



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

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

**CRECIMIENTO INICIAL DE *Juglans neotropica* Diels, CON FERTILIZACIÓN
QUÍMICA Y ORGÁNICA EN EL CAMPUS YUYUCOCHA**

AUTOR

Jhonny Stalin Mediavilla Mediavilla

DIRECTOR

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, M.Sc.

IBARRA – ECUADOR

2023

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

CRECIMIENTO INICIAL DE *Juglans neotropica* Diels, CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y
ORGÁNICA EN EL CAMPUS YUYUCOCHA

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, por el cual se autoriza la presentación como
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADO

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, M.Sc.
Director de trabajo de titulación

Ing. Añazco Romero Mario José, PhD.
Opositor de trabajo de titulación



Ibarra – Ecuador

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo de titulación 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 DEL CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003590237		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Mediavilla Mediavilla Jhonny Stalin		
DIRECCIÓN:	Cotacachi		
EMAIL:	jsmediavillam@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	063052148	TELÉFONO MÓVIL:	0993455421

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	CRECIMIENTO INICIAL DE <i>Juglans neotropica</i> Diels, CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN EL CAMPUS YUYUCOCHA.
AUTOR/A (ES):	Mediavilla Mediavilla Jhonny Stalin
FECHA: (dd/mm/aa)	29/05/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
PROGRAMA:	Pregrado
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Forestal
DIRECTOR:	Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, M.Sc.

CONSTANCIA

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

Ibarra, a los 29 días del mes de mayo del 2023

EL AUTOR



Mediavilla Mediavilla Jhonny Stalin

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi familia por haberme apoyado de manera incondicional a lo largo de mi formación académica y por estar siempre a mi lado.

A Dios por ser mi principal fuente de inspiración, mi guía y por siempre darme la fuerza que necesite para luchar y para lograr mis metas y sueños, y por guiarme por el buen camino.

A mis padres Sra. Patricia Mediavilla y Sr. Vicente Mediavilla quienes depositaron su confianza en mí y me dieron su amor, cariño y comprensión en cada momento. Por el apoyo incondicional y darme la oportunidad de superarme y poder cumplir mis metas.

A mis hermanos, Javier, Franklin, Diego, Marcelo y Alexander, quienes con su cariño, paciencia y sabiduría me supieron guiar por el buen camino y me impulsaron a conseguir mis objetivos.

A Libeya por ser mi inspiración y confiar en mí, por su apoyo incondicional a lo largo de mi formación académica, por estar a mi lado y ser parte de este logro.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por estar a mi lado en todo momento y en todo lugar, ya que sin él no hubiera sido posible concluir mis estudios.

A mis padres por ser mi inspiración para seguir adelante y darme la oportunidad de formarme académicamente, sobre todo apoyarme siempre, hasta en los peores momentos. Sobre todo, por ser un ejemplo de vida, por haberme forjado como una persona de bien y por motivarme constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mis hermanos que siempre estuvieron ahí para apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida estudiantil y acompañarme durante este duro camino.

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**CRECIMIENTO INICIAL DE *Juglans neotropica* Diels, CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y
ORGÁNICA EN EL CAMPUS YUYUCOCHA**

Mediavilla Mediavilla Jhonny Stalin

RESUMEN

El ecosistema forestal ha sido tradicionalmente objeto de intensos fenómenos de degradación que han mermado su acervo genético y reducido sus poblaciones por lo que se ha generado la necesidad de implementar plantaciones forestales con fines de mejoramiento genético, sin embargo, se desconoce de la diversidad genética y la incidencia de la fertilización sobre el crecimiento de especies nativas de interés comercial, productivo y social, tal es el caso de la especie *Juglans neotropica* Diels. En base a la problemática se planteó como objetivo evaluar el crecimiento inicial de *Juglans neotropica* Diels en el campus Yuyucocha. Se estableció una plantación en un área de 2592 m² con un total de 384 plantas donde se aplicaron ocho tratamientos resultantes de la interacción entre tipo de hoyado (tradicional y mejorado) y tipo de fertilizante (químico y orgánico). Para ello se realizaron mediciones mensuales durante seis meses de las variables altura total, diámetro basal, diámetro de copa, estado fitosanitario y sobrevivencia, mientras que el área foliar y los costos de establecimiento y manejo de la plantación se determinaron en el último mes de estudio. Como resultado se obtuvo que el tratamiento fertilizante químico con hoyado mejorado alcanzó mayor crecimiento en altura con 39,68 cm, diámetro basal con 12,43 mm y diámetro de copa con 48,63 cm. Además, el tratamiento fertilizante químico con hoyado tradicional mostro mayor porcentaje de plantas sanas con el 85,42%; mientras que el área foliar el mejor tratamiento fue fertilizante químico más orgánico con hoyado mejorado con 2884,42 cm². Finalmente, se alcanzó un porcentaje de sobrevivencia del 99,40 %, el tratamiento con mayor área foliar fue fertilizante químico más orgánico, con hoyado tradicional con 2884,42 cm² y un total de costos de establecimiento y manejo de \$ 609,24. Además, se considera que el efecto de los tratamientos es positivo, por lo que se ha logrado alcanzar valores significativos en el crecimiento de la planta.

Palabras clave: Mejoramiento genético, altura, diámetro basal, área foliar.

ABSTRACT

The forest ecosystem has traditionally been subject to intense degradation phenomena that have depleted its gene pool and reduced its populations, which has generated the need to implement forest plantations for genetic improvement, however, the genetic diversity and the impact of fertilization on the growth of native species of commercial, productive and social interest, such as the case of the species *Juglans neotropica* Diels, is unknown. Based on these problems, the objective was to evaluate the initial growth of *Juglans neotropica* Diels in the Yuyucocha campus. A plantation was established in an area of 2592 m² with a total of 384 plants where eight treatments were applied resulting from the interaction between type of hole (traditional and improved) and type of fertilizer (chemical and organic). For this purpose, monthly measurements were taken during six months of the variables total height, basal diameter, crown diameter, phytosanitary status and survival, while leaf area and the costs of establishment and management of the plantation were determined in the last month of the study. As a result, the chemical fertilizer treatment with improved pitting achieved greater growth in height (39,68 cm), basal diameter (12,43 mm) and crown diameter (48,63 cm). In addition, the chemical fertilizer treatment with traditional pitting showed a higher percentage of healthy plants with 85.42%; while the best treatment for leaf area was chemical plus organic fertilizer with improved pitting with 2884,42 cm². Finally, a survival rate of 99,40% was achieved, the treatment with the highest leaf area was chemical plus organic fertilizer with traditional pitting with 2884,42 cm² and a total establishment and management cost of US\$ 609,24. In addition, the effect of the treatments is considered to be positive, so that significant values in plant growth have been achieved.

Key words: Plant breeding, height, basal diameter, leaf area.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de investigación	2
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Hipótesis.....	4
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Fundamentación legal	5
2.1.1. Constitución de la República del Ecuador	5
2.1.2. Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre.....	5
2.1.3. Código Orgánico del Ambiente.....	6
2.1.4. Plan Nacional de Desarrollo Creando Oportunidades.....	6
2.1.5. Línea de investigación.....	7
2.2. Fundamentación teórica	7
2.2.1. Mejoramiento genético forestal.....	7
2.2.2. Plantaciones forestales	9
2.2.3. Crecimiento inicial de especies forestales.....	12
2.2.4. Influencia de la fertilización en el crecimiento forestales.....	15
2.2.5. Descripción botánica de <i>Juglans neotropica</i> Diels	16
CAPÍTULO III	20
MATERIALES Y MÉTODOS	20

3.1.	Ubicación del área de estudio.....	20
3.1.1.	Ubicación política	20
3.1.2.	Ubicación geográfica.....	20
3.2.	Características edafoclimáticas	21
3.2.1.	Suelo.....	21
3.2.2.	Clima	21
3.3.	Materiales, equipos y software.....	21
3.4.	Metodología	22
3.4.1.	Diseño experimental.....	22
3.4.2.	Establecimiento de la plantación.....	25
3.4.3.	Variables.....	26
CAPÍTULO IV		30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		30
4.1.	Crecimiento inicial de <i>Juglans neotropica</i> Diels.....	30
4.1.1.	Crecimiento en altura total	30
4.1.2.	Crecimiento en diámetro basal.....	31
4.1.3.	Diámetro de copa	32
4.1.4.	Estado fitosanitario.....	33
4.1.5.	Sobrevivencia.....	34
4.1.6.	Área foliar	35
4.1.7.	Costos de establecimiento y manejo	37
CAPÍTULO V.....		40
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		40
3.5.	Conclusiones	40
3.6.	Recomendaciones.....	40
BIBLIOGRAFÍA.....		41
ANEXOS.....		53
1.	FOTOGRAFÍCOS.....	53
2.	TABLAS	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales, maquinaria, equipos, insumos y software utilizados en el desarrollo de la investigación	23
Tabla 2. Características de la plantación	24
Tabla 3. Factores que intervienen en la investigación.....	25
Tabla 4. Código fitosanitario	28
Tabla 5. Actividades para determinar los costos de establecimiento y manejo	29
Tabla 6. Tabla de costos de establecimiento y manejo del ensayo	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del campus Yuyucocha	21
Figura 2. Diseño de la plantación	24
Figura 3. Tipos de hoyado	26
Figura 4. Crecimiento de la altura total de plántulas de <i>Juglans neotropica</i> Diels.....	30
Figura 5. Crecimiento del diámetro basal de plántulas de <i>Juglans neotropica</i> Diels.....	32
Figura 6. Diámetro de copa de plántulas de <i>Juglans neotropica</i> Diels.....	33
Figura 7. Estado fitosanitario de plántulas de <i>Juglans neotropica</i> Diels.....	34
Figura 8. Porcentaje de sobrevivencia de plántulas de <i>Juglans neotropica</i> Diels.....	35
Figura 9. Análisis de varianza	36
Figura 10. Área foliar de plántulas de <i>Juglans neotropica</i> Diels.....	36

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El ecosistema forestal ha sido tradicionalmente objeto de intensos fenómenos de degradación que han mermado su acervo genético y reducido sus poblaciones (Gutiérrez, 2003). Se estima que en el año 2000 Ecuador contaba con 13,73 millones de hectáreas de tierra con aptitud forestal (Ecuador Forestal, 2007), que para el 2020 se redujo a 12,5 millones de hectáreas (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE], 2020). De acuerdo con Altamirano y Lara (2010) entre las principales causas asociadas a la disminución de bosque nativo es la sustitución de estos por plantaciones forestales con fines comerciales (Gualpa et al., 2016).

El establecimiento de plantaciones forestales utilizando plantas nativas y exóticas con alto potencial de crecimiento y producción ofrece la oportunidad de disminuir la presión sobre los bosques naturales, considerando los requerimientos ecológicos, nutricionales y la forma de manejo (Sierra, Calva y Guevara, 2021). No obstante, se debe cuidar la calidad fisiológica y genética de la especie a partir de la semilla ya que de esta depende el éxito de la plantación, logrando alcanzar características económicamente rentables y la reducción considerable del turno de corta (López, Sánchez y Hernández, 2010). En este sentido, es posible obtener madera de mejor calidad en áreas de menor tamaño en comparación con grandes extensiones de individuos sin mejoramiento genético (Siqueiros et al., 2017).

Ramos (2018) señala que en los últimos tres años la Escuela de Ingeniería Forestal de la FRN-ESPOCH ha iniciado un programa de Domesticación y Mejoramiento genético de *Juglans neotropica* Diels con el objetivo de potenciar su uso comercial, restaurar ecosistemas forestales degradados y evitar la pérdida de la diversidad genética, puesto que en el Ecuador los cultivos remanentes de esta especie son rápidamente explotados en la industria de la madera. Una de las actividades importantes de la investigación es el establecimiento de colecciones genéticas amplias (ensayos de procedencias y progenies), que posteriormente se puedan convertir en fuentes semilleras de la más alta calidad genética posible (Estrada, 1997).

Para el establecimiento de plantaciones forestales hay que tener en cuenta el valor económico que representa la planta además de los requerimientos ecológicos, nutricionales, exigencias climáticas y la forma de manejo (López, Sánchez y Hernández, 2010). Una adecuada nutrición en la etapa de

establecimiento de una plantación contribuye al adecuado crecimiento inicial de los árboles y por ende mejora la productividad, generalmente las necesidades de fertilización se presentan para los elementos nitrógeno, fósforo y potasio (Donoso et al., 2015). Por ejemplo, en un estudio realizado en la Granja Experimental Tunshi, provincia Chimborazo en una plantación de *Juglans neotropica* Diels, se aplicaron cuatro tratamientos con el fin de evaluar el comportamiento del cultivo frente a diferentes dosis de fertilizante (10-30.10): 0 gr, 100 gr, 200 gr y 250 gr; como resultado se obtuvo que a los 120 días el tratamiento que alcanzo el mejor crecimiento en las variables dasométricas corresponde al tratamiento cuatro, 250 gr de fertilizante 10-30-10 (Rosero, 2011).

Para evaluar el éxito de una plantación hay que realizar monitoreo mensual de las variables dasométricas como altura, diámetro basal y diámetro de copa en la etapa inicial de crecimiento de las especies forestales plantadas ya que en ese punto si se obtienen resultados positivos sería un buen indicador del comportamiento futuro de la planta (Verzino et al., 2004). Los monitoreos iniciales resultan efectivos al nivel de plantaciones experimentales en las cuales se homogenizan las condiciones de cada una de las parcelas es decir se elimina la competencia para los especímenes de estudio de esta forma se obtiene resultados similares en comparaciones a corto y largo plazo (Macayo y Renison, 2015).

1.1.Problema de investigación

Como resultado del aumento de la demanda de productos forestales se genera la necesidad de implementar plantaciones forestales bajo condiciones de mejoramiento genético que permitan alcanzar características económicamente rentables y disminuir el turno de corta. En este sentido, es posible obtener mayor cantidad de madera de mejor calidad en áreas de menor tamaño en comparación con grandes extensiones de individuos sin mejoramiento genético (Siqueiros et al., 2017). Pese a esto el conocimiento de los recursos genéticos forestales en Ecuador, especialmente en la provincia de Imbabura es limitado, esto se debe a que la información generada por empresas privadas no está disponible o es de difícil acceso, viéndose en la necesidad de trabajar en mejoramiento genético de especies de interés y obtener individuos con mejores características genotípicas y fenotípicas, que depende además de la adecuada nutrición de las plantas, contribuyendo significativamente a su establecimiento y crecimiento. Tal es el caso de *Juglans neotropica* Diels que a pesar de ser una especie nativa que se encuentra en peligro de extinción (Veintimilla, Gamboa y Gallo, 2019), se desconoce acerca de la diversidad genética y la incidencia

de la fertilización en el crecimiento de la planta, que permita a futuro viabilizar su conservación y mejora de la producción forestal.

1.2. Justificación

Juglans neotropica Diels es una de las especies nativas de los Andes que presenta madera dura y alta calidad, con una densidad básica de $0,52\text{g/cm}^3$ (Veintimilla, Gamboa y Gallo, 2019). Es considerada una especie multiusos y multipropósito, ya que a más de madera provee PFNM y servicios ambientales, entre estos la captura de carbono y aporte a la conservación de la fauna silvestre. En este sentido, la diversidad genética de esta especie es mayormente amenazada debido a que los cultivos remanentes son rápidamente aprovechados, reduciendo y fragmentando las comunidades naturales existentes, esto se debe a su alto valor comercial y demanda en la industria maderera para la elaboración de tallados o torneados (Myers, 1986). Por tal razón es importante generar conocimiento acerca de la diversidad genética de las poblaciones de *Juglans neotropica* Diels que asociada al manejo técnico son parte de la solución para recuperar y aprovechar suelos no aptos para uso agropecuario, crear condiciones ecológicamente favorables, crear fuentes de trabajo y abastecer la demanda forestal que exige la población creciente, reduciendo así la presión sobre los bosques naturales. Además, la evaluación del crecimiento inicial de una plantación significa una técnica para recopilar información sobre el crecimiento de las variables dasométricas, para tener elementos de juicio y proponer técnicas de manejo silvícola como la fertilización, puesto que la demanda de nutrientes varía en función de la etapa de crecimiento y desarrollo de la planta, tal demanda puede ser suplida a través de la aplicación de fertilizantes.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el crecimiento inicial de *Juglans neotropica* Diels en el campus Yuyucocha.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar la incidencia de la fertilización química y orgánica sobre el crecimiento inicial de *Juglans neotropica* Diels.
- Determinar los costos de establecimiento y manejo de la plantación en el primer año.

1.4.Hipótesis

Ho: El crecimiento inicial de *Juglans neotropica* Diels no está influenciado de manera significativa por la fertilización.

Ha: El crecimiento inicial de *Juglans neotropica* Diels está influenciado de manera significativa por la fertilización.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentación legal

La presente investigación se sustenta en la Constitución de la República del Ecuador – 2008, Código Orgánico Ambiental (COA) y el Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025.

2.1.1. Constitución de la República del Ecuador

Título VII

Sección sexta (Agua)

Art. 411.- Se garantiza la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y consumo humano serán prioritarias en el uso y aprovechamiento del agua (Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador, 2008).

2.1.2. Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre

Capítulo VI

De la Producción y Aprovechamiento Forestal

Art. 40.- El Ministerio del Ambiente establecerá fines de protección forestal y de la vida silvestre, veda parcial o total a corto, mediano y largo plazo, cuando lo justifiquen razones de orden climático, hídrico, económico o social (Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, 2004).

2.1.3. Código Orgánico del Ambiente

Título II

Derechos, Deberes y Principios Ambientales

De acuerdo al Código Orgánico del Ambiente (2017) el **Art. 7.-** Deberes comunes del Estado y las personas. Son de interés público y por lo tanto deberes del Estado y de todas las personas, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades y colectivos.

- **Inciso 1:** Respetar los derechos de la naturaleza y utilizar los recursos naturales, los bienes tangibles e intangibles asociados a ellos, de modo racional y sostenible.
- **Inciso 2:** Proteger, conservar y restaurar el patrimonio natural, los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país.

Título II

Derechos, Deberes y Principios Ambientales

De acuerdo al Código Orgánico del Ambiente (2017) el **Art. 30.-** Objetivo del estado. Los objetivos del estado relativos a la biodiversidad.

- **Inciso 1:** Regular e incentivar la participación de personas, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades en la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, así como en la distribución justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos.
- **Inciso 2:** Promover la investigación científica, desarrollo y transferencia de tecnologías, la educación e innovación, intercambio de información y fortalecimiento de las capacidades relacionadas con la biodiversidad y diferentes productos que impulsen la generación de bioconocimiento.

2.1.4. Plan Nacional de Desarrollo Creando Oportunidades

Transición ecológica

Se promueve la conservación, restauración, protección y uso sostenible de los recursos naturales con el fin de garantizar su estabilidad a largo plazo (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

2.1.5. Línea de investigación

El estudio se enmarca en la línea de investigación de la carrera: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible.

2.2.Fundamentación teórica

2.2.1. Mejoramiento genético forestal

El Mejoramiento Genético Forestal (MGF) consiste en el desarrollo de poblaciones o individuos mejorados genéticamente a partir de poblaciones amplias y diversas (población base) de especies forestales, que, como resultado de la alta presión sobre el terreno forestal y los efectos de la utilización insostenible del recurso, el potencial genético se encuentra amenazado (Zapata y Hasbun, 2011).

La finalidad del MGF es la de mejorar las características cuantitativas y cualitativas de rendimiento y calidad, así como garantizar la seguridad de la cosecha (mayor productividad/ha), adaptación a áreas marginales de cultivo, reducción del turno de aprovechamiento y costos de establecimiento, cosecha y/o procesos industriales (Instituto Forestal, 2015). Además, constituye una herramienta importante para aumentar la tolerancia a plagas y enfermedades, para ello se debe considerar la selección y clonación de individuos tolerantes o la selección y cruzamiento de genotipos resistentes (Balmelli et al., 2004).

El Recurso Genético Forestal (RGF) es la diversidad genética presente en millares de especies de árboles de valor social, ambiental y económico real o potencial (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2007). Son fundamentales para los procesos de adaptación y evolución de los bosques y los árboles, así como para mejorar su productividad (Mallén, 2007). Una estrategia para mantener a largo plazo el RGF es a través de fuentes semilleras o poblaciones de producción de semillas de alta calidad genética para su posterior propagación, para ello se seleccionan los mejores individuos que presentan características deseables en cuanto a crecimiento, forma de los árboles y sanidad, que posteriormente son manejado con el fin de mejorar la calidad genética del material, aumentar la producción de semillas en el menor tiempo posible y reducir los costos de recolección (Márquez et al., 2009).

Para Ipinza et al. (1998) el mejoramiento genético contempla tres poblaciones tipo bien definidas:

Población base. Corresponde a un grupo de individuos al que se le aplica un mejoramiento genético con el fin de desarrollar una población base de generación avanzada, la cual consiste en un conjunto de individuos genéticamente mejorados que crecen en ensayos genéticos, que además son conocidos como pedigrí, progenies o ancestros.

Población reproductiva. Es un subconjunto de la población base, donde se seleccionan los árboles superiores de acuerdo al desempeño individual y de sus progenies con el objetivo de obtener importantes ganancias genéticas. La edad es un factor determinante para la selección, se considera adecuado hacerlo cuando los individuos sobrepasen el 50% de la edad de rotación. Normalmente se obtienen injertos, estacas enraizadas o semillas y se almacenan en bancos clonales.

Población de producción. Tiene el objetivo de producir descendencias genéticamente mejoradas para plantaciones operacionales, mediante huertos semilleros clonales y áreas de multiplicación clonal. La población de producción se mejora con la información obtenida de pruebas de pro genie, impidiendo que lleguen a las plantaciones operacionales individuos con características genéticamente inferiores.

2.2.1.1. Beneficios del mejoramiento genético forestal

El mejoramiento genético forestal constituye una herramienta básica de la silvicultura, destinada a incrementar la productividad y calidad de los productos y garantizar la conservación de la biodiversidad forestal (Mesén, 1997). Se estima que la calidad del producto aumentará hasta un 20% y disminuirá el turno de corta entre 1 y 2 años, así como mejorará las propiedades y características de la madera con respecto a la densidad, aproximadamente un 10% (FAO, 2007).

El mejoramiento genético se basa en un flujo constante de acciones como la selección permanente y certificación de calidad genética del material, para posteriormente realizar cruzamientos entre los individuos elegidos (Murillo et al., 2017). Para lograrlo se establece programas de mejoramiento genético forestal, enfocados en el manejo sostenible de la variación genética con el fin de producir, identificar y multiplicar individuos bien adaptados, productivos y de calidad (Vallejos et al., 2010), a través de la identificación y selección de individuos con características fenotípicas superiores y de alto rendimiento, selección de genotipos y evaluación de los genotipos seleccionados con la producción de propágulos genéticamente superiores mediante la varianza aditiva (Vargas et al., 2004).

Los programas de mejoramiento genético surgen de la necesidad de apoyar la sostenibilidad de los bosques, incorporando en plantaciones forestales especies nativas de interés, puesto que a nivel mundial la sobre explotación de los bosques naturales continúa en creciente aumento, las cifras de aprovechamiento ascienden a 3,4 mil millones de metros cúbicos anuales, equivalentes al 0,7% del total de estas formaciones (Murillo et al., 2017). Antes de iniciar un programa de mejoramiento genético se debe considerar la disponibilidad de áreas para plantaciones a gran escala, garantía de mercado para los productos de las nuevas plantaciones, fondos disponibles y definir los criterios de selección (Ipinza et al., 1998).

La especie *Juglans neotropica* Diels en la actualidad está catalogada en peligro de extinción, ya que es seriamente amenazada por actividades agrícolas y ganaderas que generan ampliar zonas deforestadas (Toro y Roldán, 2018). En Ecuador es una especie escasa y difícil de encontrar, los cultivos remanentes son rápidamente usados en tallado o torneado debido a su excelente madera y alto valor comercial, es así que la diversidad genética está disminuyendo considerablemente, llevando consigo a un aislamiento poblacional por lo que es importante mantener la diversidad genética de la especie y viabilizar su conservación (Grijalva et al., 2016). En los últimos la Escuela de Ingeniería Forestal de la ESPOCH ha iniciado un programa de Domesticación y Mejoramiento Genético de *Juglans neotropica* Diels, donde se ha establecido colecciones genéticas (ensayos de procedencia y de progenie) para posteriormente convertirlas en fuentes semilleras de la más alta calidad genética posible (Ramos et al., 2020).

2.2.2. Plantaciones forestales

Las plantaciones forestales son agroecosistemas uniformes, que sustituyen a los ecosistemas naturales y su biodiversidad. Consisten en el establecimiento de árboles que conforman una masa boscosa que tienen un diseño, tamaño y especies definidas para cumplir objetivos específicos como plantaciones productivas, fuentes energéticas, protección de zonas agrícolas, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, plantaciones silvopastoriles, entre otras (Trujillo, 2003). Además, contribuyen en el control del cambio climático, captura de carbono y fundamentalmente disminuyen la presión sobre los bosques nativos (Corporación Nacional Forestal [CONAF], 2003).

El establecimiento de una plantación comprende las actividades de planeación, operación, control y supervisión de todos los procesos como el estudio de campo, definir la especie a plantar, vivero de procedencia, medio de transporte, herramientas a utilizar, preparación del sitio, diseño, métodos, protección, mantenimiento y los parámetros con los cuales se evaluará el éxito de la plantación (Comisión Nacional Forestal México, 2010).

2.2.2.1.Importancia de plantaciones forestales

La superficie total de plantaciones forestales en el mundo alcanza entre 120 y 140 millones de hectáreas. La importancia del establecimiento radica principalmente en la protección de áreas degradadas y la producción industrial y para uso doméstico como postes para la construcción, leña y forraje (Martínez et al., 2006). Para Prado (2015) las plantaciones forestales han sido parte importante en el uso de la tierra, tanto para la producción de madera con fines comerciales como para la generación de servicios, como la recuperación de tierras degradadas y la captura de carbono, además están llegando a superar a los bosques nativos en la producción de madera industrial a nivel mundial.

2.2.2.2.Establecimiento de plantaciones forestales

La capacidad de producción del suelo, depende de sus características físicas y químicas, así como de la disponibilidad de agua, tipo de clima y la topografía o pendiente del terreno, es así que se debe considerar estos aspectos para establecer una plantación y lograr la mayor producción posible (Oficina Nacional Forestal [ONF], 2009).

Definir el objetivo de la plantación. Consumo doméstico, producción de leña, soportes estructurales, madera comercial y de uso industrial, protección de suelo y cuerpos de agua, entre otros (ONF, 2013).

Selección de la especie. Depende de dos factores principales, como el objetivo de producción y las condiciones edafoclimáticas del terreno (Morales et al., 1998).

Limpieza del terreno. La eliminación de la maleza se realiza para facilitar el establecimiento de la plantación, asegurar el crecimiento del árbol y disminuir la competencia. Puede hacerse de forma manual, mecanizada, química o combinada, dependiendo de los recursos disponibles y de las condiciones del terreno (ONF, 2009).

Espaciamiento. Corresponde a la distancia a la cual se plantan los árboles e influye directamente en su crecimiento. El espaciamiento óptimo depende de varios criterios como, el objetivo de la plantación, el hábito de crecimiento de la especie, la fertilidad del suelo, la disponibilidad de agua y la inclinación del sitio. En general los espaciamientos más utilizados con fines madereros son: 2 x 3 m y 3 x 3m (Morales et al., 1998).

Hoyado. Consiste en abrir hoyos para la siembra de las plántulas empleando dimensiones que sean mayores al tamaño del material vegetal tanto en largo como en ancho. Cuando la actividad es manual se marca la distancia de cada hoyo y con una pala recta o barretón se remueve el suelo, esta operación se debe realizar de 4 a 8 días con antelación (Roncancio, 2001).

Fertilización. Técnicamente se debe hacer posterior a un análisis de suelo, se recomienda aplicarlo al fondo del hoyo, la dosis depende del análisis de suelo, la especie y el tipo de fertilizante. Se recomienda aplicar por cada año de edad del árbol un kl por individuo (Bonilla et al., 2014).

Siembra. Se retira la funda del bloque de tierra, recomendándose hacer una poda radícula si la plántula tiene raíces por fuera de la funda. La plántula se coloca en el centro del hoyo, llenándolo con el suelo que se extrajo y se afirma suavemente para evitar que se formen espacios de aire. Además, se debe tener en cuenta que la plántula debe quedar al mismo nivel de profundidad que tenía en la funda (Bonilla et al., 2014).

2.2.2.3.Plantaciones forestales en el Ecuador

Ecuador es uno de los países con mayor biodiversidad del continente y del mundo, con una ubicación geográfica que favorece la adaptabilidad de especies animales y vegetales. Se estima que el 52% del territorio ecuatoriano tiene aptitud forestal, de las cuales apenas el 0,01% son plantaciones forestales o bosques cultivados, correspondiente a 164 000 ha, distribuidas en las tres regiones (Ministerio del Ambiente, 2012). En la Región Sierra se encuentran 90 000 ha, principalmente de pino y eucalipto; en la Región Costa 50 000 ha, de balsa, pachaco, melina y teca; y en la Región de la Amazonía alrededor de 25 000 ha, predominando el cultivo de árboles en sistemas agroforestales (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

En Ecuador se han impulsado programas de mejoramiento genético forestal por las empresas EUCAPACIFIC en plantaciones de *Eucalyptus pacifico* S.A. para la producción de pulpa; EDESA BOTROSA en plantaciones de *Acacia mangium*, *Cabralea cangerana*, *Cedrelinga cateniformis*,

Cordia alliodora, *Eucalyptus* spp, *Jacaranda copaia*, *Virola* spp, *Vochysia* spp para producción maderable, PLANTABAL S.A. en plantaciones de *Ochroma pyramidale* (Grijalva et al., 2012). Además, la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Técnica del Norte ha impulsado un programa de investigación de la especie *Juglans neotropica* Diels (Añazco, 2021).

2.2.3. Crecimiento inicial de especies forestales

El comportamiento inicial de especies forestales es importante ya que resulta una oportunidad para asegurar la supervivencia y el grado de adaptabilidad a ciertos lugares, con el fin de garantizar el éxito de las plantaciones forestales (Huamán, 2021).

El crecimiento de los árboles puede ser medido a través del aumento en el valor de las variables altura, área basal, volumen, biomasa, entre otros (Instituto Nacional de Bosques [INAB], 2015). Este crecimiento se refleja como el aumento de los tejidos (floema, xilema, parénquima, tallo) a través del tiempo y es influenciado directamente por las características físicas y químicas del suelo, las condiciones climáticas, plagas y enfermedades (Imaña y Encina, 2008).

2.2.3.1. Altura total

La altura es una variable importante en dasometría, necesaria para estimar junto al diámetro el volumen de madera de un árbol, para caracterizar un rodal, para determinar la calidad de un sitio o clasificar árboles, por ejemplo, dominantes, codominantes, intermedios, suprimidos y muertos (Juárez, 2014). La altura total corresponde a la distancia vertical entre su cima o ápice y la zona de la base del árbol en contacto con el suelo, se lo hace directamente con cintas métricas o varas telescópicas (Cancino, 2012).

2.2.3.2. Diámetro basal

Desde el punto de vista geométrico se considera como el segmento de recta que pasa por el centro de un círculo y une ambos extremos de su circunferencia. En dasometría el diámetro es una medida importante porque sirve de base para las mediciones de área basal, volumen, crecimiento, clasificación del sitio, comparación de variables, entre otras. Al igual que todas las variables dasométricas se puede determinar como medida directa, directamente de la variable; medida indirecta, con ayuda de un instrumento; y medida estimada, fundamentada en el método estadístico (Imaña, 2011).

La medida más típica del diámetro es a la altura del pecho, es decir a 1,30 m de altura y se lo representa abreviándolo con las letras DAP. Cuando el tronco no es circular normalmente se realiza dos medidas perpendiculares a la misma altura (Choque, 2017).

Domínguez (2012) menciona que los instrumentos más usados para medir el diámetro son:

Cinta métrica. Es recomendable usar cinta graduada en unidades métricas, unidades de centímetros. Normalmente son de material plástico y tienen una longitud de 1,50 m. El diámetro surge de la relación $D = P/\pi$.

Cinta diamétrica. Instrumento propio para medir el diámetro de grandes dimensiones, elaborada con material reforzado, graduada en intervalos de π (3,1416), generalmente de una longitud de 5 o 10 m. la unidad de medida proporciona directamente los valores del diámetro.

Forcípula. También llamada calibre o compas forestal, es el instrumento más usado en los levantamientos dasométricos. Está construido por metal leve, consta de una regla graduada y dos brazos paralelos entre si y perpendicular a la regla.

2.2.3.3. Diámetro de copa

La copa es uno de los componentes del árbol que influye sobre la producción primaria, ya que sus dimensiones reflejan el vigor del individuo, de modo que las copas densas y altas están asociadas con un crecimiento vigoroso, a diferencia de las copas poco desarrolladas reflejan condiciones desfavorables de crecimiento (Rodríguez et al., 2008). El diámetro de copa se entiende como la proyección de ésta sobre el plano horizontal, habitualmente se hacen dos medidas en cruz, de norte a sur y de este a oeste y se halla la media aritmética. Uno de los problemas habituales al realizar esta actividad es al momento de determinar los puntos exactos de los extremos de cada diámetro (Reyes et al., 2021).

2.2.3.4. Estado fitosanitario

La sanidad y la vitalidad de los ecosistemas forestales se ven afectadas por diversos agentes naturales, como plagas, sequías e incendios. Existen una gran variedad de plagas que pueden tener repercusiones negativas en los bosques y el sector forestal, cada año alrededor de 35 millones de hectáreas de bosque son atacadas por plagas de insectos (FAO, 2012). Para la evaluación

fitosanitaria de los árboles se debe conocer las especies hospedantes y los patógenos que las afectan para posteriormente efectuar un control integrado (Villalobos et al. 2014).

El análisis fitosanitario permite identificar el grado de afección de la planta, mediante la evaluación del porcentaje de defoliación, decoloración, presencia de plagas o daños en los ápices de la planta. El estado fitosanitario se clasifica en tres formas: bueno, malo o regular (Murillo y Camacho, 1997).

2.2.3.5.Sobrevivencia

La sobrevivencia consiste en evaluar el éxito de una plantación bajo la influencia de los factores del sitio. Permite obtener una medida cuantitativa de la proporción de árboles vivos respecto a los árboles efectivamente plantados a la densidad mínima establecida, la medición se hace en cada árbol (Prieto et al., 2018).

2.2.3.6.Área foliar

El área foliar se refiere a la superficie en la que se intercambia energía y materia entre una planta y la atmósfera, se considera una variable clave para modelar el crecimiento de los árboles y de las condiciones de un bosque o de una plantación, está asociada con los procesos agronómicos, biológicos, ambientales y fisiológicos, asociados al crecimiento, la fotosíntesis, la transpiración, la intercepción de luz, la asignación de biomasa y el balance de energía (Hernández et al., 2021). Los factores más importantes que condicionan el área foliar son, el crecimiento de la especie, su genética y su arquitectura, las condiciones climáticas, las propiedades del suelo, los contaminantes aéreos y gases, entre otros (Pokorny et al., 2008).

Los métodos para calcular el área foliar en especies forestales se clasifican en:

Método directo no destructivo. Destaca la medición de hojas a partir de siluetas formadas por los bordes, las cuales son estampadas en papel y luego se miden sus atributos, ya sea en relación peso-área o por fotocopiado sobre papel milimetrado. Resulta muy difícil medir en hojas divididas o con figuras irregulares, no es aplicable para acículas de coníferas. Entre las ventajas de este método se menciona su bajo costo de implementación, mayor precisión y no destruye la planta (Cabezas, 2009).

Método destructivo. Mide el área foliar propiamente sobre el material, consiste en extraer la planta seleccionada y separar por órganos como la hoja, tallo, raíz y fruto, se contabiliza por medio de ceptómetros o integradores de área foliar electrónico. Son mediciones precisas y modernas, requieren de grandes recursos de adquisición (Calderón et al., 2009).

Tomando como referencia este método para el desarrollo de la investigación se extrajo cuatro hojas de la parte baja, media y alta de las plantas seleccionadas, con el fin de evitar su eliminación. El área foliar se contabilizó por medio de un integrador de área foliar electrónico.

Método de estimación. Se basa en la demostración de una relación matemática entre algunas características biométricas de la hoja (longitud, ancho, diámetro) o de la biomasa (peso fresco, peso seco) (Cabezas, 2009).

2.2.3.7. Costos de establecimiento y manejo

Los costos de establecimiento incluyen las actividades e insumos requeridos a partir del momento en que las plantas están disponibles para su traslado al lugar de la plantación, además de los jornales empleados en la preparación del terreno y la plantación. Por otro lado, los costos de mantenimiento encierran las actividades e insumos desde la conclusión del establecimiento de la plantación hasta el momento en que los árboles están disponibles para su aprovechamiento, sin incluir las actividades ni insumos relacionados a la cosecha (Comisión Nacional Forestal, 2011).

2.2.4. Influencia de la fertilización en el crecimiento forestales

En la etapa de establecimiento, las limitaciones nutricionales del suelo pueden ser causa del deficiente crecimiento y de predisposición a daños bióticos y abióticos para las plantas (Donoso et al., 2015). La fertilización temprana y el adecuado manejo de la fertilidad en el suelo, es una medida silvicultural que induce significativamente en la resistencia a factores atmosféricos negativos, así como al ataque de plagas y enfermedades, y estimula el aumento del potencial de crecimiento (Quiroz et al., 2009).

La fertilización provee a la planta los nutrientes que necesita, en la fase de crecimiento inicial, la planta requiere fortificar su sistema radicular secundario con el objetivo de aumentar su eficiencia en los procesos de absorción, por lo que se recomienda aplicar los principales macro nutriente, nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K) (Balám et al., 2015). El nitrógeno requiere de manejo

cuidadoso, ya que puede ser perdido en el suelo a través de volatilización, lixiviación, erosión y escorrentía; si no se aplica correctamente, la pérdida puede representar entre el 50 y 60% de la cantidad aplicada. Por otro lado, el movimiento del fósforo en el suelo es muy lenta por lo que en cortos períodos se encuentra en su forma soluble y disponible, posteriormente se vuelve indisponible. Mientras que el potasio se considera el segundo nutriente más importante después del nitrógeno, es esencial para el crecimiento y reproducción de la planta (Navarro y Navarro, 2014).

2.2.5. Descripción botánica de *Juglans neotropica* Diels

2.2.5.1. Descripción taxonómica

Palacios (2016) señala que la descripción taxonómica de *Juglans neotropica* Diels es:

Familia: Juglandaceae

Nombre científico: *Juglans neotropica* Diels

Nombre común: Nogal, Tocte

2.2.5.2. Características botánicas

En Ecuador, *Juglans neotropica* Diels, es la única especie registrada de género. Es un árbol monoico de lento crecimiento, que alcanza una altura de hasta 30 m y un DAP de 80 cm. Su corteza es de color gris oscuro, fuertemente agrietada; al interior es de color crema con franjas angostas amarillentas, susceptible a oxidación. Su copa es irregular, amplia, con ramificación casi horizontal, lenticelas frecuentemente abundantes (Palacios, 2016).

Raíz. Presenta un sistema radicular pivotante, sus raíces son fuertes y gruesas, profundas, fusiformes y ramificadas.

Hojas. Compuestas, opuestas, alternas, imparipinnadas con 11 a 19 pares de folíolos, opuestos o subopuestos de 10 – 16 × 5 – 7 cm, ovados, ovado-oblongos u ovado-lanceolado, sensibles o susceptibles, redondeados o acuminados, de margen aserrado, haz glabro; envés pubescente, principalmente en la nervadura, de color verde oliváceo (Palacios, 2016).

Flores. Flores unisexuales. Flores femeninas dispersas sobre espigas terminales de 4 a 10 cm de largo, con 4 a 8 flores por inflorescencia; flores masculinas en formas de amentos péndulos de hasta 30 cm de largo, provistas de numerosos estambres, 90 aproximadamente (Palacios, 2016). La floración es simultánea al desarrollo de las hojas nuevas (Lozano, 2015).

Fruto. Frutos carnosos tipo drupa, de forma redonda a semiesférica de 5 a 7 cm de diámetro; mesocarpio amarillo de 5 a 10 mm de grosor. Su coloración es verde claro y café oscuro al madurar (Lozano, 2015).

Madera. Albura de color castaño claro, duramen color castaño oscuro con vetas lineales oscuras y olor característico a madera seca. La densidad de la madera verde es de 0,69 g/cm³, seca al aire de 0,95 g/cm³ y la densidad básica de 0,52 g/cm³, considerada una madera medianamente pesada (Toro y Roldán, 2018).

2.2.5.3. Distribución y ecología

Esta ampliamente distribuida en bosques montanos y premontanos de Centro y Sur América entre 1000 y 35000 m de altitud. En el Ecuador se encuentra a lo largo de la región andina, entre 1500 y 3000 metros sobre el nivel del mar. Crece frecuentemente en los márgenes de los ríos de Cuenca y generalmente el valle de Cuenca-Azogues (Mina y Verdugo, 2016). Existen también poblaciones naturales al sur de Loja y a los alrededores de Baeza en Napo (Palacios, 2016).

2.2.5.4. Requerimientos climáticos

Especie de clima templado, sensible a heladas y sequías. Se desarrolla bien en lugares con temperatura entre 10 °C y 38 °C; precipitaciones mínimas de 700 mm y 1000 a 2000 mm para explotaciones intensivas (Centro de Información de Recursos Naturales [CIREN], 2020).

2.2.5.5. Requerimientos edáficos

Prefiere suelos profundos, bien drenados, permeables y de buena fertilidad con un contenido de materia orgánica entre 1,2 y 2 %, pH neutro entre 6,5 y 7,5. Sin embargo, se adapta a suelos de texturas francas y gruesas (CIREN, 2020).

2.2.5.6.Fenología

Especie caducifolia, que pierde totalmente el follaje en la época seca. La formación del nuevo follaje se inicia posteriormente a la emisión de los amentos florales masculino, lo cual ocurre en época lluviosa del año y permanecen en el árbol durante todo el periodo de formación y maduración de los frutos (Ospina et al., 2003). En la provincia de Imbabura la floración ocurre durante los meses de mayo y junio, pero se ve afectada por el régimen de lluvias y la altitud donde se desarrolle la planta, ya que a mayor altitud menor producción de flores. Los frutos tardan entre 4 y 5 meses para alcanzar el punto óptimo de maduración, apareciendo los primeros frutos jóvenes durante los meses de mayo y octubre, sin embargo, el mayor auge es a mediados de junio y agosto (Díaz y Vilema, 2023).

2.2.5.7.Estado fitosanitario

Uno de los factores de riesgo de mayor trascendencia para la producción de *Juglans neotropica* Diels lo constituye el estado fitosanitario. *Gretchena garay* es uno de los principales agentes causantes de enfermedades en el nogal, es una plaga importante tanto en la fase de vivero como durante el primer año desde su establecimiento y árboles jóvenes en desarrollo, puesto que se alimenta de los brotes apicales y axilares, cuando daña el brote apical detiene su crecimiento y provoca brotes en la base de los pecíolos lo cual conlleva a tener árboles con demasiadas ramas y ángulos muy estrechos (menos de 45°), consideradas indeseables para el futuro desarrollo de la estructura del árbol (Pérez, 2007).

2.2.5.8.Alelopatía

Juglans neotropica Diels poseen un alto contenido de taninos que impiden el crecimiento de algunos individuos a su alrededor (aquellos que se alimentan de los tejidos jóvenes durante la noche), considerándola una especie alelopática. Favorece únicamente la conformación de comunidades afines a su presencia, como las familias Betulaceae, Fagaceae, Casuarinaceae, Myricaceae, Urticaceae y Leguminosas. El producto químico responsable de su toxicidad es conocido como juglone, se encuentra presente en las hojas, cáscaras de las nueces y las raíces (Toro y Roldán, 2018).

2.2.5.9. Variabilidad genética

Juglans neotropica Diels es considerada una especie antropizada, es decir que ha sufrido considerables cambios en los recursos genéticos y por ende ha sido alterada su variabilidad genética y el potencial evolutivo, es así que la capacidad de adaptarse a situaciones ambientales cambiantes depende del grado de heterosis, a mayor variabilidad entre individuos, mayor es la capacidad adaptativa de la especie. Por otro lado, estudios de genética poblacional han demostrado que el nivel de variabilidad genética del nogal es menor que en otras especies (Loewe y González, 2001).

2.2.5.10. Nutrición

Entre el 90 y 92% del peso seco de un árbol de *Juglans neotropica* Diels es carbohidrato. En una sola planta se puede encontrar 16 elementos naturales considerados primordiales en el crecimiento de las plantas; los macronutrientes se necesitan en grandes cantidades, aunque durante el primer año de crecimiento no es necesario aplicar fertilización, posterior al año de la plantación se recomienda fertilizar en la cantidad de 50 g/planta de nitrógeno y 80 g/planta de fósforo (Guambo et al., 2020).

2.2.5.11. Usos

En el Ecuador *Juglans neotropica* Diels es considerada una especie de alto valor comercial por su alta resistencia y fácil grado de trabajabilidad; haciéndola ideal para mueblería fina, ebanistería, artesanías de escultura y enchapes, y fabricación de utensilio, vigas, viguetas y tejado (Vargas, 2012). Del extracto de la corteza, hojas, frutos y raíces se elaboran tinturas utilizadas para teñir algodón, lana y cabello. La corteza presenta taninos que son utilizados en curtiembres, las hojas son de uso ancestral medicinal como antidiarreicos, astringentes, cicatrizante y para tratar la tos o afecciones ginecológicas (Minga y Verdugo, 2015). De su fruto se fabrican dulces llamados nogadas, patrimonio gastronómico de la provincia de Imbabura (Unigarro, 2010).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

3.1.1. Ubicación política

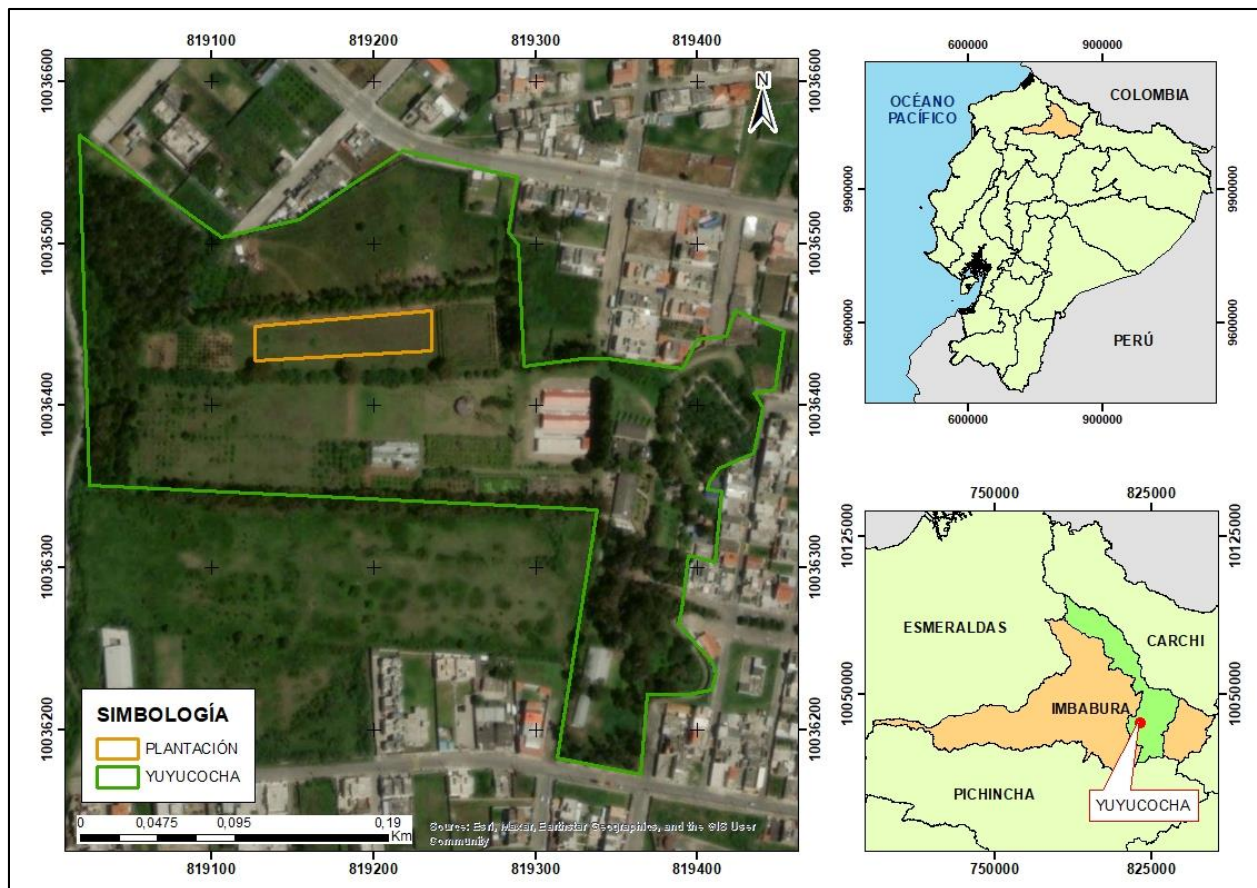
El campus Yuyucocha, perteneciente a la Universidad Técnica del Norte se encuentra ubicada en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra, parroquia Caranqui.

3.1.2. Ubicación geográfica

El campus Yuyucocha se encuentra a una latitud de $00^{\circ} - 21' - 53''$ N, una longitud de $78^{\circ} - 06' - 32''$ W y una altitud de 2243 msnm (Cadena y Enríquez, 2013) (Figura 1).

Figura 1

Ubicación del campus Yuyucocha.



3.2.Características edafoclimáticas

3.2.1. Suelo

El campus Yuyucocha posee suelos del orden Inceptisol (origen volcánico), con textura Franco Arenoso, bajos en materia orgánica y pH neutro (7,42), son superficiales a moderadamente profundos y de topografía plana a ondulada. Morfológicamente presentan perfiles de formación incipiente, en los cuales se destaca la presencia de un horizonte cámbico (B) de matrices pardo amarillento con evidencias de alteraciones y falta de acumulación de material liviano (Cadena y Enríquez, 2013).

3.2.2. Clima

Clima subtropical, con una temperatura promedio de 18,4 °C, una precipitación media anual de 589,30 mm, siendo meses secos julio, agosto y septiembre; y una humedad relativa de 73,9 % (Cadena y Enríquez, 2013).

3.3.Materiales, equipos y software

Los materiales, maquinaria, equipos, insumos y software que fueron utilizados en el desarrollo de la investigación están descritos en la Tabla 1.

Tabla 1

Materiales, maquinaria, equipos, insumos y software utilizados en el desarrollo de la investigación.

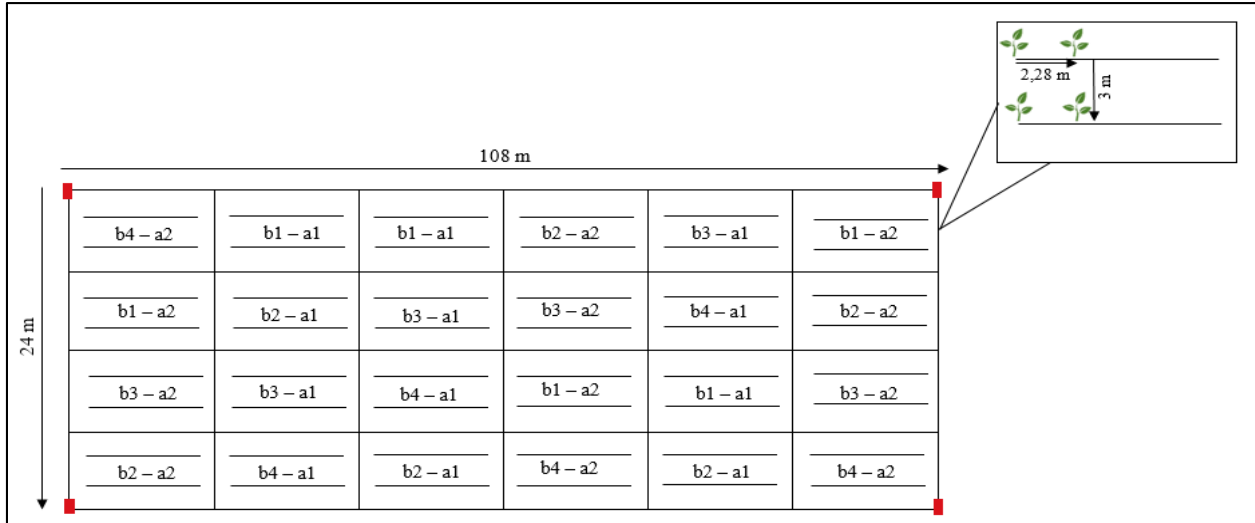
Materiales	Maquinaria	Equipos	Insumos	Software
Machete	Tractor de arado	Calibrador pie de rey	Abono químico 10-30-10	ArcGIS 10.8
Hoyadora		GPS	Abono orgánico	Microsoft Excel
Podadora		Balanza electrónica	Plantas de <i>Juglans neotropica</i> Diels	InfoStat
Martillo		Computadora		Microsoft Word
Palancón		Brújula		
Azadón		Cámara fotográfica		
Cinta métrica				
Piola				
Flexómetro				
Libreta de campo				
Barra				
Carretilla				
Regleta				

3.4. Metodología

El enfoque de la investigación es de carácter cualitativo y cuantitativo, por el lugar es de campo, por el tiempo es transversal, por el objetivo o finalidad es aplicada, por el alcance es descriptiva y por el diseño es una investigación experimental.

3.4.1. Diseño experimental

Se aplicó el diseño experimental en parcelas divididas con un arreglo completamente al azar. En un área de 2592 m² se establecieron seis parcelas de 18×24m, dentro de las que se ubican 24 unidades experimentales de 18×6 m (Figura 2). Cada unidad experimental está conformada por dos hileras de ocho plantas a una distancia de 2,28×3m (Tabla, 2).

Figura 2*Diseño de la plantación.***Tabla 2***Características de la plantación.*

Tratamientos	Repeticiones (Unidad Experimental)	Número de plantas por repetición	Número de plantas por total repetición	Distanciamiento (m)	
				Plantas	Surco
a1b1	3	16	48	2.28	3
a1b2	3	16	48	2.28	3
a1b3	3	16	48	2.28	3
a1b0	3	16	48	2.28	3
a2b1	3	16	48	2.28	3
a2b2	3	16	48	2.28	3
a2b3	3	16	48	2.28	3
a2b0	3	16	48	2.28	3
TOTAL	24	128	384		

Los sustratos que se aplicaron para el Nivel b1: químico, es fertilizante 10 – 30 – 10 (Nitrógeno, Fósforo y Potasio) y para el Nivel b2: orgánico, estiércol de cuy en dosis de 100 gr por planta, al igual que para el Nivel b3: químico + orgánico, en dosis de 200 gr por planta (Tabla 3).

Tabla 3*Factores que intervienen en la investigación.*

Factor A: Tipo de hoyado	Factor B: Fertilizante	Tratamientos
Nivel a1: Tradicional	Nivel b1: Químico	a1b1
Nivel a2: Mejorado	Nivel b2: Orgánico	a1b2
	Nivel b3: Químico + Orgánico	a1b3
	Nivel b0: Testigo	a1b0
		a2b1
		a2b2
		a2b3
		a2b0

3.4.1.1. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, en el caso de las variables cuantitativas, se realizó un ADEVA ($\alpha:0.05$) como se muestra en la Ecuación 1. En los casos que presentaron diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó una prueba de Dunnett ($\alpha:0.05$) para determinar las divergencias específicas. Previamente se comprobó la normalidad (Shapiro Wilks; $\alpha: 0.05$) y Homocedaticidad (Levene; $\alpha: 0.05$) de los residuos del modelo usado. En caso de no cumplir con los supuestos mencionados, se aplicó una prueba de Kruskal Wallis ($\alpha:0.05$).

Según López y Ramírez (2012), el diseño factorial de parcelas divididas completamente al azar es:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \gamma_k + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{ijk} \text{ (Ec. 1).}$$

y_{ijk} : Efecto de la variable respuesta

μ : Media general del ensayo

τ_i : Efecto del tratamiento i

β_j : Efecto del tratamiento j

$(\tau\beta)_{ij}$: Interacción entre el tratamiento j y el tratamiento i

γ_k : Efecto del tratamiento k

$(\tau\gamma)_{ik}$: Interacción entre el tratamiento i y el tratamiento k

$(\beta\gamma)_{ijk}$: Error de la subparcela

3.4.2. Establecimiento de la plantación

a) Preparación del sitio

La preparación del terreno se realizó de manera mecanizada con ayuda de un tractor agrícola, con el objetivo de remover el suelo y obtener un terreno limpio para facilitar el establecimiento de la plantación y que está pueda crecer adecuadamente, además de permitir una mayor retención de agua y facilitar las labores de plantación.

b) Delimitación del área

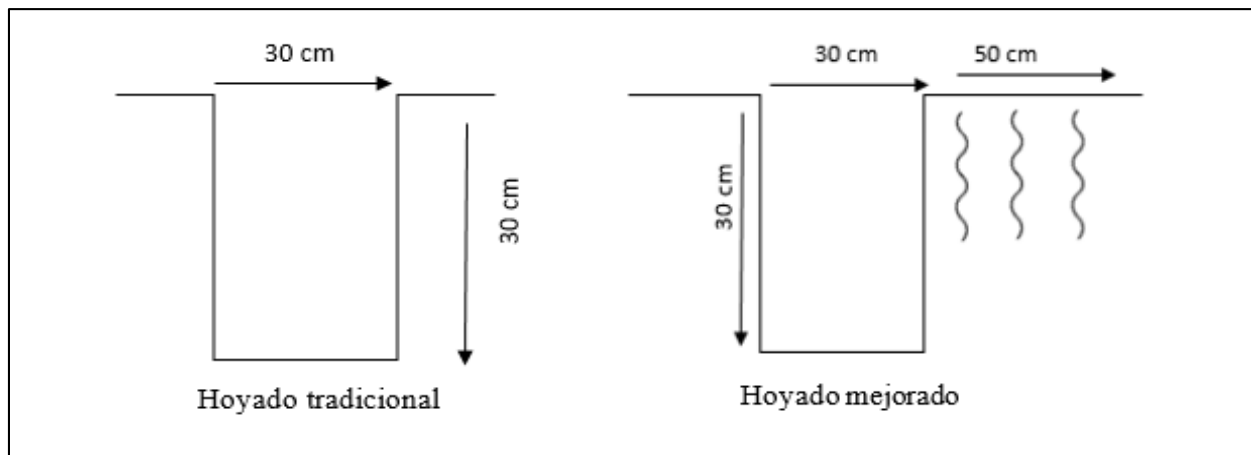
Con una cinta métrica y una brújula se delimitó el área de 108 m de largo por 24 m de ancho, formada por seis parcelas de 18 m de largo por 24 m de ancho y 24 subparcelas de 18 m de largo por 6 m de ancho.

c) Señalamiento y apertura de hoyos

Se aplicaron dos tipos de hoyado, tradicional y mejorado con las siguientes dimensiones: 30 cm de ancho, 30 cm de largo y 30 cm de profundidad. El hoyo mejorado es la combinación del hoyado tradicional más la remoción del suelo en un radio de 50 cm. Estas dimensiones se deben a que el hoyo debe ser lo suficientemente profundo y ancho para facilitar el arraigo inicial de la planta y el crecimiento libre de las raíces (Figura 3).

Figura 3

Tipos de hoyado.



d) Selección masal

De un total de 700 plantas de cuatro meses de edad, germinadas en el campus Yuyucocha se seleccionaron 400, cuyas características fenotípicas fueron las mejores.

e) Fertilización

Se aplicaron dos tipos de fertilizante, químico (N, P, K) y orgánico (estiércol de cuy) en dosis de 100 gr por planta, en función al plan nutricional elaborado en el campus Yuyucocha para *Juglans neotropica* Diels. El método de fertilización consistió aplicar el fertilizante en la base del hoyo, mismo que fue cubierto con 10 cm de tierra para evitar el contacto directo con la raíz de la planta.

f) Plantación

Se inició retirando con cuidado la planta de la funda y podando las raíces bifurcadas con ayuda de una tijera podadora desinfectada, posteriormente se colocó la planta en el hoyo y suavemente se fue presionando la tierra para eliminar fuentes de aire.

3.4.3. Variables

Para evaluar el crecimiento inicial de la plantación se realizaron mediciones mensuales durante seis meses de las variables: altura total (HT), diámetro basal, diámetro de copa (DC), estado fitosanitario y sobrevivencia (Sv), mientras que el área foliar (AF) y los costos de establecimiento y manejo de la plantación se determinaron en el último mes de estudio.

3.4.3.1. Objetivo uno

- **Altura total**

Se midió la altura comprendida entre la base del cuello hasta el ápice de la planta con ayuda de una cinta métrica graduada en cm. Para evitar posibles desviaciones en las medidas se clavó una estaca referencial a 5cm de distancia de la planta.

- **Diámetro basal**

Se midió a partir de la base del cuello con un calibrador (pie de rey) graduado en milímetros, tomando como referencia la estaca que se clavó para la toma de datos de la altura.

- **Diámetro de copa**

Se midió la distancia entre los extremos de la copa en dos direcciones diferente con una cinta métrica y se calculó sacando el promedio entre el diámetro máximo y mínimo. La unidad de medida es cm.

- **Estado fitosanitario**

Se cuantificó según el grado de afectación por daños bióticos (insectos, patógenos, etc.) y abióticos (humedad, luz, etc.) (Tabla 4).

Tabla 4

Código fitosanitario.

Código	Estado fitosanitario
A	Ápice y yemas axilares presentan síntomas de enfermedad, causado por el ataque de hongos, insectos y/o deficiencias nutricionales.
B	Ápice y yemas axilares no presenta síntomas de enfermedad, causado por el ataque de hongos, insectos y/o deficiencias nutricionales

Fuente: (Calvillo et al., 2001).

- **Porcentaje de sobrevivencia**

Se determinó el porcentaje de sobrevivencia a partir del conteo total de las plantas vivas y muertas de cada tratamiento en estudio. Se tomó en cuenta como población inicial el número de individuos sembrados por primera vez, es decir 16 individuos por unidad experimental (Ecuación 2).

Según Linares (2005), la fórmula para determinar la sobrevivencia es:

$$\%Sv = \frac{n^{\circ} \text{ plantas vivas}}{n^{\circ} \text{ total de plantas}} \times 100 \quad (\text{Ec. 2}).$$

%Sv: Porcentaje de sobrevivencia de las plantas

- **Área foliar**

Fue evaluado con un medidor de área foliar, el cual es fácil de usarlo y el nivel de precisión es alto. Para determinar del número de plantas se aplicó la siguiente ecuación (Ecuación 3):

$$n = \frac{t(0,05)^2 \times CV^2}{E\% + \left(\frac{t(0,05)^2 \times CV^2}{N} \right)} \quad (\text{Ec. 3})$$

n: Número de plantas a muestrear

t: Nivel de significancia

CV: Coeficiente de variación

E%: Error experimental

N: Número total de plantas

3.4.3.2. *Objetivo dos*

- **Costos de establecimiento y manejo**

Para determinar los costos de establecimiento y manejo del primer año de la plantación de *Juglans neotropica* Diels se empleó la metodología adaptada por (Hernández, 2017), donde se registran todas las actividades, desde la preparación del terreno hasta el manejo durante su crecimiento (Tabla 5).

Tabla 5

Actividades para determinar los costos de establecimiento y manejo.

Actividad	Maquinaria, herramientas, equipos e insumos
Preparación del terreno	- Tractor agrícola
Delimitación	- Cinta métrica
	- Brújula
Hoyado	- Pala
	- Azadón
	- Barra
Fertilización	- Fertilizante químico (10-30-10)
	- Fertilizante orgánico (estiércol de cuy)
	- Pala
Plantación	- Carretilla
	- Tijera podadora
	- Pala
	- Azadón
Manejo de la plantación	- Machete
	- Azadón
	- Herbicida
	- Guadaña
	- Combustible

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

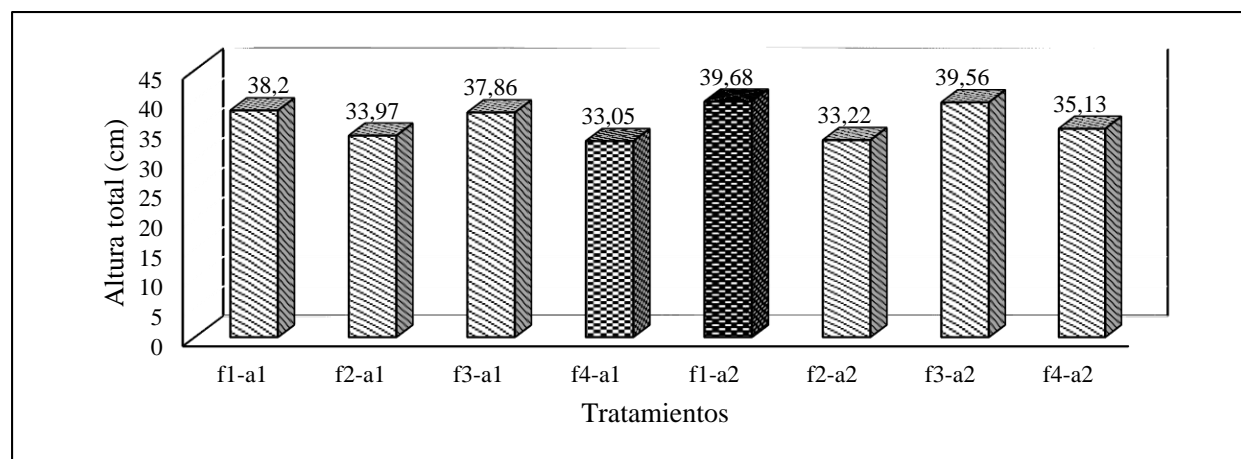
4.1. Crecimiento inicial de *Juglans neotropica* Diels

4.1.1. Crecimiento en altura total

El tratamiento que alcanzó mayor crecimiento en altura a los seis meses de edad de la plantación de *Juglans neotropica* Diels fue, fertilizante químico con hoyado mejorado con 39,68 cm; el tratamiento que presentó menor rendimiento en esta variable con 33,05 cm es, testigo con hoyado tradicional (Figura 4).

Figura 4

Crecimiento de la altura total de plántulas de Juglans neotropica Diels.



Nota. f1-a1: Fertilizante químico con hoyado tradicional; f2-a1: Fertilizante orgánico con hoyado tradicional; f3-a1: Fertilizante químico más orgánico con hoyado tradicional; f4-a1: Testigo con hoyado tradicional; f1-a2: Fertilizante químico con hoyado mejorado; f2-a2: Fertilizante orgánico con hoyado mejorado; f3-a2: Fertilizante químico más orgánico, con hoyado mejorado; f4-a2: Testigo con hoyado mejorado.

El tratamiento fertilizante químico con hoyado mejorado obtuvo el mejor rendimiento en esta variable puesto que la asociación del fertilizante y el tipo de hoyado, mejoran las condiciones del suelo y facilitan a la planta la absorción de nutrientes. Ortega (2007) realizó un estudio comparativo de *Juglans neotropica* Diels en las parroquias Peñaherrera y San José de Chantura, donde demostró que el crecimiento promedio en altura de la especie en la parroquia de Peñaherrera

a los 24 meses fue de 0,88 m, mientras que en la parroquia San José de Chaltura a los 12 meses es de 1,27 m. Resultados que difiere con los valores obtenidos en esta investigación, esto se debe principalmente a las características del suelo, condiciones climáticas y fertilización. Para Vargas et al. (2010) el manejo de la fertilización en esta especie es fundamental en la etapa inicial, puesto que permite alcanzar el mayor rendimiento en menor tiempo, además de mejorar la calidad de la producción, esto se logra con la aplicación de fertilizante químico de preferencia nitrogenados (10% de N, 30% de P y 10% de K). Mientras que la fertilización orgánica presenta bajos rendimientos, debido al menor porcentaje de nutrientes (1,5% de N, 0,7% de P y 1,7% de K), por lo mismo, se debe aplicar en mayor cantidad (Borrero, 2001; citado por Barreros, 2017).

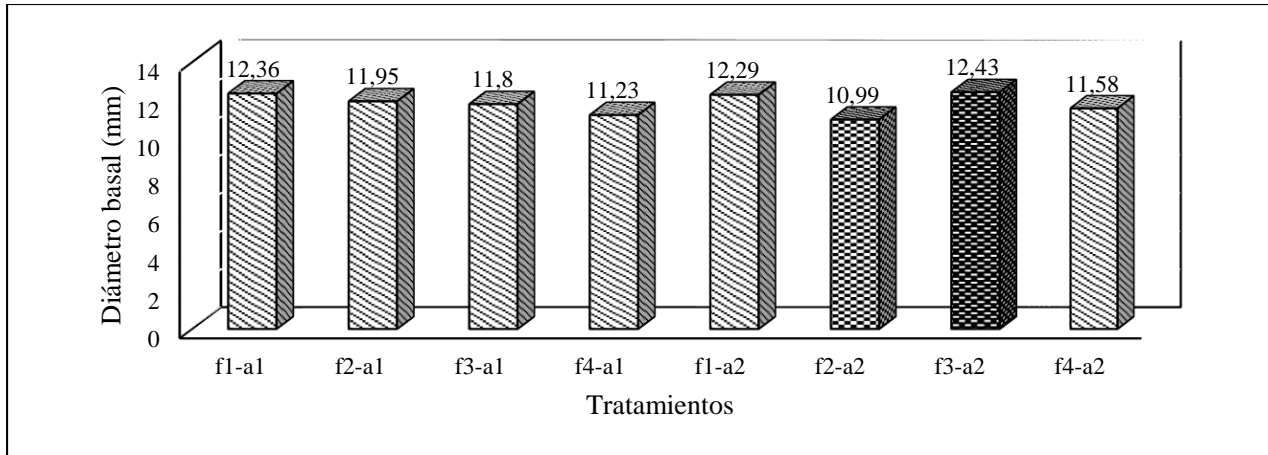
Por otro lado, Reyes et al. (2020) señalan que la respuesta de la fertilización mineral de una plantación es positiva siempre que se apliquen las dosis adecuadas. En el primer año de establecimiento de una plantación, Loewe y González (2001) recomiendan aplicar una dosis por planta de 50 gr de nitrógeno y 80 gr de potasio.

4.1.2. Crecimiento en diámetro basal

A los seis meses de evaluación, el análisis estadístico muestra que los tratamientos no presentan diferencias significativas ($p\text{-valor}>0,05$) en el crecimiento en diámetro basal de la plantación de *Juglans neotropica* Diels, sin embargo, la figura 5 muestra que el tratamiento que presento el mayor rendimiento en diámetro basal es fertilizante químico más fertilizante orgánico con hoyado mejorado con 12,43 mm; el tratamiento con menor crecimiento en esta variable fue fertilizante orgánico con hoyado mejorado con 10,99 mm.

Figura 5

Crecimiento del diámetro basal de plántulas de Juglans neotropica Diels.



Nota. f1-a1: Fertilizante químico con hoyado tradicional; f2-a1: Fertilizante orgánico con hoyado tradicional; f3-a1: Fertilizante químico más orgánico con hoyado tradicional; f4-a1: Testigo con hoyado tradicional; f1-a2: Fertilizante químico con hoyado mejorado; f2-a2: Fertilizante orgánico con hoyado mejorado; f3-a2: Fertilizante químico más orgánico, con hoyado mejorado; f4-a2: Testigo con hoyado mejorado.

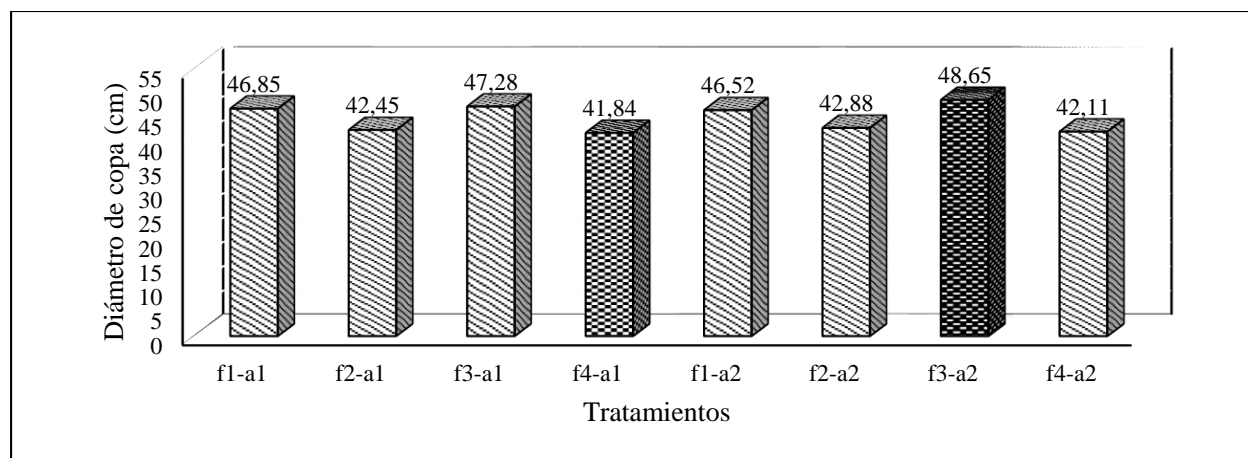
Juglans neotropica Diels es capaz de adaptar su crecimiento a diferentes condiciones climáticas ((Loewe y González, 2001). Para Ortega (2007) el crecimiento en diámetro basal en la parroquia San José de Chaltura a los 12 meses fue de 2,99 cm, mientras que en la parroquia de Peñaherrera a los dos años fue de 2,68 cm. Variaciones que están relacionadas con la fertilización y el manejo de la plantación, ya que posibilita el rápido crecimiento de las plantas al menos en los dos primeros años siguientes a la plantación (Loewe y González, 2001). Sin embargo, difiere con los resultados obtenidos en la presente investigación, ya que estadísticamente no existen diferencias significativas en el crecimiento en diámetro basal de *Juglans neotropica* Diels lo indica que la fertilización no influye sobre esta variable (p-valor>0,05).

4.1.3. Diámetro de copa

El análisis estadístico muestra que a los seis meses de edad el diámetro de copa de *Juglans neotropica* Diels no presenta diferencias significativas, sin embargo, la figura 6 muestra que el tratamiento que presentó el mejor resultado es fertilizante químico más orgánico con hoyado mejorado con 48,65 cm, a diferencia del testigo con hoyado tradicional el cual obtuvo el menor valor en esta variable.

Figura 6

Diámetro de copa de plántulas de Juglans neotropica Diels.



Nota. f1-a1: Fertilizante químico con hoyado tradicional; f2-a1: Fertilizante orgánico con hoyado tradicional; f3-a1: Fertilizante químico más orgánico con hoyado tradicional; f4-a1: Testigo con hoyado tradicional; f1-a2: Fertilizante químico con hoyado mejorado; f2-a2: Fertilizante orgánico con hoyado mejorado; f3-a2: Fertilizante químico más orgánico, con hoyado mejorado; f4-a2: Testigo con hoyado mejorado.

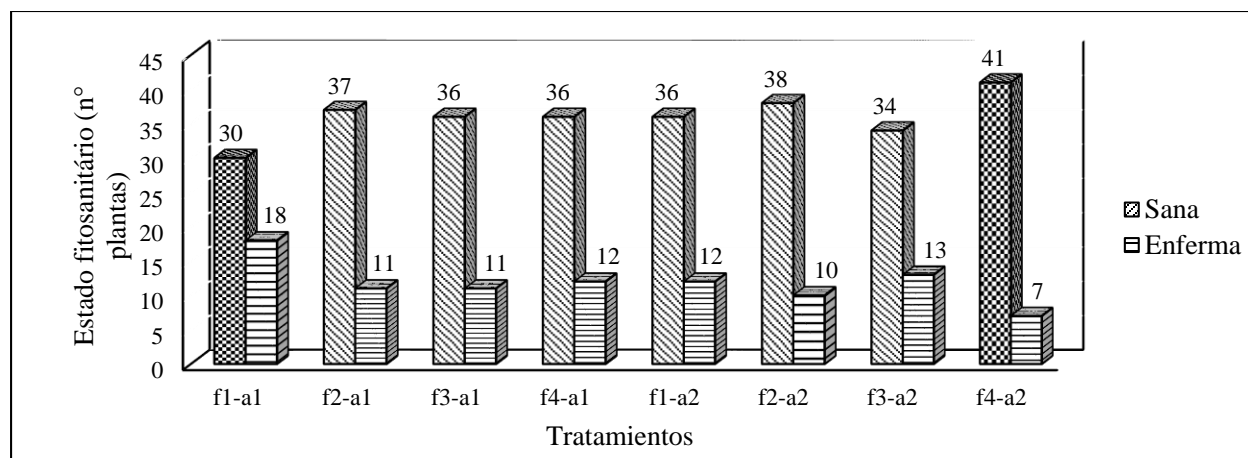
En un estudio realizado en Ecuador por Mendoza et al. (2014) en una plantación asociada con 11 especies forestales, se determinó que la dinámica de crecimiento del diámetro de copa es muy variable, dependiendo de la especie y la época de establecimiento, sin embargo, el diámetro promedio de crecimiento de la plantación a los 8 años de edad fue de 2,5 m. Para López et al. (2018) el diámetro de copa es un indicador del espacio de crecimiento de cada árbol, determina la vitalidad de la planta y la capacidad de crecimiento.

4.1.4. Estado fitosanitario

De las observaciones cualitativas se obtuvo que el tratamiento que presentó mayor cantidad de plantas sanas durante los seis meses de evaluación de la plantación de *Juglans neotropica* Diels fue testigo con hoyado mejorado con 41 plantas, equivalente al 85,42 %; mientras que el tratamiento fertilizante químico con hoyado tradicional fue el que mostró menor cantidad de plantas sanas con 30 individuos, 62,50 % (Figura 7), esta diferencia se debe a que las plantas más vigorosas son más susceptibles al ataque de plagas.

Figura 7

Estado fitosanitario de plántulas de Juglans neotropica Diels.



Nota. f1-a1: Fertilizante químico con hoyado tradicional; f2-a1: Fertilizante orgánico con hoyado tradicional; f3-a1: Fertilizante químico más orgánico con hoyado tradicional; f4-a1: Testigo con hoyado tradicional; f1-a2: Fertilizante químico con hoyado mejorado; f2-a2: Fertilizante orgánico con hoyado mejorado; f3-a2: Fertilizante químico más orgánico, con hoyado mejorado; f4-a2: Testigo con hoyado mejorado.

De un total de 382 plantas 94 presentaron síntomas de enfermedad causada por *Gretchena garai* Miller, correspondientes al 24,61 %, valores que difieren a los resultados obtenidos en un estudio realizado en la parroquia de Peñaherrera y San José de Chaltura, donde en el sitio 1 a los 24 meses después de establecida la plantación presentó un porcentaje de infestación de 51 %, mientras que el sitio 2 a los 12 meses de crecimiento fue del 15 % (Ortega, 2007). Por otro lado, en una plantación de *Juglans neotropica* Diels en Colombia, se evaluó el estado fitosanitario de 13 árboles, de los cuales alrededor del 40% registraron síntomas de enfermedad (Giraldo et al., 2022).

Según Boa (2008) los síntomas más comunes en la especie son: manchas necróticas en las hojas, necrosis apical, amarillamiento y clorosis, causados principalmente por insectos, hongos, bacterias o factores abióticos. Síntomas similares a los presentados en este estudio, causados por el barrenador *Gretchena garai miller*, el cual se alimenta de la yema terminal de la planta.

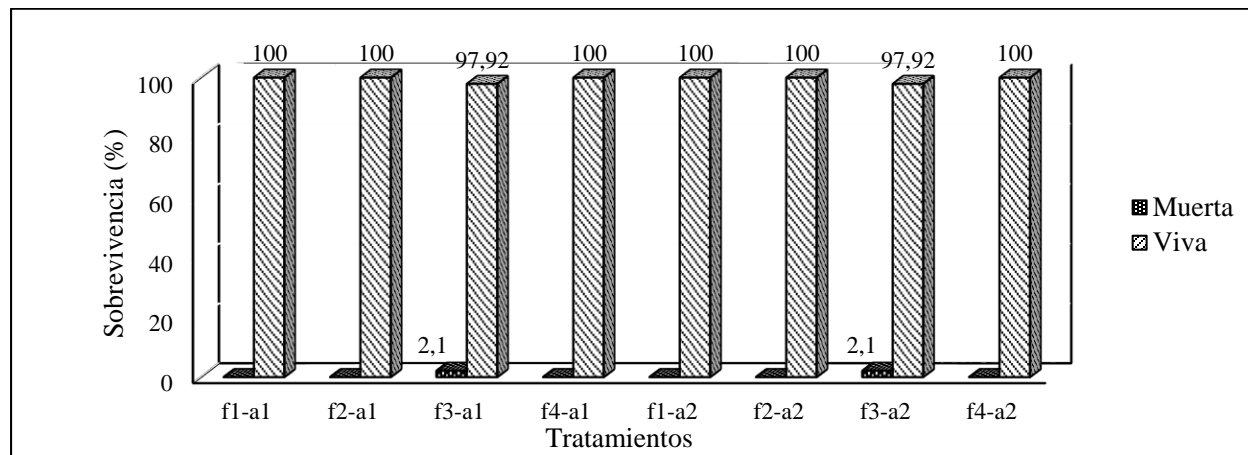
4.1.5. Supervivencia

A los seis meses de edad, la plantación de *Juglans neotropica* Diels alcanzó una supervivencia del 99,40 % correspondiente a 382 plantas vivas. Los tratamientos, fertilizante químico más orgánico

con hoyado tradicional y fertilizante químico más orgánico con hoyado mejorado presentaron una mortalidad del 2,1 % correspondiente a una planta (Figura 8).

Figura 8

Porcentaje de sobrevivencia de plántulas de Juglans neotropica Diels.



Nota. f1-a1: Fertilizante químico con hoyado tradicional; f2-a1: Fertilizante orgánico con hoyado tradicional; f3-a1: Fertilizante químico más orgánico con hoyado tradicional; f4-a1: Testigo con hoyado tradicional; f1-a2: Fertilizante químico con hoyado mejorado; f2-a2: Fertilizante orgánico con hoyado mejorado; f3-a2: Fertilizante químico más orgánico, con hoyado mejorado; f4-a2: Testigo con hoyado mejorado.

El éxito de una plantación se evalúa a través de la sobrevivencia y crecimiento de los individuos mediante curvas que permiten analizar el tiempo transcurrido para que ocurra el suceso (Moreno y Cuartas, 2015). Ortega (2007) menciona que la tasa de sobrevivencia de *Juglans neotropica* Diels a los 24 meses de establecimiento en la parroquia de Peñaherrera es del 63%, mientras que durante el primer año de crecimiento en la parroquia San José de Chaltura es del 71%, valores que difieren con los obtenidos en la presente investigación, esto se debe a las condiciones edafoclimáticas de los sitios.

4.1.6. Área foliar

Realizado el análisis de varianza se tiene que un p-valor superior al nivel de significancia (>0,05) lo que indica que no existen diferencias significativas entre los niveles del Factor A y Factor B correspondientes al tipo de hoyado y al tipo de fertilizante. De igual manera no existe interacción entre los Factores A, B y la repetición.

Figura 9

Análisis de varianza.

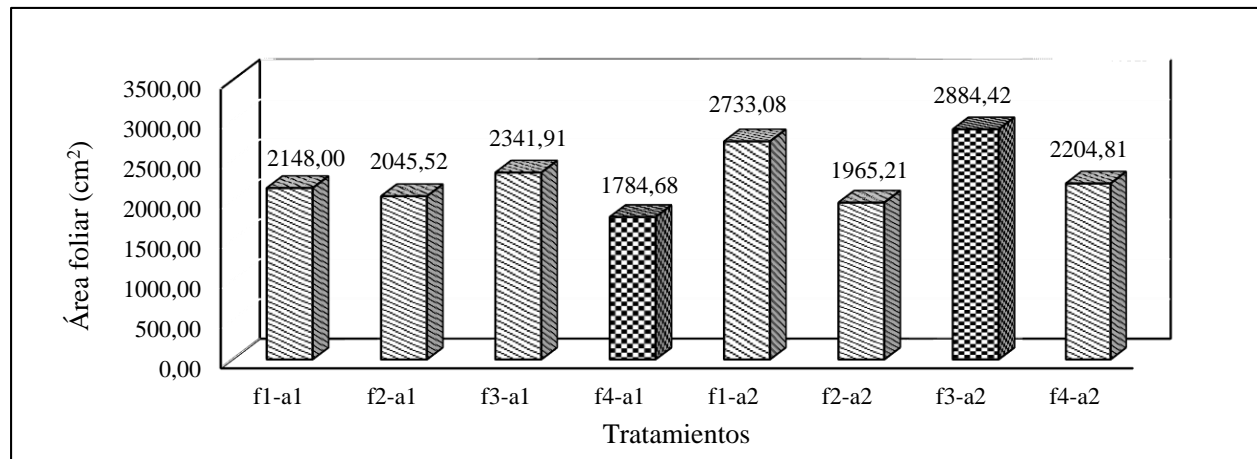
Coefficiente	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8002094,1	15	533472,94	1,83	0,1948
Factor A	1754839,3	3	584946,43	0,93	0,4685
Factor A>Repetición	5017857	8	627232,13	2,16	0,1488
Factor B	807484,54	1	807484,54	2,78	0,1342
Factor A*Factor B	421913,19	3	140637,73	0,48	0,7029

Nota. SC: Suma de los cuadrados; gl: Grados de libertad; CM: Cuadrados medios; F: Formula.

A los seis meses de edad de la plantación de *Juglans neotropica* Diels, el tratamiento que alcanzó mayor área foliar fue fertilizante químico más orgánico, con hoyado tradicional con 2884,42 cm²; mientras que el que presentó menor valor en esta variable fue testigo con hoyado tradicional con 1784,68 cm² (Figura 10).

Figura 10

Área foliar de plántulas de Juglans neotropica Diels.



Nota. f1-a1: Fertilizante químico con hoyado tradicional; f2-a1: Fertilizante orgánico con hoyado tradicional; f3-a1: Fertilizante químico más orgánico con hoyado tradicional; f4-a1: Testigo con hoyado tradicional; f1-a2: Fertilizante químico con hoyado mejorado; f2-a2: Fertilizante orgánico con hoyado mejorado; f3-a2: Fertilizante químico más orgánico, con hoyado mejorado; f4-a2: Testigo con hoyado mejorado.

En el estudio realizado por Ianovici et al. (2017) en Rumanía durante los meses de abril y septiembre, se estimó que el área foliar de individuos de *Juglans regia* de 1,5 y 1,75 m en hábitat

urbana es de 313,58 cm², valor que difiere con los obtenidos en la presente investigación, esta variación es en consecuencia de las condiciones ambientales y edáficas del lugar.

4.1.7. Costos de establecimiento y manejo

Los costos totales del establecimiento y manejo de la plantación *Juglans neotropica* Diels fue de \$ 476,16 en 2592 m² (Tabla 6), cuyo valor corresponde a las actividades: preparación del terreno, plantación, manejo durante los primeros seis meses de crecimiento, herramientas, insumos e imprevistos.

En la reunión científica realizada el 25 de octubre del 2022 menciona que, con base a lo establecido en los Art. 7 y 13 del Reglamento de Unidad Curricular de la Universidad Técnica del Norte con Resolución No. 173-SE-33-CACES-2020, se modifica el tiempo de la toma de datos del presente trabajo de titulación a seis meses.

Tabla 6

Tabla de costos de establecimiento y manejo del ensayo.

N°	Actividad	Unidad	Cantidad	Costo unitario/Tratamiento								Costo total
				f1-a1	f2-a1	f3-a1	f4-a1	f1-a2	f2-a2	f3-a2	f4-a2	
1. Establecimiento de la plantación												
1.1. Insumos												
1	Abono orgánico	kg	14,4	0,0	1,6	1,6	0,0	0,0	1,6	1,6	0,0	6,4
2	Abono químico	kg	14,4	4,8	0,0	4,8	0,0	4,8	0,0	4,8	0,0	19,2
3	Cal agrícola	qq	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	6,0
4	Plantas de <i>J. neotropica</i>	Plantas	384	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	57,6
Subtotal												89,2
1.2. Herramientas												
1	Piola	lb	1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	2,5
2	Azadón		1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	7,0
3	Hoyadora		2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	16,0
4	Cinta métrica		1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	6,0
5	Podadora manual		1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	5,0
6	Pala		1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	7,0
7	Machete		2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	12,0
Subtotal												55,6
1.3. Preparación del terreno												
1	Toma de coordenadas	Jornal	1	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	15,0
2	Limpieza	Jornal	1	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	15,0
3	Señalamiento	Jornal	2	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	30,1
4	Apertura de hoyos	Jornal	5	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	75,2
5	Remoción del suelo (maquinaria)	Jornal	2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	3,8	3,8	3,8	15,0
Subtotal												150,4
1.4. Plantación												
1	Transporte	Jornal	1	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	15,0
2	Distribución de las plantas	Jornal	1	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	15,0
3	Fertilización	Jornal	0,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	7,5
4	Plantación	Jornal	2	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	30,1
Subtotal												67,7
2. Manejo de la plantación												
1	Rondo (Herbicida)	lt	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	8,0
3	Limpeza (manual)	Jornal	3	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	45,1
4	Control de malezas (químico)	Jornal	1	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	15,0
5	Limpeza (manual)	Jornal	3	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	45,1
Subtotal												113,3
TOTAL												476,2

Según los datos obtenidos, los costos por hectárea de establecimiento y manejo de una plantación de *Juglans neotropica* Diels a los seis meses de crecimiento es de \$ 1837,04. De acuerdo a la ficha

técnica publicada por Ecuador Forestal (2010) los costos promedio para el establecimiento y manejo de una plantación de *Juglans neotropica* Diels durante los primeros cinco años es de \$ 963,57, mientras que Ortega (2007) señala que esto puede variar dependiendo del sitio y la distancia de acceso, además presenta las cifras de \$ 2 500/ha en la parroquia de Peñaherrera y \$ 900/ha en la parroquia Chaltura durante el primer año de establecimiento, valores similares a los propuestos en la presente investigación lo que denota que se encuentran dentro de un rango moderado.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.5. Conclusiones

- A los seis meses de evaluación se logró identificar que la mayor incidencia sobre el desarrollo y crecimiento inicial de la plantación de *Juglans neotropica* Diels fue la fertilización combinada (químico más orgánico), esto se debe a que la dosis de aplicación fue superior en comparación a los demás tratamientos.
- Los costos de la plantación de *Juglans neotropica* Diels son muy diferenciados en la fase de establecimiento y manejo, debido a que en la primera etapa demandó mayor inversión económica por adquisición de herramientas e insumos agrícolas; mientras que durante el crecimiento las labores culturales demandaron menor mano de obra, lo cual genera costos más reducidos y aceptables.

3.6. Recomendaciones

- Difundir los resultados de la presente investigación y fomentar el establecimiento y cuidado de especies nativas con potencial comercial.
- Continuar con la investigación y analizar el comportamiento de la especie en los posteriores años.
- Implementar un plan de manejo y control de plagas y enfermedades en la plantación.

BIBLIOGRAFÍA

- Altamirano, A. y Lara, A. (2010). Deforestación en ecosistemas templados de la precordillera andina del centro – sur de Chile. *BOSQUE*.
- Añazco, M. (2021). Programa de investigación *Juglans*. Universidad Técnica del Norte.
- Balám, M., Gómez, A., Vargas., J., Aldrete., A. Obrador, J. (2015). FERTILIZACIÓN DE PLANTACIONES COMERCIALES DE TECA (*Tectona grandis* Lnn F.) EN EL SURESTE DE MÉXICO. *Revista Fitotecnica Mexicana*.
- Balmelli, G., Marroni, V., Altier, N. y García, R. (2004). *Potencial de mejoramiento genético para el manejo de enfermedades y plagas en Eucalyptus globulus*. Unidad de Agronegocios y Difusión del INIA.
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630021107132338.pdf>
- Barrero, E. (2017). *Efecto de la relación carbono/nitrógeno en el tiempo de descomposición del abono de cuy (Cavia porcellus), enriquecido*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Universidad Técnica de Ambato.
file:///C:/Users/Pc_Student/Downloads/Tesis-157%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20479.pdf
- Benedetto, D. y Tognetti, J. (2016). *Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos*. Argentina.
- Boa, E. (2008). *Guía instalada sobre el estado de salud de los árboles, reconocimiento e interpretación de síntomas y daños*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
https://www.researchgate.net/publication/320166319_Guia_Ilustrada_sobre_el_estado_de_salud_de_los_arboles_Reconocimiento_e_interpretacion_de_sintomas_y_danos
- Bonilla, C., Pino, M. y Logroño, J. (2014). Guía técnica, Manejo de viveros forestales.
<http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/10/Manejo-de-Viveros-Forestales.pdf>

- Cabezas, M., Peña, F., Duarte, H., Colorado, J. y Lora, R. (2009). Un modelo para la estimación del área foliar en tres especies forestales de forma no destructiva. *Divulgación científica*, 12(1), 121-130.
- Cadena, S. A. y Enríquez, M. G. (2013). *EFFECTO DE Azolla sp., EN LA PRODUCTIVIDAD Y MEJORAMIENTO DEL SUELO EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, IMBABURA* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital, Universidad Técnica del Norte. [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2068/1/03 RNR 164 TESIS.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2068/1/03_RNR_164_TESIS.pdf)
- Calderón, A., Soto, F., Calderón, M. y Fundora, L. (2009). Estimación de área foliar en postura de mango (*Manguifera indica* L.) y aguacate (*Persea* spp) en fase de vivero a partir de las medidas lineales de hojas. *Cultivo Tropical*, 30(1), 43-48. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217899007.pdf>
- Calvillo, J., Cornejo, E., Valencia, S., y Flores, C. (2001). *Crecimiento en altura y diámetro de árboles de Pinus herrerae*. México.
- Cancino, J. (2012). *Dasometría básica*. Repositorio UDEC. http://repositorio.udec.cl/jspui/bitstream/11594/407/2/Dendrometria_Basica.pdf
- Centro de Información de Recursos Naturales [CIREN]. (2020). Guía de producción del nogal. *CIREN*. C:/Users/Pc_Student/Downloads/Guia_Productiva_del_Nogal.pdf
- Código Orgánico del Ambiente. (2017). *Registro oficial*, 983 (12 de abril del 2017).
- Choque, R. (2017). *Como cubicamos nuestra madera*. Impresiones Master. https://www.unodc.org/documents/bolivia/DIM_Manual_Como_cubicamos_la_madera.pdf
- Comisión Nacional Forestal México. (2011). Evaluación de costos de establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales comerciales. Universidad Autónoma Chapingo.
- Comisión Nacional Forestal México. (2010). *El manual básico de prácticas de reforestación*. Marketing Group.

- Corporación Nacional Forestal [CONAF]. (2003). *Guía básica de buenas prácticas para plantaciones forestales de pequeños y medianos propietarios*. CONAF. https://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1386687876guiabuenaspracticass_ppf.pdf
- Constitución de la República del Ecuador (2008). *Registro oficial*, 449 (20 de octubre de 2008).
- Cox, P., Betts, R. y col. (2004). La Muerte Regresiva de la Selva Amazónica según las Proyecciones del Ciclo del Carbono y el Clima para el Siglo XXI. *Theoretical and Applied Climatology* 78 (1-3): 137-156.
- Domínguez, F., Huerta, F., Barrios, B. y Posadas, M. (2012). Análisis dasométrico y propuesta de ordenamiento agroforestal del bosque de Tetela de Ocampo, Puebla. *Avances de Investigación Agropecuaria*, 16(3), 75-82. <http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2012/sept/5.pdf>
- Donoso, P., Navarro, D., Soto, C., Gerding, V., Thiers, O., Pinares, J., Escobar, B. y Sanhueza, M. (2015). *Manual de plantaciones de raulí (Nothofagus alpina) y coihue (Nothofagus dombeyi) en Chile*. Universidad Austral de Chile.
- Ecuador forestal. (2010). *Ficha técnica Nogal (N°2)*. <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/NOGAL.pdf>
- Ecuador Forestal. (2007). *Plantación estratégica, Plantaciones forestales del Ecuador*. Quito - Ecuador.
- Estrada, W. (1997). *Manual para la producción de nogal (Juglans neotropica Diel)*. Editorial EDI-U.
- García, M., Parra, D. y Mena, P. (2014). *El país de la biodiversidad Ecuador*. Quito. Fundación Botánica de los Andes y Fundación EcoFor.
- Giraldo, C., Mera, Y., Rivas, S., Muñoz, D., Acosta, L., Pérez, N., Villalba, J. y Ordóñez, A. (2022). Evaluación fitosanitaria de *Juglans neotropica* y *Quercus humbolditii* en arbolado urbano de Popayán-Cauca, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 46(178), 169-181.

file:///C:/Users/Pc_Student/Downloads/13-1542-evaluacin-fitosanitaria-de-juglans-neotropica.pdf

Grijalva, J., Checa, X., Ramos, R., Barrera, P., Vera R. y Sigcha, F. (2016). *El estado de los recursos genéticos forestales en Ecuador*. Programa Nacional de Forestería del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

Grijalva, L., Galindo, G., Añazco, M., Avilés, M., Ramos, R. y Oviedo, R. (2012). El estado de los recursos genéticos forestales en el mundo. Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria. <https://www.fao.org/3/i3825e/i3825e20.pdf>

Gualpa, M., Rosero, S., Samaniego, M. y Cevallos, E. (2016). Características edafoclimáticas y dasométricas de una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill y propuesta de manejo en la zona estepa espinosa Montano Bajo, Riobamba, Ecuador. *Enfoque UTE*.

Guambo, V., Valenzuela, D., Saeteros, A. y Noboa, V. (2020). Efectos de disoluciones nutritivas de nitrógeno, fósforo y potasio (N.P.K) sobre el crecimiento de plántulas de *Juglans neotropica* Diels. *Ciencia Digital*, 4(1), 236-252.

Gutiérrez, B. (2003). Mejoramiento genético y conservación de recursos forestales naturales en Chile. *Sistemas y Recursos Forestales*, 12(3), 145-153. https://www.researchgate.net/profile/Braulio-Gutierrez-Caro/publication/256473593_Mejoramiento_Genetico_y_Conservacion_de_Recursos_Forestales_Nativos_en_Chile/links/0c960522f146545262000000/Mejoramiento-Genetico-y-Conservacion-de-Recursos-Forestales-Nativos-en-Chile.pdf

Gutiérrez, M., Peña, F., Duarte, H., Colorado, J. y Silva, R. (2009). *Un modelo para la estimación del área foliar en tres especies forestales de forma no destructiva*. UDCA. [file:///C:/Users/user/Downloads/area%20foliar%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/area%20foliar%20(1).pdf)

Hernández, J. (2017). *Contabilidad de costos*. Trillas.

Hernández, A., Valdez, J., Pérez, G., de los Santos, H., Hernández, J., Peduzzi, A. y Carrero, O. (2021). Measurement of the leaf area index and its seasonal dynamics in *Eucalyptus*

- urophylla S. T. Blake plantations. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(63).
<https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v12n63/2007-1132-remcf-12-63-114.pdf>
- Huamán, Y. (2021). Crecimiento inicial de seis especies forestales nativas en el departamento de Cusco, Perú. *Quebracho*, 29(2), 102-110.
<https://www.redalyc.org/journal/481/48172242003/html/>
- Ianovici, N., Latis, A. y Radac, A. (2017). Foliar traits of *Juglans regia*, *Aesculus hippocastanum* and *Tilia platyphyllos* in urban habitat. *Biotechnological Letters*, 22(2).
- Imaña, J. (2011). *Mensura Dasométrica*. Copyright.
<https://core.ac.uk/download/pdf/33548256.pdf>
- Imaña, J. y Encinas, O. (2008). *Epidometría forestal*. Copyright.
- Instituto Forestal. (2015). Conservación de Recursos Genéticos Forestales, principios y prácticas. *INFOR*.
- Instituto Nacional del Bosque [INAB]. (2015). *Dinámica de crecimiento y productividad de 28 especies en plantaciones forestales de Guatemala*. INAB.
<https://www.inab.gob.gt/images/publicaciones/Dinamica%20de%20Crecimiento%20y%20Productividad%20en%20Plantaciones.pdf>
- Ipinza, R., Emhart, V. y Gutiérrez, B. (1998). *Curso: Mejora Genética Forestal Operativa*. ReserchGate.
https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Ipinza/publication/253340301_Curso_Mejora_Genetica_Forestal_Operativa/links/02e7e51f8aae3df7b8000000/Curso-Mejora-Genetica-Forestal-Operativa.pdf
- Juárez, Y. (2014). *Dasometría*. Copyright.
file:///C:/Users/Pc_Student/Downloads/DASOMETRIA_Apuntes_de_Clase_y_Guia_de_Ac.pdf
- Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre. (2004). *Registro oficial*, 418 (10 de septiembre de 2004).

- Linares, E. (2005). *Instructivo para determinar la sobrevivencia en plantaciones forestales*. MINAG.
- Loewe, V. y González, M. (2001). *Nogal común (Juglans regia)*. C:/Users/Pc_Student/Downloads/INFOR-0022%20 (1).pdf
- López, J. y Ramírez, C. (2012). *Notas de matemática III, principios de diseños experimentales*. http://bios.biologia.umich.mx/obligatorias/fisicomatematicas/notas_matematicas_3_30julio2013.pdf
- López, J., Sánchez, V. y Hernández, E. (2010). *Crecimiento inicial de una plantación mixta de especies tropicales en Veracruz*. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*.
- López, H., Vaides, E. y Alvarado, A. (2018). Evaluación de carbono fijado en la biomasa aérea de plantaciones de teca en Chahal, Alta Verapaz, Guatemala. *Agronomía Costarricense*, 42(1), 137-153. <https://www.redalyc.org/journal/436/43654703008/html/>
- Lozano, P. (2015). *Especies forestales arbóreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador*. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55826.pdf>
- Macayo, N. y Renison, D. (2015). *¿Cuántos años monitorear el éxito de plantaciones con fines de restauración? Análisis en relación al micrositio y procedencia de las Semillas*. BOSQUE.
- Mallé, C. (2007). Recurso Genético Forestal. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(22), 4-9.
- Martínez, R., Azpíroz, H., Rodríguez, J., Cetina, V. y Gutiérrez, M. (2006). Importancia de las plantaciones forestales de *Eucalyptus*. *Ra Ximhai*, 2(3), 815-846. redalyc.org/pdf/461/46120313.pdf
- Márquez, J., Alba, J., Mendizábal, L., Ramírez, E. y Cruz, H. (2009). Fuentes semilleras mejoradas establecidas en el estado de Veracruz. *Foresta Veracruzana*, 11(2), 37-42. <https://www.redalyc.org/pdf/497/49712336006.pdf>

- Mesén, F. (1997). Potencial del mejoramiento genético en la silvicultura. *Agronomía Costarricense*, 21(1), 49-53.
- Mendoza, Z., Ochoa, T. y Herrera, B. (2014). Dinámica de crecimiento de especies forestales establecidas en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. *CEDEMAZ*, 4(1), 62-75. [file:///C:/Users/Pc_Student/Downloads/administrador,+239-801-1-CE%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Pc_Student/Downloads/administrador,+239-801-1-CE%20(3).pdf)
- Mina, D. y Verdugo, A. (2016). *Árboles y arbustos de los ríos de Cuenca*. Imprenta don Bosco.
- Minga, D. y Verdugo, A. (2015). *Árboles y arbustos de los ríos de cuenca, Azuay-Ecuador*. Editorial Don Bosco. file:///C:/Users/Pc_Student/Downloads/Uazuay_Libro_GuiaArboles.pdf
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2020). *Acuerdo Ministerial No. 068*. (12 de junio del 2020).
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental*. Quito – Ecuador.
- Morales, R., Avaría, A., Gallardo, P., Alzugaray, P. y Díaz, P. (1998). *Manual de forestación*. INFOR. <https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/3987/11681.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moreno, D. y Cuartas, D. (2015). Sobrevivencia y crecimiento de plántulas de tres especies arbóreas en áreas de bosque montano andino degradadas por ganadería en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 20(2), 85-100. <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319038639009.pdf>
- Murillo, O. y Camacho, P. (1997). Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. *Agronomía Costarricense*, 21(2), 189 – 206.
- Murillo, O., Espitia, M. y Castillo, C. (2017). *Conceptos de mejoramiento genético forestal*. Universidad Nacional de Ciencias Forestales.

- https://fondohondurasespana.bcie.org/fileadmin/fhe/espanol/archivos/publicaciones/Educacion_Superior/4_Mejoramiento_Genetico_Forestal_Fusion.pdf
- Navarro, G. y Navarro, S. (2014). Fertilizantes: química y acción. Mundi-Prensa. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=3McUBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=fertilizacion+quimica+articulo+cientifico&ots=4IyK84wn2l&sig=JWLySAIFCn_JGJq6QpuiyD6xIU8#v=onepage&q&f=false
- Oficina Nacional Forestal [ONF]. (2009). Guía del productor para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales comerciales. Comunicaciones Milenio S.A. https://onfcr.org/wp-content/uploads/media/uploads/cyclope_old/adjuntos/Guia_productor_ONFuz37186.pdf
- Oficina Nacional Forestal [ONF]. (2013). Guía técnica SAF para la implementación de Sistemas Agroforestales de Sistemas Agroforestales (SAF) con árboles forestales maderables. EuroDigital Comunicación. https://www.biopasos.com/biblioteca/guia_sistemas_agroforestales.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación [FAO]. (2007). *Conservación y manejo de los recursos genéticos forestales*. Bioversity Internacional. https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Conservacion%20y%20manejo_de_los_recurso_geneticos_forestales_1297.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación [FAO]. (2012). Guía para la aplicación de normas fitosanitarias en el sector forestal. Bioversity Internacional. file:///C:/Users/Pc_Student/Downloads/i2080s.pdf
- Ortega, H. (2007). *Estudio del ataque de *Gretchena garai* Miller en nogal (*Juglans neotropica* Diels) en plantación sola y asociada con cuatro especies forestales en dos sitios* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte] Repositorio UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/806/3/03%20FOR%20147%20TESIS%201.pdf>

- Ospina, C., Hernández, R., Aristizabal, F., Patiño, J. y Salazar, J. (2003). *El cedro negro, una especie promisorio de la zona cafetera*. CINCAFE. <https://www.cenicafe.org/es/publications/bot025.pdf>
- Palacios, W. (2016). *Árboles del Ecuador, Familias y Géneros*. Editorial UTN, Ibarra, Ecuador.
- Pérez, H. (2007). *Principales plagas del nogal*. Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícolas y Pecuarias.
- Pokorny, R., Tamaskova, I. y Havrankova. (2008). Temporal variation and efficiency of leaf area index in Young mountain Norway spruce stand. *Springer Link*, 127(5), 359-367.
- Prado, D. (2015). *Plantaciones Forestales. Más allá de los árboles*. Colegio de Ingenieros Forestales de Chile A.G. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/20851>
- Prieto, J., Duarte, A., Goche, J., Gonzáles, M. y Pulgarín, M. (2018). Supervivencia y crecimiento de dos especies forestales, con base en la morfología inicial al plantarse. *Revista mexicana*, 9(47). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322018000300151
- Quiroz, I., García, E., González, M., Chung, P. y Soto, H. (2009). *Vivero forestal: producción de plantas nativas a raíz cubierta*. INFOR.
- Ramos, R. (2018). *Red de Investigación en Conservación, Domesticación y Mejoramiento Genético de Juglans neotropica Diel. En la sierra ecuatoriana para su uso comercial y restauración de ecosistemas degradados*. Proyecto de investigación por el Consejo Politécnico de la ESPOCH. https://www.researchgate.net/publication/338836875_Potencial_de_mejoramiento_genetico_en_Juglans_neotropica_Diels_a_los_10_meses_de_edad_en_Tunshi_ChimborazoPotential_of_Genetic_Improvement_in_Juglans_neotropica_Diels_at_10_months_of_age_in_Tunshi_Chi
- Ramos, R., Murillo, O. y Gallo, A. (2020). Potencial de mejoramiento genético en *Juglans neotropica* Diels, a los 10 meses de edad en Tunshi, Chimborazo. *Knowledge E*. 562-575.

file:///C:/Users/Pc_Student/Downloads/6278-Article%20Text-26341-1-10-20200126%20(3).pdf

- Reyes, J., Herrero, G. y León, M. (2020). Dosis y frecuencia de fertilizante mineral para el establecimiento de plantaciones de pinares en suelos ácidos. *SCIELO*, 41(3), 2-24. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000300006
- Reyes, N., Rodríguez, G., Enríquez, J., Jiménez, C. y Rincón, J. (2021). Estimación de variables dasométricas en rodales bajo manejo forestal con vehículo aéreo no tripulado. *FIGEMPA*, 13(1). <http://portal.amelica.org/ameli/journal/624/6242851003/6242851003.pdf>
- Rodríguez, A. (2017). Finanzas 2. Finanzas corporativas: una propuesta metodológica, Instituto Mexicano de Contadores Públicos.
- Rodríguez, R., Valencia, S., Meza, J., Capó, M. y Reynoso, A. (2008). Crecimiento y características de la copa de procedencia de *Pinus Gregii* Engelm. En Galeana, Nuevo León. *Revista Fitotec*, 31(1), 19-26. https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icap/LI_IntGenAmb/Rodri_Laguna/4.pdf
- Roncancio, D. (2001). Guía técnica para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales productivas en el litoral Ecuatoriano. [https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2119/Technical/pd17-97-3%20rev3\(F\)%20s_Guias%20Tecnicas%20para%20el%20Establecimiento%20y%20Manejo%20de%20Plantaciones_S.pdf](https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2119/Technical/pd17-97-3%20rev3(F)%20s_Guias%20Tecnicas%20para%20el%20Establecimiento%20y%20Manejo%20de%20Plantaciones_S.pdf)
- Rosero, E. (2011). *Estudio del efecto de fertilización en el establecimiento de cultivo de nogal (Juglans neotropica* Diels), en la Granja Experimental Tunshi. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo] DSpace ESPOCH. file:///C:/Users/Pc_Student/Downloads/33T0084.pdf
- Sánchez, M., Moreno, A., Ripoll, M., Castro, J., Jiménez, M., Navarro, F. y Gallego, E. (2013). Evaluación del crecimiento de nogal híbrido MJ209xRa y clon I-214 (*Populus x Euroamerica*): Plantaciones Monoespecíficas vs Plantaciones Mixtas. *Sociedad Española de Ciencias Forestales*. España

- Secretaría Nacional de Planificación (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021 – 2025*. Quito.
- Sierra, R., Calva, O. y Guevara, A. (2021). *La Deforestación en el Ecuador, 1990-2018. Factores promotores y tendencias recientes*. Ministerio de Ambiente y Agua del Ecuador, Ministerio de Agricultura del Ecuador, en el marco de la implementación del Programa Integral Amazónico de Conservación de Bosques y Producción Sostenible. Quito, Ecuador. 216 pp.
- Siqueiros, M., Morales, C., Santellano, E., Melgoza, A., Alarcón, M. y Martínez, M. (2017). *Variabilidad morfológica de poblaciones de Pinus duragensis, P. engelmannii y P. arizonica en el estado de Chihuahua*. TECONOCENCIA.
- Toral, M., Fratti, A. y González, R. (2005). *Crecimiento estacional y rentabilidad de plantaciones forestales comerciales de Pinus radiata en suelos de trumao según métodos de establecimiento*. BOSQUE 26 (1). <http://revistas.uach.cl/pdf/bosque/v26n1/art05.pdf>
- Toro, E. y Roldán, I. (2018). Estado del arte, propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels., en zonas andinas. *Madera bosques*, 24(1). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712018000100401
- Trujillo, E. (2003). Plantación forestal. *Revista-MM*.
- Unigarro, C. (2010). *Patrimonio cultural alimentario*. Ediciones La Tierra. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/52870.pdf>
- Vallejos, J., Badilla, Y. Picado F. y Murillo, O. (2010). Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal. *SCIELO*, 34(1). https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0377-94242010000100011&script=sci_arttext&tlng=en
- Vargas, E. (2012). Ficha técnica de la flora. *UNALM*. [file:///C:/Users/Pc_Student/Downloads/marilynbuendia,+654-2604-1-CE%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Pc_Student/Downloads/marilynbuendia,+654-2604-1-CE%20(1).pdf)

- Vargas, H. Basilio, V. y Ledig, T. (2004). *Manejo de recursos genéticos forestales*. Colegio de Postgrado Montecillo México.
- Vargas, N., Mendoza, G., Gonzales, C., Lemus, G., Lara, M., Carus, M., Bachini, V., Millar, J., Valenzuela, D. (2010). *Manual de manejo productivo del nogal en Chile*. CHILEnUT. <https://www.chilenut.cl/wp-content/uploads/2020/12/manual-final.pdf>
- Vásquez, I., Cetina, V., Campo, R. y Casal, L. (2016). *Evaluación de plantaciones forestales en tres comunidades de la Mixteca Alta Oaxaqueña*. México.
- Veintimilla, R., Gamboa, O. y Gallo. (2020). *Potencial de mejoramiento genético en Juglans neotropica Diels, a los 10 meses de edad en Tunshi, Chimborazo*. Knowledge.
- Verzino, G., Díaz, M. y Modado, M. (2004). *Comportamiento inicial de especies nativas del Chaco Occidental en plantaciones en zonas de pastizales de altura de las Sierras de Córdoba, Argentina*. BOSQUE.
- Villalobos, K., Suárez, E., Yauli, G. y Manta, M. (2014). Evaluación fitosanitaria de árboles ornamentales en la Av. Monte de los Olivos, distrito de Surco, Lima. *Xilema*, 27(1). file:///C:/Users/Pc_Student/Downloads/marilynbuendia,+173-713-1-CE.pdf
- Zapata, J. y Hasbun, R. (2011). Mejoramiento genético forestal acelerado mediante selección genómica. *BOSQUE*, 32(3), 209-2013.

ANEXOS

1. FOTOGRAFICOS



Delimitación del terreno.



Apertura de hoyos.



Selección masal.



Fertilización.



Plantación.



Toma de datos de la altura.



Toma de datos del diámetro de copa.



Toma de datos del diámetro basal.



Manejo de la plantación.



Manejo de la plantación.

2. TABLAS

Tabla 7. *Tabla resumen de los costos de establecimiento y manejo del ensayo.*

N°	Actividad	Costo unitario/Tratamiento								Total
		f1-a1	f2-a1	f3-a1	f4-a1	f1-a2	f2-a2	f3-a2	f4-a2	
1	Insumos	12,75	9,55	14,35	7,95	12,75	9,55	14,35	7,95	89,20
2	Herramientas	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	55,60
3	Establecimiento	25,38	25,38	25,38	25,38	29,14	29,14	29,14	29,14	218,08
4	Manejo	14,16	14,16	14,16	14,16	14,16	14,16	14,16	14,16	113,28
	TOTAL	59,24	56,04	60,84	54,44	63,00	59,80	64,60	58,20	476,16