



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

TEMA:

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

**“Evaluación de dosis de fertilizante 18-46-0 NPK en plantación forestal
de *Juglans neotropica* Diels en el Campus La Favorita”**

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

Línea de investigación: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible

Autores: Ibarra Becerra David Alejandro

Yajamin Suquillo Malory Rebeca

Director: Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, MSc.

Ibarra – Ecuador – 2026



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS NOMBRES:	Y Ibarra Becerra David Alejandro
DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS NOMBRES:	Y Yajamin Suquillo Malory Rebeca

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación de dosis de fertilizante 18-46-0 NPK en plantación forestal de <i>Juglans neotropica</i> Diels en el Campus La Favorita”
AUTOR (ES):	Ibarra Becerra David Alejandro - Yajamin Suquillo Malory Rebeca
FECHA: DD/MM/AAAA	01/04/2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero/a Forestal

ASESOR /DIRECTOR:	Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, MSc.
--------------------------	--

2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, Al primer día del mes de abril de 2026

LOS AUTORES:

(Firma).....
Nombre: Ibarra Becerra David Alejandro

(Firma).....
Nombre: Yajamin Suquillo Malory Rebeca

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 01 de abril de 2026

Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

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

(f)

Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, MSc.

C.C.: 1002412052

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “Evaluación de dosis de fertilizante 18-46-0 NPK en plantación forestal de *Juglans neotropica* Diels en el campus La favorita” elaborado por Ibarra Becerra David Alejandro y Yajamin Suquillo Malory Rebeca, previo a la obtención del título de Ingeniería Forestal, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f):.....
Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, MSc.
C.C. 1002412052

(f):.....
Ing. Carlos Ramiro Arcos Unigarro, MSc.
C.C: 0400701181

DEDICATORIA

Este logro lo dedico con profundo amor y gratitud a mi familia, por acompañarme y sostenerme incondicionalmente durante todo este camino académico. Su apoyo constante, su comprensión y sus palabras de ánimo fueron fundamentales para alcanzar esta meta.

A mis padres, Elizabeth Becerra y José Ibarra, quienes, con su esfuerzo incansable, su amor y sus valiosos consejos me guiaron siempre por el camino correcto. Gracias por enseñarme a perseverar, a no rendirme ante las dificultades y a dar siempre lo mejor de mí.

Cada uno de mis logros es también suyo.

A mis hermanos, Andrés, Fernando y Marlon, gracias por su cariño, sus sonrisas y sus palabras de aliento, que fueron un impulso diario para continuar. Su apoyo y alegría hicieron más ligero cada desafío.

Este título representa mucho más que un logro académico; es el reflejo del amor, la unión y la confianza de una familia que creyó en mí incluso cuando yo misma dudaba. A todos ustedes, gracias por ser mi fuerza e inspiración en cada paso de este camino.

Con amor y admiración dedico este trabajo a Kevin Omar Rengifo Acurio. Una persona excepcional y maravillosa, quien me regaló muchas lecciones de vida, la más importante a ser valiente. Aunque tu ausencia me deja un inmenso vacío, fue tu ejemplo y tu forma de enfrentar la vida lo que inspiran todos los días. Este logro también te pertenece, porque en cada paso estuviste a mi lado, dándome la fuerza para continuar. Gracias por creer siempre en mí, por amarme, por cuidarme y por todo lo que en vida me enseñaste. Te amo, hoy y siempre.

A mi madre Isabel Yajamín, mi mejor amiga y el pilar de mi vida. Gracias por ser mi guía y mi mayor ejemplo. Por tus sabios consejos, por tus grandes esfuerzos que me permitieron cumplir esta meta y por nunca dejarme rendir. Este logro es tuyo.

A mi padrino Freddy Yajamín, por ser un verdadero modelo a seguir. Gracias por enseñarme no solo a aprender, sino a ser mejor cada día. Te admiro profundamente.

A mis hermanos Samantha Carrera y Leonardo Carrera, quienes se convirtieron en mi apoyo y la razón para seguir adelante en cada etapa de crecimiento personal y académico.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos profundamente a nuestro director de tesis al Mgs. José Gabriel Carvajal Benavides, por su compromiso, apoyo y guía con ambos en cada etapa de esta investigación. Su conocimiento, experiencia y constancia fueron indispensables para el desarrollo y conclusión de esta investigación. Agradecemos no solo sus enseñanzas académicas, sino también sus lecciones de calidad humana.

A nuestro asesor el Mgs. Carlos Arcos por su apoyo y guía en todo proceso de esta investigación. Sus recomendaciones pertinentes, su paciencia y compromiso nos permitieron culminar con éxito nuestra formación académica. Agradecemos profundamente por confiar en nuestras capacidades, creer en nosotros y motivarnos a ser profesionales de excelencia.

Expresamos nuestro agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, institución que nos permitió formarnos académicamente y sobre todo personalmente inculcándonos principios y valores éticos.

Agradecemos a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Forestal por brindarnos su experiencia y conocimientos, en especial agradecemos al Mgs. Guillermo Varela por su paciencia y apoyo en todos nuestros años de formación académica.

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación evalúa el efecto de diferentes dosis de fertilizante NPK (10-46-0) en el crecimiento inicial de la especie forestal *Juglans neotropica* Diels aplicadas a un diseño experimental de bloques completamente al azar, realizado en el Campus La Favorita. Durante un tiempo estimado de diez meses se analizaron las variables cuantitativas (altura, área basal y sobrevivencia) y cualitativas (estado fitosanitario), con un total de seis mediciones. El sitio de estudio para la investigación presenta un suelo limo-arenoso de origen volcánico, con una precipitación anual de 2500-300 mm y una temperatura media de 16 °C. Para el análisis estadístico se realizaron pruebas de normalidad, ANOVA, comparación de medias mediante la prueba de Tukey y métodos no paramétricos como Kruskal-Wallis y Friedman. Los resultados evidenciaron que la dosis D4 de 150g obtuvo un mayor efecto en altura (63,23 cm) y área basal (1,98 cm²), mostrando diferencias significativas frente al tratamiento testigo (D1). En cuanto al estado fitosanitario no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamiento, a causa principalmente de la incidencia de la plaga *Gretchena garai*, estimulada por las condiciones edafoclimáticas del sitio. Finalmente, la supervivencia general fue del 75%, destacándose con mejores resultados el tratamiento D4 (78,7%). Desde la perspectiva económica, el costo total del establecimiento de la plantación fue de 672,12 USD, representando la mano de obra el rubro de mayor costo en el presupuesto. Los resultados evidenciaron que la fertilización NPK (18-46-0) influye en gran medida en el crecimiento inicial de la especie; aunque el efecto se ve limitado por factores edafoclimáticos y la presencia de plagas y enfermedades. Por lo tanto, la investigación se enfoca en aportar bases técnicas para el establecimiento y manejo de futuras plantaciones forestales bajo condiciones ambientales similares.

Palabras clave: Plantación forestal, crecimiento inicial, fertilización, deficiencia

ABSTRACT

The research evaluates the effect of different doses of NPK fertilizer (10-46-0) on the initial growth of the forest species *Juglans neotropica* Diels, applied under a randomized complete block experimental design conducted at the La Favorita Campus. Over an estimated period of ten months, quantitative variables (height, basal area, and survival) and qualitative variables (phytosanitary status) were analyzed, with a total of six measurements recorded. The study site presents a silty-sandy soil of volcanic origin, with an annual precipitation ranging from 2500–300 mm and an average temperature of 16 °C. For the statistical analysis, normality tests, ANOVA, mean comparison using Tukey's test, and non-parametric methods such as Kruskal–Wallis and Friedman tests were performed. The results showed that dose D4 (150 g) had the greatest effect on height (63.23 cm) and basal area (1.98 cm²), exhibiting significant differences compared to the control treatment (D1). Regarding phytosanitary status, no statistical differences were observed among treatments, mainly due to the incidence of the pest *Gretchena garai*, which was favored by the site's edaphoclimatic conditions. Overall survival reached 75%, with treatment D4 showing the best results (78.7%). From an economic perspective, the total cost of establishing the plantation was USD 672.12, with labor representing the highest cost component in the budget. The findings indicate that NPK fertilization (18-46-0) greatly influences the initial growth of the species; however, its effect is limited by edaphoclimatic factors and the presence of pests and diseases. Therefore, the research aims to provide technical foundations for the establishment and management of future forest plantations under similar environmental conditions.

Keywords: Forest plantation, initial growth, fertilization, deficiency.

LISTA DE SIGLAS

UTM. Universal Transverse Mercator

ADEVA. Análisis de varianza

FAO. Food and Agriculture Organization

DAC. Diámetro del tallo a la altura del cuello

DAP. Fosfato diamónico

Ph. Porcentaje de hidrógeno

USD. United States Dollar

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN EJECUTIVO	9
ABSTRACT	10
LISTA DE SIGLAS	11
INTRODUCCIÓN	17
Problema de investigación.	17
Justificación.....	19
Objetivos	21
Objetivo General.....	21
Objetivos Específicos	21
Hipótesis de investigación.....	22
MARCO TEÓRICO	23
1.1 Generalidades del nogal (<i>Juglans spp.</i>)	23
1.1.1 <i>Taxonomía</i>	23
1.2 Morfología	24
1.2.1 <i>Raíz</i>	24
1.2.2 <i>Hojas</i>	24
1.2.3 <i>Flores</i>	24
1.2.4 <i>Frutos</i>	24
1.3 Requerimientos edafoclimáticos.....	24
1.3.1 <i>Suelo</i>	24
1.3.2 <i>Clima</i>	25
1.3.3 <i>Distribución ecológica</i>	25
1.3.4 <i>Importancia económica y ecológica</i>	25
1.4 Fertilización	25
1.4.1 <i>Importancia de la fertilización en plantaciones forestales</i>	25
1.4.2 <i>Principales macronutrientes (N, P, K) y su función</i>	26
1.4.3 <i>Diagnóstico de disponibilidad de nutrientes</i>	27
1.4.4 <i>Movilidad de nutrientes plantas – suelo</i>	27
1.4.5 <i>Deficiencias y excesos en Nitrógeno, Fósforo y Potasio</i>	28
1.4.6 <i>Interacción entre nutrientes</i>	28

1.4.7	<i>Fertilizantes fosfatados y uso del fosfato diamónico (18-46-0)</i>	29
1.4.8	<i>Métodos de aplicación de fertilizantes</i>	30
1.4.9	<i>Dosificaciones y momento de aplicación</i>	30
1.4.10	<i>Impacto ambiental de la fertilización NPK</i>	30
1.5	Crecimiento y desarrollo.....	31
1.5.1	<i>Etapas de crecimiento</i>	31
1.5.2	<i>Factores que afectan el crecimiento</i>	32
1.5.3	<i>Indicadores de crecimiento</i>	32
MATERIALES Y MÉTODOS		35
2.1	Tipo de investigación.....	35
2.2	Ubicación del lugar.....	35
2.2.1	<i>Política</i>	35
2.2.2	<i>Geografía del sitio investigación</i>	36
2.2.3	<i>Límites</i>	36
2.3	Caracterización edafoclimática del lugar.....	37
2.3.1	<i>Suelo</i>	37
2.3.2	<i>Clima</i>	37
2.4	Materiales, equipos y software	37
2.5	Métodos, técnicas e instrumentos	38
2.5.1	<i>Diseño experimental</i>	38
2.6	Instalación del experimento	41
2.6.1	<i>Selección y traslado</i>	41
2.6.2	<i>Selección del sitio y establecimiento del experimento</i>	41
2.6.3	<i>Fertilización y plantación</i>	41
2.6.4	<i>Recolección de datos</i>	42
2.7	Variables de estudio.....	43
2.8	Costos de establecimiento y manejo	45
2.9	Procedimiento y análisis de datos.	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		47
3.1	Altura total de la planta.....	47
3.2	Área basal de la planta	49

3.3 Estado Fitosanitario.....	52
3.4 Supervivencia.....	55
3.5 Costos mano de obra.....	58
3.6 Costos materiales e insumos.....	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
Conclusiones.....	63
Recomendaciones.....	64
Referencias Bibliográficas.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Materiales, equipos y software a emplear en la investigación</i>	38
Tabla 2 <i>Matriz para recolección de datos</i>	40
Tabla 3 <i>Código fitosanitario para la evaluación del estado de las plantas</i>	44
Tabla 4 <i>Actividades y maquinaria, equipos, herramientas e insumos para determinar los costos de establecimiento y manejo</i>	45
Tabla 5 <i>Costo estimado por unidad y valor total de las actividades de establecimiento para una plantación forestal</i>	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ubicación del Campus Experimental La Favorita.....</i>	36
Figura 2. <i>Distribución de los tratamientos y bloques en la plantación.....</i>	39
Figura 3. <i>Variación de la altura media de Juglans neotropica Diels. bajo diferentes dosis de fertilización.</i>	47
Figura 4. <i>Comportamiento del área basal en seis mediciones con diferentes tratamientos50</i>	50
Figura 5. <i>Meses con diferencias significativas en el área basal entre tratamientos51</i>	51
Figura 6. <i>Comparación del índice de estado fitosanitario en los diferentes tratamientos en los meses de medición53</i>	53
Figura 7. <i>Porcentaje de sobrevivencia en las plantas evaluadas55</i>	55
Figura 8. <i>Sobrevivencia de plantas de Juglans neotropica Diels bajo diferentes dosis de tratamiento56</i>	56
Figura 9. <i>Proporción de costos de mano de obra vs. materiales e insumos62</i>	62

INTRODUCCIÓN

Problema de investigación.

- Problemática a investigar.

La fertilización en especies forestales de relevancia económica es limitada, dando como resultado que exista poca información sobre el comportamiento nutricional de *Juglans neotropica* Diels en la fase inicial y a largo plazo, la fertilización adecuada puede generar corrección en el crecimiento y evitar carencias nutricionales. Según investigaciones revisadas y la del presente caso de estudio las deficiencias más comunes en los suelos es la del fósforo disponible para las plantas que a lo largo plazo muestran disminución en la producción de madera, la cual para el aprovechamiento se vio reflejada en menor calidad y cantidad.

Existen pocos estudios detallados sobre los beneficios e inconvenientes de la aplicación de diversas dosificaciones y su influencia en el desarrollo, resistencia y supervivencia de las plantas en ambientes forestales. De estas investigaciones previas han demostrado variaciones notables en la aplicación de fertilizantes en diferentes especies de bosques. En este contexto, no solo es crucial una fertilización adecuada, sino también elementos como la naturaleza del suelo, el clima, altitud, precipitación, temperatura entre otros, pueden incidir directamente en la adaptación y el crecimiento de las especies.

La mayor parte de los estudios sobre fertilización en especies forestales se han centrado en mejorar diámetros y altura de árboles en edades adultas con la finalidad de incrementar el valor de uso como madera. Mas sin embargo hay pocos estudios o al menos se desconoce sobre las ventajas de la fertilización durante la fase inicial de crecimiento, trasplante y plantaciones en el campo por ello es preponderante su adaptación y la disminución de mortalidad durante este periodo crítico.

De igual manera las limitaciones nutricionales evaluadas en campo, el establecimiento inicial de *Juglans neotropica* también puede verse condicionado desde la fase de vivero, debido a que la especie presenta dificultades germinativas asociadas a la resistencia de la testa, lo que reduce la producción de plantas disponibles para plantación. En este contexto, Fonseca Cevallos et al. (2023) reportaron que “el mejor tratamiento pregerminativo fue la escarificación química durante 32 horas en hidróxido de sodio al 4 %, junto con enriquecimiento del sustrato con citoquininas, evidenciando que el manejo técnico temprano es determinante para el adecuado establecimiento de la especie.”

Según Ramírez et al. (2025) señalan que “*Juglans neotropica* Diels. presenta una considerable variación genética y fenotípica a lo largo de su rango de distribución, influenciada por gradientes altitudinales, climáticos y ecológicos”

El Campus Experimental La Favorita, presenta condiciones climáticas adecuadas para el crecimiento de *Juglans neotropica* Diels, constituye un ambiente potencialmente óptimo para estudiar la adaptación y desarrollo. En cuanto a las condiciones edáficas y mediante análisis de suelos se evidencia que existe deficiencia en fósforo por lo que se hace necesario equilibrar macronutrientes que faciliten la fase inicial de crecimiento. Este estudio evaluó el efecto de las diversas dosis de fertilización como el rol de las condiciones locales para mejorar el desempeño de esta especie de gran valor económico y ecológico.

- Formulación del problema de investigación.

Mediante un análisis de suelo, se identificó una baja disponibilidad de fósforo soluble, por lo cual es necesario determinar la dosis más efectiva en relación con el crecimiento inicial de la plantación de *Juglans neotropica* Diels en el Campus La Favorita.

Justificación

La deforestación sigue siendo uno de los principales desafíos ambientales, agravado por el cambio climático, pérdida de biodiversidad y condiciones edafoclimáticas adversas. Lo anterior genera preocupaciones críticas sobre la sostenibilidad de los recursos naturales para las generaciones futuras. Según Arcos et al, (2025) “los bosques son ecosistemas dinámicos y resilientes, sujetos a transformaciones constantes que, gracias la tecnología y medios de información actuales, pueden ser analizados en escalas multitemporales.” Además, los bosques primarios desempeñan un papel esencial en la captura de carbono, la regulación del ciclo del agua y el soporte a la biodiversidad, brindando servicios ecosistémicos fundamentales que contribuyen al equilibrio ambiental global (García, 2015). En Ecuador, uno de los países con mayor biodiversidad del mundo, la deforestación ha reducido significativamente la cobertura forestal, afectando la capacidad de los ecosistemas para proveer estos servicios esenciales. Torres et al., (2020)

“Bajo este contexto otro elemento poco estudiado y que puede afectar significativamente al crecimiento de los árboles es la fertilización que contribuye al desarrollo radicular y al crecimiento aéreo, sino que también mejora la capacidad de las especies para resistir estrés ambiental”, como la variabilidad climática y la escasez hídrica (Artaxo et al., 2021). Investigaciones similares en plantaciones forestales de Ecuador “han demostrado que la aplicación eficiente de fertilizantes puede aumentar significativamente la productividad y viabilidad

económica de las plantaciones, al tiempo que promueve beneficios ecológicos, como la captura de carbono y la restauración de áreas degradadas” (Gómez y Mero, 2021).

La generación de información técnica específica para *Juglans neotropica* Diels también es relevante desde la perspectiva dendrométrica, ya que la estimación precisa del volumen en pie depende de factores de forma propios de la especie; en este sentido, se ha documentado que el nogal presenta valores de factor de forma de 0,920 mediante Smalian y 0,945 mediante Newton en individuos evaluados en Ibarra, lo que evidencia su potencial para valoración maderable y planificación del manejo forestal (Carvajal Benavides et al., 2023).

El enfoque del proyecto se basa en la recuperación de áreas deforestadas en la región, sino también generar conocimiento práctico sobre la fertilización eficiente de *Juglans neotropica* Diels. Los resultados obtenidos en este estudio son enfocados en dar un manejo sostenible y para la conservación de la especie que resulta de gran importancia ecológica y económica, Asimismo, esta investigación puede servir como base para posteriores estudios con condiciones edafoclimáticas similares

La necesidad de generar información técnica específica para *Juglans neotropica* también se justifica desde la perspectiva dendrométrica y productiva, ya que la estimación precisa del volumen en pie y la valoración forestal de la especie requieren parámetros propios y no generalizaciones. En este sentido, Carvajal Benavides et al. (2023) determinaron, “para individuos evaluados en Yuyucocha, factores de forma de 0,920 mediante la ecuación de Smalian y 0,945 mediante la ecuación de Newton, evidenciando la importancia de profundizar en estudios técnicos que fortalezcan su manejo, aprovechamiento y planificación forestal”.

El Campus Experimental La Favorita, ubicado a una altitud de 1600-1700 msnm en la región subtropical de Santo Domingo de los Tsáchilas, presenta condiciones edáficas y climáticas favorables para la ejecución del experimento. “Estudios locales han indicado que esta zona se caracteriza por suelos ácidos y limitados en fósforo soluble, lo cual influye directamente en el establecimiento de especies forestales” Oña et al., (2023). Este entorno se convierte en un escenario ideal para investigar estrategias de manejo sostenible, como la fertilización de especies forestales, para superar estas limitaciones y mejorar el crecimiento inicial de las plantaciones.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilizante 18-46-0 NPK en la etapa inicial de crecimiento en una plantación de *Juglans neotropica* Diels en el Campus Experimental La Favorita.

Objetivos Específicos

- Analizar la influencia de distintas dosis de fertilizante 18-46-0 NPK, en parámetros de altura total, área basal, supervivencia y estado fitosanitario, durante la fase inicial de desarrollo de la plantación de *Juglans neotropica* Diels en el Campus Experimental La Favorita.
- Establecer los costos de establecimiento y manejo de la plantación de *Juglans neotropica* durante la etapa inicial de crecimiento en el Campus Experimental La Favorita

Hipótesis de investigación.

Ho: Las diferentes dosis de fertilizante 18-46-0 N P K tienen un efecto estadísticamente similar sobre el crecimiento inicial de la plantación de *Juglans neotropica* Diels.

Ha: Al menos una de las dosis de fertilizante 18-46-0 N P K tiene un efecto estadísticamente diferente sobre el crecimiento inicial de la plantación de *Juglans neotropica* Diels.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Generalidades del nogal (*Juglans spp.*)

1.1.1 Taxonomía

Rojas y Torres (2008) muestran que la descripción taxonómica de la especie es:

Familia: *Juglandaceae*

Género: *Juglans*

Especie: *neotrópica*

Nombre científico: *Juglans neotrópica* Diels

Nombre común: Nogal

Origen: Exótica

Distribución geográfica: Árbol nativa de Honduras, Ecuador, Colombia, Perú y Bolivia.

El soporte institucional para la identificación botánica de especies forestales constituye un elemento importante en la investigación aplicada, especialmente cuando se trabaja con especies nativas de valor ecológico y productivo. En este contexto, Paredes Rodríguez et al. (2023) destacan que “el Herbario de la Universidad Técnica del Norte representa un referente especializado en plantas vasculares del norte del Ecuador, útil para investigaciones forestales y procesos de validación taxonómica”.

1.2 Morfología

1.2.1 Raíz: “El Nogal presenta una raíz pivotante o profundizadora la cual tiene una raíz primaria de la cual se ramifican las raíces secundarias, las cuales pueden desarrollarse oblicuamente formando sistemas radiculares muy extensos”. Undersander (2019)

1.2.2 Hojas: Posee hojas compuestas alternas imparipinadas alargadas hasta de 60 cm y un ancho de hasta 30 cm, donde se presentan de 7 a 19 folíolos lanceolados de 2,5 a 8 cm de largo, los cuales presentan una coloración verde olivácea con una superficie áspera y rugosa y también es posible encontrar glándulas las cuales exhalan un olor distintivo (Gómez et al., 2013).

1.2.3 Flores: “Las flores masculinas son de menor tamaño y de color verde amarillento, las cuales se agrupan en largos amentos colgantes. Las flores femeninas son amentos cortos las cuales poseen de cuatro a nueve flores en los extremos de las ramas”. (Gómez et al., 2013).

1.2.4 Frutos: “Es una drupa redonda donde contiene una sola semilla, esta es de color parda o negra, mientras tanto su semilla es de tipo nuez, fisurada y leñosa”. (Gómez et al., 2013).

1.3 Requerimientos edafoclimáticos

1.3.1 Suelo: El género *Juglans* se adapta de mejor manera a condiciones edáficas: profundos y bien drenados, francos arenosos y francos limosos, estas condiciones son las de mejor preferencia, “con un gran contenido de humus. Aunque también se suele adaptar a suelos arenosos y medianamente limosos”. Barreto y Herrera (1990) (Becquey, 1997; Sofletea y Curtu, 2007, como se citó en Wani et al., 2016). nos menciona que “el valor óptimo del pH

para el crecimiento de las especies que se encuentran dentro del género *Juglans* va desde 6,5 hasta 7,5”.

1.3.2 Clima: La temperatura promedio anual en la que se adapta de mejor manera la especie va desde los 11,8 hasta los 18,8 °C. Con una precipitación de 1500 hasta 2000 mm por año. (Estrada, 1997).

1.3.3 Distribución ecológica: “*Juglans neotropica* Diels se distribuye entre los 1400 y 3500 m s. n. m., con mejor desarrollo entre 1800 y 2800 m s. n. m., adaptándose a los valles andinos y a bosques húmedos y secos montanos bajos” (Villaseca, 2007).

1.3.4 Importancia económica y ecológica: En la dimensión ecológica, las especies pertenecientes a la familia *Juglandaceae* han sido utilizadas como fuente de alimento, medicina y usos hortícolas, mientras que en la dimensión económica se reconoce que la madera del nogal posee un valor elevado dentro del mercado. En esta línea, Carvajal Benavides et al. (2023) indican que “*Juglans neotropica* Diels es una especie altamente valorada por sus múltiples productos, especialmente su madera fina. Esto resalta la importancia de estudiar su establecimiento, crecimiento inicial y manejo silvicultural para optimizar su desarrollo y futura valorización forestal”.

1.4 Fertilización

1.4.1 Importancia de la fertilización en plantaciones forestales

“Para las plantaciones forestales la fertilización cumple un rol muy importante ya que esta práctica es la que ayuda a la obtención de árboles más altos y en un menor tiempo” (Miller, 1981).

“La fertilización en plantaciones forestales mejora el crecimiento inicial y la producción de madera, aumenta la resistencia a enfermedades y factores adversos, y contribuye a reponer los nutrientes del suelo, favoreciendo el desarrollo de las especies” (Lozano y Yaguana, 2021). En

plantaciones forestales jóvenes, la fertilización se enfoca a corregir las deficiencias nutricionales del suelo, como la baja disponibilidad de fósforo, la cual limita el crecimiento inicial de las plántulas

1.4.2 Principales macronutrientes (N, P, K) y su función

Los macronutrientes son elementos que las plantas requieren en grandes cantidades para su correcto desarrollo. Estos se aplican al suelo y son absorbidos por las raíces. Entre los principales macronutrientes se encuentran el nitrógeno, el fósforo y el potasio.

1.4.2.1 Nitrógeno: El nitrógeno es el constituyente principal de las proteínas y uno de los nutrientes que ejerce mayor influencia en los procesos metabólicos de las plantas. Una adecuada concentración de este elemento favorece la absorción y solubilidad de otros nutrientes, además de estimular el crecimiento radicular (Shah et al., 2017). Asimismo, Rivai et al. (2021) señalan que el nitrógeno incrementa la actividad microbiana del suelo y participa en la formación y estructura de las paredes celulares de las plantas. Este nutriente puede ser absorbido por las plantas principalmente en forma de nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+).

1.4.2.2 Fósforo: En suelos volcánicos la movilidad del fósforo puede presentarse de forma limitada, bloqueando funciones fisiológicas como la transferencia de energía, fotosíntesis, división celular, desarrollo de tejidos y metabolismo de los carbohidratos, razón por la cual su suplementación mediante fertilizantes fosfatados es una práctica común en el establecimiento de plantaciones forestales. (Fanghua et al., 2015).

1.4.2.3 Potasio: “Importante para la síntesis de carbohidratos y de proteínas además de que este nutriente mejora la tolerancia hídrica y de enfermedades para la planta”. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] 2002)

1.4.3 Diagnóstico de disponibilidad de nutrientes

Prado et al. (2012, como se citó en Pacheco-Sangerman et al., 2022) “indican que para conocer el estado nutricional de una planta existen técnicas de análisis foliar en donde se analizan todos los tejidos, en donde juntamente con un análisis de suelo es posible brindar una valoración al estado de las plantas”.

Para el caso de los análisis de suelo Pérez López (2013) “El análisis de suelo se presenta mediante un informe cualitativo y cuantitativo que permite evaluar la fertilidad, el contenido de materia orgánica, el nivel de acidez o alcalinidad, así como la disponibilidad de micro y macronutrientes en la muestra analizada.”

1.4.4 Movilidad de nutrientes plantas – suelo

Para la movilidad de los nutrientes desde el suelo hacia la planta es un proceso dinámico que se realiza por etapas en donde de acuerdo a la necesidad y la disponibilidad del suelo, se realiza un intercambio de iones en el cual mediante una captación radicular es los nutrientes que sean necesarios para la nutrición, una vez que los nutrientes ingresan en la planta se producen procesos fisiológicos en donde los nutrientes se mezclan con las diferentes sustancias que se encuentran en la sabia que se dirige a todos los órganos de la planta. (Taiz y Zeiger 2007)

“Las plantas absorben nitrógeno y fósforo principalmente por las raíces. El nitrógeno no se incorpora en forma elemental, sino como nitrato (NO_3^-) y, en menor cantidad, como amonio (NH_4^+), mediante el proceso de nitrificación” (Besteiro y Descalzo, 2021).

En cuanto al fósforo, Navarro y Navarro (2013), como se citó en Besteiro y Descalzo, (2021) señalan que “las plantas absorben el fósforo principalmente en forma de ion ortofosfato,

especialmente como dihidrogenofosfato (H_2PO_4^-), el cual predomina en suelos con pH ácido y corresponde a una de las formas más disponibles de este nutriente para la absorción por las mismas.”

1.4.5 Deficiencias y excesos en Nitrógeno, Fósforo y Potasio

Para detectar una deficiencia de nutrientes se lo hace mediante la visualización d de síntomas los cuales su carencia se refleja de la siguiente manera:

1.4.5.1 Nitrógeno: Se visualizan hojas amarillentas y tienden a caerse, en el caso de las hojas nuevas suele reducir su tamaño y de coloración blanquecina.

1.4.5.2 Fósforo: Las hojas adquieren una coloración rojiza en el envés, pero su principal síntoma se ve reflejado en el tema de floración y fructificación.

1.4.5.3 Potasio: “Es posible observar necrosis en las hojas de color amarillento las cuales aparecen en forma de manchas, su principal síntoma se ve reflejado en una deficiencia a susceptibilidad a enfermedades”. (Eguez Enriquez et al., 2022). Cabe señalar que, aunque en la presente investigación se hace referencia a la fórmula NPK, no se considera el potasio como elemento de fertilización para *Juglans neotropica* Diels; por lo tanto, la presencia de necrosis o amarillamiento foliar se deba posiblemente a otras condiciones de suelo y nutrientes.

1.4.6 Interacción entre nutrientes

Las interacciones entre nutrientes son un factor muy importante tanto como para la salud y el crecimiento de las plantas, las cuales se las puede dividir en sinérgicas y antagónicas.

1.4.6.1 Sinérgicas: Se dan cuando mediante la combinación de dos nutrientes se produce un efecto favorable en las plantas.

1.4.6.2 **Antagónicas:** Se da cuando la combinación de nutrientes tiene como efecto un resultado no favorable en los procesos fisiológicos de las plantas. Taiz y Zeiger (2007)

1.4.7 ***Fertilizantes fosfatados y uso del fosfato diamónico (18-46-0)***

Entre los fertilizantes fosfatados más utilizados se encuentra el fosfato diamónico (DAP), cuya formulación corresponde a 18 % de nitrógeno (N) en forma amoniacal y 46 % de fósforo (P) disponible. Este fertilizante favorece la rápida disponibilidad de estos nutrientes en el suelo, lo que facilita su absorción por las plantas durante las primeras etapas de crecimiento. Como se señaló anteriormente este fertilizante no contiene potasio en su composición, ya que su formulación está orientada principalmente al suministro de nitrógeno y fósforo, nutrientes esenciales para el desarrollo inicial del sistema radicular y el crecimiento vegetativo de las plantas. El fosfato diamónico es uno de los fertilizantes fosfatados más utilizados en sistemas agrícolas y forestales debido a su alta concentración de fósforo y su elevada solubilidad en el suelo. Paucar et al., (2015) menciona que en la mayoría de las zonas del Ecuador se encuentra un alto contenido de potasio (K).

El fosfato diamónico (DAP, 18-46-0) se selecciona para corregir la baja disponibilidad de fósforo en suelos volcánicos, donde se fija fuertemente a óxidos de hierro y aluminio, formando compuestos insolubles que limitan su absorción por las plantas. “En este contexto, la aplicación de fertilizantes fosfatados favorece el desarrollo radicular y el establecimiento inicial de especies forestales como *Juglans neotropica* Diels mientras que la ausencia de potasio no representa una limitación en etapas tempranas del crecimiento” (Shen et al., 2011).

1.4.8 Métodos de aplicación de fertilizantes

“Los métodos de aplicación de fertilizantes varían según el tipo de cultivo, las condiciones del suelo y el tipo de fertilizante utilizado”. Según Silva y Rodríguez (2018), “los principales métodos incluyen la aplicación al voleo, donde el fertilizante se distribuye de manera uniforme sobre el terreno, y la aplicación localizada, que se realiza cerca de las raíces para una mayor eficiencia”. Por otro lado, Hernández y Gómez (2019) “resaltan la importancia de métodos modernos como la fertirrigación, que combina la fertilización con el riego, y la aplicación foliar, ideal para corregir deficiencias nutricionales de manera rápida durante el ciclo del cultivo”.

1.4.9 Dosificaciones y momento de aplicación

“El uso y la dosificación de fertilizantes son elementos cruciales para incrementar el rendimiento de las cosechas y reducir el impacto en el medio ambiente”. Según Pérez y López (2019), “es necesario modificar las dosis según las necesidades nutricionales particulares del cultivo, la fase fenológica y las condiciones del terreno”. (Torres y Ramírez 2021) “enfatan que el momento ideal de aplicación depende del nutriente; por ejemplo, se aconseja el nitrógeno en las primeras fases de crecimiento, mientras que el potasio y el fósforo resultan fundamentales durante la creación de frutas y semillas.”

Durante la etapa de crecimiento inicial es fundamental la aplicación de fertilizantes fosfatados (18-46-0) para una mejora radicular y de absorción de nutrientes.

1.4.10 Impacto ambiental de la fertilización NPK

Aunque la utilización de fertilizantes NPK es fundamental para incrementar la productividad agrícola y forestal, su uso inadecuado puede generar impactos ambientales significativos. De acuerdo con Hernández y Gómez (2019), el exceso de nitrógeno aplicado al suelo puede lixiviarse hacia cuerpos de agua, provocando procesos de eutrofización, además

se señala que también existe desplazamiento de las partículas de fósforo causada por procesos de erosión, a pesar de la baja movilidad que presenta este nutriente en el suelo. Por otra parte, Li et al. (2025) mencionan que una excesiva aplicación de fertilizantes con un alto contenido de nitrógeno aumenta la emisión de óxido nitroso (N₂O) por parte de las plantas, el cual actúa como un gas con efecto invernadero. Los autores afirman que las emisiones del compuesto químico pueden reducirse mediante el uso de nuevas tecnologías y adaptación de técnicas de fertilización sostenible

Para que las plántulas obtengan un correcto desarrollo es importante conocer la composición que presentan los diferentes tipos de fertilizante y asimismo el balance nutritivo que estos poseen. Las soluciones que contienen adecuadas cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) favorecen el crecimiento de raíces y contribuyen en procesos fisiológicos propios de la planta. Sonneveld y Voogt (2009) mencionan que el pH del suelo y la concentración de NPK de los fertilizantes son factores claves para la absorción de nutrientes ya que estos regulan la disponibilidad y movilidad de los minerales durante las fases de crecimiento de las plantas

1.5 Crecimiento y desarrollo

1.5.1 Etapas de crecimiento

El crecimiento de *Juglans neotropica* Diels se segmenta en diversas fases fenológicas, afectadas por elementos genéticos y del entorno. Estas fases comprenden la germinación de la semilla, la formación de las plántulas, el crecimiento vegetal (donde se da prioridad al desarrollo de tallos y hojas), la floración, fructificación y, por último, la madurez y el sueño (Péman García et al., 2012). Cada una de estas fases cumple con

necesidades particulares en términos de luz, temperatura, humedad y nutrientes. Por ejemplo, en la fase de crecimiento vegetal, la planta requiere más nitrógeno para el crecimiento de las hojas, mientras que, en la fase de fructificación, el fósforo y el potasio son más relevantes (McGranahan y Catlin, 1987).

1.5.2 Factores que afectan el crecimiento

La primera expansión de *Juglans neotropica* Diels. puede ser afectado por varios elementos, como la calidad del terreno, el clima y la presencia de nutrientes. De acuerdo con Torres (2021), “uno de los elementos cruciales que influye en este crecimiento es la textura del terreno, dado que un suelo adecuadamente drenado y con una capacidad de retención de agua adecuada promueve el desarrollo precoz de las plantas”. Además, la correcta fertilización y la gestión de la competencia de la maleza son esenciales para garantizar un óptimo crecimiento en las primeras fases de vida del árbol. Según esta investigación, la adecuada mezcla de estos elementos puede elevar considerablemente el ritmo de crecimiento en plantaciones tempranas de *Juglans neotropica* Diels.

1.5.3 Indicadores de crecimiento

1.5.3.1 **Altura:** La altura es uno de los criterios más empleados para medir el desarrollo de las especies de bosques, entre ellas *Juglans neotropica* Diels. Este criterio suele ser evaluado con la capacidad de la planta de crecer en forma vertical, muchas veces en búsqueda de luz para efectuar procesos fisiológicos compitiendo con especies cercanas. De acuerdo con Bonilla et al. (2014), los resultados obtenidos en cuanto a altura en etapas de crecimiento inicial son la respuesta a la adaptación de la especie a las condiciones del sitio de plantación. Entre los factores que influyen en la altura de la planta se encuentran las

condiciones que presenta el terreno, el agua disponible y el manejo aplicado a los individuos

1.5.3.2 Área basal: Otro indicador esencial en la valoración del crecimiento de *Juglans neotropica* Diels. es el área basal. y de otras especies de bosques, dado que muestra la cantidad de madera en una sección transversal del tronco a una altura específica, usualmente a 1,3 metros del suelo (altura del pecho). De acuerdo con McElhinny et al, (2005) el área basal ofrece una medición directa de la densidad de los árboles en una plantación y se encuentra vinculada con la productividad de los bosques. Este parámetro es crucial para valorar el progreso estructural de la planta, dado que a medida que aumenta la superficie basal, aumenta la habilidad de la planta para acumular biomasa.

1.5.3.3 Fitosanidad: La fitosanidad juega un papel vital en el progreso de las plantaciones de *Juglans neotropica* Diels., dado que la existencia de enfermedades y plagas puede impactar de manera considerable en su crecimiento y productividad. De acuerdo con Pérez et al. (2017), es crucial la evaluación fitosanitaria para detectar posibles amenazas que puedan perjudicar la salud de los árboles, tales como hongos, insectos y bacterias. La vigilancia continua de las condiciones fitosanitarias posibilita la puesta en marcha de acciones preventivas o correctivas, como la aplicación de tratamientos fitosanitarios apropiados o la optimización de las condiciones de gestión, con el fin de reducir los perjuicios. Una adecuada condición fitosanitaria promueve un desarrollo más robusto, mientras que una carencia en este aspecto puede obstaculizar el crecimiento y disminuir la calidad de la madera.

1.5.3.4 Sobrevivencia: El éxito de las plantaciones de *Juglans neotropica* Diels. se mide por la supervivencia de los árboles, pues demuestra la habilidad de las especies para ajustarse a

las condiciones ambientales y de gestión. De acuerdo con Wilson y Jacobs. (2006), las tasas de supervivencia se ven afectadas por elementos como la calidad del lugar, la competencia por recursos, el clima y las estrategias de gestión, tales como la regulación de plagas y enfermedades. La evaluación constante de la supervivencia en las plantaciones facilita la modificación de las estrategias de gestión y la mejora de las condiciones para los árboles jóvenes, asegurando un crecimiento sano y constante.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Tipo de investigación

Los tipos de investigación se clasifican en diferentes categorías en donde a partir del estudio realizado con diferentes dosis de fertilizante NPK aplicadas en una plantación de *Juglans neotropica* Diels, se desarrolló bajo un enfoque mixto, ya que se evaluaron variables cualitativas (estado fitosanitario) y cuantitativas (altura, área basal y supervivencia). Según su propósito o finalidad, fue una investigación aplicada, orientada a generar conocimientos útiles para mejorar el manejo y crecimiento de la especie. Por su alcance, fue explicativa, pues buscó comprender cómo las distintas dosis de NPK afectaron el crecimiento inicial de *Juglans neotropica* Diels. Se empleó un diseño experimental, que permitió manipular las variables y analizar sus efectos en los individuos de la plantación. En cuanto a su clasificación temporal, el estudio fue sincrónico, ya que las mediciones se realizaron durante un período de diez meses, efectuando seis tomas de datos con el fin de observar y analizar los cambios en el crecimiento a lo largo del tiempo. Finalmente, se trató de una investigación de campo, ejecutada in situ en el Campus Experimental La Favorita, Alluriquín, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. (Haro et al, 2024)

2.2 Ubicación del lugar

2.2.1 Política

El Campus Experimental La Favorita, perteneciente a la Universidad Técnica del Norte se encuentra ubicado en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas parroquia Alluriquín, en el sector Chiriboga.

2.2.2 Geografía del sitio investigación

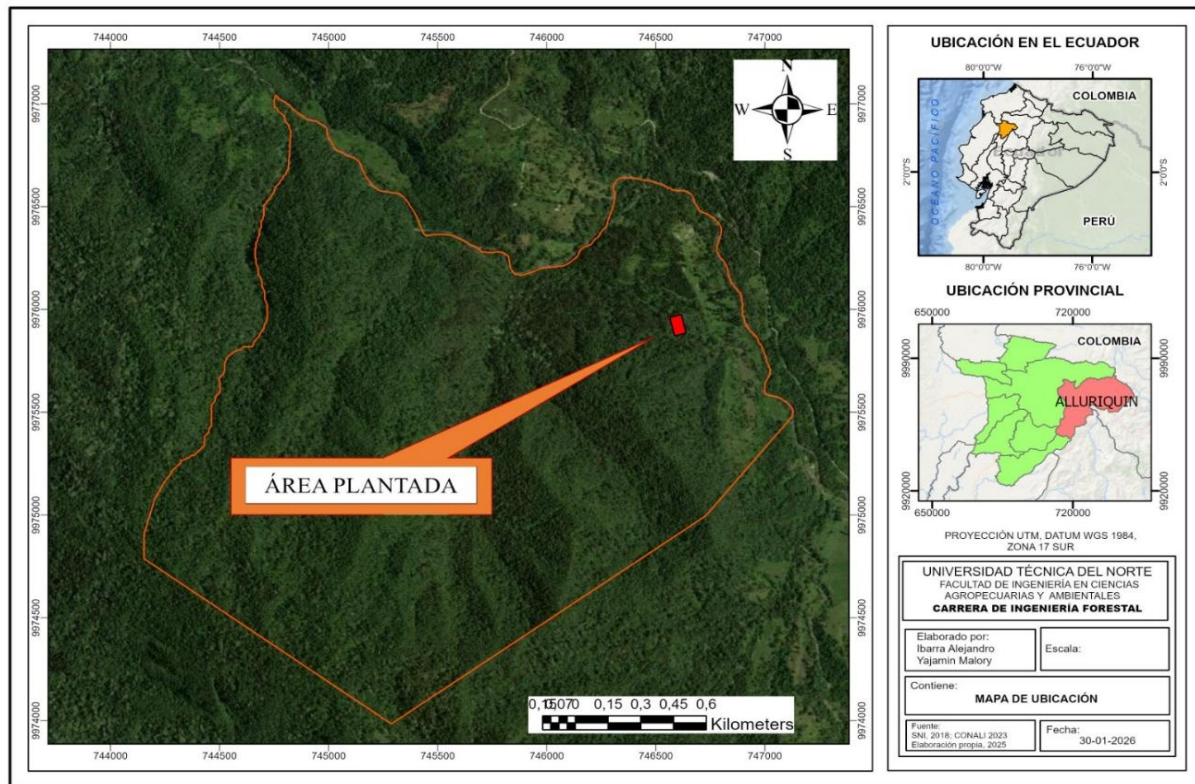
El Campus Experimental La Favorita con una extensión de 504 Ha, se encuentra en los puntos UTM 744000 – 747000 E, 9974000 – 9978000 S

2.2.3 Límites

Al Norte Río Saloya, al Sur terrenos baldíos, al Este con la quebrada las Peñas, al Oeste predio del señor Ernesto Descalzi. (Villota 2021)

Figura 1.

Ubicación del Campus Experimental La Favorita



2.3 Caracterización edafoclimática del lugar

2.3.1 *Suelo*

El suelo característico del Campus Experimental La Favorita se encuentra clasificado en textura como franco limoso de origen volcánico, “derivado de cenizas volcánicas vítreas” (Rosero y Cuamacás, 2005, como se cita en Villota, 2021). Presenta buena aireación, permeabilidad y capacidad de retención de humedad. Su pH de 5,76 lo ubica como ligeramente ácido, con baja salinidad (0,350 mS/cm). En cuanto a la fertilidad, muestra contenidos medios de nitrógeno y potasio, bajos en fósforo y altos en calcio y magnesio, características que reflejan un suelo moderadamente fértil y con adecuada disponibilidad de bases intercambiables.

2.3.2 *Clima*

El clima del sector de Alluriquín, en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, corresponde a una zona tropical húmeda, con una precipitación anual entre 2 500 y 3 000 mm y una temperatura promedio de 20 a 21 °C (Rosero y Cuamacas, 2005, como se cita en Villota, 2021). Presenta una humedad relativa elevada, entre 88 % y 92 %, y escasas variaciones térmicas a lo largo del año, condiciones que favorecen el desarrollo de especies forestales al mantener una alta disponibilidad de humedad y temperaturas estables.

2.4 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, equipos y software a emplear en la investigación.

Materiales de campo	Equipos	Software
Hoyadoras	Calibrador	Office 365
Palas	Balanza	Infostat (Versión académica)
Machete	GPS	UTM Geo Map
Fertilizante	Computadora	ArcGIS PRO10.8
Barra	Cámara fotográfica	
Azadones	Motosierra	
Piola		
Libreta de campo		
Carretilla		
Cinta métrica		

2.5 Métodos, técnicas e instrumentos

2.5.1 Diseño experimental

Se aplicó un diseño experimental en bloque al azar. En un área de 2075 m² se establecieron cuatro bloques (A, B, C, D) de 28,5 x 25 m, dentro de los que se ubican 16 unidades experimentales (Figura 1), cada unidad experimental está conformada por dos hileras de veinte plantas a una distancia de 3 * 2,5 metros.

- Factor de estudio

Dosis de fertilizante 18-46-0 NPK

- Niveles de estudio

Las diferentes dosis de fertilizante aplicado en la plantación de *Juglans neotropica* Diels se establecieron en base a un previo análisis de suelo, en donde mediante el cálculo de la necesidad nutricional de la planta se demostró que la dosis más apropiada es la de 100 gramos por planta y de este modo se aplicó una dosis con mayor y otra de menor cantidad para el análisis de los niveles.

Dosis 1: 0 gramos por planta

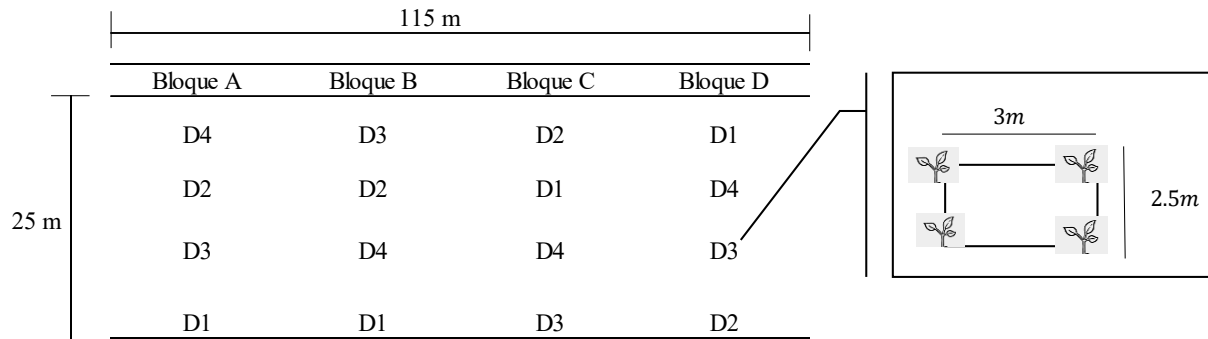
Dosis 2: 50 gramos por planta

Dosis 3: 100 gramos por planta

Dosis 4: 150 gramos por planta

Figura 2.

Distribución de los tratamientos y bloques en la plantación



Ante la presencia de un factor de bloqueo en el sitio seleccionado para realizar la presente investigación, la pendiente es la principal causa para la selección del presente diseño experimental, mediante la distribución de los tratamientos en bloques al azar se consigue homogenizar las unidades experimentales para que sean lo más similares posible, reduciendo la variabilidad dentro de los bloques destinados para la plantación de *Juglans neotropica* Diels.

- Modelo estadístico del experimento

Se define una nueva fuente de variación debido a bloques presentado en la ecuación (1)

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

Y_{ij} : Observación individual

μ : Media común

τ_i : Efecto de tratamiento

β_j : Efecto de bloque

ϵ_{ij} : Error experimental

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

Tabla 2.

Matriz para recolección de datos

Repetición	Unidad Experimental	Individuo	Altura total (cm)	Área basal (cm ²)	Estado fitosanitario	Mortalidad
x	x	Planta x				
x	x	Planta x				
x	x	Planta x				
x	x	Planta x				
x	x	Planta x				
x	x	Planta x				
x	x	Planta x				

Tratamiento	x	X	Planta x
X	x	x	Planta x
	x	x	Planta x
	x	x	Planta x
	x	x	Planta x
	x	x	Planta x
	x	x	Planta x

2.6 Instalación del experimento

2.6.1 Selección y traslado

Dentro del vivero del campus experimental Yuyucocha se aplicó una selección masal de los individuos que presenten las mejores características fenológicas como altura total, presencia de hojas jóvenes, buen diámetro basal y en buen estado fitosanitario. Para después ser trasladadas al campus experimental La Favorita en donde entraron a un periodo de aclimatación.

2.6.2 Selección del sitio y establecimiento del experimento

Se realizó un recorrido por las áreas destinadas para realizar plantaciones en el campus La Favorita, seleccionándose aquella que presentaba las mejores condiciones para el establecimiento del experimento. Posteriormente, se implementó un diseño experimental en bloques al azar, seleccionado para evaluar al factor de bloqueo y por permitir controlar la variabilidad causada por las pendientes presentes en el sitio destinado a la plantación de *Juglans neotropica* Diels. Se estableció un distanciamiento de 2 metros entre bloques, mientras que las plantas se dispusieron con un espaciado de $3 \times 2,5$ metros

2.6.3 Fertilización y plantación

Se realizó un análisis de suelo con el propósito de identificar el estado nutricional del área destinada a la plantación. El análisis permitió relacionar las características del suelo con los requerimientos nutricionales de la especie, facilitando así la selección del fertilizante más

adecuado. Seguidamente, se realizó una limpieza del lugar seleccionado para la instalación del experimento, mediante el uso de herramientas como azadones, motosierras y machetes. Se realizó un hoyado con una profundidad de 40 cm donde se aplican las distintas dosis de fertilizante de acuerdo al diseño experimental aplicado

Durante la fase de plantación, se retiró la funda de cada plántula, evitando dañar las raíces de las plántulas. A continuación, se ubicó la plántula en el centro del hoyo, asegurando que el cuello de la raíz quedara al nivel del suelo. Luego, se relleno el hoyo con sustrato, compactándolo ligeramente para garantizar un buen contacto con las raíces. Finalmente, se colocaron balizas junto a cada planta, las cuales facilitaron la posterior recolección de datos de altura.

2.6.4 *Recolección de datos*

Las variables fueron evaluadas durante un período de diez meses, efectuando seis tomas de datos. La altura de las plantas se midió con una cinta métrica, desde la base del tallo hasta el ápice. El diámetro del tallo se registró a los 2 cm desde la superficie del suelo, haciendo uso de un calibre. A partir de los datos de diámetro se calculó el área basal mediante la fórmula correspondiente.

Para determinar el estado fitosanitario, se realizó una evaluación visual de cada planta, con el fin de observar posibles síntomas de plagas y enfermedades. Finalmente, la supervivencia se evaluó mediante el conteo total de plantas vivas y muertas correspondientes a cada tratamiento en estudio.

2.7 Variables de estudio

Objetivo 1:

- **Altura total de la planta (m)**

Con un flexómetro graduado en milímetros se tomó la altura desde la superficie del suelo hasta el ápice de la planta y la medición se realizó de manera bimestral

- **Diámetro del tallo (cm)**

La medición del diámetro del tallo se efectuó utilizando un calibrador graduado en milímetros, tomando la lectura a 2 cm sobre la superficie del suelo. El registro de datos se realizó de forma bimestral

- **Área basal (cm)**

Se obtiene mediante el uso de la ecuación (2) con los datos tomados del diámetro del tallo

$$AB = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2)$$

(Lozano Botache y Bonilla 2022)

AB: Área basal

d: Diámetro a 10 cm de altura en cm

π : Valor constante (3,1416)

- **Estado fitosanitario de las plantas**

La evaluación del estado fitosanitario de las plantas se realizó mediante la aplicación de la metodología descrita por Samaniego et al. (2015), presentada en la Tabla 3.

Tabla 3.

Valoración fitosanitaria para la evaluación del estado de las plantas

Valoración	Porcentaje (características fenotípicas)
4	100% sano: ápice y yemas axilares no presentan síntomas de enfermedad, causado por el ataque de hongos, insectos y/o deficiencias nutricionales
3	75% sano: ápice y yemas axilares presentan ligeros síntomas de enfermedad, causado por el ataque de hongos, insectos y/o deficiencias nutricionales
2	50% sano: La planta presenta un estado moderado de salud, con daños visibles en el ápice y las yemas
1	25% sano: ápice y yemas axilares presentan síntomas de enfermedad, causado por el ataque de hongos, insectos y/o deficiencias nutricionales

Fuente: Samaniego et al., (2015)

- Sobrevivencia

La evaluación se realizó mediante la contabilización de las plantas que aún presentaban signos de vida, aplicando la ecuación (3). Dicho registro se efectuó de manera bimestral

$$S(\%) = \frac{\text{Número de plantas muertas}}{\text{Número total de plantas plantadas}} * 100 \quad (3)$$

(Mendoza y Suárez 2013)

Objetivo 2:

2.8 Costos de establecimiento y manejo

Para determinar los costos de establecimiento y manejo durante los primeros diez meses de la plantación de *Juglans neotropica* Diels, se empleó la metodología adaptada por Hernández (2017), mediante la cual se registraron todas las actividades realizadas, desde la preparación del terreno hasta las labores de manejo durante el crecimiento de la plantación (Tabla 4)

Tabla 4

Actividades y maquinaria, equipos, herramientas e insumos para determinar los costos de establecimiento y manejo.

Actividad	Maquinaria, herramientas, equipos e insumos
Preparación del terreno	Moto guadaña
	Motosierra
	Palas tipo forestal
Delimitación	Aplicación UTM GeoMap
	Insumo
Hoyado	Azadones
	Barra
	Palas
Fertilización	Fertilizante químico 18-46-0 NPK
	Vasos medidores (Dosificadores)
	Palas
Plantación	Plántulas de <i>Juglans neotropica</i> Diels
	Carretilla
	Balizas
	Palas tipo forestal
Manejo de la plantación	Azadones
	Machete

2.9 Procedimiento y análisis de datos.

Para el análisis estadístico, se clasificaron dos variables cuantitativas, altura y área basal, en las cuales se realizó un ADEVA ($\alpha: 0,05$), una prueba de Tukey y gráficas de comparación de medias. Previamente, se comprobó la normalidad (Shapiro-Wilks; $\alpha: 0,05$). y la homocedasticidad (Levene; $\alpha: 0,05$) de los residuos del modelo usado. Si no se cumplen los supuestos, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis y, en caso de encontrar diferencias significativas, se realizó una prueba no paramétrica.

La prueba de Kruskal–Wallis se utiliza para comparar tres o más grupos independientes evaluados en un mismo momento. Mientras tanto, la prueba de Friedman se aplica cuando se analizan sujetos o muestras en diferentes momentos o condiciones, es decir, en datos relacionados o medidas repetidas. Para la variable cualitativa del estado fitosanitario, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, donde se categorizó numéricamente al grado de afectación de las plantas.

En caso de existir una alta mortalidad en las repeticiones, se utilizaron métodos estadísticos propios del diseño de bloques completamente al azar para completar los datos faltantes. Si no existe distribución normal de los datos, se realizó un proceso de normalización mediante la transformación de datos y, en caso de que no sea posible normalizarlos, no se puede realizar el análisis de varianza y se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis. Se evaluaron la presencia de valores atípicos, los cuales, si no son numerosos, pueden ser eliminados y tratados como datos faltantes. Si los datos atípicos representan una proporción significativa, se analizó si corresponden a errores sistemáticos o condiciones especiales; en este caso, se consideró su inclusión como casos separados o se redefinirán los modelos estadísticos para evitar sesgos.

CAPÍTULO III

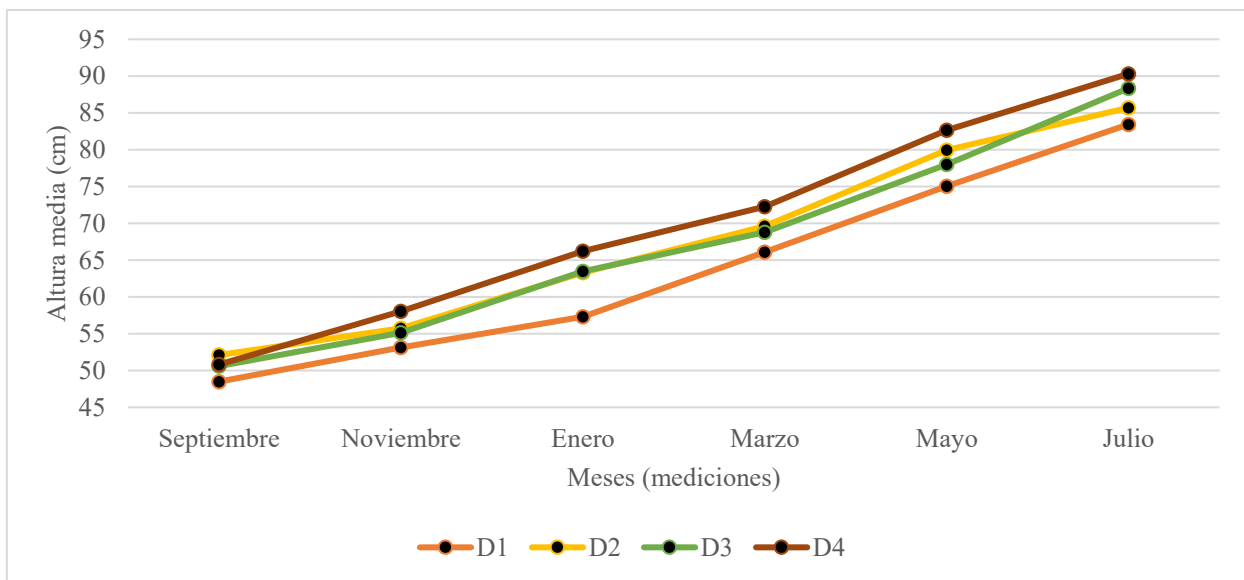
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Altura total de la planta

La evaluación de las medias de la altura total de las plantas de *Juglans neotropica* Diels mostró el desarrollo de la especie durante el período de medición (Figura 2). Si bien los valores obtenidos presentan una tendencia general, resulta evidente que el tratamiento D1 (0 g) presenta la media más baja. Por otra parte, el tratamiento D4 (150 g) registra la media más alta durante el período evaluado, estos resultados sugieren una respuesta positiva al incremento en la dosis aplicada, evidenciando una relación directa entre el tratamiento y el crecimiento en altura. (no hay diferencias significativas entre los tratamientos T2 y T3)

Figura 3.

Variación de la altura media de Juglans neotropica Diels. bajo diferentes dosis de fertilización.



Una vez realizado el análisis estadístico se explica que, al incrementar la dosis de nutrientes, se asegura un crecimiento más constante de las plantas; es decir, una mayor cantidad de fertilizante conduce a un desarrollo más robusto de la vegetación. Según Reyes et al. (2020), “los beneficios del uso de fertilizantes son ampliamente conocidos; sin embargo, su aplicación presenta limitaciones cuando se realiza en exceso o en condiciones de deficiencia”. En este contexto, se señala que una aplicación inapropiada de estos insumos puede ocasionar desbalances nutricionales, perjudicar la calidad del suelo y reducir la productividad.

En la presente investigación se evidenció que el tratamiento 4 de 150g fue el que presentó mayor promedio con 63,23 cm de altura total de la planta en el periodo estimado de medición de 10 meses, superando al tratamiento 1 en un 15,52%, lo que demostró que el aporte de fósforo mejoró el desarrollo inicial *Juglans neotropica*. Estos resultados concuerdan con lo registrado por Rosero (2015), quien en la Granja Experimental Tunshi – Riobamba, determinó que la aplicación de fertilizante incrementó significativamente la altura de la especie, siendo el tratamiento 2 de 100g la dosis óptima con un promedio de 42,51 cm. Sin embargo, la diferencia de dosis óptimas para el crecimiento en altura depende directamente del fertilizante y condiciones edáficas y climáticas del área determinada en la plantación

Mediavilla (2023), aplicando 10-30-10 en su investigación realizada en el Campus Experimental Yuyucocha reportó que el tratamiento f3-a2 tuvo el crecimiento más significativo en altura con un promedio de 39,68 cm, en tanto que en la presente investigación en el tratamiento D4 se obtuvo un valor de 70,08 cm, lo que significa que la diferencia entre ambas dosificaciones y la respuesta en altura varía sustancialmente de las condiciones edáficas, climáticas, humedad, nubosidad y precipitación del sitio de estudio.

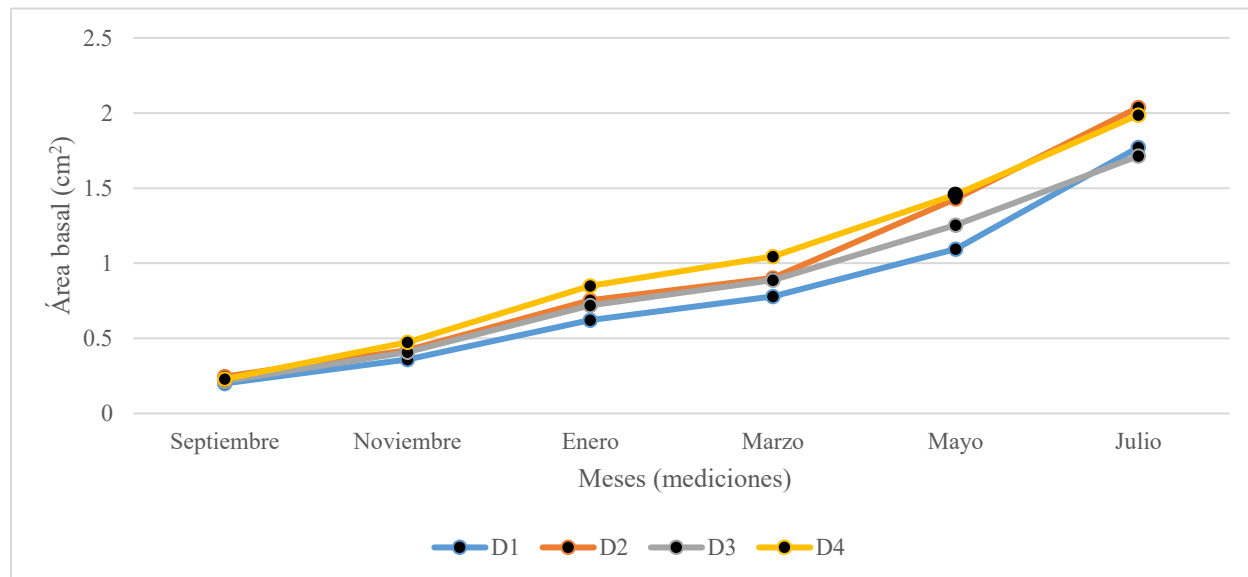
Morales (2026), en su investigación realizada en la zona de San Roque, provincia de Imbabura, evaluó 75 plantas de *Juglans neotropica* Diels empleando un diseño experimental completamente al azar, con cinco tratamientos y tres repeticiones. En dicho experimento, el tratamiento T2 (fertilizante inorgánico NPK 10-30-10 aplicando 400 g/planta) presentó el mejor efecto en cuanto a altura, alcanzando una media de 71,53 cm. Para la presente investigación incluyó 245 plantas adicionales en comparación al estudio citado. De igual manera, la dosis de fertilizante aplicada fue 2,7 veces mayor, lo que indica una diferencia de 8,3 cm en la altura promedio de las plantas. Las diferencias observadas pueden atribuirse a condiciones del sitio, tales como el rango altitudinal y las características edafoclimáticas, factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de la especie.

3.2 Área basal de la planta

El promedio del área basal (cm^2) para los tratamientos aplicados en la plantación de *Juglans neotropica* Diels, estuvo reflejado en mediciones durante un periodo estimado de 10 meses (Figura 4). El tratamiento que presenta un mejor efecto es el D4 (150g) que para el mes de julio que corresponde al último mes de medición alcanzo una media máxima de $1,98 \text{ cm}^2$, mientras tanto, el tratamiento en el cual se evidencia un menor efecto es el D1 (0g) el cual la media más alta obtenida es de $0,80 \text{ cm}^2$, en tanto se muestra que los tratamientos D2 y D3 mostraron valores más cercanos entre si

Figura 4.

Comportamiento del área basal en seis mediciones con diferentes tratamientos.



Nota. D1(dosis 1: 0g); D2 (dosis 2: 50g); D3(dosis 3: 100g); D4(dosis 4: 150g)

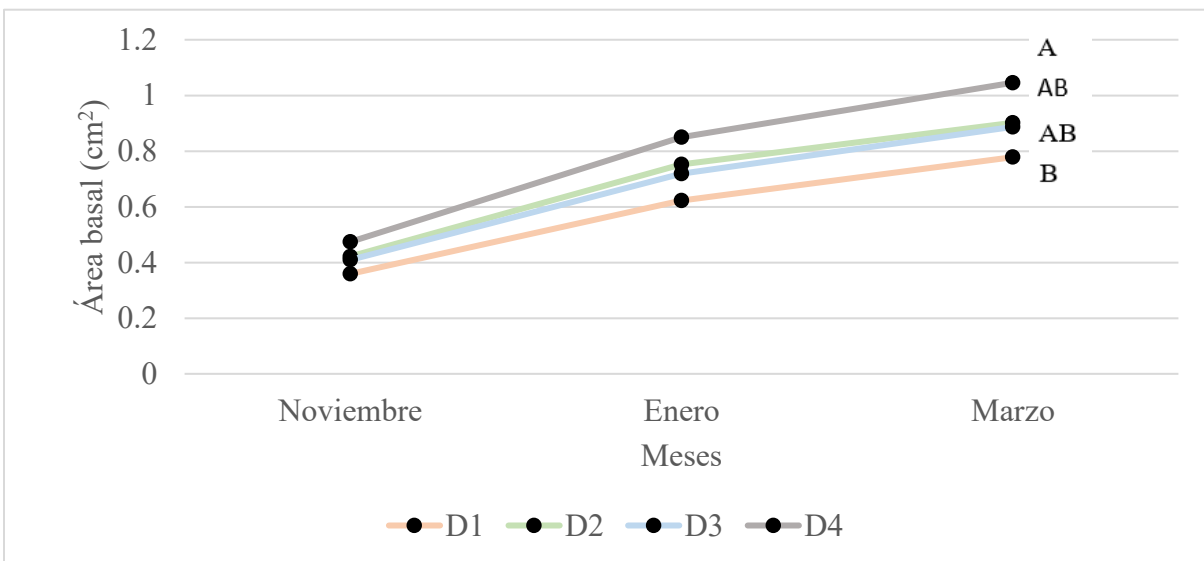
De acuerdo con los principios de la nutrición vegetal, la fertilización cumple un rol fundamental en el incremento del área basal de la planta durante la etapa inicial de crecimiento, ya que una correcta aplicación externa de nutrientes garantiza la disponibilidad de los minerales esenciales para los procesos fisiológicos responsables del engrosamiento del tallo; este engrosamiento se produce por la actividad del cambium vascular, meristemo encargado de la formación de nuevos tejidos conductores, principalmente xilema y floema, los cuales, como resultado de la fotosíntesis y de la elevada actividad metabólica, permiten la producción, transporte y acumulación de biomasa en el tallo, incrementando su diámetro y, por tanto, el área basal de la planta. Taiz et al., (2015)

La prueba de Tukey evidenció diferencias significativas entre las medias del área basal en los tres meses de medición (noviembre, enero y marzo). En este análisis, el tratamiento D1 (0 g) se ubicó en la categoría B, mientras que el tratamiento D4 (150 g) se clasificó en la categoría A.

Las diferencias observadas fueron de 0,11 cm² en noviembre, 0,23 cm² en enero y 0,27 cm² en marzo.

Figura 5.

Meses con diferencias significativas en el área basal entre tratamientos



Nota. D1(dosis 1: 0g); D2 (dosis 2: 50g), D3 (dosis 3: 100g) D4(dosis 4: 150g). Las letras (A, AB, B) indican los grupos homogéneos establecidos mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha = 0,05$). Los tratamientos que comparten al menos una letra no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí ($p > 0,05$), mientras que aquellos que no comparten letras difieren significativamente.

Los resultados obtenidos por Mediavilla (2023) evidencian que el tratamiento F3–A2, el cual combina la aplicación de fertilizante orgánico con un hoyado mejorado en dos fases, alcanzó la media más alta, con un diámetro basal de 12,43 mm, equivalente a un área basal de 1,21 cm². De manera similar, en la presente investigación se observó que el tratamiento D4 (150 g), correspondiente a la dosis más alta aplicada en el experimento, presentó los valores más elevados.. Ramos et al., (2020) en su investigación realizada en la granja Tunshi–ESPOCH, sobre el

mejoramiento genético de *Juglans neotropica* Diels menciona que, se aplicaron 100 g de fertilizante 10-30-10 (NPK) por planta. Los resultados mas relevantes encontrados en el periodo de medición de 10 meses, correspondieron al tratamiento de heredabilidad–procedencia, el cual registró un promedio de diámetro del tallo a la altura del cuello (DAC) de 0,311 cm, equivalente a un área basal de 0,075 cm². A diferencia que, en la presente investigación se evidenció que la dosificación de 150 g fue la que presentó el mayor efecto en el incremento del área basal.

Morales (2026) reportó que, en la evaluación del área basal de un grupo de 75 plantas de *Juglans neotropica* Diels, el tratamiento T2 (fertilizante inorgánico NPK 10-30-10 a una dosis de 400 g/planta) presentó el mejor desempeño, alcanzando un diámetro basal promedio de 17,29 mm, equivalente aproximadamente a 2,26 cm² de área basal. En contraste, en el sector de Chiriboga, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, el mayor valor de área basal se obtuvo en el tratamiento D4 (150 g), con una media de 1,98 cm². Estos resultados evidencian una diferencia de 0,28 cm² entre ambos sitios de estudio

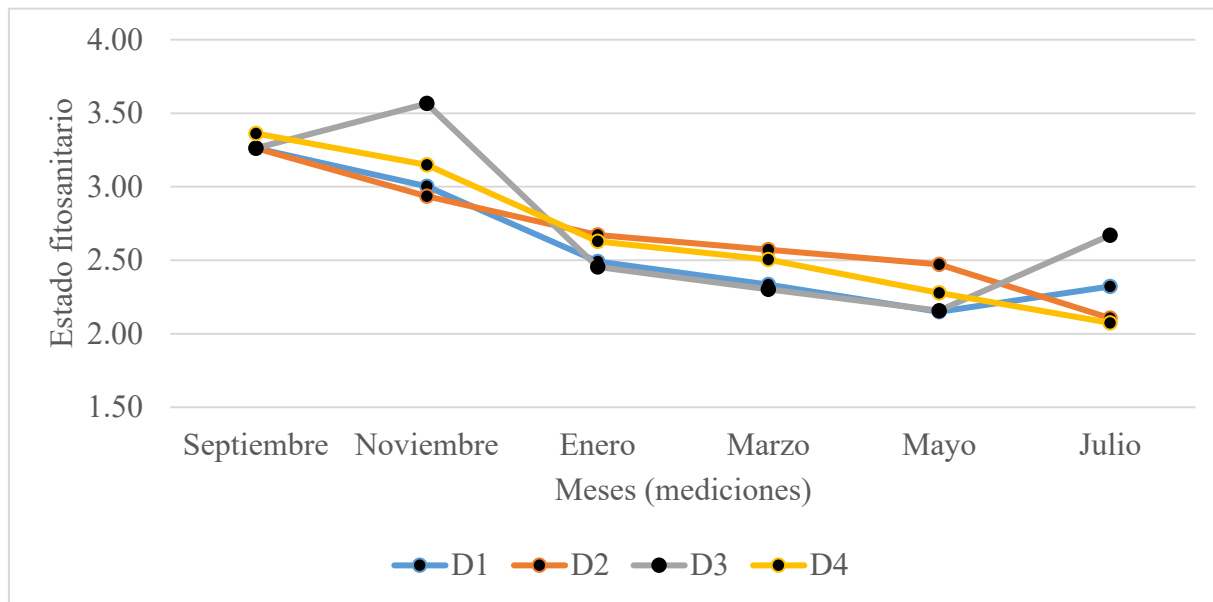
3.3 Estado Fitosanitario

Los resultados obtenidos sobre el estado fitosanitario de las plantas de *Juglans neotropica* Diels, analizados a partir de datos cualitativos categorizados y mediante la aplicación de la prueba estadística de Kruskal-Wallis (Anexo 2. Tablas), indican que no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, demostrando que el tratamiento D3 (100g) presentó mejores condiciones sanitarias en comparación con los demás tratamientos. (Figura 6).

En la investigación se observó que en individuos donde se presentaban síntomas de infestación por parte de *Gretchena garai* Miller mostraron la aparición de rebrotes saludables en los meses posteriores, atribuidos principalmente a los efectos de la fertilización nitrogenada y el efecto que esta tiene en la fisiología de la especie.

Figura 6.

Comparación del índice de estado fitosanitario en los diferentes tratamientos en los meses de medición



Nota. D1(dosis 1: 0g); D2 (dosis 2: 50g); D3(dosis 3: 100g); D4(dosis 4: 150g)

Una de las principales causas que afectan el estado fitosanitario en las plantas de *Juglans neotropica* Diels en Ecuador es la invasión de la polilla *Gretchena garai* Miller, perteneciente a la familia *Tortricidae*. Esta especie se alimenta directamente de los tejidos de las partes vegetativas, especialmente de los ápices de crecimiento y brotes jóvenes, que constituyen los principales puntos de desarrollo de la planta. Como consecuencia de este daño, se generan afectaciones estructurales y fisiológicas, manifestadas en pérdida de altura, interrupción del crecimiento apical, deformaciones morfológicas, como bifurcaciones y procesos de defoliación. (Ortega, 2007)

Mediavilla (2023) en la investigación realizada en el Campus Experimental Yuyucocha indica que 94 de 382 plantas estuvieron enfermas al final de la toma de datos, es decir, el 24,6% del total de individuos evaluados presentaron afectaciones por parte de *Gretchena garai* Miller,

resultados que acorde con los obtenidos en la presente investigación muestran que en el sector de Chiriboga perteneciente a la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas al último mes de evaluación muestra que 80 individuos que se encuentran dentro de la categoría 1 (25% enfermo) y la categoría 2 (50% enfermo) representando el 25% del total de plantas de *Juglans neotropica* Diels enfermas. En este sentido, se muestra una menor resistencia a plagas y enfermedades. (Samaniego et al. 2015).

En la presente investigación se evidenció que el grado de daño ocasionado por *Gretchena garai* Miller en plantaciones de *Juglans neotropica* Diels varió significativamente en función de las condiciones edafoclimáticas de los sitios evaluados, así como de la configuración estructural y el manejo silvicultural de las plantaciones. Estos resultados coinciden con lo reportado por Ortega (2007) en el sector de Peñaherrera, provincia de Imbabura, ubicado a 1 750 msnm, con una precipitación anual de 1 800 mm y una temperatura media de 17,5 °C. las condiciones detalladas en el estudio citado indican que en las zonas donde se determinó los mayores niveles de infestación registraron una alta precipitación y humedad, factores que favorecen el desarrollo, supervivencia y expansión poblacional de este lepidóptero

En comparación con estos resultados, el Campus Experimental La Favorita presenta una precipitación media anual de 3 000 mm y una temperatura promedio de 16 °C, con una altitud que va desde los 1 800 hasta los 2 300 msnm. La similitud de las condiciones climáticas y altitudinales con las reportadas en otros sitios infestados explica la presencia de un ambiente altamente favorable para el desarrollo de *Gretchena garai* Miller, considerada la principal plaga que afecta a *Juglans neotropica* Diels en el Ecuador (Palacios et al., 2017).

Estos resultados coinciden con otros estudios desarrollados en *Juglans neotropica*, donde la fitosanidad ha sido identificada como un componente crítico del manejo silvicultural de la

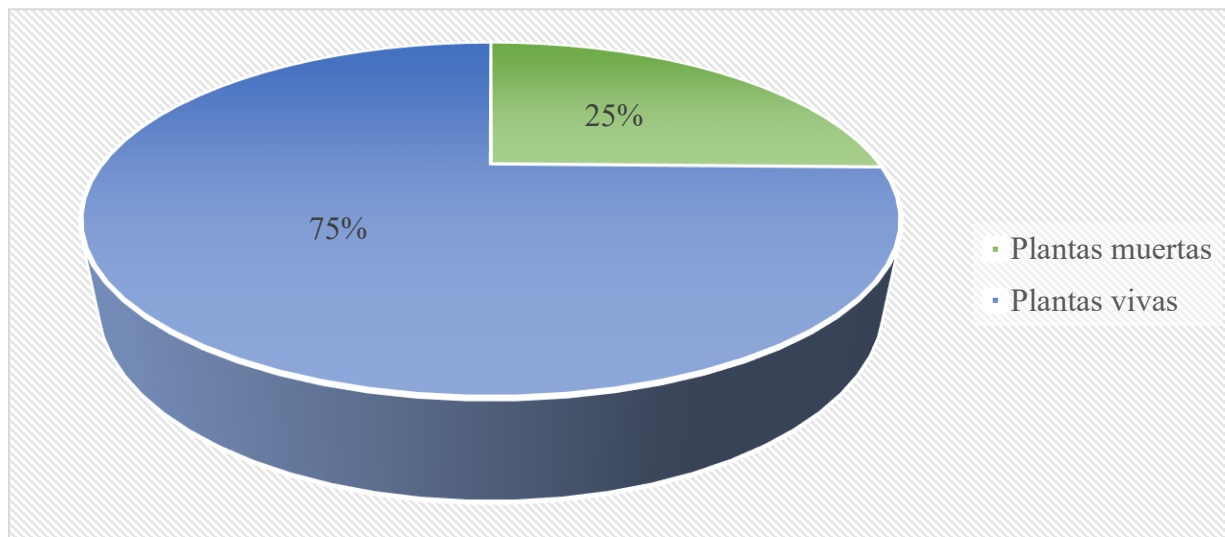
especie. Valverde Armijos et al. (2023) reportaron en el arbolado urbano de Ibarra que el 39,13 % de los ejemplares evaluados presentó una condición fitosanitaria mala, y recomendaron complementar el manejo con podas fitosanitarias, mantenimiento, fertilización y control sanitario. En consecuencia, los resultados del presente estudio refuerzan la necesidad de incorporar estrategias de manejo fitosanitario oportuno que acompañen cualquier intervención de fertilización en plantaciones jóvenes de nogal.

3.4 Sobrevivencia

Una vez concluida la etapa de medición, se registró una sobrevivencia del 75 % a partir de un total de 320 plantas, lo que equivale a 239 plantas vivas y mostrando una diferencia del 25% de plantas muertas (Figura 7)

Figura 7.

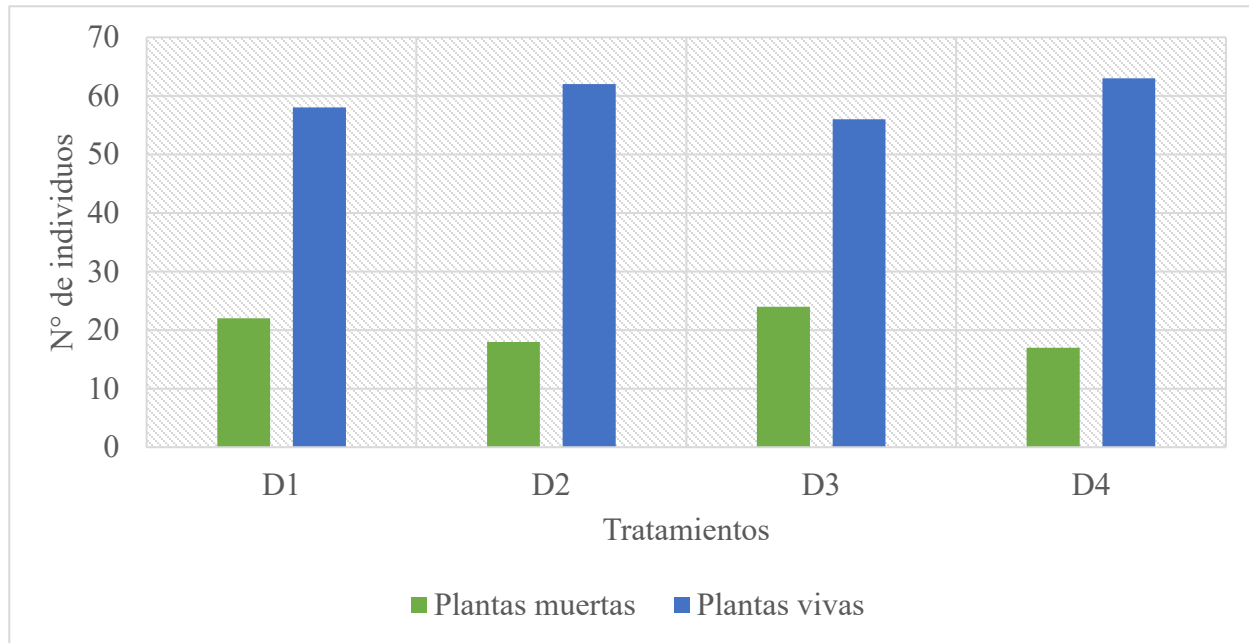
Porcentaje de sobrevivencia en las plantas evaluadas



El tratamiento D4 (150 g) presentó la mayor resistencia y adaptabilidad, evidenciada por 63 plantas vivas de las 80 plantadas inicialmente, lo que corresponde a una sobrevivencia del 78,7 %. (Figura 8)

Figura 8.

Sobrevivencia de plantas de Juglans neotropica Diels bajo diferentes dosis de tratamiento



Nota. D1(dosis 1: 0g); D2 (dosis 2: 50g); D3(dosis 3: 100g); D4(dosis 4: 150g)

La mortalidad en un cultivo de *Juglans neotropica* Diels durante los primeros meses suele estar asociada a la interacción de diversos factores ambientales, edáficos y de establecimiento. Entre las principales causas se encuentra el estrés hídrico, tanto por déficit como por exceso de agua, lo cual afecta negativamente el desarrollo del sistema radicular. Asimismo, la baja fertilidad del suelo o su compactación pueden limitar la absorción de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Otro factor relevante es la presencia de patógenos del suelo, especialmente hongos que provocan pudrición radicular. De igual manera, la limitada capacidad de adaptación de las plántulas al sitio de plantación, el uso de material vegetal de baja calidad, los daños ocasionados durante el proceso de siembra y la competencia con malezas pueden debilitar las plantas jóvenes, incrementando su

susceptibilidad y contribuyendo a una mayor tasa de mortalidad en la plantación (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2011).

En relación a la evaluación del parámetro de Supervivencia, los resultados tabulados revelan que el tratamiento sometido a la mayor carga de fertilización química (Tratamiento D4), presenta la mayor tasa de supervivencia, alcanzando un 78,7% sobre la superficie plantada. “Los datos registrados se consideran científicamente valiosos, desde el ámbito silvicultural, ya que múltiples manuales clásicos advierten consistentemente sobre el riesgo de toxicidad aguda por altas concentraciones de sales” según, Marschner, P. (2012). Lo que puede causar “plasmólisis osmótica y quemadura química del sistema radicular desnudo cuando se aplican dosis elevadas de fertilizantes sintéticos en plántulas recién trasplantadas a campo abierto”. Por lo que se considera que las plantas de *Juglans neotropica* Diels se beneficiaron notablemente.

Los resultados obtenidos en la presente investigación difieren de los reportados por Fierro (2023), quien estableció una plantación de 160 individuos de *Juglans neotropica* Diels en la Estación Experimental Tunshi, provincia de Chimborazo, número que representa un 50 % menos de individuos en comparación con el presente estudio, el autor reporta que se registró una supervivencia del 97 % y una mortalidad del 3 %, atribuida principalmente a causas naturales y a daños por decapitamiento. Mientras tanto, en el sector de Chiriboga perteneciente a la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, la supervivencia fue menor, alcanzando el 75 % de plantas vivas de 320 individuos plantados inicialmente. Los resultados pueden variar posiblemente al número de plantas establecidas, lo cual genera dificultad al momento de realizar las actividades de manejo en las plantaciones. Se evidenció una reducción aproximada del 23 % en cuanto a individuos vivos, lo que sugiere que las condiciones de sitio pueden haber influido durante el ciclo de mediciones

En el Campus Experimental Yuyucocha Mediavilla (2023) en su investigación, implemento una plantación forestal de 384 individuos de *Juglans neotropica* Diels, donde la sobrevivencia fue del 99,4 %, mostrando que solo dos plantas murieron el periodo de mediciones establecido. Los tratamientos en los que se evidenciaron mortalidad de la especie correspondieron a la combinación de fertilizante químico más orgánico con hoyado tradicional (f3-a1) y fertilizante químico más orgánico con hoyado mejorado (f3-a2). En la investigación desarrollada en la provincia de Imbabura, el número de individuos fue mayor al presente estudio con 64 plantas que representa un incremento del 16,66%.

La diferencia registrada en la sobrevivencia entre ambos sitios fue del 24,8 %, siendo los tratamientos D3 (100g) y D1 (0g) aquellos en los que se evidenció la mayor mortalidad de individuos en la plantación establecida en el Campus Experimental La Favorita

3.5 Costos mano de obra

La instalación de la plantación de *Juglans neotrópica* Diels en el Campus Experimental La Favorita implicó diversos gastos, entre los cuales el más relevante fue el costo de la mano de obra requerida para realizar las actividades necesarias que aseguran el adecuado desarrollo del experimento. (Tabla 5), y con base en el cálculo de salarios, se evidencia que las labores de preparación del suelo, plantación y manejo concentran la mayor proporción del gasto total, con un monto de 602 USD, equivalente al 90 % del costo total. (Figura 9)

La mano de obra directa se define como aquella que se relaciona de manera inmediata con el producto o trabajo final y se caracteriza por el uso de la fuerza laboral humana, según lo señalado por Correa et al. (2018). Este tipo de mano de obra constituye un componente esencial de los costos de producción, dado que su participación incide directamente en la calidad, el tiempo de ejecución y la eficiencia de las actividades desarrolladas.

Mediavilla (2023) en su ensayo con *Juglans neotropica* Diels estableció una zona de plantación forestal en una superficie de 2 592 m², donde los costos de mano de obra fueron de 331,40 USD, representando el 55,04 % del costo total. En el Campus Experimental La Favorita, el ensayo se realizó en un área de 2 025 m², alcanzando un costo de mano de obra de 602 USD, equivalente al 90 % del costo total. La diferencia observada se relaciona debido a la actualización anual del salario básico unificado y al incremento en los costos operativos.

3.6 Costos materiales e insumos

Para la ejecución del estudio fue indispensable el uso de herramientas e insumos, los cuales constituyen elementos complementarios a la mano de obra para el desarrollo del experimento (Tabla 5). El costo total de estos componentes asciende a 70,15 USD, lo que representa el 10 % del costo total de establecimiento. (Figura 9)

Las herramientas e insumos adquieren relevancia dentro del proceso investigativo, ya que actúan como medios físicos que permiten establecer, recopilar, medir y organizar la información necesaria para el correcto desarrollo de la investigación. La elección de los instrumentos es clave para la obtención de datos certeros y confiables los cuales posteriormente definirán la importancia de los resultados, asimismo el correcto manejo de todos los recursos disponibles permite una mejora notable en cuanto a ahorro de tiempo y dinero (Hernández et al., 2014).

Los valores reportados por Mediavilla (2023), correspondiente a herramientas e insumos utilizados en el establecimiento de una plantación de *Juglans neotropica* Diels. en el Campus Experimental Yuyucocha donde los costos registrados fueron de 144,80 representando el 30,40% del total del costo del experimento en una extensión de 2592 m², mientras tanto para la plantación realizada en el campus Experimental La Favorita el costo materiales e insumos represento el 10, 43% de un total de 672,15 USD en una extensión menor en relación con la investigación de la provincia de Imbabura. En este sentido se demuestra que entre los dos experimentos existe una diferencia del 19,97%.

Tabla 5

Costo estimado por unidad y valor total de las actividades de establecimiento para una plantación forestal.

Nº	Actividad	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	Establecimiento de la plantación				
1	Insumos				
1	Abono químico	kg	24	24	21,15
			Subtotal		21,15
1	Herramientas				
1	Piola		2	1,50	3
2	Azadón		2	4	8
1	Hoyadora		1	19	19
4	Cinta métrica		1	4	4
5	Calibrador		1	15	15
			Subtotal		49
2	Preparación del terreno				
1	Limpieza	Jornal	6	21,50	129
2	Apertura de camino	Jornal	1	21,50	21,50
3	Apertura de hoyos	Jornal	2	21,50	43
			Subtotal		193,5
1	Plantación				

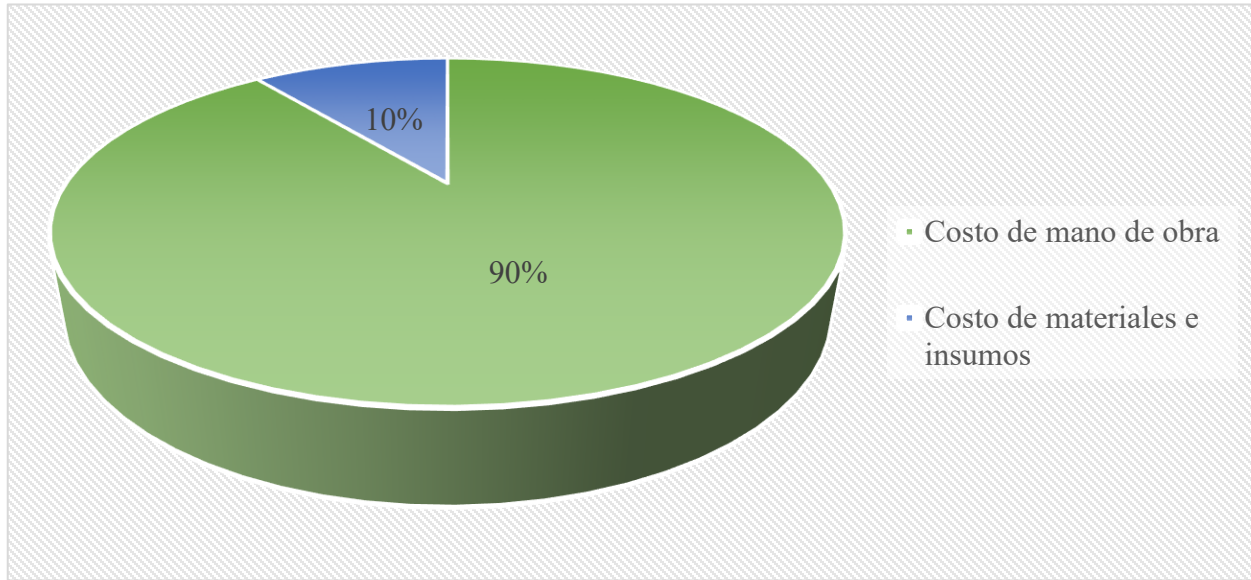
1	Transporte (caballo)	Viajes	4	3,75	15
2	Distribución de las plantas	Jornal	1	21,50	21,50
3	Fertilización y plantación	Jornal	2	21,50	43
4	Balizado	Jornal	2	21,50	43
Subtotal					122,5
3	Manejo de plantación				
1	Limpieza	Jornal	4	21,50	86
Subtotal					86
4	Otros gastos				
1	Viajes		5	40	200
Subtotal					200
TOTAL					672,15

Nota. Los costos presentados son estimados y se encuentran expresados en dólares estadounidenses (USD), no incluye el costo de adquisición de las plántulas. Además, el calculo de los jornales se encuentran realizados en cuanto a la tabla salarial del año 2025.

La inclusión del componente económico dentro de investigaciones forestales resulta fundamental para valorar la viabilidad técnica y financiera de las intervenciones silviculturales. En esta línea, Carvajal Benavides et al. (2023) reportaron, para un modelo agroforestal tradicional en Ibarra, indicadores financieros positivos expresados en un valor actual neto de USD 24.337,88, una tasa interna de retorno del 43,1 % y una relación beneficio-costos de 2,83. Aunque el presente estudio corresponde a una plantación forestal en etapa inicial y no a un sistema agroforestal consolidado, estos antecedentes permiten sostener que la evaluación económica constituye un criterio indispensable para proyectar la sostenibilidad y escalabilidad de las inversiones forestales.

Figura 9.

Proporción de costos de mano de obra vs. materiales e insumos.



CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Bajo las condiciones edafoclimáticas del Campus Experimental La Favorita y en un suelo franco limoso de origen volcánico con baja disponibilidad de fósforo, la dosis D4 (150 g planta de fosfato diamónico 18-46-0) presentó la respuesta más favorable en el crecimiento inicial de *Juglans neotropica* Diels. Este tratamiento alcanzó los mayores valores de altura total y área basal al final del período de evaluación, con 63,23 cm y 1,98 cm², respectivamente, lo que confirma que el suministro de fósforo fue determinante durante la fase de establecimiento.
- El estado fitosanitario no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, por lo que la fertilización fosfatada no modificó de forma directa la incidencia del daño observado en campo. La afectación registrada estuvo asociada principalmente al ataque de *Gretchena garai* Miller, favorecido por la alta humedad y precipitación del sitio, lo que demuestra que el desempeño inicial de la plantación no depende únicamente del manejo nutricional, sino también de la presión biótica y de las condiciones ambientales locales.
- La sobrevivencia general de la plantación fue de 75 %, valor aceptable para una fase inicial de establecimiento en una especie nativa de crecimiento relativamente sensible a las condiciones del sitio. Aunque no se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos, la dosis D4 registró la mayor sobrevivencia (78,7 %), lo que sugiere que una nutrición fosfatada adecuada contribuye a mejorar el vigor de las plantas, aun cuando este efecto puede verse limitado por factores fitosanitarios y microambientales.

- La sobrevivencia general de la plantación fue de 75 %, valor aceptable para una fase inicial de establecimiento en una especie nativa de crecimiento relativamente sensible a las condiciones del sitio. Aunque no se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos, la dosis D4 registró la mayor sobrevivencia (78,7 %), lo que sugiere que una nutrición fosfatada adecuada contribuye a mejorar el vigor de las plantas, aun cuando este efecto puede verse limitado por factores fitosanitarios y microambientales

Recomendaciones

- Se recomienda el uso de la dosis de 150 gramos de fosfato diamónico (18-46-0 NPK) de forma basal o incorporada al sustrato en el momento del establecimiento de la plantación, enfocando esta recomendación a suelos andinos de origen volcánico, que retienen mucho fósforo, y a zonas con más de 2000 mm de lluvia al año, para evitar problemas de salinidad.
- Se debe complementar la fertilización con un programa de manejo fitosanitario preventivo y correctivo desde los primeros meses de plantación, con énfasis en el monitoreo periódico de brotes y ápices, el registro de incidencia y severidad del daño, y la ejecución oportuna de medidas de manejo frente a *Gretchena garai* Miller, debido a que la respuesta nutricional de la especie puede verse limitada por esta plaga bajo condiciones de alta humedad.
- Para mejorar la sobrevivencia y la eficiencia del fertilizante aplicado, se recomienda fortalecer las labores silviculturales de mantenimiento, especialmente el control de vegetación competidora, la reposición temprana de fallas, la conservación de la estructura del suelo alrededor de la planta y el seguimiento periódico del vigor de los individuos durante el primer año de establecimiento.

- En futuras investigaciones se recomienda evaluar fuentes fertilizantes completas que incluyan potasio y micronutrientes, así como establecer ensayos factoriales que integren nutrición, manejo fitosanitario y condiciones de sitio, con períodos de seguimiento superiores a doce meses, a fin de determinar si la respuesta observada en altura, área basal y sobrevivencia se mantiene en fases posteriores del crecimiento.
- Asimismo, es pertinente desarrollar evaluaciones económicas a escala operativa que permitan comparar el costo real de establecimiento por hectárea, la eficiencia del uso de mano de obra y la relación entre inversión y desempeño silvicultural, con el fin de generar recomendaciones aplicables a programas de restauración, reforestación y plantaciones forestales con especies nativas de valor maderable.

Referencias Bibliográficas

- Arcos Unigarro, C. R., Ramírez López, J. L., Rosales Enríquez, O. A., & Eraso Terán, Ó. H. (2025). Análisis de los incendios forestales: Áreas impactadas en Imbabura (2013–2022), causas, consecuencias y estrategias de mitigación. Universidad Técnica del Norte. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/18144>
- Artaxo, P., De Almeida-Val, V. M. F., Bilbao, B., Brando, P. M., Bustamante, M., Coe, M. T., Correa, S. B., Cuesta, F., Costa, M. H., Miralles-Wilhem, F., Salinas, N., Silvério, D. V., & Val, A. L. (2021). Capítulo 23: Impactos de la deforestación y el cambio climático sobre la biodiversidad, los procesos ecológicos y la adaptación ambiental. En *Panel de Ciencia por la Amazonía Informe de evaluación de Amazonía 2021*. <https://doi.org/10.55161/snto3592>
- Barreto, G., & Herrera, J. D. (1990). *Juglans neotropica*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura–Instituto de Recursos Naturales Renovables y del Ambiente–Plan de Acción Forestal para Colombia (Serie N° 40). <https://www.guao.org/sites/default/files/biblioteca/Juglans%20Neotr%C3%B3pica.pdf>
- Becquey, J. (1997). Les noyers à bois (Walnut for wood production). *Institut pour le Développement Forestier (IDF), Paris (In French)*. https://ifc.cnpf.fr/sites/socle/files/cnpf-old/498036_fiche34_noyer_ok_1.pdf
- Besteiro, S.I., & Descalzo, A.I.B.. (2021). Contenidos de nitrógeno y fósforo del suelo ante un cambio de cobertura y condición topográfica. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 47(2), 285-292. Epub 11 de agosto de 2021. Recuperado en 18 de marzo

de 2026, de https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142021000200285&lng=es&tlng=es.

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>

Carvajal Benavides, J. G., Paredes Rodríguez, H. O., Rosales Enríquez, O. A., Mugmal Farinango, Y. C., Layana Bajaña, E. M., & Varela Molina, E. M. (2023). *Análisis de rentabilidad de un modelo agroforestal tradicional, en la comunidad Quichua El Manzanal, Ibarra - Ecuador. Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(7), 238–253. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i7.934>

Carvajal Benavides, J. G., Sono Toledo, D. D., Arcos Unigarro, C. R., Basantes Vizcaíno, T. F., Paredes Rodríguez, H. O., & Varela Jácome, G. D. (2023). *Caracterización de las propiedades organoléptica y anatómica de Juglans neotropica Diels (nogal) en la provincia de Imbabura. Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(6), 647–659. <https://doi.org/10.59169/PENTACIENCIAS.V5I6.883>

Carvajal Benavides, J. G., Sono Toledo, D. D., López Narváez, A. L., Layana Bajaña, E. M., & Chagna Avila, E. J. (2023). *Evaluación y análisis del factor de forma de Juglans Neotropica Diels en el predio de Yuyucocha, cantón Ibarra. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.6117

Correa-Mejía, D. A., Martínez-Molina, L. Y., Ruiz-Criollo, M. C., & Yepes-Montoya, M. A. (2018). Los indicadores de costos: una herramienta para gestionar la generación de valor

- en las empresas industriales colombianas. *Estudios gerenciales*, 34(147), 190-199.
<https://doi.org/10.18046/j.estger.2018.147.2643>
- Eguez Enriquez, E., León Rodríguez, L., Pacheco Barrera, L., & Looor Cedeño, J. (2022). Deficiencia nutricional de macronutrientes en plantas de pimiento (*capsicum annum* linneo) cultivadas en solución nutritiva. *Revista De Investigación Talentos*, 9(1), 69-82.
<https://doi.org/10.33789/talentos.9.1.162>
- Estrada, W. (1997) Manual para la producción de Nogal. CORMADERA, OIMT. Obtenido de
<http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/Other%20Publications/op-14%20s%20nogal.pdf>
- Fanghua Niu, Donglin Zhang, Zhihui Li, Marc W. Van Iersel, Peter Alem. (2015). Morphological response of eucalypts seedlings to phosphorus supply through hydroponic system, *Scientia Horticulturae*. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.029>
- FAO, I. (2002). *Los fertilizantes y su uso: una guía de bolsillo para los oficiales de extensión*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/d81ae4cf-54e9-421d-8bac-d36719b2eaf0/content>
- FAO. (2011). *Manual de establecimiento y manejo de plantaciones forestales*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
<https://share.google/2tQ8JQw3F4frbCSH8>
- Fierro Ricaurte, M. (2023) *CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA DE FAMILIAS DE Juglans neotropica* Diels RECOLECTADAS EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA. [Tesis de

grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo] DSpace

<https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/21220>

Fonseca Cevallos, D. F., Potosí Díaz, E. F., Sono Toledo, D. D., Carvajal Benavides, J. G., Varela Molina, E. M., & Garzón Flores, B. H. (2023). *Análisis de tratamientos pregerminativos químicos en semillas de Juglans Neotropica Diels de procedencia de San Blas, cantón Urcuquí, Imbabura-Ecuador. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4).

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7571

García, J.C. (2002) Estudio ecológico, silvícola y de utilización del nogal (*Juglans olanchana* Standl. & L.O. Williams) en bosque latifoliados de Honduras. Trabajo de grado [ZAMORANO]. Obtenido de

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/5eb0d31a-5226-47f3-bfc5-d29b07a55094/content>

García, R., Machado, L., Piñón, D., Gómez, A., & Ventura, M. (2015). Diagnóstico fitosanitario y recomendaciones de manejo agroecológico de plagas en comunas de las provincias de Guayas y Santa Elena. *Cumbres*, 1(1), 17 - 22. <https://doi.org/10.48190/cumbres.v1n1a2>

Gómez Ulloa, I.; Mero Velasco, K. (2021). Aplicación compuesta de abono orgánico y fertilizantes para reducir costos de producción en los cultivos de arroz de la provincia del Guayas [Tesis de Grado]. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.

<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/53188>

Gómez, M. L., Toro, J. L., & Piedrahita, E. (2013). *Propagación y conservación de especies arbóreas nativas*. Medellín, Colombia: Corporación Autónoma Regional del Centro de

Antioquia-CORANTIOQUIA. Obtenido de <https://www.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/Arboreas-Nativas.pdf>

Haro Sarango, A. F., Chisag Pallmay, E. R., Ruiz Sarzosa, J. P., & Caicedo Pozo, J. E. (2024).

Tipos y clasificación de las investigaciones: Types and classification of investigations. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 5(2), 956 – 966. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.192>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. P. (2014). *Metodología de la investigación* (7.^a ed.). McGraw-Hill Education.

https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008&orden=0&info=open_link_libro

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

https://cutonala.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/contabilidad_de_costos_-_i6329.pdf

Hernández, J., & Gómez, P. (2019). "Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes." Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Recuperado de:

https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio%2F10221%2F27059%2F1%2FConsecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes

Li, T., Liu, Y., & Weersink, A. (2025). *Guiding policies for agricultural nitrous oxide emission reduction with behavioral insights and experimentation*. *npj Sustainable Agriculture*, 3, 31. <https://rdcu.be/e3lpp>

Lozano Botache, L. A. y Bonilla Vargas, J. L. 2022. Factor de forma para árboles del Bosque Seco Tropical (bs-T) en el norte del Departamento del Tolima – Colombia. *Temas Agrarios* 27(2): 344-353. <https://doi.org/10.21897/rta.v27i2.3136>

- Lozano, D., & Yaguana, C. (2021). Funcionalidad ecológica en plantaciones de eucalipto, en el Bosque Nacional Ipanema: ¿cuál es la importancia de las plantaciones forestales en la restauración de áreas degradadas? *Bosques Latitud Cero*, 11(2), 10-31. <https://doi.org/10.54753/blc.v11i2.1094>
- Marschner, H. (Ed.). (2011). *Nutrición mineral de las plantas superiores de Marschner*. Academic Press.
- McElhinny, C., Gibbons, P., Brack, C., & Bausch, J. (2005). Forest and woodland stand structural complexity: Its definition and measurement. *Forest Ecology and Management*, 218(1–3), 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.08.034>
- McGranahan, G., & Catlin, P. B. (1987). *Juglans regia* and *Juglans nigra* rootstocks for walnut. Recuperado de: <https://www.cabdirect.org/cabreviews/19871800008>
- Mediavilla Mediavilla, J. S. (2023). *Crecimiento inicial de Juglans Neotropica Diels, con fertilización química y orgánica en el campus Yuyucocha* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14285>
- Mendoza Sánchez O, Suárez Montealegre S (2013). *Evaluación del comportamiento de Falso roble (Tabebuia rosea (Bertol.) DC.), Genízaro (Phitecellobium saman (Jacq.) Benth.) y Guanacaste negro (Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb.) en ensayo de germinación y sembrados en dos tipos de sustrato orgánico* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/1177/1/tnk10m539.pdf>

- MILLER, HG (1981). Fertilización forestal: algunos conceptos orientadores. *Forestry*, 54(2), 157–167. doi:10.1093/forestry/54.2.157. Obtenido de <https://academic.oup.com/forestry/articleabstract/54/2/157/522135?redirectedFrom=PDF&login=false>
- Morales Iturriagui, N. G. (2026). *Evaluación del efecto de la fertilización en plantación de Juglans neotropica, Diels en San Roque, Imbabura* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/18740>
- Oña Rocha, T. E., Saransig León, H., & Velarde Cruz, D. E. (2023). *Helechos de la estación experimental La Favorita*. Editorial UTN. Recuperado de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14327>
- Ortega Montenegro, 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 Digital Universidad Técnica del Norte. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/806>
- Pacheco-Sangerman, Fresia, Prado-Hernández, Víctor, Maldonado-Torres, Ranferi, & Robledo-Santoyo, Edmundo. (2022). Diagnóstico nutrimental del suelo y foliar en el cultivo de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(6), 1079-1090. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i6.2691>
- Palacios, B., Aguirre, Z., Pucha, D., Mozha, J., Armijos, C., Feijoo, C., Jumbo, J., & Rojas, A. (2017). Factor de forma y productividad de una plantación de *Juglans neotropica* Diels establecida en los predios de la Universidad Nacional de Loja. En *Memorias del I*

Congreso Internacional de Bosques y Agroforestería. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Paredes Rodríguez, H. O., Varela Jácome, G. D., Rosales Enríquez, O. A., Carvajal Benavides, J. G., & León-Espinoza, M. E. (2023). *Herbario universidad técnica del norte HUTN, un laboratorio para conocer la diversidad de especies forestales del Ecuador*. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 1167–1184. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6262

Paucar, B., Carpio, M. J., Alvarado Ochoa, S. P., Valverde, F., & Parra, R. (2015). Análisis de solubilizadores de fósforo en los suelos andisoles de Sierra Norte y Centro de Ecuador. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2501>

Pemán García, J., Navarro Cerrillo, R. M., Nicolás Peragón, J. L., Prada Sáez, M. A. y Serrada Hierro, R. (Coords.). (2012). *Producción y manejo de semillas y plantas forestales*. Tomo I. Madrid, España: Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. ISBN: 978-84-8014-837-5.

Pérez López, E., (2013). Análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de Química del Recinto de Grecia, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, XIV (29), 6-18. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/666/66629448001.pdf>

Pérez, A., Díaz, F., & Martínez, R. (2017). *Impacto de las enfermedades y plagas en la fitosanidad de las plantaciones de Juglans spp. y su influencia en el crecimiento inicial*. *Journal of Forest Protection*, 21(1), 87-98. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2017.01.002>

Pérez, J., & López, M. (2019). *"Optimización de la dosificación de fertilizantes en cultivos de trigo en suelos calizos."* *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 40(3), 231-240.

Recuperado de:

<https://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agri/article/view/39024>

Ramírez-López, J. L., Añazco, M., Vallejos, H., Arcos, C., & Estrada, K. (2025). Assessment of three provenances of *Juglans neotropica* Diels to identify optimal seed sources in the northern Ecuadorian Andes. *International Journal of Plant Biology*, 16(3), 87.

<https://doi.org/10.3390/ijpb16030087>

Ramos Veintimilla, RA., Murillo Gamboa, O. ., & Gallo, LA (2020). Potencial de mejoramiento genético en *Juglans neotropica* Diels, a los 10 meses de edad en Tunshi, Chimborazo/Potential of Genetic Improvement in *Juglans neotropica* Diels, a los 10 meses de edad en Tunshi, Chimborazo. *Ingeniería KnE* , 5 (2), 562–575.

<https://doi.org/10.18502/keg.v5i2.6278> .

Reyes Pozo, J. L., Herrero Echeverría, G., & León Sánchez, M. A. (30 de julio de 2020). Dosis y frecuencia de fertilizante mineral para el establecimiento de plantaciones de pinares en suelos ácidos. Obtenido de Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas:

<https://www.redalyc.org/journal/1932/193266151006/html/>

Rivai, R. R., Miyamoto, T., Awano, T., Takada, R., Tobimatsu, Y., Umezawa, T., & Kobayashi, M. (2021). La deficiencia de nitrógeno produce cambios en la composición de la pared celular de las plántulas de sorgo. *Scientific Reports*, 11, 23309.

<https://doi.org/10.1038/s41598-021-02570-y>

Rojas-Rodríguez, F., & Torres-Córdoba, G. (2012). Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción Nogal. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 5(13), pág. 69–71.

Recuperado a partir de <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/479>

- Rosero Herrera, E. O. (2015). *Estudio del Efecto de Fertilización en el establecimiento del cultivo de Nogal (Juglans neotropica Diels), en la Granja Experimental Tunshi*.
<https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/779>
- Rosero, B., y Cuamacas, D. (2005). *Propuesta del plan de manejo de los recursos naturales de 54 la estación experimental la Favorita* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
- Samaniego, C., Ordoñez, O. O., Prado, L., & Morocho, M. (2015). Fuentes semilleras y semillas forestales nativas de Loja y Cañar: participación social en el manejo. Loja: FOSEFOR.
<https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/15827>
- Shah, J. M., Bukhari, S. A. H., Zeng, J., Quan, X., Ali, E., Muhammad, N., & Zhang, G. (2017). Actividades enzimáticas relacionadas con el metabolismo del nitrógeno (N), ultraestructura celular y contenido de nutrientes afectados por el nivel de N y el genotipo de la cebada. *Revista de Agricultura Integrativa*, 16(1), 190–198.
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61308-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61308-9)
- Shen, J., Yuan, L., Zhang, J., Li, H., Bai, Z., Chen, X., ... & Zhang, F. (2011). Phosphorus dynamics: from soil to plant. *Plant physiology*, 156(3), 997-1005.
<https://doi.org/10.1104/pp.111.175232>
- Silva, L. R., & Rodríguez, J. (2018). "Evaluación de métodos de aplicación de fertilizantes en suelos agrícolas: Implicaciones para la sostenibilidad." *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 42(4), e0180347. Recuperado de:
<https://www.scielo.br/j/rbcsci/a/xmrr9H3BKwGGjhrnMz38V5/?lang=es>

Sonneveld, C., & Voogt, W. (2009). Plant nutrition of greenhouse crops. *Springer*.

<https://doi.org/10.1007/978-90-481-2532-6>

Taiz, L., & Zeiger, E. (2007). Fisiología vegetal (2a ed.). Editorial Universitaria. Obtenido de

<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FisiologiaVegetalVolumenII%20espanhol.pdf>

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates.

Torres Rojo, Juan Manuel. (2021). Factores ambientales y físicos que afectan la supervivencia de siete especies forestales en el Estado de México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 12(64), 66-91. Epub 21 de mayo de 2021. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i64.831>

Torres, B., Fischer, R., Vargas J.C. y Günter S. (Eds) 2020. Deforestación en paisajes forestales tropicales del Ecuador: bases científicas para perspectivas políticas. Universidad Estatal Amazónica - Instituto Johann Heinrich von Thünen. Puyo, Ecuador. Serie de publicaciones misceláneas del INABIO - Nro. 15. 172 pp.

https://inabio.biodiversidad.gob.ec/wp-content/uploads/2021/01/LAFORET_WEB.pdf

Torres, F., & Ramírez, S. (2021). "Estrategias de fertilización en cultivos hortícolas: Efectos del tiempo y la cantidad." *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(2), 305-318.

Recuperado de: <https://fertilizar.org.ar/wp-content/uploads/2015/09/11.pdf>

Undersander, D. (2019). Forage Plant Structure, Function, Nutrition, and Growth. *Horse pasture management*. <https://doi:10.1016/b978-0-12-812919-7.00001-9>

- Valverde Armijos, D. I., Carvajal Benavides, J. G., Valencia Valenzuela, X. G., Rosero Chamorro, E. G., & Flores Ruiz, J. A. (2023). *Rol de juglas neotropica diels en la silvicultura urbana en la parroquia San Francisco del cantón Ibarra, provincia Imbabura. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 2993–3017. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4637
- Villaseca C., Sergio (May/Jun-2007). El nogal, una especie exigente en suelo y clima [en línea]. *Tierra Adentro*. no. 74. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6332>
- Villota González, E. J. (2021). *Comportamiento de cuatro procedencias de pinus patula schl. Et cham, en la Estación Experimental “La Favorita”, parroquia rural Alluriquín, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11475>
- Wani, Saleem & Hussain, Ashiq & Ganie, S. & Munshi, A & Lal, Eugenia & Gupta, R.C.. (2016). JUGLANS REGIA -A REVIEW. *International Journal of Latest Research in Science and Technology*. 5. 90-97.
- Wilson, BC, Jacobs, DF (2006). Evaluación de la calidad de plántulas de madera dura caducifolia de la zona templada. *New Forest* 31, 417–433. <https://doi.org/10.1007/s11056-005-0878-8>

ANEXOS

1. FOTOGRAFICOS



Delimitación del terreno



Selección masal



Fertilización



Medición variable altura



Medición variable diámetro basal



Medición variable estado fitosanitario



LABORIOS NORTE

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya 4-93 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS									
DATOS DE PROPIETARIO					DATOS DE LA PROPIEDAD				
Nombre: ALEJANDRO IBARRA					Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas				
Ciudad: Santo Domingo					Cantón: Santo Domingo				
Teléfono: 0989484325					Parroquia: Alluriquín				
Fax:					Sitio: Estación Experimental "La Favorita"				
DATOS DEL LOTE					DATOS DE LABORATORIO				
Sitio: Estación Experimental "La Favorita"					Nro Reporte.: 11989				
Superficie:					Tipo de Análisis: Elemental				
Número de Campo: Muestra #1					Muestra: Suelo, muestra #1				
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso: 2024-08-26				
A Cultivar:					Fecha de Reporte: 2024-08-28				
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION						
N	55.0	ppm							
P	4.32	ppm							
S		ppm							
K	0.36	meq/100 ml							
Ca	16.47	meq/100 ml							
Mg	2.43	meq/100 ml							
			BAJO	MEDIO	ALTO				
Zn		ppm							
Cu		ppm							
Fe		ppm							
Mn		ppm							
			BAJO	MEDIO	ALTO				
B		ppm							
			BAJO	MEDIO	ALTO	TOXICO			
pH	5.76								
			Acido	Lig. Acido	Pract. Neutro	Lig. Alcalino	Alcalino		
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml							
Al		meq/100 ml							
Na		meq/100 ml							
			BAJO	MEDIO	ALTO				
Ce	0.350	mS/cm							
			No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino			
MO		%							
			BAJO	MEDIO	ALTO				
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	(%)			Clase Textural	
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	CI	Arena	Limo	Arcilla	
6.78	6.75	52.50	19.26						
Dr. Quím. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio									



Reporte de análisis químico de suelo del Campus La Favorita

2. TABLAS

		Altura					
Tratamiento	Bloque	Septiembre	Noviembre	Enero	Marzo	Mayo	Julio
D4	A	49.65	57.10	65.53	71.00	80.47	84.53
D2	A	51.20	54.79	64.21	69.17	79.94	82.33
D3	A	46.45	51.24	59.47	63.21	71.84	80.39
D1	A	53.00	55.70	60.50	61.87	71.14	75.77
D3	B	50.85	56.78	50.90	65.00	79.47	87.35
D2	B	56.70	59.84	66.24	70.94	78.93	87.07
D4	B	54.40	60.75	67.44	71.33	88.29	93.14
D1	B	47.55	50.42	61.72	70.27	85.20	93.20
D2	C	46.60	51.13	61.00	70.17	87.75	93.50
D1	C	50.20	54.375	66.75	64.2	69.60	76.07
D4	C	52.45	57.95	66.58	72.88	82.65	95.12
D3	C	44.05	47.11	57.06	72.64	83.25	94.33
D1	D	51.65	60.00	65.00	68.06	74.31	88.73
D4	D	46.80	56.41	65.35	73.75	79.19	88.47
D3	D	52.65	57.44	61.88	74.27	77.50	91.33
D2	D	53.95	57.21	61.84	68.21	73.11	79.89

Datos de media de altura mensual por tratamiento y bloque

		Area basal					
Tratamiento	Bloque	Septiembre	Noviembre	Enero	Marzo	Mayo	Julio
D4	A	0.29	0.51	0.79	0.92	1.28	1.49
D2	A	0.25	0.41	0.73	0.81	1.21	1.63
D3	A	0.17	0.31	0.62	0.74	0.89	1.24
D1	A	0.19	0.34	0.58	0.62	0.86	1.17
D3	B	0.20	0.41	0.72	0.89	1.39	2.26
D2	B	0.22	0.39	0.73	0.92	1.41	2.09
D4	B	0.21	0.46	1.00	1.26	1.67	2.35
D1	B	0.17	0.36	0.62	0.99	1.41	2.59
D2	C	0.21	0.43	0.88	1.14	2.06	2.81
D1	C	0.19	0.33	0.64	0.74	1.00	1.64
D4	C	0.19	0.44	0.83	1.02	1.41	2.26
D3	C	0.23	0.40	0.83	1.03	1.44	1.91
D1	D	0.25	0.40	0.65	0.76	1.10	1.68
D4	D	0.22	0.48	0.78	0.99	1.46	1.86
D3	D	0.26	0.51	0.70	0.90	1.30	1.45
D2	D	0.30	0.45	0.67	0.74	1.04	1.62

Datos de media de área basal mensual por tratamiento y bloque

Estado fitosanitario							
Tratamiento	Bloque	Septiembre	Noviembre	Enero	Marzo	Mayo	Julio
D4	A	3	3	3	3	2	2
D2	A	3	3	3	3	3	2
D3	A	3	3	3	2	2	3
D1	A	3	3	3	2	2	2
D3	B	3	3	3	2	2	3
D2	B	3	3	3	3	3	2
D4	B	3	3	3	3	3	2
D1	B	3	3	2	2	2	3
D2	C	3	3	3	3	3	2
D1	C	3	3	2	2	2	2
D4	C	4	3	3	3	2	2
D3	C	3	3	2	2	2	3
D1	D	3	3	3	2	2	2
D4	D	3	3	2	2	2	2
D3	D	3	5	2	2	2	3
D2	D	3	3	2	2	2	2

Evaluación de estado fitosanitario mensual por tratamiento y bloque

Sobrevivencia							
Tratamiento	Bloque	Septiembre	Noviembre	Enero	Marzo	Mayo	Julio
D4	A	20	20	17	17	17	17
D2	A	20	19	19	18	18	18
D3	A	20	20	20	19	19	18
D1	A	20	19	15	15	14	13
D3	B	20	19	18	17	17	17
D2	B	20	19	17	16	15	14
D4	B	20	20	18	15	14	14
D1	B	20	20	16	15	15	15
D2	C	20	19	15	12	12	12
D1	C	20	19	17	15	15	15
D4	C	20	20	19	17	17	17
D3	C	20	20	16	14	12	12
D1	D	20	16	16	16	16	15
D4	D	20	17	17	16	16	15
D3	D	20	13	12	11	10	9
D2	D	20	19	19	19	19	18

Registro de sobrevivencia de individuos por tratamiento y bloque