CAPITULO IV.....	- 43 -
RESULTADOS.....	- 43 -
4.1. Calidad del material vegetal	- 43 -
4.1.1. Diámetro y longitud de la estaca	- 43 -
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	- 55 -
5.1. Conclusiones.....	- 55 -
5.2. Recomendaciones	- 55 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	- 56 -
ANEXO 1.....	- 64 -
Fotografías	- 64 -

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	- 33 -
Tabla 2.	- 36 -
Tabla 3.	- 37 -
Tabla 4.	- 37 -
Tabla 5.	- 38 -
Tabla 6.	- 39 -
Tabla 7.	- 45 -
Tabla 8.	- 45 -
Tabla 9.	- 46 -
Tabla 10.	- 47 -
Tabla 11.	- 47 -
Tabla 12.	- 48 -
Tabla 13.	- 49 -
Tabla 14.	- 49 -
Tabla 15.	- 50 -
Tabla 16.	- 51 -
Tabla 17.	- 52 -
Tabla 18.	- 53 -
Tabla 19.	- 54 -

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sitio de recolección del material vegetal..... - 33 -

Figura 2. Sitio del ensayo de investigación - 34 -

INTRODUCCION

La propagación vegetativa es un campo de interés científico relevante, ofreciendo desafíos y oportunidades en la investigación. Se define como el conjunto de procesos empleados para obtener una plántula que puede ser similar al organismo original (Villar et al., 2018). Este método se destaca por su capacidad de producir plantas con un genotipo idéntico al de la planta madre, dado que las células conservan la misma información genética. Un aspecto crucial en el enraizamiento de estacas de *Juglans neotrópica* Diels es la selección de árboles con características genotípicas adecuadas, lo cual se logra mediante métodos específicos para la producción y enraizamiento de estacas, facilitando así su propagación (Giraldo, Mera, Rivas, Muñoz, Acosta Hílamo, et al., 2022).

La propagación vegetativa permite obtener plantas más vigorosas en un tiempo reducido. Esta técnica asexual proporciona una ventaja ecológica significativa en una sola generación, en contraste con la propagación sexual de especies forestales. Dado que los árboles de estas especies varían y tienen un ciclo de vida prolongado, la mejora y ganancia genética requiere varias generaciones (Giraldo et al., 2022).

Según Rocano et al. (2017) una estaca es un segmento cortado de un individuo que se coloca en un entorno favorable para el desarrollo de nuevas raíces. Estas estacas pueden provenir de tocones. El éxito del enraizamiento depende de varios factores, incluyendo la edad y el estado de la estaca, las condiciones del medio de enraizamiento, el momento del corte y la aplicación de sustancias estimulantes, como reguladores de crecimiento o hormonas.

Vanegas & Rojas (2018), resaltan que comprender las fases vegetativa y reproductiva es crucial para la conservación de los recursos genéticos y el manejo forestal de *Juglans neotrópica* Diels. A pesar de su importancia cultural, económica y social, esta especie enfrenta una disminución en su población, atribuible a la sobreexplotación y la expansión agrícola. La propagación vegetativa surge como una estrategia viable en diversos proyectos de recuperación y conservación de especies nativas. Actualmente, el uso de fitohormonas enraizantes representa un método común para la propagación asexual de especies forestales (Vilcacundo et al., 2018).

En la evaluación de Rocano et al., (2017) el impacto de distintas hormonas naturales en la reproducción asexual y el desarrollo de plántulas de *Juglans neotrópica* Diels. Los estudios han demostrado que los tratamientos enraizantes con fitohormonas naturales resultan más efectivos, con un mayor porcentaje de prendimiento. Las auxinas, en particular, promueven el

enraizamiento en especies con y sin raíces preformadas, influyendo además en el alargamiento celular, el crecimiento del tallo y la formación de raíces adventicias. La aplicación de auxinas derivadas del trigo o de *Salix babylonica* (Sauce llorón) ha mostrado resultados positivos, evidenciando su eficacia como hormonas naturales para el enraizamiento de estacas (Vallejos et al., 2023).

Vallejos et al. (2023), mencionan que las auxinas y giberelinas, entre las más de 100 hormonas de crecimiento identificadas en plantas, tienen una actividad biológica significativa. Estas se encuentran principalmente en hojas y yemas de crecimiento activo y en menor medida en las raíces. El transporte de auxinas dentro de la planta es un proceso polar, activo, unidireccional y energéticamente costoso. El uso adecuado de auxinas para el enraizamiento de estacas es fundamental para satisfacer la necesidad de producción de material vegetativo.

Problema de investigación

Problemática a investigar

La propagación vegetativa de *Juglans neotrópica* Diels, involucra investigar las condiciones que sean óptimas para mejorar el porcentaje de éxito de lograr una propagación asexual satisfactoria, se debe evaluar factores de enraizamiento como las hormonas, sustratos en la viabilidad de la reproducción. Este método permite estudiar la estabilidad genética de las plantas progenitoras elegidas para la obtención de estacas para evaluar la uniformidad de características vegetativas en estacas propagadas, tiene la capacidad de desarrollar estrategias necesarias para poder controlar enfermedades o plagas que afecten directamente y lograr determinar la resistencia de plantas frente a patógenos y también la capacidad de enraizamiento con hormonas para contribuir al desarrollo sostenible de la conservación de la especie forestal. (Chipantiza et al., 2021).

En cuanto a la propagación vegetativa, la técnica de estacas es particularmente prominente. Según (Chipantiza et al., 2021; Villar et al., 2018), la selección de esquejes de alta calidad es crucial para una propagación asexual exitosa. Las estacas, obtenidas de la planta progenitora, deben tener un potencial óptimo para enraizar. El uso de hormonas enraizantes es un método común para estimular la formación de raíces en cada una de las ramillas, siendo las condiciones del sustrato y el ambiente factores fundamentales en el éxito de este proceso.

Sin embargo, como señala Uicab et al., (2023), la aplicación de hormonas enraizantes no asegura siempre resultados positivos en todas las especies de plantas. La respuesta de las estacas a estas fitohormonas puede variar considerablemente; mientras que algunas pueden desarrollar raíces de manera efectiva, otras pueden no responder adecuadamente o incluso morir. Esta variabilidad en la respuesta a las hormonas enraizadoras destaca la necesidad de realizar investigaciones específicas para cada especie. Además, es importante considerar que algunas especies de plantas pueden ser más receptivas a otras técnicas de propagación vegetativa, como el injerto o el acodo, en comparación con el uso de fitohormonas.

En el contexto de *Juglans neotrópica* Diels, estas consideraciones son especialmente relevantes. Esta especie, apreciada por su madera y frutos, enfrenta amenazas como la deforestación y la explotación excesiva, lo que hace que una propagación efectiva sea crucial para su supervivencia. Comprender y optimizar los métodos de propagación vegetativa, es esencial para asegurar la viabilidad a largo plazo de *Juglans neotrópica* Diels en los ecosistemas andinos, lo que representa un reto significativo para los investigadores y conservacionistas.

Formulación del problema de investigación

La escasa información sobre la propagación asexual de *Juglans neotrópica* Diels usando hormonas enraizantes, con énfasis en determinar los porcentajes de enraizamiento y adaptabilidad de esta especie, esenciales para su conservación y manejo sostenible.

Justificación

La argumentación para la investigación sobre la propagación vegetativa de *Juglans neotrópica* Diels se sustenta en varias dimensiones, incluyendo académica, práctica y legal, particularmente en el contexto ecuatoriano.

Desde una perspectiva académica, esta investigación aporta significativamente al conocimiento científico en botánica y conservación de especies. *Juglans neotrópica* Diels, siendo una especie nativa de relevancia en los Andes, presenta un campo de estudio poco explorado en cuanto a sus capacidades de propagación asexual (Toro & Roldan, 2018). La investigación sobre la eficacia de las fitohormonas enraizantes y la selección de estacas proporcionará datos cruciales que pueden llenar vacíos en la literatura existente. Además, este

estudio podría sentar las bases para futuras investigaciones sobre la propagación de otras especies forestales, ampliando así el corpus de conocimientos en botánica y silvicultura.

En el plano práctico, los resultados de esta investigación tienen el potencial de impactar directamente en la agricultura y la silvicultura en Ecuador. El desarrollo de métodos eficientes para la propagación vegetativa de *Juglans neotrópica* Diels podría resultar en una producción más rápida de plantas de alta calidad, con resistencia mejorada a enfermedades y plagas (R. A. Ramos et al., 2020). Esto es crucial para los productores locales, quienes podrían beneficiarse de un suministro más estable y sostenible de esta valiosa especie. Además, la investigación puede contribuir a la diversificación de las prácticas agrícolas y forestales, promoviendo métodos de cultivo más resilientes y sostenibles en la región.

La investigación sobre la propagación asexual de *Juglans neotrópica* Diels en Ecuador se alinea con varios artículos clave de la legislación nacional que promueven la conservación de la biodiversidad y el manejo sostenible de los recursos forestales. Específicamente, el Artículo 71 de la Constitución de Ecuador de 2008 (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008), que otorga derechos a la naturaleza para ser restaurada y regenerada, es directamente relevante para los esfuerzos de conservación y propagación de especies nativas como *Juglans neotrópica* Diels. Además, el Artículo 72, que se enfoca en la conservación de especies en peligro de extinción, apoya la investigación en técnicas de propagación que pueden ayudar a preservar esta especie. Por otro lado, el Código Orgánico del Ambiente de 2017 (Ministerio del ambiente, 2017), proporciona un marco legal detallado para la protección ambiental y la conservación de los recursos genéticos, lo cual es fundamental para la investigación sobre prácticas sostenibles en el manejo de especies forestales. La relación entre estos artículos y la investigación propuesta reside en su enfoque común en la conservación de la biodiversidad y la implementación de prácticas de manejo sostenible, lo que refleja la necesidad de desarrollar técnicas eficientes y sostenibles para la propagación de especies nativas como *Juglans neotrópica*, alineándose con los compromisos nacionales e internacionales de Ecuador en materia de conservación y uso sostenible de los recursos naturales.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la influencia de distintos tipos de hormonas de enraizamiento en la propagación vegetativa de *Juglans neotrópica* Diels en la etapa de vivero del Campus "Yuyucocha".

Objetivos Específicos

- Determinar la calidad del material vegetal de *Juglans neotrópica* Diels
- Comparar el efecto de las hormonas de enraizamiento químico y naturales en brotes del material vegetal de *Juglans neotrópica* Diels.

Hipótesis

Ha:

Al menos una hormona de enraizamiento tiene un efecto significativo en los brotes y en el prendimiento del material vegetativo de *Juglans neotrópica* Diels.

Ho:

Ninguna de las hormonas de enraizamiento tiene efecto significativo en los brotes y en el prendimiento del material vegetativo de *Juglans neotrópica* Diels.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1.Descripción de *Juglans neotrópica* Diels

Juglans neotrópica Diels, es una especie forestal de tamaño mediano a grande, sus hojas son alternas compuestas y pinnadas con foliolos lanceolados y sus bordes aserrados (Estone, 2009). La corteza es rugosa y de color grisáceo, su fuste es cilíndrico, la copa es irregular frondosa, sus frutos son drupas e inflorescencia amentos tipo espiga que salen de las axilas de las hojas, la especie es monoica lo cual es que en el mismo árbol tiene flores masculinas y femeninas. Desde tiempos antiguos ha tenido múltiples usos especialmente para comunidades andinas. Esta especie fue descrita en 1906 por el botánico Alemán Friedrich Ludwig Emil Diels y se ha encontrado investigaciones recientes que tiene un papel fundamental en la diversidad biológica de bosques andinos. (Roldan, 2018).

(Ramos, Romero , & Gonzales , 2023) revelan que en la actualidad esta especie se encuentra en peligro de extinción a causa de la sobreexplotación de su madera, y esta afecta directamente a su regeneración natural. Esta especie ha sido fundamental para poder recuperar suelos degradados ya sea por minería o ganadería, gracias a su papel ecológico ayuda a proteger fuentes de agua y sirve para habitat de animales. Se utiliza su madera la cual tiene alto valor en los mercados por su valiosa calidad, sus hojas y frutos utilizadas en la industria textil por su contenido tánicos, así como en la medicina y uso comestible sus frutos. (Bustamante, 2020)

1.1.1. Taxonomía de *Juglans neotrópica* Diels

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Familia: Juglandaceae

Orden: Fagales

Género: *Juglans*

Especie: *Juglans neotrópica*

Clasificador: Ludwig Diels

1.2.Mejoramiento genético (clones)

La clonación se utiliza para preservar y mantener variedades vegetales valiosas, como variedades de cultivos tradicionales, plantas ornamentales especiales o especies en peligro de extinción. Las plantas que exhiben rasgos deseables, como alta productividad, resistencia a enfermedades, calidad del fruto o flores, pueden ser clonadas para producir copias exactas con esas mismas características. La clonación permite una multiplicación rápida de plantas en comparación con los métodos tradicionales de propagación, como la siembra de semillas, lo que acelera el proceso de mejoramiento genético y la disponibilidad de nuevas variedades. (Trujillo, 2020)

1.2.1. Importancia económica y valor genético de *Juglans neotrópica* Diels

Económicamente es importante por su producción de madera de alta calidad que permite la fabricación de muebles finos u objetos de carpintería de alto valor económico. Además, la producción de su semilla es una fuente de alimento que tiene valor económico, apreciadas por su sabor y alto contenido de minerales lo cual lo hace más llamativo e importante, en lo nutricional las nueces son muy apreciadas por ser saludables y naturales. En la medicina también ha desempeñado un papel crucial ya que *Juglans neotrópica* Diels contiene propiedades medicinales que ayudan a la economía y en producción de suplementos medicinales (Añazco, 2023).

Vilema, (2023) hace énfasis especialmente en el valor genético esta especie alberga una diversidad genética valiosa, ya que ayuda a mantener la variabilidad genética, es útil en programas de mejoramiento genético. Su adaptación da la pauta de la resistencia tiene la especie en su producción sostenible y sobresaliendo del cambio climático, plagas y enfermedades. Es fundamental ya que mediante la conservación de *Juglans neotrópica* Diels se puede proporcionar información científica de identificación de genes, patrones de producción y adaptaciones genéticas.

1.3.Propagación vegetativa

Este método de propagación tiene como finalidad la reproducción de individuos genotípicamente iguales a la planta madre, se obtiene partes como estacas que son separadas de la planta madre la cual formara una nueva planta con características iguales. Este método es rápido y menos costoso lo cual es de aporte positivo en el medio forestal. Las plantas obtenidas

por medio de propagación vegetativa tienden a tener mejores condiciones de sobrevivencia y resistencia. (Pulido, 2019)

Medina et al. (2021) explican sobre la propagación por estacas consiste en cortar brotes, ramas o raíces de la planta, las cuales se colocan en una cama enraizadora, con el fin de lograr la emisión de raíces y brotación en la parte aérea, hasta obtener una nueva planta. O bien como cualquier porción de una planta (raíz, tallo, hoja) la cual es separada de ésta y es inducida para que forme raíces. La propagación vegetativa a través de estacas de tallo es el medio más importante y más utilizado en el mundo, en la propagación de árboles de interés forestal y arbustos ornamentales, tanto de especies caducas como de hoja ancha y siempre verdes de hoja angosta (como las coníferas, por ejemplo). Las estacas se usan, también, extensamente en la propagación comercial en invernadero de muchos cultivos florales y su empleo es común en la propagación de diversas especies frutales

Las técnicas asexuales como estacas y esquejes no han tenido éxito en la propagación de *Juglans neotropica* Diels (pudrición de tallos, por alta humedad).

1.3.1. Propagación vegetativa de *Juglans neotrópica* Diels

Chimbolema, (2021) en su investigación expone que la propagación vegetativa implica el proceso de división celular mitótica, en el cual se realiza una duplicación del material genético (o del sistema cromosómico) y del citoplasma de la célula madre, dando lugar a la formación de dos células hijas. Este fenómeno resulta en el crecimiento y la diferenciación de tejidos somáticos. Posteriormente, las plantas propagadas de esta manera reproducen toda la información genética de la planta madre a través de la replicación del ADN, lo cual garantiza que las características específicas de la planta individual se conserven a lo largo del tiempo en el proceso de propagación asexual o vegetativa.

1.3.2. Beneficios de propagación vegetativa

Los beneficios esenciales de la propagación vegetativa es permitir la conservación de las características genéticas específicas de la planta madre con características importantes como sus flores, sus frutos y sobre todo con mayor resistencia. Los nuevos individuos obtenidos mediante la propagación vegetativa y mismas características de la planta madre son garantizadas a tener las mismas cualidades. Mediante la propagación se puede obtener plantas

en menos tiempo posible y evita la fase del crecimiento desde la semilla, obteniendo plantas con acelerado desarrollo (Chura & Zirena, 2023).

Iglesias et al. (2020), mencionan, uno de los beneficios que tiene la propagación es lograr producir plantas especialmente de especies que no se puedan producir por semillas viables o en dificultades de germinación, y mediante la propagación vegetativa se pueden conservar especies las cuales estén en peligro de extinción o simplemente no puedan germinar. Se puede también aprovechar de una uniformidad en las plantas ya que todas son clones de su planta madre y es de beneficio porque ayuda en la producción manteniendo estándares comerciales de calidad y de buen rendimiento. Lo más importante es que no solo mediante semillas se puede lograr obtener especies forestales de calidad y más resistentes, sino también mediante la propagación vegetativa.

1.3.3. Propagación asexual

La reproducción asexual se lleva a cabo mediante la multiplicación utilizando cualquier parte de la planta que no sean las semillas, lo que implica que no hay introducción de nuevo material genético. Esto resulta en la generación de plantas idénticas genotípicamente a su progenitor o planta madre. En la propagación asexual, la regulación hormonal está condicionada por las características específicas de la especie, el entorno en el cual se desarrolla la planta y la respuesta obtenida está influenciada por la concentración y proporción de dichas hormonas. Los reguladores de crecimiento desempeñan un papel crucial al mejorar aspectos como el número, la distribución y el tamaño de las raíces, acelerando así el proceso de enraizamiento de la planta. (Kester's, 2017)

1.3.4. Proceso de propagación en estacas de *Juglans neotrópica* Diels

La propagación se realiza normalmente en un vivero, se puede señalar que la mayor parte de la biomasa en la planta se encuentra predominantemente localizada en las raíces, seguida por los tallos y, finalmente, las hojas, también muestra una respuesta afirmativa ante la aplicación de fertilización con nitrógeno durante la fase de vivero, ya que la biomasa sin agua y la mayoría de las variables de crecimiento temprano registrarán los mejores promedios en los tratamientos que incluirán este nutriente (Ramos et al., 2022). Las condiciones ambientales fundamentales ya que un vivero debe reunir son temperatura y humedad adecuadas.

1.3.5. Temperatura

La temperatura es una magnitud física que mide la energía cinética interna de un cuerpo, objeto o del medio ambiente en general. Generalmente *Juglans neotropica* Diels desarrolla su óptimo crecimiento entre 18°C a 24°C lo cual le permite su enraizamiento en estacas siendo así una temperatura moderada para la especie (Gomez & Vilema, 2023; Ramos et al., 2022).

1.3.6. Humedad

Es una propiedad importante la cual describe el contenido de vapor de agua presente en un gas, la humedad es fundamental para el desarrollo de *Juglans neotropica* Diels, la humedad en el suelo es conveniente que estos contengan buen drenaje evitando la acumulación de agua innecesaria que sería perjudicial para el enraizamiento de la especie. La humedad del aire tiende a ser relativa lo cual es un poco alta del 70% y 80% estimularan un enraizamiento apropiado (Gomez & Vilema, 2023).

1.3.7. Partes vegetativas a utilizar

La propagación vegetativa por estacas se basa en el uso de partes vegetativas de una planta, generalmente segmentos de tallo, aunque también pueden utilizarse hojas, raíces y estacas. En el contexto de las estacas de tallo, es crucial seleccionar segmentos que contengan nodos, ya que estos son los puntos desde donde emergen las raíces y los brotes. La elección de la parte vegetativa adecuada es fundamental para el éxito del proceso, por lo cual debe tener la capacidad inherente de regenerar tanto el sistema radicular como la parte aérea de la planta. Este método de propagación depende intensamente de la salud y la condición fisiológica del segmento de tallo elegido, así como de su respuesta a las hormonas enraizantes y a las condiciones ambientales en las que se coloca (Ortiz et al., 2021).

Las células meristemáticas o células indiferenciadas presentes en los tejidos del tallo son la clave para el éxito en la propagación por estacas. Estas células tienen la capacidad de diferenciarse en varios tipos de tejidos vegetales, permitiendo así el desarrollo de nuevos órganos, como raíces, tallos y hojas. El proceso de diferenciación y desarrollo está influenciado por múltiples factores, incluyendo las condiciones ambientales, la presencia de hormonas enraizantes y el estado general de la estaca. Elegir estacas con una adecuada concentración de células meristemáticas puede incrementar significativamente las posibilidades de una propagación exitosa (Ojeda García et al., 2020).

1.3.8. Brotes en estacas

Ramos & Dominguez (2017), sobre el desarrollo de brotes en las estacas indican que es un aspecto crítico en la propagación vegetativa. Cuando una estaca se corta y se coloca en un ambiente propicio, inicia el proceso de formar brotes, los cual eventualmente se desarrollan en la parte aérea de la nueva planta. Este proceso se inicia en los nodos del tallo, donde se encuentran yemas latentes con potencial para convertirse en brotes. Factores como la humedad adecuada, la temperatura, la exposición a la luz y la aplicación de hormonas que favorecen el crecimiento, como las auxinas y citoquininas, son esenciales para el desarrollo de brotes. La formación exitosa de brotes es un indicador de que la estaca está respondiendo favorablemente al proceso de enraizamiento, progresando hacia su desarrollo como una planta independiente.

El éxito en la formación de brotes depende también de la edad y el tipo de la estaca. Por ejemplo, las estacas jóvenes y tiernas tienden a desarrollar brotes más rápidamente en comparación con las estacas más maduras o leñosas. Además, la capacidad para desarrollar brotes varía según la especie de planta. Otros factores como la ubicación de la estaca en la planta progenitora y la época del año en que se toma la estaca pueden influir significativamente en la formación de brotes. Un manejo cuidadoso y la optimización de las condiciones de crecimiento son clave para maximizar las tasas de éxito en el desarrollo de brotes, un paso crucial en la propagación vegetativa por estacas, esencial para asegurar el crecimiento saludable y la continuidad de las nuevas plantas generadas mediante este método (Ojeda García et al., 2020).

1.4. Material vegetal

Baenas et al. (2018), indica que los brotes de material vegetal en la propagación vegetativa son fundamentales para el desarrollo de la parte aérea de las nuevas plantas. Estos brotes pueden surgir de yemas existentes en las estacas o del tejido meristemático, tiene la capacidad de diferenciarse y formar nuevos órganos vegetales. En la propagación por estacas, el éxito en la formación de brotes es crucial, ya que determina la viabilidad de la estaca para convertirse en una planta completa e independiente. Factores como la edad de la estaca, su posición original en la planta madre, las condiciones ambientales, y la aplicación de hormonas pueden influir en la formación y el desarrollo de los brotes. Es esencial que las estacas sean seleccionadas y manejadas cuidadosamente para optimizar la formación de brotes saludables y vigorosos.

En el proceso de propagación, el cuidado poscorte juega un papel importante en el desarrollo de los brotes. Esto incluye mantener las estacas en condiciones de humedad y temperatura adecuadas y proporcionarles los nutrientes necesarios. En algunas especies, el tratamiento con hormonas para brotes puede ser necesario para estimular el crecimiento de las yemas y acelerar el desarrollo de los brotes. La monitorización cuidadosa del progreso de los brotes ayuda a identificar problemas potenciales temprano y permite realizar ajustes en el cuidado o en el tratamiento hormonal para asegurar el éxito de la propagación. El desarrollo saludable de los retoños es un indicador de que la estaca está bien encaminada para convertirse en una planta madura y funcional(Mercado & Ponessa, 2021).

1.4.1. Calidad de material vegetal

Mercado & Ponessa (2021), en su estudio indican que la calidad del material vegetal es un aspecto crítico en la propagación vegetativa, particularmente en técnicas como la propagación por estacas. Esta calidad se refiere a la salud, la vigorosidad y la idoneidad genética del material seleccionado para la reproducción asexual. En el proceso de selección, es fundamental considerar varios factores los cuales impactan directamente en el éxito del enraizamiento y el desarrollo posterior de la planta. Por ejemplo, las estacas deben provenir de plantas sanas, sin señales de enfermedades o plagas, y con una buena estructura física. Deben presentar nodos saludables y un tejido vascular intacto, ya que estas características son determinantes para el desarrollo efectivo de las raíces y los brotes. La elección de material vegetal de alta calidad no solo mejora las tasas de éxito en el enraizamiento, también influye en la salud general y el crecimiento a largo plazo de las nuevas plantas.

Además de la salud física, la calidad del material vegetal también implica consideraciones genéticas. Dado que las estacas son genéticamente idénticas a la planta progenitora, es crucial seleccionar material de árboles que exhiban características deseables, como resistencia a enfermedades, adaptabilidad a distintas condiciones ambientales y un rendimiento óptimo en términos de crecimiento y producción de frutos o flores. Esto es especialmente relevante en la agricultura y silvicultura comercial, donde la uniformidad y calidad del producto final son esenciales. En resumen, la selección cuidadosa de material vegetal de alta calidad es un paso fundamental en la propagación vegetativa, que tiene un impacto significativo en la eficacia del proceso y la calidad de las plantas resultantes(Gimenez & Vignale, 2019).

1.4.2. Calidad de material vegetal de *Juglans neotrópica* Diels

Gimenez & Vignale (2019), indican que la calidad del material vegetal en la propagación de *Juglans neotrópica* Diels es un factor determinante para el éxito de la reproducción asexual. Esta calidad se refiere a la salud y la viabilidad genética de las estacas utilizadas para la propagación. *Juglans neotrópica*, Diels una especie valorada tanto por su madera como por sus frutos, seleccionar estacas sanas y vigorosas es crucial. Esto incluye asegurarse de que el material provenga de árboles con buen estado fenotípico y genético, libres de enfermedades y plagas. Las estacas deben tener una estructura fuerte, con nodos sanos y un tejido vascular intacto, lo cual estos factores son críticos para el desarrollo eficiente de raíces y brotes. La calidad del material vegetal no solo afecta la tasa de éxito del enraizamiento, sino también la salud general y el crecimiento a largo plazo de las plantas propagadas.

La conservación y mejora genética de *Juglans neotrópica* Diels también son consideraciones importantes en la calidad del material vegetal. Dado que las estacas son genéticamente idénticas a la planta madre, es esencial seleccionar árboles que muestren características deseables, como mayor resistencia a enfermedades, adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales y buen rendimiento en términos de crecimiento y producción de frutos. La selección estratégica de estacas de árboles con estas cualidades puede contribuir significativamente a la mejora genética de las poblaciones cultivadas y a la sostenibilidad a largo plazo de las plantaciones de *Juglans neotrópica* (Mediavilla, 2023).

1.5.Hormonas de enraizamiento

En la investigación de Valle, (2021) se encuentra que las hormonas de enraizamiento son sustancias químicas o naturales las cuales se utilizan para estimular el desarrollo de raíces en estacas. Desde la década de 1940 se ha utilizado estas hormonas hasta la actualidad lo cual se han ido desarrollando y utilizado formulaciones de hormonas con el fin de mejorar la propagación de plantas. Charles Frederick Went fue un botánico el cual realizo investigaciones en la década de 1920 sobre el papel de las auxinas en el crecimiento de plantas asentando así un sustento de hormonas, así mismo el biólogo Thimann Kenneth en 1940 ha contribuido a la ciencia con aportes de los efectos de las auxinas en enraizamiento de estacas , es importante destacar que varios científicos han colaborado con aportes fundamentales para entender el efecto de hormonas de enraizamiento y que son cada una de ellas (Linconl, 2006).

Las hormonas de enraizamiento son las encargadas de estimular el desarrollo de raíces en estacas durante el proceso de propagación vegetativa, son fundamentales ya que mejoran la tasa de éxito en la formación de raíces permitiendo una reproducción de manera asexual, manteniendo el mismo genotipo de la planta madre. Las hormonas más principales son las auxinas las cuales son fitohormonas que ayudan directamente al crecimiento de estacas. Se debe tener en cuenta que por medio de las hormonas de enraizamiento se puede lograr una aceleración y mejora la formación de raíces en estacas, esto es fundamental para la propagación vegetativa la cual permite obtener plantas mediante este método y de manera más rápida y eficaz (Quispe, 2018).

1.6.Hormonas de enraizamiento para la propagación vegetativa de *Juglans neotrópica* Diels

El autor Terán et al. (2023) menciona que el uso de hormonas de enraizamiento es una práctica clave en la propagación vegetativa de *Juglans neotrópica* Diels, una especie cuya reproducción asexual puede presentar desafíos. Estas hormonas, especialmente las auxinas sintéticas como el ácido indolbutírico (IBA) y el ácido naftalenacético (NAA), son aplicadas para estimular el desarrollo de raíces en las estacas cortadas de la planta. La aplicación correcta de estas hormonas puede mejorar significativamente las tasas de enraizamiento, lo cual es crucial para el éxito en la propagación de esta especie. La concentración y el método de aplicación de las hormonas de enraizamiento deben ser cuidadosamente calibrados para cada especie, y en el caso de *Juglans neotrópica* Diels, la investigación y experimentación son fundamentales para determinar el régimen óptimo que maximiza el enraizamiento sin causar daño al tejido vegetal.

La eficacia de las hormonas de enraizamiento en la propagación de *Juglans neotrópica* Diels no solo depende de la concentración y el método de aplicación, sino también de factores como la edad y la salud de las estacas, las condiciones ambientales y el tipo de sustrato utilizado. La correcta utilización de hormonas de enraizamiento puede compensar algunas de las dificultades inherentes a la propagación asexual de esta especie, como su tendencia natural a un enraizamiento lento o irregular. Por lo tanto, la integración de hormonas de enraizamiento en el proceso de propagación de *Juglans neotrópica* Diels es un componente crítico que puede mejorar significativamente la eficiencia y la efectividad de la reproducción asexual, contribuyendo así a la conservación y al manejo sostenible de esta valiosa especie arbórea (Ramos et al., 2022).

1.6.1. Influencia de las fitohormonas para enraizar

Tiene una importancia valiosa en el desarrollo de raíces en estacas. Estimulan el desarrollo de raíces en estacas dando así una propagación vegetativa exitosa. Promueven la formación de raíces ya que esto ayuda al establecimiento de nuevos individuos lo cual aumenta el índice de sobrevivencia permitiendo acelerar el proceso de enraizamiento en menos tiempo posible, dando una uniformidad en la propagación de plantas. La influencia es positiva ya que ayuda en la formación de raíces promoviendo un desarrollo saludable y de calidad a la planta (Sifuentes, 2021).

Las hormonas son mensajeras químicas que se producen en células o tejidos, es más regulan los procesos celulares en otras células a través de la interacción con receptores específicos de proteínas. Al igual que en los animales, la mayoría de las hormonas vegetales se producen en un tejido y actúan en ubicaciones específicas en otros tejidos en concentraciones muy bajas (Ramos et al., 2022).

1.7.Hormonas químicas de enraizamiento

Vilema, (2023) expone que las hormonas químicas de enraizamiento desempeñan un papel crucial en la propagación vegetativa de *Juglans neotrópica* Diels y otras especies vegetales. Estas hormonas, como las auxinas sintéticas, son utilizadas para estimular y acelerar el proceso de formación de raíces en las estacas. El uso de hormonas enraizantes es especialmente importante en especies que naturalmente presentan dificultades para desarrollar raíces a partir de estacas. La aplicación correcta de estas hormonas puede mejorar significativamente las tasas de enraizamiento y la uniformidad de las plántulas resultantes. Las hormonas más comunes utilizadas para este propósito incluyen ácido indolbutírico (IBA) y ácido naftalenacético (NAA), ambos conocidos por su efectividad en promover la formación de raíces.

Sin embargo, el uso de hormonas químicas de enraizamiento debe ser cuidadosamente manejado. La concentración y el método de aplicación pueden variar considerablemente dependiendo de la especie de planta y las condiciones ambientales. En el caso de *Juglans neotrópica* Diels, es importante determinar la concentración óptima y el método de aplicación (como inmersión de las estacas o aplicación directa en el corte) para maximizar la eficacia sin causar daño al tejido vegetal. Un uso excesivo o inadecuado de hormonas enraizantes puede conducir a un crecimiento desequilibrado, la formación de raíces anormales, o incluso dañar las estacas. Por lo tanto, un enfoque equilibrado y basado en la investigación es esencial para

el uso efectivo de hormonas químicas de enraizamiento en la propagación de *Juglans neotrópica*, asegurando así el desarrollo saludable de las estacas y su eventual establecimiento como plantas maduras y productivas (Gómez & Vilema, 2023).

1.8.Hormonas naturales de enraizamiento

Las hormonas naturales de enraizamiento juegan un papel crucial en la propagación vegetativa, especialmente en el proceso de enraizamiento de estacas. Estas hormonas, como las auxinas (principalmente ácido indolacético), son producidas naturalmente por las plantas y son esenciales para estimular el crecimiento de las raíces en los tejidos cortados. Su presencia en las estacas facilita la formación de raíces nuevas, un paso crítico para el éxito de la propagación. La efectividad de las hormonas naturales de enraizamiento depende de factores como la concentración hormonal en la estaca, la especie vegetal, y las condiciones ambientales bajo las cuales se realiza la propagación. En muchas especies, el tratamiento de las estacas con hormonas naturales de enraizamiento puede mejorar significativamente las tasas de éxito, permitiendo un desarrollo más rápido y uniforme de las raíces (Bustos, 2021).

El mismo autor expone que en la práctica, la aplicación de hormonas naturales de enraizamiento puede lograrse mediante el uso de extractos de plantas las cuales contienen altas concentraciones de estas hormonas. Por ejemplo, los extractos de lentejas de agua o de sauce son conocidos por su alto contenido de auxinas naturales y se pueden utilizar para tratar las estacas antes de su plantación. Esta técnica es particularmente útil en especies que son difíciles de enraizar o en situaciones donde se prefiere evitar el uso de hormonas sintéticas. Utilizar hormonas naturales de enraizamiento no solo es una práctica ambientalmente sostenible, sino que también puede ser más económica y accesible para pequeños agricultores y jardineros

1.9.Hormonas que estimulan le emisión de brotes

Quinga,(2021) Las hormonas para brotes son fundamentales en la propagación vegetativa para estimular el crecimiento de nuevos brotes desde las estacas o el material vegetal. Estas hormonas, principalmente citoquininas, desempeñan un papel esencial en la división celular y el crecimiento de los brotes. La aplicación adecuada de citoquininas puede inducir la formación de brotes en las estacas, lo cual es crucial para desarrollar la parte aérea de la planta. Las hormonas para brotes son especialmente importantes en especies donde el brote natural es lento o difícil (Carranza et al., 2013).

Borjas, (2020) menciona que el uso de estas hormonas puede variar según la especie de planta y las condiciones específicas de propagación. Por ejemplo, en algunas especies, la aplicación externa de citoquininas puede ser necesaria para superar la latencia de las yemas y promover el crecimiento activo de los brotes. Este proceso puede ser complementario al uso de hormonas de enraizamiento, asegurando un desarrollo equilibrado tanto de las raíces como de la parte aérea de la planta. El manejo cuidadoso de las hormonas para brotes es esencial para maximizar la eficiencia de la propagación y obtener plantas saludables y bien desarrolladas.

CAPITULO II

MATERIALES Y METODOS

2.1. Tipo de investigación

Tiene un enfoque mixto cuantitativo y cualitativo. El enfoque cuantitativo se refiere a un proceso secuencial y probatorio por el uso de los diferentes tratamientos; el enfoque cualitativo se evidencia en el uso de variables como fue la observación del estado fitosanitario de las estacas.

2.2. Ubicación política de los lugares de estudio

La presente investigación se realizó en dos sitios la Merced y Campus Yuyucocha

2.2.1. La Merced (Sitio I)

El estudio se realizó en la provincia de Imbabura, Cantón Antonio Ante, Parroquia San Roque en lo cual en este sitio se desarrolló la recolección del material vegetal, el cual forma parte de un lindero con la vía principal dirigida a Cotacachi y con terrenos en el Barrio “La Merced” recolectando material vegetal con rebrotes (clones) de la misma edad, una vez que el árbol fue talado. Se selecciono el lugar al presentar individuos de *Juglans neotrópica* Diels de buenas características fenotípicas.

2.2.2. Campus Yuyucocha (Sitio II)

La presente investigación en el Campus Yuyucocha, ubicado en la provincia de Imbabura, Cantón Ibarra, Parroquia San Francisco y Caranqui.

2.2.3. Ubicación geográfica de los sitios de estudio

Las coordenadas geográficas de los sitios de investigación se mencionan en la Tabla 1. Figura 1 y 2.

Tabla 1.

Coordenadas geográficas de los sitios de recolección

Sitios de estudio	Longitud (W)	Latitud (N)
Barrio la Merced	-78° - 21' - 67'' N	78° - 21' - 67'' W
Campus Yuyucocha	00° - 21' - 53'' N	78° - 06' - 32'' W

Figura 1.

Sitio de recolección del material vegetal

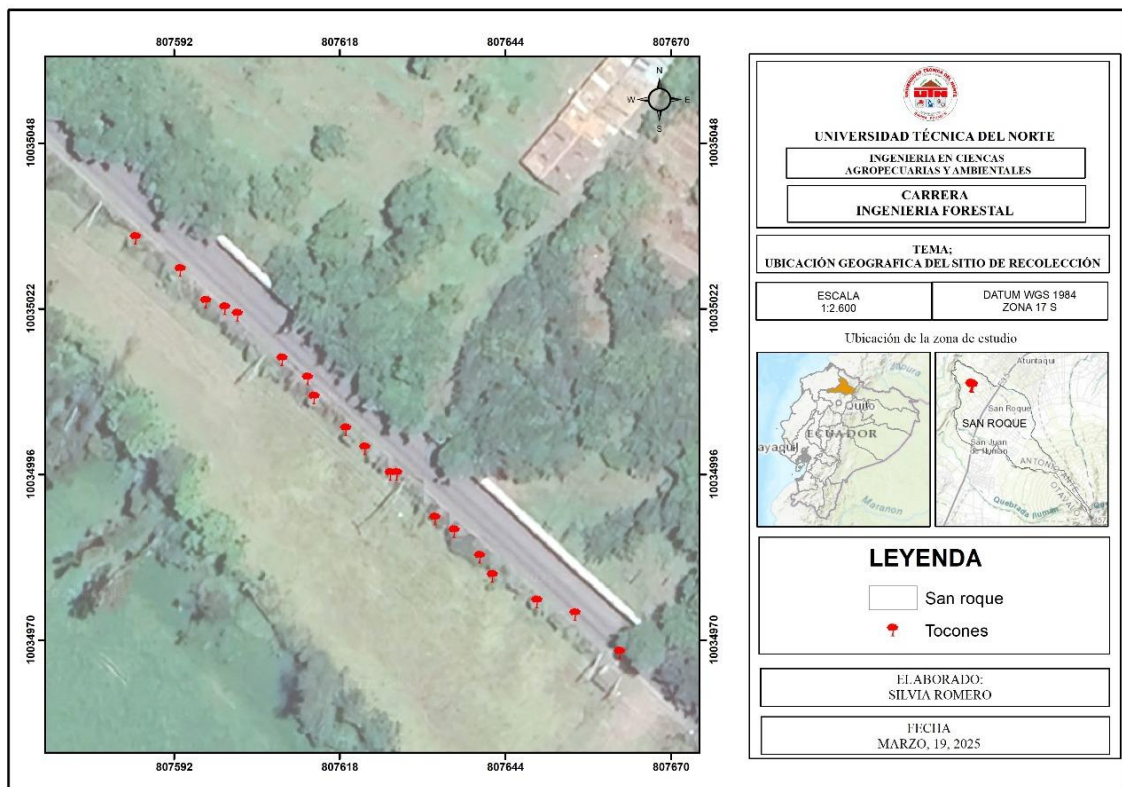
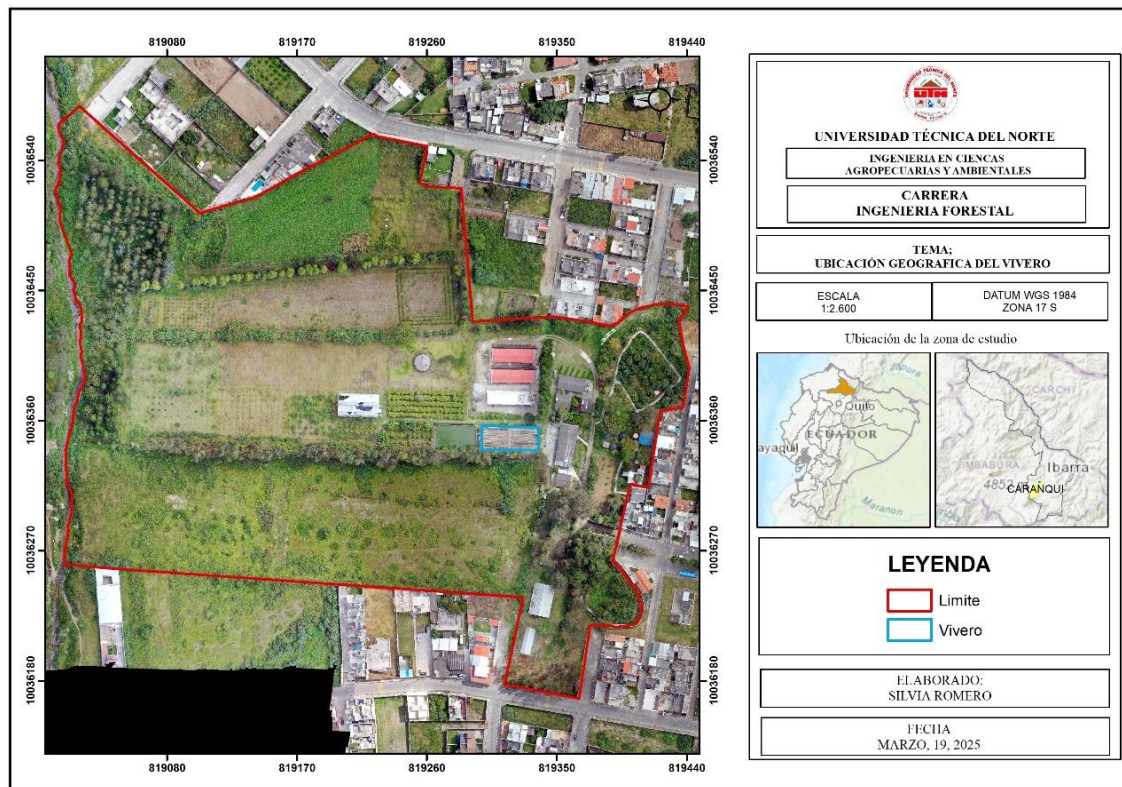


Figura 2.

Sitio del ensayo de investigación



2.3. Límites de los sitios de estudio

2.3.1. Límites de la Merced (sitio 1)

El sitio de recolección del material vegetal presento los siguientes limites:

- a) Norte y Este: Cabecera cantonal Antonio Ante
- b) Sur: San Juan de Ilumán
- c) Oeste: Cabecera cantonal de Cotacachi

2.3.2. Límites Campus Yuyucocha (sitio 2)

El Campus Universitario Yuyucocha presento los siguientes limites:

- a) Norte: Calle Armando Hidrovo
- b) Sur: Calle Marco Tulio Hidrovo
- c) Este: Ciudadela municipal

d) Oeste: LAHAR natural del Imbabura

2.4.Caracterización edafoclimática de los sitios de estudio

2.4.1. Tipo de suelo

2.4.1.1. La Merced (Sitio 1)

El lugar de recolección del material vegetativo presenta un tipo de suelo arenoso y la humedad relativa está comprendida entre 50 y el 80 %. (PDOT, 2020)

2.4.1.2.Campus Yuyucocha (Sitio 2)

El lugar del ensayo presenta un suelo Franco y con una humedad relativa de 59.50%.

2.4.2. Clima

La Merced (Sitio 1): El barrio la Merced tiene una temperatura 21° C, una precipitación promedio anual de 1475 mm. (PDOT, 2020)

Campus Yuyucocha (Sitio 2): El lugar de estudio tuvo las siguientes características; precipitación promedio anual de 589.3mm, humedad relativa 73,9%, temperatura media 17.7°. (INAMHI, 2023)

2.5.Materiales, equipos y software

Los materiales de campo, equipos y software que se emplearon en la presente investigación se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2.

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

Materiales de campo	Materiales de laboratorio	Equipos	Software	Insumos
Tijera	Balanza	Computador	Infostat	Auxinas
podadora		Celular	Excel	Citoquininas
Machete			Word	Giberelinas
Costal				(Citoquinina,
Periódico				Giberelina y
Alcohol				Auxinas)

2.6.Métodos, técnicas e instrumentos

2.6.1. Diseño experimental

Se empleo el Diseño Experimental Irrestricto al Azar con un factor (Hormonas) y cinco niveles (cada una de las hormonas empleadas, incluido el testigo)

2.6.1.1.Factor

Las hormonas de enraizamiento corresponden a los factores utilizados en la propagación vegetativa de *Juglans notropica* Diels. (Tabla 3)

Tabla 3.

Hormonas de enraizamiento

Características del experimento		
Tratamientos	Factores (Hormonas)	Descripción
T1	Giberelina	2,5 g en 5 litros de agua y se dejó reposando durante 24 horas
T2	Citoquinina	40 ml en 5 litros de agua, reposando durante 24 horas
T3	Auxina	5 litros de estrato de trigo y <i>salix babylonica</i> durante 24 horas
T4	Giberelina+Citoquinina+Auxina	40 ml en 5 litros de agua, reposando durante 24 horas
T5	Testigo	Sin contenido

Esquema del experimento.

Las características del experimento se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4.

Aspectos a tomar en cuenta del experimento

Características del experimento	
Nº de tratamientos	5
Nº de repeticiones	4
idades experimentales	20
Nº de estacas por unidad experimental	15
Nº total de estacas	300

2.6.1.2. Distribución de tratamientos

En la Tabla 5 se observa la distribución realizada de tratamientos en el campo

Tabla 5.***Arreglo experimental***

Número	Tratamiento
1	T2-R2
2	T3-R2
3	T4-R1
4	T5-R1
5	T5-R2
6	T2-R1
7	T1-R1
8	T5-R4
9	T1-R2
10	T5-R3
11	T1-R3
12	T2-R2
13	T3-R3
14	T3-R1
15	T2-R4
16	T3-R4
17	T4-R3
18	T4-R4
19	T1-R4
20	T4-R2

2.6.1.3. Modelo estadístico del experimento

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

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

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

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

Tabla 6.

Esquema de recolección de datos.

Formato de actividades			
Unidad Experimental	Numero de estacas	Numero de rebrotes	Características de la estaca

2.6.2. Instalación del experimento

Objetivo 1.

2.6.2.1. Aspectos generales de los tocones *Juglans neotropica* Diels

Antes de analizar la calidad del material vegetal, se conoció las condiciones de los tocones donde se realizó la recolección: (Anexo 1)

- Sistema de plantación; los tocones se encontraban formando parte de un sistema agroforestal asociados con, Lechero rojo (*Euphorbia cotinifolia* L.), Sauce (*Salix*), Palma yuca (*Yucca gigantea*) y con cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*). La distancia entre tocones fue irregular ya que estaban entre los 4 metros y 5,80 metros.
- Diámetro de tocones y altura; los tocones tuvieron un promedio de diámetro 70cm de diámetro y un promedio de 40 cm de altura.
- Perturbaciones con el ambiente; competencia por agua, luz, nutrientes y la contaminación por el humo de los vehículos.

- Edad de tocones; los rebrotes tenían una edad de seis meses desde el momento que fueron talados los árboles.

Selección de tocones. - se seleccionaron de los tocones que presentaron mejor características genéticas con abundante número de rebrotes activas.

Recolección de material vegetativo. - con tijeras de podar se recolectaron 300 estacas procedentes de rebrotes de los tocones, la recolección se realizó en la tarde para evitar pérdidas de agua, se envolvieron las estacas en papel periódico húmedo y se las colocaron en costales para evitar la deshidratación del material vegetativo. Las estacas se tomaron de una longitud que no sobrepasen los 40 cm y con un diámetro que no sobrepase los 3 cm y que contenga un mínimo de tres yemas activas.

Brote maduro. - se recolectaron las estacas de estolones sanos que contenían brotes maduros color café, para una buena propagación vegetativa ya que de eso depende el **resultado de una propagación saludable.**

2.6.2.2.Calidad de la materia vegetal

La calidad del material vegetal se evaluó mediante el diámetro, longitud y numero de yemas por estaca.

- Diámetro y longitud de la estaca

Se considero la medida de 3 cm de diámetro y de longitud de 40 cm en las estacas. (Hardtmann & Kester, 1997).

- Número de yemas por estaca

Quinapallo y Vélez, (2013) Se obtuvieron como mínimo 3 yemas por estacas para poder tener una oportunidad más alta de enraizamiento.

Objetivo 2.

Una vez aplicados los tratamientos mencionados, se evaluaron las siguientes variables cada semana durante seis meses.

2.6.2.3.Variables a evaluar

- Numero de estacas con brotes

Los brotes se evaluaron como una variable cuantitativa, cada semana se realizó la evaluación de brotes por la duración de seis meses, utilizando la siguiente formula.

$$\% \text{ de prendimiento} = \frac{\text{numero de individuos con brote}}{\text{numero de individuos iniciales}} \times 100 \text{ (Mostacero, 2020)}$$

- **Sobrevivencia**

Relacionado a la sobrevivencia con datos cuantitativos, se evaluaron una sola vez a los seis meses, tomando como referencia las estacas por tratamiento y por repetición, utilizando la siguiente formula.

$$\% \text{ de sobrevivencia} = \frac{\text{numero de individuos finales}}{\text{numero de individuos iniciales}} \times 100 \text{ (Busch, 2017)}$$

- **Numero de raíces por estaca**

Las raíces se contabilizaron una vez cumplido el plazo de seis meses de seguimiento de las estacas que serían 180 días de evaluación para conocer el prendimiento del material vegetal, tomando tres individuos por tratamiento y repetición, se retiraron las estacas de la tierra con sumo cuidado sin dañar las raíces

- **Número de estacas con raíces**

Se evaluó una sola vez al final de los 180 días del ensayo para definir si 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.

- **Estado fitosanitario**

Se llevo un registro por observación sobre el estado fitosanitario de las estacas, como: verde, seca y enferma.

2.6.3. Procedimiento y análisis de datos.

Se aplicó la prueba de Shapiro Wilks para determinar el tipo de distribución que tienen los datos, mediante la cual se obtuvo que no tienen una distribución normal por lo que fue necesario aplicar pruebas estadísticas no paramétricas, es por esto que se aplicó la prueba de Kruskal Wallis donde se especifica que las variables número de raíces y número de estacas con raíces, no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos; en el caso de las variables

número de estacas con brotes y estacas vivas se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos por lo tanto se procedió a aplicar la prueba de Dunn para establecer cuál es el mejor tratamiento.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Calidad del material vegetal

4.1.1. Diámetro y longitud de la estaca

Las estacas en la presente investigación adquirieron un diámetro promedio de 3cm y la longitud de las mismas fue de 40cm.

Sierra, (2001) en su investigación menciona que la dimensión apropiada en diámetro de la estaca es de 0.5 y 1.5 cm y de longitud 15 a 20 cm de largo, sin embargo, estos parámetros no concuerdan con los resultados de la presente investigación. En este estudio se determinó que el diámetro y la longitud son óptimos como antes mencionadas, debido a que tienen mayor probabilidad de emitir raíz, y no ocurra la deshidratación de la estaca, entre mayor reserva de agua tenga, mayor es el porcentaje de enraizamiento.

Muñoz, (1978) en su estudio demuestra que los árboles padres que fueron obtenidas las estacas de la presente investigación fueron de la edad de un año, también describe que la temperatura óptima para la estaca de *Juglans nigra* es de 28°C. para el presente trabajo se seleccionó a los mejores tocones para utilizarlos como arboles padres, de los cuales se obtuvieron las estacas maduras que permiten la obtención de individuos genotípicamente iguales.

Cruz, (2018) en su investigación resalta que las estacas que servirán para producción de nuevas plantas pueden variar de longitud, desde 5 a 10 cm y en la longitud pueden ser de 25 a 40 cm, resalta que la longitud varia por las características del suelo, tomando en cuenta que tienen que ser estacas sanas y sin defectos, lo que ratifica los resultados del presente trabajo. Debido a que el tipo de suelo también influye en el desarrollo de las nuevas plantas ya que de él se obtienen nutrientes esenciales para su desarrollo, una planta madre con características optimas garantiza una propagación vegetativa que dará seguridad en la sobrevivencia de la estaca.

4.1.2. Numero de yemas

En la presente investigación se consideraron 3 yemas por estaca para tener mayores probabilidades de emisión de brotes.

Cabezas, (2013) en su investigación afirma que para propagación vegetativa de *Juglans* sp. (Nogal) hay que tener en cuenta por lo menos de 2 a 3 yemas en cada estaca, lo cual coincide con la presente investigación ya que las yemas son esenciales en el desarrollo de brotes y el enraizamiento previo.

Moran, (1983) en su estudio de propagación de especies forestales, indica que la estaca debe tener hasta 5 yemas laterales latentes para permitir un brotes y enraizamiento de la misma, debido a que si tiene menos yemas el material vegetal moriria y seria una perdida, porque las yemas son la base fundamental para que la estaca pueda desarrollarse e ir evolucionando de manera positiva en su desarrollo. Lo cual concuerda con la presente investigación ya que las estacas con mayor numero de brotes mostraron un mayor éxito en terminos de brotes, esto subraya la importancia de las yemas en el proceso de propagación, ya que proporcionan los meristemas necesarios para el crecimiento de nuevos brotes y raices. La concordancia entre ambos estudios refuerza la validez de los criterios establecidos de mencionado autor y destaca que el numero de yemas es un factor determinante para el éxito en la propagación.

Rojas, (1982) en su estudio afirma que las estacas deben tener de dos a tres yemas sanas y se las debe obtener en pleno receso vegetativo, lo cual coincide con la presente investigación ya que si se tomo en cuenta en la estaca recolectada para tener una exitosa propagación vegetativa de la especie.

4.2. Evaluación de las variables

4.2.1. Número de estacas con brotes

El número de brotes fue cambiante por tratamiento, de 0 hasta 46. (Tabla 7)

Tabla 7.

Número de estacas con brotes

N° de estacas con brotes por tratamiento		
Tratamientos	N° de brotes	Porcentaje
T1	0	0%
T2	9	3%
T3	46	15.33%
T4	17	5.66%
T5	0	0%

Estadísticamente al aplicar la prueba de Dunn se obtuvo que existen diferencias significativas entre el T1 y T3, y entre el T3 y T5, lo cual deduce que el tratamiento T3 (auxinas) es diferente, demostrando así diferencias significativas entre tratamientos, la prueba antes mencionada la cual se utilizó para analizar el comportamiento de brotes en cada una de las estacas. (Tabla 8)

Tabla 8.

Análisis estadístico de número estacas con brotes

Variable	Tratamientos	T1	T2	T3	T4
T2		-1.696593			
		0.4489			
T3		-3.016165	-1.319572		
		0.0128*	0.9349		
T4		-2.199287	-0.502694	0.816878	
		0.1393	1.0000	1.0000	
T5		0.000000	1.696593	3.0166165	2.199287
		1.0000	0.4489	0.0128*	0.1393

Sinche (2013) en su investigación describe que a la primera semana obtuvo buen resultado de brotes en las estacas de Nogal pero al transcurrir el tiempo los brotes iban muriendo, dando así un seguimiento por cinco meses. Debido a que la estaca va perdiendo sus reservas de agua los brotes van muriendo, en la presente investigación se realizó un seguimiento de 6 meses, en los cuales los tres primeros meses se tuvo un 30% de estacas con brotes, llegando al final de la investigación con un 23,99% de presencia de brotes totales en la investigación, lo que se ratifica con el autor en mención.

Agrícola (2017) en su estudio resalta la importancia de la hormona auxinas ya que fueron las primeras en descubrirse y son las esenciales en el crecimiento de las plantas, en la presente investigación el tratamiento que más tuvo relevancia fue el T3 (Auxinas) con un porcentaje de 15,33% lo cual demuestra que esta hormona induce a la formación de raíces y a la evolución del crecimiento de la nueva planta.

4.3.Sobrevivencia de estacas de *Juglans neotropica* Diels

El número mayor de estacas vivas presentó el T3, mientras que en el T5 compete al Testigo en lo que se obtuvo un resultado de 0 estacas vivas. (Tabla 9)

Tabla 9.

Sobrevivencia de estacas de *Juglans neotropica* Diels

Estacas vivas por tratamiento	
Tratamientos	Número de estacas vivas
T1	0
T2	6
T3	11
T4	4
T5	0

Estadísticamente los datos presentaron normalidad y observando que el p valor es bajo, se aplicó el método de Shapiro Wilks para determinar la significancia de sobrevivencia, este análisis permite evaluar la distribución de los datos y confirmar la hipótesis de normalidad, lo cual es fundamental para la validez de los resultados obtenidos. (Tabla 10)

Tabla 10.***Análisis estadístico de sobrevivencia de estacas de Juglans neotropica Diels***

Variable	n	Media	D.E.	W*	P(Unilateral D)
Estacas vivas	20	1,05	1,39	0,72	<0,0001

Estadísticamente, se aplicó la prueba de Kruskal Wallis debido a la falta de normalidad en los datos, este análisis no paramétrico es adecuado para comparar tres o más grupos independientes cuando no se cumple el supuesto de normalidad. El resultado del análisis dio un p valor de 0,0001, el cual indica que no existe diferencia significativa entre los datos evaluados. (Tabla 11)

Tabla 11.***Prueba de Kruskal Wallis de sobrevivencia de estacas de Juglans neotropica Diels***

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	p
Estacas vivas	T1	4	0,00	0,00	0,00	4	10,10	0,0155
Estacas vivas	T2	4	1,50	1,29	1,50			
Estacas vivas	T3	4	2,75	1,26	3,00			
Estacas vivas	T4	4	1,00	1,41	0,50			
Estacas vivas	T5	4	0,00	0,00	0,00			

Estadísticamente se analizaron los datos de cada tratamiento en términos de sobrevivencia, sin obtener normalidad entre los tratamientos. Para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó la prueba de Dunn, la cual es utilizada para comparar múltiples

tratamientos con un control. Los resultados del análisis mostraron que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. (Tabla 12)

Tabla 12.

Prueba de Dunn de sobrevivencia de estacas de Juglans neotropica Diels

Variable	Tratamiento	T1	T2	T3	T4
Sobrevivencia	T2	-1.810398 0.3512			
Sobrevivencia	T3	-2.896637 0.0189*	-1.0866239 1.0000		
Sobrevivencia	T4	-1.217904 1.0000	0.592494 1.0000	1.678733 0.4660	
Sobrevivencia	T5	0.000000 1.0000	1.810398 0.3512	2.896637 0.0189*	1.217904 1.0000

Kepenek, (2016) & Kolağasi (2016) en su investigación obtuvieron un promedio de 35,27% de sobrevivencia de *Juglans regia* L. , mientras que en la presente investigación se obtuvo un porcentaje de 7 % de sobrevivencia lo cual es factible en la propagación vegetativa de *Juglans*, la diferencia significativa de porcentajes se debe a diversos factores como condiciones ambientales, que pueden afectar en la reducción de reservas nutricionales en la estaca.

Hodaj, (2014) y Rama (2014) en su estudio de *Juglans regia* L. obtuvieron un 80% de tasa de éxito en brotado de estacas y sobrevivencia, en cuanto a la presente investigación que se obtuvo 7% de sobrevivencia en las estacas, a pesar del bajo porcentaje presentado en esta investigación es importante considerar que la propagación vegetativa en la especie en mención sigue siendo una práctica viable para la obtención de plantas óptimas y mejoradas en un futuro.

Hartmann (2010) en sus aportes científicos manifiesta que las auxinas son cruciales para la propagación de *Juglans* debido a su capacidad para inducir y mejorar el enraizamiento, aumentan la longitud y masa de las raíces en un menor tiempo, lo cual concuerda con la presente investigación debido a que el T3 es el mejor tratamiento.

4.4. Numero de raíces por estaca

Únicamente el tratamiento T3 de auxinas, presento un desarrollo radicular siendo este pequeño resultado en tres estacas con raíz. En contraste, el tratamiento T5 que sirvió como el testigo, presento únicamente una estaca con raíz. Estos resultados destacan la efectividad del tratamiento con auxinas en la promoción de enraizamiento de estacas. (Tabla 13)

Tabla 13.

Numero de raíces por estaca

Tratamientos	Nº de raíces
T1	0
T2	1
T3	3
T4	1
T5	1

Estadísticamente, se aplicó la prueba de Shapiro Wilks para evaluar la normalidad de los datos. El análisis dio un valor de $<0,0001$, el cual es extremadamente pequeño, indicando que no se cumple el supuesto de normalidad en los tratamientos. Para evaluar la homocedasticidad, el cual mostro que si existe homocedasticidad en este caso. Estos resultados permiten validar el uso de técnicas no paramétricas para el análisis de los datos debido a la falta de normalidad, pero confirman la homogeneidad de las varianzas entre los tratamientos. (Tabla 14)

Tabla 14.

Análisis estadístico de numero de raíces por estaca

Variable	N	Media	D.E.	w*	P (unilateral D)
Nº de raíces	20	0,30	0,25	0,72	$<0,0001$

Estadísticamente, se procedió a analizar los datos aplicando la prueba de Kruskal Wallis debido a la falta de normalidad en los datos, lo cual justifico el uso de un análisis no paramétrico. El resultado del análisis arrojó un p valor de 0,2461 por lo cual se acepta la hipótesis nula la cual indica que todos los tratamientos son iguales. (Tabla15)

Tabla 15.

Prueba de Kruskal Wallis de numero de raíces por estaca

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
N° de raíces	T1	4	0,00	0,00	0,00	3,43	0,2461
N° de raíces	T2	4	0,25	0,50	0,00		
N° de raíces	T3	4	0,75	0,50	1,00		
N° de raíces	T4	4	0,25	0,50	0,00		
N° de raíces	T5	4	0,25	0,50	0,00		

Garcia, (2004) en su estudio resalta que para la formación del callo es preferible aplicar calor en el material vegetal de *Juglans regia* L. En la presente investigación no se obtuvo un mayor número de enraizamiento lo cual se puede determinar que probablemente las reservas nutricionales que contenían las estacas se terminaron y no lograron una respuesta favorable en cuanto a la adaptación al medio, las estacas de mayor edad producen menos enraizamiento debido a la pérdida de la capacidad de absorción de nutrientes y de agua del suelo.

Sierra, (2001) en su estudio alcanza un promedio de 11,7 % de enraizamiento en *Juglans regia* L., en comparación del promedio obtenido en la presente investigación que es significativamente menor el cual es de 1,66% de enraizamiento, la notable diferencia entre porcentajes se debe a por variaciones existentes en las condiciones experimentales, o técnicas empleadas en cada uno de los estudios.

Armijos, (2013) en su investigación obtuvo un porcentaje de 0% de enraizamiento en propagación vegetativa de *Juglans neotropica* Diels, durante cinco meses realizó seguimiento. En contraste a la presente investigación que se obtuvo un porcentaje de 1,66% de enraizamiento durante seis meses de seguimiento, aunque el resultado de enraizamiento fue bajo es posible obtener un cierto grado de éxito con técnicas y condiciones específicas.

4.5. Numero de estacas con raíces

Estadísticamente, se evaluó la normalidad de los datos de los tratamientos aplicando la prueba de Shapiro Wilks, que es un método robusto para determinar si una muestra proviene de una distribución normal. El análisis reveló un valor p muy pequeño, significativamente menor a 0,05 comúnmente aceptado. Este resultado indica que los datos no siguen una distribución normal en los tratamientos evaluados. Por lo tanto, los supuestos de normalidad para los análisis paramétricos no se cumplen y se justifica el uso de métodos estadísticos no paramétricos posterior de los datos. (Tabla 16)

Tabla 16.

Número de estaca con raíces

Variable	n	Media	D.E.	W*	P(Unilateral D)
Nº de estacas con raíces	20	0,30	0,47	0,55	<0,0001

En el análisis estadístico de los datos, se aplicó la prueba de Kruskal Wallis para evaluar las diferencias entre los tratamientos debido a la ausencia de normalidad y homocedasticidad en los datos, es un método no paramétrico que se emplea cuando los supuestos de normalidad y varianzas homogéneas no se cumplen, permitiendo así una comparación entre tres o más grupos independientes. Los resultados del análisis indicaron se acepta la hipótesis nula, lo que significa que los tratamientos evaluados tienen efectos similares en la variable estudiada. (Tabla 17)

Tabla 17.

Prueba de Kruskal Wallis en número de estacas con raíces

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
N° de estacas con raíces	T1	4	0,00	0,00	0,00	4,29	0,1074
N° de estacas con raíces	T2	4	0,00	0,00	0,00		
N° de estacas con raíces	T3	4	0,75	0,50	1,00		
N° de estacas con raíces	T4	4	0,25	0,50	0,00		
N° de estacas con raíces	T5	4	0,25	0,50	0,00		

Henriquez, (2004) en su investigación describe que en estacas en especies forestales de Bosque húmedo tropical, con sustrato en 192 estacas se obtuvo un porcentaje de 28,1% de enraizamiento y hace referencia a que el contenido de carbohidratos de reserva en las plantas tiene una importante relación con el enraizamiento en estacas, porque aportan energía muy esencial para los procesos de división y elongación celular, se va estimulando la presencia de raíces, en cuanto a la presente investigación se obtuvo un porcentaje de 0,66% la diferencia significativa de mencionado porcentaje se debe a que muchas de las estacas perdieron sus reservas nutricionales no permitiendo que sus brotes sigan vivos y la presencia de raíz.

Allemand, (2015), Capelli, (2015) y Cornu, (2015) en su estudio sobre estacas de *Juglans regia* en estacas con brotes y presencia de raíces obtuvieron un porcentaje de 20%, respecto a la presente investigación se obtuvo un 0,66% de estacas con brotes y raíces, esta considerable diferencia en los resultados puede atribuirse a variaciones en las condiciones experimentales,

el lugar de recolección del material vegetal y condiciones específicas empleadas ciertamente en cada estudio puede tener un impacto significativo en los resultados.

4.6.Estado fitosanitario

En la presente investigación el estado fitosanitario se basó en la presencia de estacas verdes (vivas) con un total de 39 estacas y estacas secas (muertas) con un número de 36, con evaluaciones semanales.

El número mayor de estacas vivas por tratamiento obtenido en la presente investigación fue del T3 perteneciente a auxinas con un resultado de 11, al contrario del T5 que concierne al testigo que no obtuvo ningún resultado. (Tabla 18)

Tabla 18.

Número de estacas vivas por tratamiento

Estacas vivas por tratamiento	
Tratamientos	N° de estacas vivas
T1	0
T2	6
T3	11
T4	8
T5	14

El número mayor de estacas muertas obtenidas por tratamiento en la presente investigación fue del T1 perteneciente a Giberelinas, con un resultado de 39, al contrario del T5 que concierne al testigo que obtuvo una estaca. (Tabla 19)

Tabla 19.

Número de estacas muertas

Estacas muertas por tratamiento	
Tratamientos	N° de estacas muertas
T1	15
T2	9
T3	4
T4	7
T5	1

Plagas, (2019) indica que la presencia de malas hiervas puede afectar al desarrollo de las plantas ya que por medio de estas se pueden ospedar bacterias y enfermedades que pueden ser perjudiciales en el proceso de enraizamiento de estacas, de lo cual en la presente investigacion si existieron un porcentaje bajo de malas hiervas que se puede considerar negativo en la propagación de *Juglans neotropica* Diels.

Rojas, (1982) en su investigacion considera malezas a las plantas que ocupan lugar donde el hombre no la desea, estan ocasionan disminucion del rendimiento, desvalorizan el valor de la tierra y existe competencia por nutrientes, en relacion a la presente investigacion se deduce que si hubo un bajo afecto de estas malezas ya que se propagan muy rapido y en poco tiempo.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El material vegetal recolectado para ser utilizado en el proceso de enraizamiento tuvo una calidad adecuada, como lo demuestra el parámetro número de yemas, además, el seguimiento y la evaluación constante de la calidad de estacas recolectadas garantizan que las condiciones iniciales para la emisión de raíz y asegurar las reservas naturales sean de soporte en el proceso de estudio de cada estaca.
- El uso de auxinas facilita la producción de brotes en las estacas de *Juglans neotropica* Diels; las auxinas son fitohormonas esenciales en el proceso de enraizamiento, promueven la formación de raíces lo cual se corrobora con los resultados de la presente investigación, el efecto de las auxinas es significativamente superior en brotes y sobrevivencia que el resto de tratamientos.

5.2.Recomendaciones

- Se recomienda continuar con investigaciones de *Juglans neotropica* Diels por el valor económico, social, ecológico y cultural que tiene, utilizando otro tipo de hormonas de crecimiento.
- Se recomienda hacer investigaciones recolectando estacas de diferentes tipos de árboles de acuerdo a su edad, lugar donde se encuentran, sistema del que forman parte y tipo de tocón.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agricola, R. (2017). [Fitohormonas, reguladores de crecimiento y bioestimulantes]. Recuperado de: <https://redagricola.com/fitohormonas-reguladores-de-crecimiento-y-bioestimulantes/>
- Allemand, J., Cerqueira, F. S., Farnese, F. S., & Dantas, B. F. (2015). *Direct shoot organogenesis and plant regeneration from leaves of Passiflora miniata Vanderpl.* Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 124, 587–593. <https://doi.org/10.1007/s11240-015-0822-3>
- Añazco, M. (2023). *Evaluación ecológica asociada a Juglans neotropica Diels, en dos agroecosistemas de la Provincia de Imbabura* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15293>
- Armijos, A. (2013). *Distribución y propagación asexual de cuatro especies forestales nativas.* <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5243/1/DISTRIBUCI%C3%93N%20Y%20PROPAGACI%C3%93N%20ASEXUAL%20DE%20CUATRO%20ESPECIES%20FORESTALES%20NATIVAS%20EN%20VIVERO%20UTILIZANDO%20DOS.pdf>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Constitución del Ecuador.* <https://www.asambleanacional.gob.ec/>
- Baenas, N., Moreno, D. A., & García, C. (2018). Estudio de la bioactividad *in vitro* e *in vivo* de brotes de brócoli ricos en glucosinolatos/isotiocianatos. *Nereis: Revista Iberoamericana Interdisciplinar de Métodos, Modelización y Simulación*, 10, 69–78. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6446417>
- Borjas, R. (2020). *[Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura]*. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592020000200007
- Busch, M. (2017). *Ecología de poblaciones.* Obtenido de <https://www.ege.fcen.uba.ar/wp-content/uploads/2014/05/Teopob1.pdf>

- Bustos, A. (2021). *Efecto de las hormonas de enraizamiento en la propagación asexual de *Alnus nepalensis* D. Don en dos tipos de ambientes en la granja experimental “Yuyucocha”* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11102>
- Bustamante, T. (2020). *Restauración forestal en los Andes Ecuatorianos*. FLACSO.
- Cabezas, E. (2013). *Proyecto Nogal: Presentación* [Diapositivas]. <https://es.slideshare.net/slideshow/proyecto-nogal-22027027/22027027>
- Carranza, M. S., Escobar, A., Nieto, J., Morante, J., Cevallos, O., Cruz, O., Saucedo, S. G., & Reyes, X. (2013). Propagación de *Tabebuia Donnell-Smithii* Rose (guayacán blanco) utilizando hormonas de enraizamiento. *Ciencia y Tecnología*, 5(2). <https://doi.org/10.18779/cyt.v5i2.83>
- Chimbolema, C. (2021). *Evaluación de tres tipos de injerto de nuez (*Juglans regia* L.) en cuatro progenies de nogal (*Juglans neotrópica* Diels.) en la estación experimental Tunshi* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16385>
- Chipantiza, J. G., Bonilla, A. E., & Sánchez, T. E. (2021). Propagación asexual por estacas de la vid mediante la utilización de hormonas para su enraizamiento. *CIENCIAMATRIA*, 7(3). <https://doi.org/10.35381/cm.v7i3.597>
- Chura, L. S., & Zirena, F. (2023). Importancia de las especies longevas cultivadas y los desafíos para su propagación. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 25(1). <https://doi.org/10.18271/ria.2023.469>
- Código Orgánico del Ambiente, Pub. L. No. 983 (2017). [Publicación oficial de la República del Ecuador].
- Cruz, H. (2018). *[ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE SAUCE MIMBRE (*Salix viminalis* L. mimbrera) UTILIZANDO TRES TIPOS DE ESTACA APICAL, INTERMEDIA Y BASAL EN EL VIVERO EXPERIMENTAL CIPyCA. VIACHA, DEPARTAMENTO DE*

LA PAZ. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/15496/T-2496.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Estone, D. (2009). Natural history, distribution, phylogenetic relationships, and conservation of Central American black walnuts (*Juglans* L.). *Journal of the Torrey Botanical Society*, 136(1), 25–38. <https://bioone.org/journals/the-journal-of-the-torrey-botanical-society/volume-136/issue-1/08-RA-036R.1/>

García, V., Iriarte, A., Lesino, G., Flores, S., Matías, C., & Tapia, A. (2004). *Cámara bioclimática para producción de plantines injertados de nogal y propagación de Algarrobos*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 8(1), 2.49-2.53. ASADES. ISSN 0329-5184. Recuperado de https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/81625/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Giraldo, C. I., Mera, Y. A., Rivas, S. C., Muñoz, D. G., Acosta, L. M., Pérez-Muñoz, N., Villalba-Malaver, J. C., & Ordóñez-Hoyos, A. E. (2022). Evaluación fitosanitaria de *Juglans neotropica* y *Quercus humboldtii* en arbolado urbano de Popayán-Cauca, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 46(178). <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1542>

Gimenez, L., & Vignale, N. (2019). Calidad botánica de seis plantas andinas, condimenticias y medicinales, comercializadas en la ciudad de San Salvador de Jujuy, Argentina. *Dominguezia*. <http://www.dominguezia.org/volumen/articulos/35202.pdf>

Gómez, C. D., & Vilema, G. V. (2023). Determinación de características fenológicas de *Juglans neotropica* Diels en cuatro formaciones vegetales, Imbabura. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14515>

Hardtmann, & Kester. (1997). *Propagación de plantas*. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/45969/mod_resource/content/1/Propagacion%20de%20plantas.pdf

Henríquez, E. (2004). *[EVALUACIÓN DE TRES FACTORES DE ENRAIZAMIENTO EN ESTACAS DE*

- MORERA (Morus alba).].
https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/101738/henriquez_e.pdf?sequ
- Hodaj, B. (2014). Obtenido de
https://www.researchgate.net/publication/291290526_Time_and_methods_of_walnut_budding_Juglans_regia_L
- Iglesias, L., Prieto, J., & Alarcón, E. (2020). La propagación vegetativa de plantas forestales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. [Referencia parcial; sin URL directo].
- INAMHI. (2023). Obtenido de <https://www.inamhi.gob.ec/>
- Kester's, H. & K. (2017). *Plant Propagation Principles and Practices* (8.a ed.).
https://ptabdata.blob.core.windows.net/files/2017/PGR2017-00018/v75_Ex.%201075%20-%20Labeled.pdf
- Kolağasi, K. K. (2016). *[Micropropagation of walnut (Juglans regia L.)*
<https://bibliotekanauki.pl/articles/1065655>
- Lincoln, T. (2006). *Fisiología vegetal*.
<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FisiologiaVegetalVolumenII%20espanhol.pdf>
- Mediavilla, J. (2023). *Crecimiento inicial de Juglans Neotropica Diels, con fertilización química y orgánica en el campus Yuyucocha* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte].
<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/14285/2/03%20FOR%20359%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Medina, J., Quizhpe, W., Déleg, J., Gonzalez, K., Aguirre, Z., Aguirre, N., Montaña, L., & Benítez, Á. (2021). Are Juglans neotropica plantations useful as a refuge of bryophytes diversity in tropical areas? *Life*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/life11050434>
- Mercado, M. I., & Ponessa, G. I. (2021). Nuevo soporte para obtención de cortes de material vegetal en micrótopo rotativo. *Dominguezia*, 37(1).
- Morán, D. (1983). *Producción de plantas por estacas y pseudoestacas*.
https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3514/Produccion_de_plantas_por_estacas_y_pseudoestacas.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Mostacero. (2020). Obtenido de file:///C:/Users/oscar/Downloads/151-862-3-PB%20(3).pdf
- Muñoz, S. & Claudia, G (1978). Estudios anatomico de la formación de callo en estacas e injertos de nogal (*Juglans regia* L.) https://oes.chileanjar.cl/files/V38I3A03_es.pdf
- Ojeda García, Q. E., Manayay Ortega, M., & Vergara Medrano, S. E. (2020). Propagación por estacas de *Retrophyllum rospigliosii* Pilger y *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson con diferentes niveles de regulador de crecimiento, Jaén, Cajamarca, 2019. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 2(2). <https://doi.org/10.25127/ucni.v2i2.515>
- Ortiz, L., Ramos, F., Schamne, R., & Duarte, E. (2021). Efecto del sustrato y el ácido naftalenacético en la propagación vegetativa *Hypericum brasiliense* (Hypericaceae). *Manglar*, 18(4), 363–368. <https://doi.org/10.17268/MANGLAR.2021.046>
- PDOT Antonio Ante (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. https://www.antonioante.gob.ec/AntonioAnte/images/PDF/2020/06/v5_PDOYT_ANTONIO_ANTE_FINAL_29_de_junio_de_2020.pdf
- Plagas, G. I. (2019). *Guía GIP de Nogal*. https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/guiagipnogal_tcm30-507887.pdf
- Pulido, A. G. (2019). Propagación por estacas y calidad de planta en *Acer negundo* L.. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v10n51/2007-1132-remcf-10-51-224.pdf>
- Quinapallo, T., & Velez, N. (2013). PROPAGACIÓN SEXUAL Y ASEYUAL DE CUATRO ESPECIES FORESTALES PROMISORIAS DEL BOSQUE SECO DEL CANTON ZAPOTILLO, PROVINCIA LOJA. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5245/1/TESES%20PROPAGACION%20SEXUAL%20Y%20ASEYUAL%20QUINAPALLO%20VELEZ.pdf>
- Quispe, L. (2018). Efecto de las hormonas de enraizamiento en esquejes de álamo (*Populus deltoides*) bajo riego por capilaridad. *Revista de la carrera de Ingeniería Agronómica-UMSA*, 4(25199382).

- Ramos, A. E., & Dominguez, G. (2017). Desarrollo de estacas de bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.) en condición de cámara de sub-irrigación. *Folia Amazónica*, 26(1). <https://doi.org/10.24841/fa.v26i1.413>
- Ramos, R. A., Murillo, O., & Gallo, L. A. (2020). Potencial de mejoramiento genético en *Juglans neotropica* Diels, a los 10 meses de edad en Tunshi, Chimborazo. *Engineering*. <https://doi.org/10.18502/keg.v5i2.6278>
- Ramos, R. A., Vera, R., Grijalva Olmedo, J. E., & Ramos Veintimilla, M. R. (2022). Biomasa anhidra en plántulas de *Juglans neotropica* Diels, en la etapa de vivero. *AlfaPublicaciones*, 4(3.2). <https://doi.org/10.33262/ap.v4i3.2.280>
- Ramos, R., Romero, F., & Gonzales, M. (2023). Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Raul-Ramos-5/publication/372133995_Principal_Coordinates_and_HJ-Biplot_Analysis_in_the_Dasometric_Characterisation_of_Genetic_Families_of_Juglans_neotropica_Diels_in_Tungurahua_province/links/64a5f5c695bbbe0c6e16ca0a/P
- Rojas, C. (1982). *[Propagación de nogales]*. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/32111/NR10499.pdf?sequence=1>
- Rocano, M., Villena, P., & Peña, D. (2017). Evaluación de los sistemas de cultivo semisólido y BIT en la multiplicación *in vitro* de *Juglans neotrópica*. *MASKANA*, 8(1). <https://doi.org/10.18537/mskn.08.01.09>
- Roldan, I. (2018). Estado del arte, propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels. en zonas andinas. *Madera y Bosques*, 24(1). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2411560>
- Sifuentes, D. (2021). Propagación vegetativa del cedro (*Cedrela odorata* L.) mediante el enraizamiento de mini estacas juveniles en cámaras de sub irrigación, en Jenaro Herrera (Loreto) amazonía peruana. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Sifuentes, D. (2021). *Propagación vegetativa del cedro (Cedrela odorata L.) mediante el enraizamiento de mini estacas juveniles en cámaras de sub irrigación, en Jenaro*

- Herrera (Loreto) amazonía peruana [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Sierra, C. (2001). *Propagación vegetativa de Castanea sativa Mill. y Juglans regia L. a través de estacas*. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/32308>
- Sinche, A. S. (2013). *Distribución y propagación asexual de cuatro especies forestales nativas*. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5243/1/>
- Toro, E., & Roldán, I. C. (2018). *Estado del arte, propagación y conservación de Juglans neotropica Diels en zonas andinas. Madera y Bosques*, 24(1). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2411560>
- Trujillo, I. (2020). *Clonación y mejoramiento genético: avances en Eucalyptus grandis*. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/13076/1/sad321p17-20.pdf>
- Uicab, J. V. C., Santiago, B. R., & Cuevas, X. G. (2023). *Estandarización de un método de propagación asexual para el establecimiento de un banco clonal de Cedrela odorata L. South Florida Journal of Development*, 4(6). <https://doi.org/10.46932/sfjdv4n6-006>
- Valle, R. (2021). *Propagación vegetativa de Hesperomeles obtusifolia (Pers) Lindl. (Cerote) empleando hormonas de enraizamiento en el cantón Otavalo, provincia de Imbabura [Tesis de grado]. Universidad Técnica del Norte*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11892>
- Vallejos, H. V., Ramirez, J. L., & Añazco, M. J. (2023). *Evaluación de tratamientos pregerminativos en semillas de Juglans neotropica Diels en el norte del Ecuador. Bosques Latitud Cero*, 13(1). <https://doi.org/10.54753/blc.v13i1.1737>
- Vanegas, E. T., & Rojas, I. C. R. (2018). *State of the art, propagation and conservation of Juglans neotropica Diels in Andean zones. Madera y Bosques*, 24(1). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2411560>
- Vilcacundo, E., Álvarez, M., Silva, M., Carpio, C., Morales, D., & Carrillo, W. (2018). *Fatty acids composition of Tocte (Juglans neotropica Diels) walnut from Ecuador. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 11(2). <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2018.v11i2.16344>

- Vilema, A. (2023). *Determinación de características fenológicas de Juglans neotropica Diels en cuatro formaciones vegetales, Imbabura*.
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14515>
- Villar, M., Marcelo, F., & Baselly, J. (2018). *Respuesta de la Cinchona officinalis L. al método de propagación asexual mediante estacas y esquejes*. INIA.
- Quinga, C. A. (2021). *Comparación de dos hormonas naturales y una química para el enraizamiento de estacas de jícama (Smallanthus sonchifolius) (Poepp.) H. Rob. en la provincia de Cotopaxi, barrio Salache Bajo (CEASA)* [Tesis de grado]. Universidad Técnica de Cotopaxi.

ANEXO 1

Fotografías

	
1. Sitio de recolección del material vegetativo	2. Recolección del material vegetativo
	
3. Instalación del diseño	4. Preparación de estacas
	
5. Aplicación de hormonas de enraizamiento	6. Plantación de estacas



7. Toma de datos de brotes en las estacas



8. Verificación de estacas vivas y muertas