



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

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

TEMA:

**“IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE ÁRBOLES SEMILLEROS DE *Juglans
neotropica* Diels EN IMBABURA Y NAPO, ECUADOR”**

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

Línea de investigación desarrollo agropecuario y forestal sostenible

Autora: Estrada Gómez Kelly Lisney

Director: Ing. Añazco Romero Mario José, PhD.

Ibarra- 2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1726697798		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Estrada Gómez Kelly Lisney		
DIRECCIÓN:	Lic. Nelson Dávila y Dr. Plutarco Larrea		
EMAIL:	klestradag@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	(02)600-3395	TELF. MÓVIL	0994710251

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE ÁRBOLES SEMILLEROS DE <i>Juglans neotropica</i> Diels EN IMBABURA Y NAPO, ECUADOR
AUTOR:	Estrada Gómez Kelly Lisney
FECHA:	26 de octubre del 2023
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
CARRERA/PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Forestal
DIRECTOR:	Ing. Añazco Romero Mario José, PhD.

CONSTANCIA

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

Ibarra, a los 23 días, del mes de noviembre de 2023

LA AUTORA:

Firma.....

Nombre: Estrada Gómez Kelly Lisney

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 23 de noviembre de 2023

Ing. Añazco Romero Mario José, PhD

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.

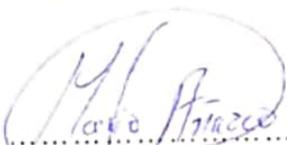
(f) 

Ing. Añazco Romero Mario José, PhD.

C.C.: 0701574329

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular **“IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE ÁRBOLES SEMILLEROS DE *Juglans neotropica* Diels EN IMBABURA Y NAPO, ECUADOR”** elaborado por Estrada Gómez Kelly Lisney, previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): 
Ing. Añazco Romero Mario José, PhD.
C.C.: 0701574329

(f): 
Ing. Ramírez López Jorge Luis, Msc.
C.C.: 1003081195

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

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada a:

A mi madre Miriam Gómez, por cada palabra de aliento y paciencia, permitiéndome lograr una meta más en mi vida; gracias por la enseñanza de constancia y esfuerzo, a no tener miedo al fracaso y levantarme y seguir adelante, por esa frase de “Todo a su tiempo”.

A mi hermano David Estrada, por cada palabra de aliento y molestias que me hacen dar cuenta de todo el amor que tiene hacia mí, gracias por la alegría de darme un hermoso sobrino Emmir, que al verlo me llena de energía.

A mi hermana Lucero Estrada, por sus mensajes y palabras de aliento por estar ahí en todo momento y gracias por mis dos hermosos sobrinos Martín y Sara que son la bendición más grande, que al verlos y pasar momentos con ellos la vida se siente más bonita.

A mi hermano Alejandro, que a pesar de no compartir mucho con él siempre está ahí para contarle cualquier cosa, gracias por tenerme la confianza de hablar de cualquier tema.

A mi padre Wilson Estrada, que dios lo tenga en su gloria. Recordaré siempre la última vez que hablamos y me diste un fuerte abrazo de despedida.

A mi tío Rodrigo Narváez que dios lo tenga en su gloria, siempre lo recordare como una gran persona, y gracias por ver sido el mejor tío.

A mi abuelo, dejás muy bonitos recuerdos. Duelo mucho tu reciente partida.

Finalmente, quiero dedicar esta investigación a cada uno de mis amigos, que fueron un apoyo emocional en todo momento gracias Oscar, Flor, Mary Luz y Maribel.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a mi director Dr. Mario Añazco, por la paciencia, dedicación y apoyo que me brindo durante todo el proceso de elaboración de la investigación. Gracias por sus aportes e ideas para que sea llevadero el proceso de titulación.

Así mismo, agradezco a mis asesores Ing. Hugo Vallejos e Ing. Jorge Ramírez, por sus ideas, tiempo, paciencia y dedicación a la revisión y corrección del documento, y por sus palabras de aliento para crecer personal y profesionalmente.

Gracias a mi familia, madre y hermanos, gracias por el apoyo tanto emocional como económico.

Gracias a mis amigos, por el apoyo en momentos difíciles como en momentos felices.

A todos, muchas gracias.

RESUMEN EJECUTIVO

Juglans neotropica Diels, conocida en Ecuador como nogal o tocte es una especie que se encuentra en peligro de extinción debido a la pérdida de su hábitad a nivel nacional. En el país al no contar con fuentes semilleras identificadas, se va perdiendo material genético de especies forestales. La identificación y selección de árboles semilleros de *Juglans neotropica* contribuye a que existan fuentes semilleras comprobadas con las mejores características fenotípicas y conocer el porcentaje de germinación de las semillas de cada árbol que este dentro de la selección de árboles semilleros. El objetivo de la investigación fue seleccionar árboles semilleros de *Juglans neotropica* de tres ecosistemas, área de regeneración natural (Cuyuja), plantación de nogales (Natabuela) y sistema agroforestal (Natabuela), se evaluaron características fenotípicas: estado fitosanitario, número de frutos por árbol, etc. Cada árbol fue codificado y puntuado para determinar los individuos de rango uno que formarían parte de la colección de semillas. Para la evaluación del segundo objetivo de germinación se utilizó un diseño irrestricto al azar con cinco tratamientos, cuatro repeticiones y 10 semillas por unidad experimental. La germinación acumulada al final del ensayo, del sistema agroforestal con promedio de germinación de 77 % considerados árboles excelentes, seguido de la plantación con un promedio de germinación de 32,5 % considerados árboles buenos y finalmente el área de regeneración natural con un promedio de germinación del 15 % considerados como árboles malos. Se concluye que el sistema agroforestal presenta los mejores árboles semilleros de *Juglans neotropica* Diels, de los tres ecosistemas evaluados.

Palabras clave: Estado fitosanitario, diámetro a la altura del pecho, altura comercial, calidad de semillas, porcentaje de germinación.

ABSTRACT

Juglans neotropica Diels, known in Ecuador as walnut or tocte, is a species that is in danger of extinction due to the loss of its habitat nationwide. In the country, by not having identified seed sources, the genetic material of forest species is being lost. The identification and selection of seed trees of *Juglans neotropica* contributes to the existence of proven seed sources with the best phenotypic characteristics and to knowing the germination percentage of the seeds of each tree that is within the selection of seed trees. The objective of the research was to select seed trees of *Juglans neotropica* from three ecosystems, natural regeneration area (Cuyuja), walnut plantation (Natabuela) and agroforestry system (Natabuela), phenotypic characteristics were evaluated: phytosanitary status, number of fruits per tree etc. Each tree was coded and scored to determine the rank one individuals that would form part of the seed collection. For the evaluation of the second germination objective, an unrestricted randomized design was used with five treatments, four repetitions and 10 seeds per experimental unit. The accumulated germination at the end of the trial, of the agroforestry system with an average germination of 77 % considered excellent trees, followed by planting with an average germination of 32.5 % considered good trees and finally the area of natural regeneration with an average germination of 15 % considered bad trees. It is concluded that the agroforestry system presents the best seed trees of *Juglans neotropica* Diels, of the three ecosystems evaluated.

Keywords: Phytosanitary status, diameter at breast height, trading height, seed quality, germination percentage.

LISTA DE SIGLAS

COA. Código Orgánico ambiental

MAE. Ministerio del Ambiente del Ecuador.

MAGAP. Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca

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

ISTA. Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas.

INAMHI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – Ecuador.

ONS. Oficina Nacional de semillas

DAP. Diámetro a la Altura del Pecho

MSNM: Metros sobre el nivel del mar

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	15
Problema de investigación.	15
Justificación.....	16
Objetivos	17
Objetivo General	17
Objetivos Específicos	17
Hipótesis.....	17
CAPÍTULO I.....	18
MARCO TEÓRICO	18
1.1 Síntesis del sector forestal en Ecuador	18
1.1.1 Superficie forestal	18
1.1.2 Deforestación	18
1.1.3 Tasa de deforestación	18
1.2 Generalidades del nogal (<i>Juglans neotropica</i>)	19
1.2.1 Descripción botánica del nogal	19
1.2.2 Ecosistemas de Ecuador donde se encuentra nogal	20
1.2.3 Propagación y manejo silvicultural del nogal	21
1.2.4 Usos del nogal	21
1.3 Características de árboles semilleros	22
1.3.1 Selección de árboles semilleros.....	22

1.4	Germinación	24
1.4.1	Análisis de calidad de semillas.....	24
1.5	Estudios similares	25
CAPITULO II		28
MATERIALES Y MÉTODOS		28
2.1	Ubicación del lugar.....	28
2.1.1	Política.....	28
2.1.2	Geografía.....	28
2.1.3	Límites.....	30
2.2	Caracterizaciones edafoclimáticas del lugar.....	31
2.2.1	Suelo.....	31
2.2.2	Clima	31
2.2.3	Ecosistema.....	32
2.3	Materiales, equipos y software	32
2.4	Metodología.....	33
2.4.1	Universo	33
2.4.2	Tamaño de la muestra	33
2.4.3	Descripción de variables del objetivo uno	36
2.4.4	Diseño experimental.....	39
2.4.5	Variables de germinación objetivo dos	39
CAPITULO III		43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		43

3.1	Características fenotípicas	43
3.1.1	Variables cuantitativas	43
3.1.2	Variables cualitativas	44
3.2	Fenológica de <i>Juglans neotropica</i> por ecosistema	45
3.3	Evaluación de calidad de semillas de <i>Juglans neotropica</i>	47
3.3.1	Pureza	47
3.3.2	Semillas por kilogramo	47
3.3.3	Contenido de humedad	48
3.4	Germinación de las semillas de <i>Juglans neotropica</i> por ecosistema.....	49
3.4.1	Sistema agroforestal	49
3.4.2	Plantación	50
3.4.3	Regeneración natural.....	51
CAPÍTULO IV		55
4.1	Conclusiones.....	55
4.2	Recomendaciones	55
Bibliografía.....		56
Anexos.....		68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación del Sistema Agroforestal de nogal en la parroquia de San Francisco de Natabuela, propietaria Zoila Caiza	29
Figura 2 Mapa de ubicación del área de estudio de la Plantación de Nogal en la parroquia de San Francisco de Natabuela, propietario Fabián Cerón	29
Figura 3 Mapa de ubicación del área de estudio de Regeneración natural de Nogal en la parroquia de Cuyuja, propietario Pedro Manitio.....	30
Figura 4 Punto de Medición del Diámetro	36
Figura 5 Medición de la altura de un árbol	37
Figura 6 Árboles bifurcados.....	37
Figura 7 Formas del fuste.....	38
Figura 8 Ángulo de inserción de las ramas	38
Figura 9 Diagrama del diseño experimental	39
Figura 10 Puntuación de variables fenotípicas en <i>Juglans neotropica</i> por ecosistema	44
Figura 11 Calidad de semillas de <i>Juglans neotropica</i> por ecosistema.....	48
Figura 12 Comparación de ecosistemas	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas de los sitios de estudio.....	28
Tabla 2 Límites de las áreas de estudio	30
Tabla 3 Materiales, equipos y software a emplear en la investigación	32
Tabla 4 Variables de las características fenotípicas de los árboles candidatos	34
Tabla 5 Variables cuantitativas	35
Tabla 6 Clasificación de Individuos por puntuación.....	35
Tabla 7 Árboles de <i>Juglans neotropica</i> seleccionados y variables cuantitativas de los tres ecosistemas.....	43
Tabla 8 Fenología de <i>Juglans neotropica</i> por ecosistema	46
Tabla 9 Evaluación de la prueba Kruskal Wallis del sistema agroforestal de nogal.....	49
Tabla 10 Evaluación de la prueba Kruskal Wallis de la plantación de nogal	50
Tabla 11 Evaluación de la prueba Kruskal Wallis de la zona de regeneración natural de nogal	51
Tabla 12 Individuos con clasificación de excelente aptos para ser considerados como árboles semilleros	52

INTRODUCCIÓN

Problema de investigación.

- Problemática a investigar

La especie *Juglans neotropica* Diels nativa de Ecuador, se encuentra en peligro de extinción según (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN], (1998), esto debido a la pérdida de su hábitat natural generado por el incremento de la deforestación para ampliar la frontera agropecuaria y otros usos del suelo (Toro & Roldán, 2018).

Según la FAO (2021) en Ecuador se han perdido más de dos millones de hectáreas de bosque de 1990 a 2018 y la ocupación de las tierras han sido de un 70% para la agricultura (Montaño, 2021). Las causas atribuidas a la deforestación son: la explotación de tierras y de los recursos naturales que las misma ofrece, explotación de materia prima y minerales, degradación ecológica y crecimiento de conflictos socio-ambientales (Valdez & Cisneros, 2020).

Debido a esto se puede evidenciar la pérdida de material genético, además no existe en Ecuador un banco de semillas forestales que precautelen la supervivencia de especies nativas, ni se tiene datos de árboles con potencial genético y fenotipo superior, que se constituyan en huertos, rodal o fuentes semilleras (Prado et al., 2010).

Al no existir fuentes semilleras identificadas se pierde material genético de especies forestales valiosas y de árboles nativos, con ello no se puede obtener plantaciones de calidad ni áreas para conservación de la diversidad genética (Toro & Roldán, 2018).

- Formulación del problema de investigación.

¿Los escasos huertos, rodales y fuentes semilleras, demandan que se realicen investigaciones sobre mejoramiento genético y selección de árboles semilleros?

Justificación

La investigación se enfoca en dos provincias, que cumplen con condiciones ecológicas y fisiográficas óptimas para el desarrollo de *Juglans neotropica*. La provincia de Imbabura, donde el nogal tiene usos históricos en la elaboración de artesanías; al igual que el consumo de las nueces, conocido como nogadas. La provincia Napo, que alberga la mayor cantidad de áreas de regeneración natural.

En las dos provincias se evidencia la pérdida de nogal y es necesario recuperarlo, por lo que se pretende ubicar áreas con mayor abundancia de individuos con características fenotípicas superiores con potencial de constituirse en árboles semilleros, a fin de obtener material reproductivo de calidad, para contribuir al proyecto de mejoramiento genético liderado por la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Técnica del Norte (Añazco, 2021).

Mediante la selección de árboles se puede contribuir a un programa de mejoramiento genético, donde se podrá conservar la diversidad genética de esta especie que se encuentra en peligro de extinción, implementar áreas con huertos semilleros; además asegurar una fuente de semillas de calidad y de origen conocido y garantizar que las características de los progenitores sean transmitidas a nuevas plántulas (Maldonado, 2015).

Objetivos

Objetivo General

Seleccionar árboles semilleros superiores de la especie *Juglans neotropica* Diels en Imbabura y Napo.

Objetivos Específicos

- Identificar características fenotípicas superiores en las poblaciones seleccionadas de *Juglans neotropica*.
- Determinar el potencial de germinación de las semillas de los árboles seleccionados por cada ecosistema.

Hipótesis

Ho: Las semillas de los árboles de mejores características fenotípicas presentan un potencial de germinación estadísticamente similar.

Ha: Las semillas de al menos uno de los árboles de mejores características fenotípicas presenta un potencial de germinación estadísticamente diferente.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Síntesis del sector forestal en Ecuador

1.1.1 Superficie forestal

El país cuenta con 25 637 000 hectáreas de tierra y de ellas 12 631 198 hectáreas boscosas, con el 50 % del territorio cubierto de vegetación natural; de las cuales el 74 % se encuentran en la región amazónica y de ello el 51 % son zonas protegidas (Coronel, 2020).

1.1.2 Deforestación

Según Tariq (2015) la deforestación es el cambio de la cobertura vegetal y del uso de la tierra; no es denominada como deforestación a las zonas taladas o de aprovechamiento forestal, ya que serán participes de una regeneración (Ministerio del Ambiente, 2012). Kleemann, et al., (2022), asegura que, la deforestación ha provocado una gran cantidad de pérdida de vegetación y fauna.

Ferrer, et al., (2023) menciona que la deforestación en el país incrementa por la agricultura en un 53,8 %, la minería con 14,94% y la infraestructura con 7,78 %. Y la liberación de carbono es el efecto más perjudicial, ya que produce cambios al clima (Houspanossian et al., 2017).

1.1.3 Tasa de deforestación

Hasta 1990 el 68% de la cobertura de bosques nativos del país se mantenía (Sierra et al., 2021). Entre el 2001 y 2020 la deforestación asciende a 623.510 ha, donde se evidencia la disminución del 35% de regeneración forestal en el país (Valdez & Cisneros, 2020).

Debido a ello se han perdido especies forestales con potencial de regeneración y el material genético (Jara, 2015).

1.2 Generalidades del nogal (*Juglans neotropica*)

Pertenece a la familia Juglandaceae del género *Juglans*, nombre científico *Juglans neotropica* y nombre común Nogal o Tocte (Zhu et al., 2019).

En cuanto al origen de la especie *Juglans neotropica* es nativa de Sudamérica, se encuentra distribuida en Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela y Bolivia en toda la región interandina y estribaciones de la Cordillera de los Andes (Guerra & Quimi, 2021).

En Ecuador la especie está catalogada En peligro según los criterios A1acd+2cd (UICN, 1998), debido a sus diferentes usos, adaptación y consumo excesivo (Cárdenas & Salinas, 2007) y se determina que la mayor abundancia está en las provincias de Imbabura y Loja (Guerra & Quimi, 2021).

1.2.1 Descripción botánica del nogal

Puede llegar alcanzar una altura de 35 m y de 30 a 120 cm de diámetro, tiene el fuste recto y cilíndrico (Albán, 2015). De joven tiene corteza lisa de color gris de mayor muestra una corteza de color oscuro o marrón, en forma de placas rectangulares que se desprenden fácilmente, en la parte interna es de color crema claro no contiene látex o cera (Reynel & Marcelo, 2009).

Palacios (2016) menciona que las hojas son compuestas imparipinnadas, con una disposición alterna, miden de 20 a 45 cm de largo, foliolos entre 11-19 opuestos o subopuestos que miden de 5 a 10 cm de largo, la forma del ápice es agudo, el margen aserrado, en la base acuminados y haz glabro.

Los foliolos están compuestos por finas pubescencias en el envés, el color de las hojas jóvenes de un verde oscuro mientras que, las hojas maduras presentan un color marrón, caducas, olor balsámico y sabor amargo astringente (Palacios, 2016).

Las flores masculinas y femeninas se desarrollan en diferentes ramas, las flores masculinas son amentos péndulos de 30 cm de largo y con estambres hasta 90, las flores femeninas son espiga terminal de 4-10 cm de largo de 4 a 8 flores por inflorescencia (Quiroz, 2013).

Sus frutos tienen pubescencias pardas, son drupas, globosa a ovoide de 5 a 7 cm de diámetro, tienen un mesocarpio de color amarillo de 5 a 7 mm de grosor, el endocarpio o nuez es ovoide o subgloboso con un apículo o punta corto y aguda poco consistente y costillas longitudinales sinuosas (Palacios, 2016).

Según el Instituto Nacional de Investigación Agraria [INIA], (2015) el nogal puede tener entre 25 a 30 semillas por kilogramo; la semilla que es almacenada de forma natural tiene un porcentaje de germinación del 64 % y con seis meses de recolección puede bajar a 42 %.

El periodo de germinación de las semillas comienza a los 19 días y termina a los 192 con semillas frescas al aplicar tratamientos pregerminativos (Toro & Roldán, 2018) y presentan baja capacidad de germinación y baja latencia profunda (Carvajal & Cardona, 1998).

1.2.2 Ecosistemas de Ecuador donde se encuentra nogal

Ecuador cuenta con 91 ecosistemas, 65 corresponden a bosques y de esos 15 son herbáceos y 11 arbustivos (Iglesias et al., 2015). Añazco, (2021) menciona que dentro del país existen nueve provincias con mayor afluencia de nogal y que presentan condiciones ecológicas, fisiográficas y socioeconómicas de importancia a nivel nacional. Por otra parte Palacios, (2016) alude que el nogal está presente de forma natural en las provincias de Napo, Loja, Pichincha e Imbabura, en grandes poblaciones como aisladas.

En Napo se presente en ecosistema de Bosque siempreverde montano alto del norte de la Cordillera Oriental de los Andes (BsAn01), con altitudes de 1500 a 3310 msnm (MAE, 2012). Añazco, (2021) menciona que en estas áreas se encuentra la mayor cantidad de individuos de nogal originarios de regeneración natural. Crouzeilles, et al., (2020) son lugares donde las semillas de especies forestales germinan sin la actividad humana.

En Imbabura el nogal está en ecosistemas de bosque siempreverde montano alto de la Cordillera Occidental de los Andes (BsAn03) desde 2500 a 4944 msnm (MAE, 2012). En esta provincia

se encuentran áreas con plantaciones de nogal, Horák, et al., (2019) menciona que; las plantaciones forestales son una matriz estructural de edad homogénea.

A demás, se encuentran sistemas agroforestales que según Sanabria & Rodríguez, (2019) son el uso adecuado de recurso, mejoran la productividad y seguridad alimentaria y contribuyen a la recuperación de ecosistemas. Son la unión de árboles y cultivos dentro de un área agrícola (Ntawuruhunga et al., 2023) y el nogal tiene un uso histórico resaltando la elaboración de artesanías en San Antonio de Ibarra.

1.2.3 Propagación y manejo silvicultural del nogal

El nogal se propaga mayoritariamente vía sexual (por semillas), lo cual mantiene una ventaja de tener variabilidad genética y adaptarse a diferentes condiciones climáticas (Toro & Roldán, 2018). Pike et al., (2021) menciona que la propagación asexual no ha tenido éxito y la propagación in vitro ha tenido éxito con una germinación del 80 a 100 % en una semana con el uso de químicos; pero los gastos para esta son demasiado elevados y no difiere de la germinación por semillas con tratamientos pre germinativos o natural.

Para el manejo se propone que durante los primeros seis meses se agregue abono orgánico en la plántula, desde el primer año hasta los tres años hacer podas anuales y fertilizar con nitrógeno, una vez alcance los 25 a 30 años puede ser usado para fines maderables (Toro & Roldán, 2018).

1.2.4 Usos del nogal

La especie es considerada de importancia socioeconómica debido a su madera fina y es apetecida en el mercado, además que sus frutos son usados en repostería (Ramos et al., 2022), entre los usos más destacados está la medicina ya que posee propiedades antifúngicas, antibacterial, hemostáticas, tranquilizante, astringente y antitumoral; las hojas son hipotensoras, como uso externo para afecciones cutáneas como acné (Quiroz, 2013).

En el ámbito forestal es usada para recuperar suelos degradados causados por minería, ganadería u otros tipos de erosión, en enriquecimiento de bosques, uso ornamental, como atrayente de abejas en la apicultura, sistemas agroforestales en brindar sombra, linderos, protector de fuentes de agua, alimento de fauna silvestre (Toro & Roldán, 2018).

1.3 Características de árboles semilleros

Fuente semillera o árbol semillero es un área de árboles nativos de una misma especie que presenten características fenotípicas de calidad o deseables (Fremout et al., 2021), los individuos son usados para aumentar la población de su especie (Ochavan et al., 2019), también conocido como conservación in situ, ya que se desarrolla en su ambiente original (Gutiérrez & Flores, 2017).

Las semillas de procedencias de fuentes semilleras y variadas representa una adaptabilidad a diferentes habitad (Méndez et al., 2020). Castillo, et al., (2019) menciona que, contribuyen a que no exista la perdida de variabilidad en respuesta a las condiciones edafoclimáticas cambiantes.

Paredes (2018), asegura que Ecuador posee una gran variedad de especies forestales, que pueden ser usadas para no perder material genético y CORMADERA (2019), menciona que el país tiene potencial forestal, pero pierde de una manera acelerada los bosques y con ello el material genético. Mientras que, Cué, Añazco, & Paredes (2019) mencionan que en el país el funcionamiento de un sistema nacional de conservación y producción de semillas forestales carece de un carácter sistemático e integrado, siendo insuficiente y de baja calidad.

1.3.1 Selección de árboles semilleros

Según Fredericksen, et al., (2001) las dificultades que atañan a la recolección de semillas es la producción de las mismas, la germinación, la abundancia de especies, los años que dura el crecimiento y el tiempo de almacenamiento de la semillas. Las especies forestales pueden

mostrar diferentes cualidades debido a su ubicación, calidad de suelos, clima o diversas condiciones ambientales (Aragón et al., 2020).

Para ser un árbol semillero debe seguir un proceso de selección de características fenotípicas que permita tener una fuente permanente de producción de semillas con un origen conocido (Rodríguez et al., 2021). Un árbol semillero es una alternativa económica para producir semillas de mejor calidad en un corto período de tiempo para su comercialización y/o establecimiento de plantaciones forestales (Benítez et al., 2019).

Para seleccionar árboles semilleros se debe tener en consideración la densidad, sanidad, forma de la fuente semillera (MAGAP, 2016).

- Estado Fitosanitario. Calidad del individuo, si este presenta algún patógeno, plaga o enfermedad (FAO, 2012).
- Forma del Fuste. Es la tasa de disminución de diámetro del fuste que va entre la base y el ápice del árbol (Juárez, 2014).
- Forma de la Copa. Información que se puede tener de un individuo sobre la vitalidad, la capacidad de crecimiento, y la madurez que tiene el árbol (Ministerio de Agricultura, 1976).
- Ángulo de Inserción de las Ramas. Ángulo formado por las ramas con el tronco de un árbol (Corvalán, 2017).
- Altura de Bifurcación. El árbol presenta una división de las ramas subyacentes con una apariencia de tronco (Meza, 2018).

También para considerar a un árbol como semillero se debe encontrar densidades uniformes de individuos, hacer una comparación entre ellos a una distancia de 20 m, para ver que el árbol seleccionado sea el mejor, esto se hace como sea posible acorde a la dimensión del área de estudio (Sotolongo et al., 2020).

Se debe asignar una clasificación al árbol y un código único, que servirá para no perder la identificación y encontrarlos de una manera eficiente. La codificación estará presente en todos los procesos de análisis de datos, lo cual facilitará y agilizará el trabajo (Ipinza, 1998).

1.4 Germinación

En la germinación las semillas absorben agua que reactiva el metabolismo del embrión (Pérez, 2007), para este proceso es muy importante las condiciones ambientales a las que está acostumbrada la especie (Dantas et al., 2020).

Espindola et al., (2018) mencionan que, las condiciones ambientales como la luz y la temperatura producen mayor germinación, la temperatura determina la velocidad o capacidad de emergencia y la temperatura adversa promueve la latencia primaria o secundaria.

La latencia es la dificultad que presenta una semilla para germinar, dada por las condiciones ambientales en las que se encuentra (Koutouan et al., 2020). Para mejorar los grados de latencia se aplican tratamientos pregerminativos que ayudan a la semilla a germinar (Peralta, 2019).

Los tipos de germinación pueden ser dehiscente (seco) o indehiscente (carnoso), estos frutos necesitan diferentes cuidados o pueden recibir el mismo, vale saber las características de la semilla de cada especie forestal (Oliva et al., 2014).

Los frutos que se pueden encontrar son: ortodoxas o recalcitrantes, las primeras se distinguen por permanecer almacenadas durante largos periodos de tiempo, por su parte, las semillas recalcitrantes no presentan estos atributos (Solís et al., 2019).

1.4.1 *Análisis de calidad de semillas*

- Pureza de la Semilla. Se pesa la muestra, con toda la impureza, después se aparta la impureza y se pesa la semilla pura (International Seed Testing Evaluation [ISTA], 2016).
- Peso. Para el cálculo del peso para obtener la cantidad de semillas por kilogramo se tomarán ocho repeticiones con semillas puras, para ser pesadas por cada repetición,

posteriormente serán sometidas a división por el número de repeticiones y obtener un promedio (ISTA, 2016).

- Contenido de Humedad. Se toman dos o más muestras, las cuales son sometidas a un proceso gradual de aumento de temperatura en un horno o estufa, a 103 °C; durante 17 horas y se pesa la semilla (ISTA, 2016).

Variables de germinación

- Porcentaje de Germinación. El ensayo se debe realizar con semillas puras (sin impureza), escogidas del ensayo de pureza (ISTA, 2016).
- Coeficiente de Velocidad. Es el número de semillas germinadas, inversamente relacionada con el tiempo y su relación con el número de semillas que germinan por día (González & Orozco, 1996).
- Índice de Germinación. Es la relación con el número de semillas sembradas (González & Orozco, 1996).
- Valor de Germinación. Es el producto del pico de germinación, por la media de semillas germinadas por día (González & Orozco, 1996).
- Coeficiente de Uniformidad de la Germinación. Es el inverso de la varianza y la varianza en el tiempo de germinación (González & Orozco, 1996).

1.5 Estudios similares

La investigación de Raurau, (2012) se enfocó en la evaluación de las caracterización de fuentes semilleras de bosques andinos de Loja, Ecuador; evaluó las características fenotípicas de *Juglans neotropica* de tres procedencias como: estado del fuste, altura de bifurcación, dominancia del eje principal, entre otros; y con una evaluación de parámetros de calificación y tener una escala de clase 1, 2 o 3. Los datos obtenidos de cada procedencia fueron de la procedencia uno con 6 individuos, procedencia dos con 5 y procedencia tres con 8; estos individuos de clase uno fueron participes de la recolección y evaluación de calidad de semillas

donde obtuvo 87 a 88 % de pureza, 66 semillas por kilogramo de y una germinación de 3,75 a 6,75 %.

En la investigación de Herrera, (2016), evaluó características fenotípicas de *Juglans neotropica* de tres procedencias, mediante la evaluación se determinó que la especie entra en una clasificación de árboles de clase uno y dos, las semillas de la especie para evaluar la germinación fueron recolectadas del suelo debido que esas cumplen con la maduración; para el análisis de calidad de semillas evaluó la pureza que se encuentra con promedio de 85%, número de semillas por kilogramo con 66 y se tienen datos de germinación muy baja con un 3,75 % por individuo.

Ortiz, et al., (2016) realizó una investigación de selección de árboles semilleros *Juglans pyriformis* Liebm de dos procedencias en Veracruz, evaluó las características fenotípicas como: forma de fuste, altura de bifurcación, dominancia del eje principal, ángulo de ramas, forma de copa y diámetro de copa; obtuvo 13 individuos de la procedencia uno y 9 individuos de la procedencia dos como clase 1; luego se evaluó la germinación de las semillas de los árboles seleccionados, las semillas de la procedencia uno iniciaron su germinación en la cuarta semana, pero alcanzaron 5 % (IG) y 50 % (TMG); al final del ensayo (133 días), su potencia germinativa fue mayor al 50 % (PG %) .

Guanolema, (2022) en la investigación de germinación de Nogal con cinco métodos de escarificación y dos sustratos en el vivero Guaslán, cantón Riobamba. Identifico que las semillas de nogal sin tratamientos no germinan rápido teniendo un porcentaje de 0,3% de germinación en un lapso de 60 días, esto debido a que tratamientos como el lijado pueden ayudar a debilitar la testa y permitir el ingreso de oxígeno y agua al embrión que es necesaria para la germinación. Al cabo de 90 días las semillas tienen una supervivencia del 97% ya que las condiciones climáticas fueron las mismas en todos los tratamientos, pero la germinación en las semillas se mantiene.

Eras (2013) evaluó tres tipos de sustratos y tres métodos de escarificación en la germinación de la semilla de nogal, donde el mayor porcentaje de germinación fue en las semillas sin tratamientos y con sustrato de proporciones iguales de tierra agrícola o negra, arena y humus alcanzando un 81% de germinación, la supervivencia de las plantas sin tratamientos y con la aplicación de sustrato es del 100% las cuales pueden ser usadas para reforestación o usos comerciales. Se sembraron 270 semillas de las cuales 171 germinaron alcanzando un porcentaje de germinación del 63,3%.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del lugar

2.1.1 Política

Las áreas de estudio se encuentran en San Francisco de Natabuela, cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura; y en la parroquia de Cuyuja, cantón Quijos, provincia del Napo.

En la provincia de Imbabura se seleccionó una plantación y un sistema agroforestal de nogal; y en la provincia de Napo un área de regeneración natural de la misma especie. En las Figuras 1,2 y 3 se presentan los mapas de las áreas de estudio.

El ensayo de la germinación se lo realizó en el Campus Yuyucocha, localizado en la parroquia El Sagrario, cantón Ibarra de la provincia de Imbabura.

2.1.2 Geografía

La ubicación geográfica de las áreas de estudio se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1

Coordenadas de los sitios de estudio

Lugares	Longitud	Latitud	Altitud
San Francisco de Natabuela (Sistema agroforestal)	078°12 246'	00°20 641'	2 391 m s.n.m
San Francisco de Natabuela (Plantación)	078°06 779'	00°20 224'	2 255 m s.n.m
Cuyuja (Área de regeneración natural)	078°00 462'	00°25 477'	2 310 m s.n.m
Campus forestal Yuyucocha	078°07 529'	00°19 386'	2 247 m s.n.m

Figura 1.

Mapa de ubicación del sistema agroforestal de nogal en la parroquia de San Francisco de Natabuela

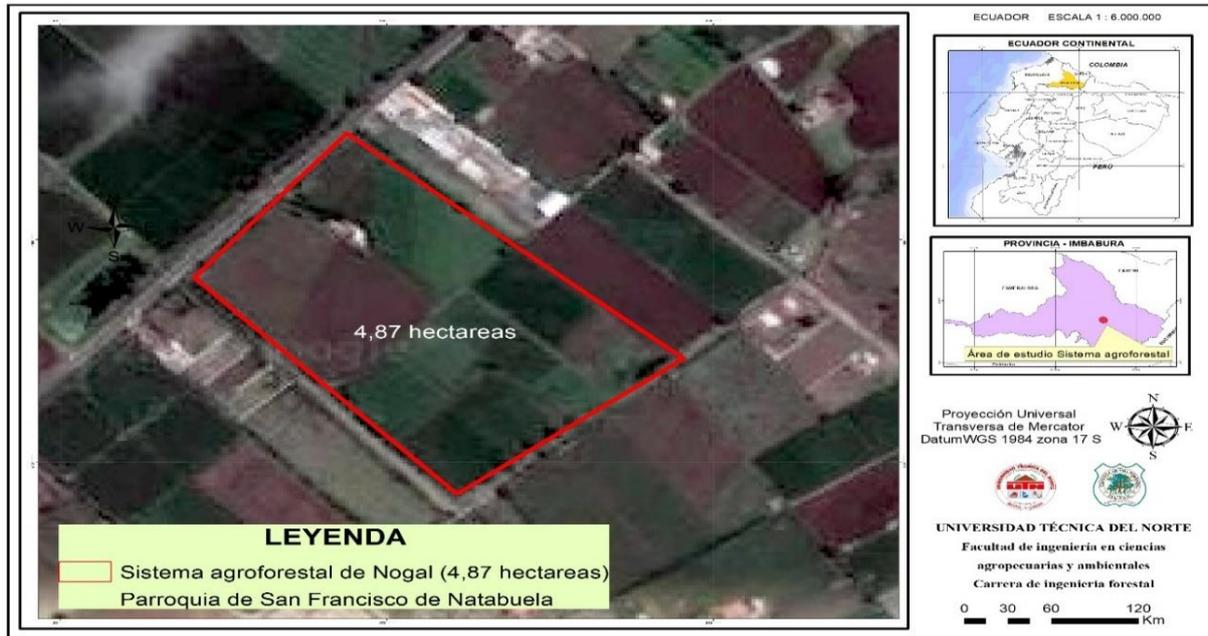


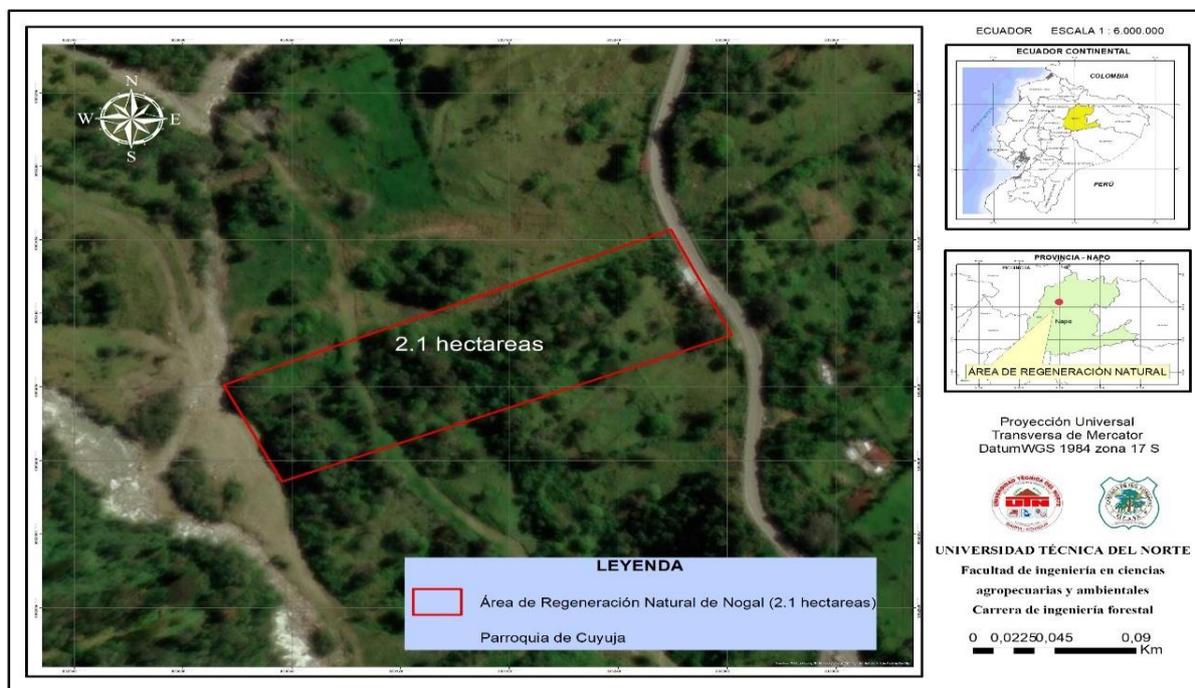
Figura 2

Mapa de ubicación del área de estudio de la plantación de nogal en la parroquia de San Francisco de Natabuela



Figura 3

Mapa de ubicación del área de estudio de regeneración natural de Nogal en la parroquia de Cuyuja



2.1.3 Límites

Los límites de las áreas de estudio se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2

Límites de las áreas de estudio

Lugares	Norte	Sur	Este	Oeste
San Francisco de Natabuela (Sistema agroforestal)	Vía. Atuntaqui	29 de junio	Cornelio Velasco	Fábrica Vibro poste
San Francisco de Natabuela (Plantación)	Propiedad Manuel Cerón	Propiedad Hugo Angamarca	Canal de riego	Av. García Morena
Cuyuja	Río Papallacta	Vía. Papallacta Baeza	Propiedad Leo Gómez	Vía. Papallacta Baeza
Campus Forestal Yuyucocha	San Vicente	Bella Vista de María	San Francisco de Santa Lucía	Ejido de Caranqui

2.2 Caracterizaciones edafoclimáticas del lugar

2.2.1 Suelo

Mediante la información de SIGTIERRAS, (s.f.), se evidencia que los suelos que presenta el Sistema agroforestal y la Plantación de nogal en la parroquia de San Francisco de Natabuela, se puede evidenciar un orden de suelo Mollisol, tiene presencia de material orgánico y bases de cambio es superficial; presentan una textura moderadamente gruesa, con potencial agrícola y con de inclinación regular, suave o ligeramente ondulada 5-12% (Calvache, 2015).

En el área de regeneración natural de Nogal en la parroquia de Cuyuja, mediante la información de SIGTIERRAS, (s.f.), presentan un orden Inceptisol, estos suelos presentan horizontes jóvenes y una gran cantidad de minerales; tienen una textura media de gran actitud agrícola y pecuario, la pendiente de inclinación regular, suave o ligeramente ondulada 5-12% (Calvache, 2015).

2.2.2 Clima

Según los datos de la Estación meteorológica Ibarra del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI] (2017), en la parroquia de San Francisco de Natabuela la temperatura del aire esta entre 6.3 °C a 17.2 °C; la humedad relativa del lugar se encuentra entre el 73% a 86% y la precipitación es de 132. 2 mm mensuales, en el mes junio se llega a tener una precipitación de 3 mm (Gobierno autónomo descentralizado Parroquia de San Francisco de Natabuela, 2019).

En la parroquia de Cuyuja según el INAMHI, (2017) de la estación meteorológica Papallacta, la temperatura promedio oscila entre 10 a 16 °C; la humedad relativa se tiene una mínima de 63% y una máxima de 98%. Mientras que, la precipitación esta entre 196.5 a 2.8 milímetros al mes (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia de Cuyuja, 2020).

2.2.3 Ecosistema

La parroquia de San Francisco de Natabuela presenta un ecosistema de bosque siempreverde montano alto de la Cordillera Occidental de los Andes (BsAn03) (Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE], 2012).

La mayor parte del territorio de la parroquia de Cuyuja, está cubierta con vegetación natural (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia de Cuyuja, 2020), en su mayoría está poblado de bosque siempreverde montano alto del norte de la Cordillera Oriental de los Andes (BsAn01) (MAE, 2012).

2.3 Materiales, equipos y software

Los materiales, equipos y software utilizados en la investigación se presentan en la Tabla 3, detallada a continuación.

Tabla 3

Materiales, equipos y software a emplear en la investigación

Materiales de campo	Equipos	Software
Cinta métrica	Computador	Microsoft Word
Hoja de campo	Hipsómetro Suunto	Microsoft Excel
Tijera aérea	Cámara	Software ArcGIS 10.7 Número de autorización: EFL209674136
Fundas de tela	GPS	Microsoft Power point
Lápiz, esfero, marcador	Balanza electrónica	InfoStad
Espray rojo	Horno	
Tierra negra, Abono orgánico, pomina		
Fundas de vivero 6 x 8 pulgadas		
Desinfectante para semillas Vitavax		
Desinfectante de suelo HTP		
Phycopper a base de cobre		

2.4 Metodología

Para el estudio se utilizó la investigación experimental.

2.4.1 Universo

Se trabajó en tres ecosistemas diferentes.

- Ecosistema 1: Sistema agroforestal, tiene una superficie de 4,87 hectáreas, en el cual se encuentra 67 árboles distribuidos en hileras con una distancia de 2 x 2 m.
- Ecosistema 2: Plantación, tiene una superficie de 0,39 hectáreas, en la cual se encuentran 99 individuos, con una distancia entre plantas e hileras de 3 x 3 m.
- Ecosistema 3: Regeneración natural, tiene una superficie de 2,1 hectáreas, en la cual se encuentran distribuidos 40 individuos por toda el área, con distancias de 3 a 5 m.

2.4.2 Tamaño de la muestra

Para la ejecución del primer objetivo se trabajó con la metodología propuesta por Ordóñez, Aguirre y Hofstede (2001), donde se evalúa las características fenotípicas del árbol como: diámetro de la copa, estado fitosanitario, forma del fuste, forma de la copa, ángulo de inserción de las ramas, altura de bifurcación, presencia de frutos, número de frutos por árbol, estado del fruto, con un valor numérico como se muestra en la Tabla 4.

Para luego ser avaluar las características cuantitativas altura total (HT), altura comercial (HC) y DAP, con su respectiva numeración como se presenta en la Tabla 5.

Para los tres ecosistemas se realizó una pre-selección de 10 árboles donde se evaluó las variables fenotípicas, dándoles una codificación con spray; después de dos semanas se evaluó las características cuantitativas, con estas variables evaluadas se eligió a los árboles con la calificación de árboles excelente, bueno y malo según la Tabla 6.

Para el segundo objetivo se recolectaron 40 semillas/árbol, que se sometieron a la evaluación de las Normas ISTA y a un proceso de germinación sin tratamientos pregerminativos.

Tabla 4*Variables de las características fenotípicas de los árboles candidatos*

Variables cualitativas	Características fenotípicas	Puntaje
Diámetro de la copa	Copa vigorosa > 10 m	7
	Copa promedio entre 10 y 5 m	3
	Copa pequeña < 5 m	1
	Totalmente sano	6
Estado fitosanitario	Presencia de plantas parasito	4
	Ataque de insectos en hojas o tallo	2
	Enfermo	1
Forma del fuste	Recto	6
	Ligeramente torcido (1 o 2 planos)	4
	Torcido (curva extrema en un plano)	2
	Muy torcido (curva extrema en más de un plano)	1
Forma de la copa	Circular	6
	Circular irregular	5
	Medio círculo	4
	Menos de medio círculo	3
	Pocas ramas	2
Ángulo de inserción de las ramas	Rebrotes	1
	60-90 °	3
	30-60°	2
Altura de bifurcación	0-30°	1
	No bifurcado	6
	Bifurcado en 1/3 superior	4
	Bifurcado en 1/3 medio	2
Presencia de frutos	Bifurcado en 1/3 inferior	1
	Presencia de frutos	2
	No cuenta con frutos	1
Número de frutos por árbol	200-300	3
	100-199	2
	0-99	1
Estado del fruto	Maduro	3
	Verde	2
	Sobre maduro	1

Fuente: (Ordóñez et al., 2001).

Se presenta la Tabla 5 con las variables numéricas tomadas con instrumentos de medición.

Tabla 5

Variables cuantitativas

Variables cuantitativas	Características	Puntaje
Altura Total (HT)	Menor del promedio	1
	Igual al promedio	2
	Mayor al promedio	3
Altura Comercial (HC)	Menor del promedio	1
	Igual al promedio	2
	Mayor al promedio	3
DAP	Menor del promedio	1
	Igual al promedio	2
	Mayor al promedio	3

Se presenta la Tabla 6 de puntuación que deben alcanzar los árboles seleccionados.

Tabla 6

Clasificación de Individuos por puntuación

Clase	Puntuación	Condiciones
1	51 – 36	Árboles Excelentes: Copa promedio, con medio círculo, estado fitosanitario sano, fustes ligeramente torcido, bifurcado en 1/3 medio, con presencia de frutos, de 0-99 frutos por árbol, DAP mayor al promedio, HC y HT mayor al promedio.
2	35 – 23	Árboles Buenos: Copa pequeña, con medio círculo, estado fitosanitario con plantas parasito, fuste torcido, bifurcado en 1/3 medio, sin presencia de frutos, de 0-99 frutos por árbol DAP igual al promedio, HT y HC igual al promedio.
3	22 – 19	Árboles Malos: Copa pequeña, menor a medio círculo, estado fitosanitario con plantas parasito, fuste torcido, bifurcado en 1/3 medio, sin presencia de frutos, de 0-99 frutos por árbol DAP menor al promedio, HT y HC menor al promedio.

Fuente: (Ordóñez et al., 2001).

2.4.3 Descripción de variables del objetivo uno

a) Evaluación cuantitativa

- Diámetro a la altura del pecho (DAP). Se midió con la cinta métrica, alrededor del fuste de cada individuo a partir de 1,30 m de la altura del suelo ver Figura 4 (Juárez, 2014), con ello se obtiene la circunferencia y se aplica la Ec 1.

$$DAP = (CAP \pi) 100 \quad \text{Ec 1}$$

Donde:

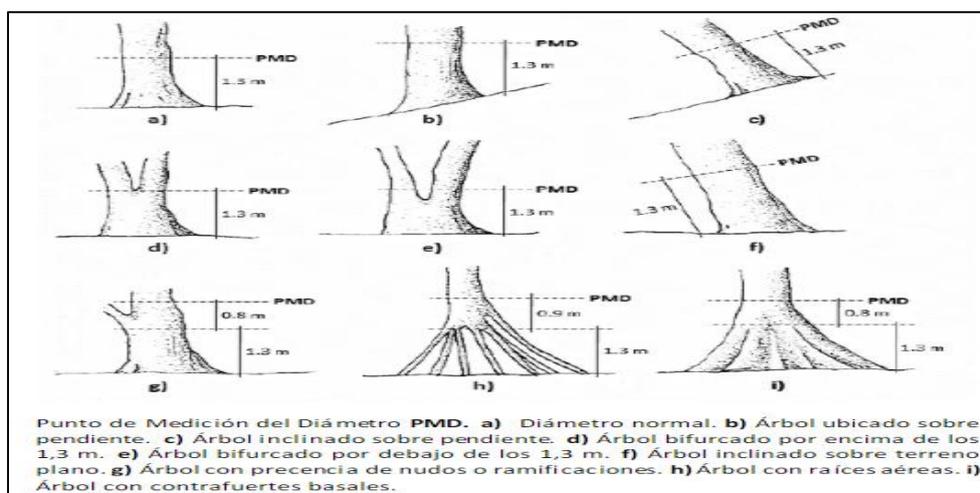
DAP: Diámetro a la altura del pecho.

CAP: Circunferencia a la altura del pecho.

π : Pi.

Figura 4

Punto de Medición del Diámetro

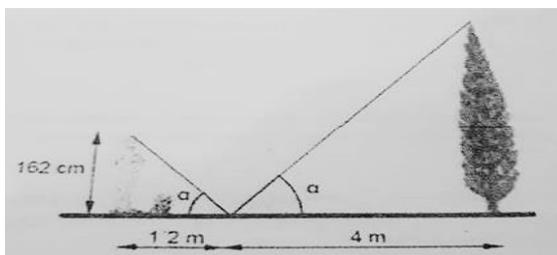


Fuente (Juárez, 2014).

- Altura total. Se midió todo el árbol desde la base, hasta la copa.
- Altura comercial. Se midió desde los 2,6 m de altura del fuste, con ayuda del hipsómetro sunnto, a una distancia de 10 m para cada una de los individuos (Juárez, 2014). Como se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Medición de la altura de un árbol.

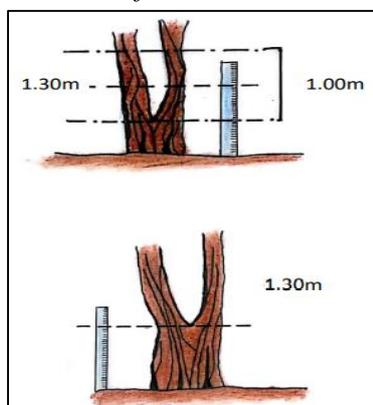


Fuente (Gutier, 2018).

- Número de frutos por árbol. Se dividió el árbol en cuatro cuadrantes y se contaron la cantidad de frutos por ramas, para determinar cuántos frutos tiene el árbol (Amaguaña, 2020).
- Diámetro de la copa. Se midió con un hipsómetro sunnto, a una distancia de 10 m para cada una de los individuos (Juárez, 2014).
- Altura de bifurcación. Se observó si los árboles presentan una bifurcación debajo de 1,30 m, para ser considerado como dos árboles, mientras que si presenta una bifurcación sobre el 1,30 m se lo consideraría como un solo árbol ver Figura 6 (Meza, 2018) y se tomaron en consideración las características mencionadas en la Tabla 4.

Figura 6

Árboles bifurcados



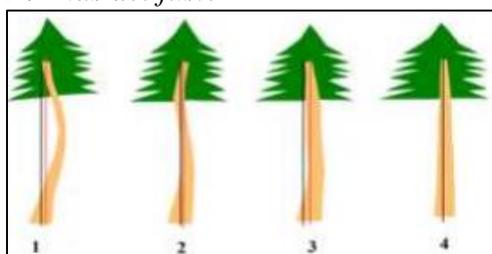
b) Evaluación cualitativa

Las variables cualitativas fueron obtenidas mediante observación y se pusieron los valores según las características mencionadas en la Tabla 4.

- Estado fitosanitario. Se observó el árbol de acuerdo a lo mencionado en la Tabla 4 y se determinó si existe o no presencia de plagas y enfermedades (FAO, 2012).
- Forma del fuste. Se observó si el árbol no presenta curvaturas prominentes ver Figura 7 y se pusieron los valores según las características mencionadas en la Tabla 4 (Juárez, 2014).

Figura 7

Formas del fuste

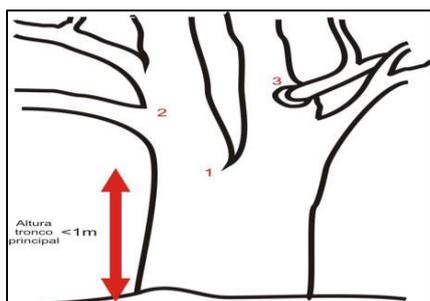


Fuente (Amaguaña, 2020)

- Forma de la copa. Se observó que los árboles tengan todos los cuadrantes y estos tengan una forma redonda según las características mencionadas en la Tabla 4 (Ministerio de Agricultura, 1976).
- Ángulo de inserción de las ramas. Se calculó el ángulo formado por las ramas con el tronco de un árbol ver Figura 8 y según las características mencionadas en la Tabla 4 (Corvalán, 2017).

Figura 8

Ángulo de inserción de las ramas



Fuente (Hortinatura, 2014).

2.4.4 *Diseño experimental*

Para el segundo objetivo en la fase de germinación se implementó un Diseño Irrestricto al Azar. Se implementó como tratamiento a todos los individuos que estén dentro de la clasificación de árboles semilleros excelentes de los tres ecosistemas, con esto se implementó cuatro repeticiones con 10 semillas por unidad experimental. Las variables a evaluar fueron las que se detallan en las variables de germinación a continuación.

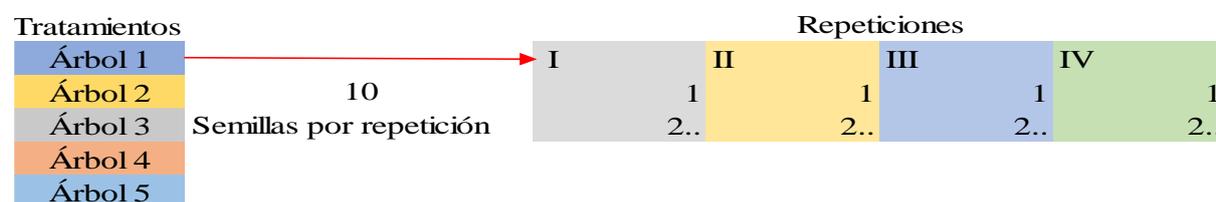
Al tratarse de variables de tipo cuantitativo se usó el análisis de varianza para determinar diferencias significativas entre los individuos seleccionados con una significación del 95% ($\alpha = 0.05$). Para dicho efecto se comprobaron los supuestos paramétricos de normalidad (Prueba Shapiro Wilks, $\alpha = 0.05$) y homocedasticidad (Prueba Levene, $\alpha = 0.05$).

En los tres ecosistemas de estudio no se cumplió con los supuestos paramétricos, descritos y se procedió a realizar la prueba de Kruskal Wallis para determinar diferencias significativas entre los individuos evaluados como árboles semilleros.

Se aplicó la prueba de Kruskal Wallis para las variables de porcentaje de germinación (PG), índice de germinación (IG), coeficiente de uniformidad de germinación (CUG), coeficiente de velocidad (CV) y valor de germinación (C) en los tres ecosistemas.

Figura 9

Diagrama del diseño experimental



2.4.5 *Variables de germinación objetivo dos*

a) **Calidad de semillas normas ISTA**

Para el inicio del proceso de germinación, se obtuvo la calidad de semillas según las normas ISTA

- Pureza de la semilla

Se tomaron semillas independientes con epicarpio, luego se apartó y se pesó solo el endocarpio para tener el peso de la semilla pura (International Seed Testing Evaluation [ISTA], 2016).

$$\% \text{ de pureza} = \frac{\text{Peso de la semilla pura}}{\text{Peso total de la muestra original}} * 100 \quad \text{Ec. 2}$$

- Peso

Para el cálculo del peso de semillas por kilogramo, se tomaron semillas de cada árbol hasta que estas cumplan con un peso de un kilogramo (ISTA, 2016).

- Contenido de humedad

Se tomaron 10 semillas que fueron sometidas a un secado gradual en un horno a 103 °C, durante 16 horas y se pesó la semilla seca (ISTA, 2016), con la siguiente formula:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso seco}}{\text{Peso inicial}} * 100 \quad \text{Ec. 3}$$

Fase de campo

Instalación del ensayo de campo

Para el cumplimiento del objetivo dos, se procedió a usar un sustrato con proporción de 60 (tierra negra): 30 (abono orgánico) :10 (pomina), en un volumen de 0,87 m³, para el llenado de 600 fundas de vivero de 6 x 8 pulgadas. Y desinfección del sustrato con HTP Phycopper a base de cobre de 250 centímetros cúbicos en 10 litros de agua y dejar reposar por tres días y para la desinfección de las semillas se usó Vitavax 60 g en 20 litros de agua por 12 horas.

Se procedió a tamizar el abono orgánico, la pomina y mezclarla con la tierra negra; luego se realizó una desinfección con HTP Phycopper a base de cobre de 250 centímetros cúbicos en 10 litros de agua y al cabo de tres días que se desinfectó el suelo se procedió al llenado de las fundas de vivero.

La germinación de las semillas fue evaluada por cinco meses y para su análisis se usaron las siguientes variables:

- Porcentaje de germinación

Con las 40 semillas obtenidas por cada individuo se procedió aplicar la fórmula propuesta por (ISTA, 2016).

$$\% \text{ de germinación} = \frac{\text{número de semillas germinadas}}{\text{numero de semillas sembradas}} * 100 \quad \text{Ec. 4}$$

- Coeficiente de velocidad

Se tomaron datos de las semillas germinadas y el tiempo desde la siembra (Gonzáles & Orozco, 1996).

$$CV = \frac{\sum n_i}{\sum(n_i t_i)} 100 \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

CV: Coeficiente de velocidad.

n_i : Número de semillas germinadas al día.

$n_i t_i$: Número de días desde la siembra.

- Índice de germinación

Se tomaron datos del tiempo desde el día de la siembra y el número de semillas que germinaron por día (Gonzáles & Orozco, 1996).

$$IG = \frac{\sum(n_i t_i)}{N} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

IG: Índice de germinación.

n_i : Número de semillas germinadas al día.

t_i : Número de días después de la siembra

N: Número total de semillas sembradas

- Valor de germinación

Se tomaron datos de todas las semillas germinadas en un lapso de cinco meses (Gonzáles & Orozco, 1996).

$$C = pm(t - 1) \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

C: Valor de germinación.

P: Porcentaje acumulado hasta el pico de germinación.

M: Porcentaje final de germinación.

T: tiempo de germinación desde la siembra hasta que germina la última semilla.

- Coeficiente de uniformidad de la germinación

Se tomaron datos del tiempo desde la siembra y el número de semillas que germinaron al día (González & Orozco, 1996).

$$CUG = \frac{\sum n_i}{\sum [(g - t_i)]^2 n_i} \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

CUG: Coeficiente de uniformidad de germinación.

G: Tiempo promedio de germinación resistencia a la germinación.

t_i : Número de días después de la siembra.

n_i : Número de semillas germinadas el día.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Características fenotípicas

3.1.1 Variables cuantitativas

En la presente investigación el ecosistema de regeneración natural presenta el 100 % de los árboles con características fenotípicas superiores, en el sistema agroforestal el 80 % y la plantación el 60 % presentan características fenotípicas superiores (Tabla 7).

Tabla 7

Árboles de Juglans neotropica seleccionados y variables cuantitativas de los tres ecosistemas

Ecosistemas	Código por árbol	Coordenados		DAP (cm)	HT (m)	HC (m)	Puntaje variables Cuantitativas
		X	Y				
Sistema Agroforestal	J1	811310	10038216	27,2	10,2	3,6	7
	J2	811316	10038217	27,6	10,8	3,2	7
	J3	811318	10038215	29,7	12,1	2,9	7
	J4	811151	10038249	25,2	8,20	3,2	3
	J5	811130	10038237	29,8	10,9	4,6	9
Plantación	J1	812639	10037350	23,6	14,0	3,8	9
	J2	812634	10037363	27,7	14,2	4	9
	J4	812604	10037364	21,9	11,6	2,5	3
	J6	812584	10037353	22,7	12,3	4,6	9
	J8	812594	10037345	21,1	11,6	3,1	3
Regeneración Natural	J1	833277	9953078	38,2	12,2	4,2	7
	J3	833246	9953091	37,5	18,7	6,2	9
	J9	833216	9953053	43,6	13,3	3	7
	J10	833196	9953069	38,5	13,2	2,2	7
	J11	833189	9953089	35,0	13,4	4,6	9

Nota: Árboles evaluados y seleccionados como semilleros código del árbol **J1** árbol uno, **J2** árbol dos, **J3** árbol tres, **J4** árbol cuatro, **J5** árbol cinco, **J6** árbol seis, **J8** árbol ocho, **J9** árbol nueve, **J10** árbol diez, **J11** árbol once.

DAP: Diámetro a la Altura del Pecho, **HT:** Altura total, **HC:** Altura comercial.

En la presente investigación en el sistema agroforestal se obtuvo una altura de 27,9 m y un diámetro de 28 cm, en la plantación se obtuvo una altura de 12,8 m y un diámetro de 23, 4 cm y de la regeneración natural se obtuvo una altura de 14,16 m y un diámetro de 38, 6 cm.

Determinando que el área de regeneración natural presenta mejores características dasométricas; en la investigación de Ortiz, et al., (2016) en *Juglans pyriformis* que obtuvo un promedio de altura entre 3,2 a 21,4 m y de diámetro de 16,4 a 19,3 cm, entrando en el rango de altura y diámetro encontrado en la presente investigación.

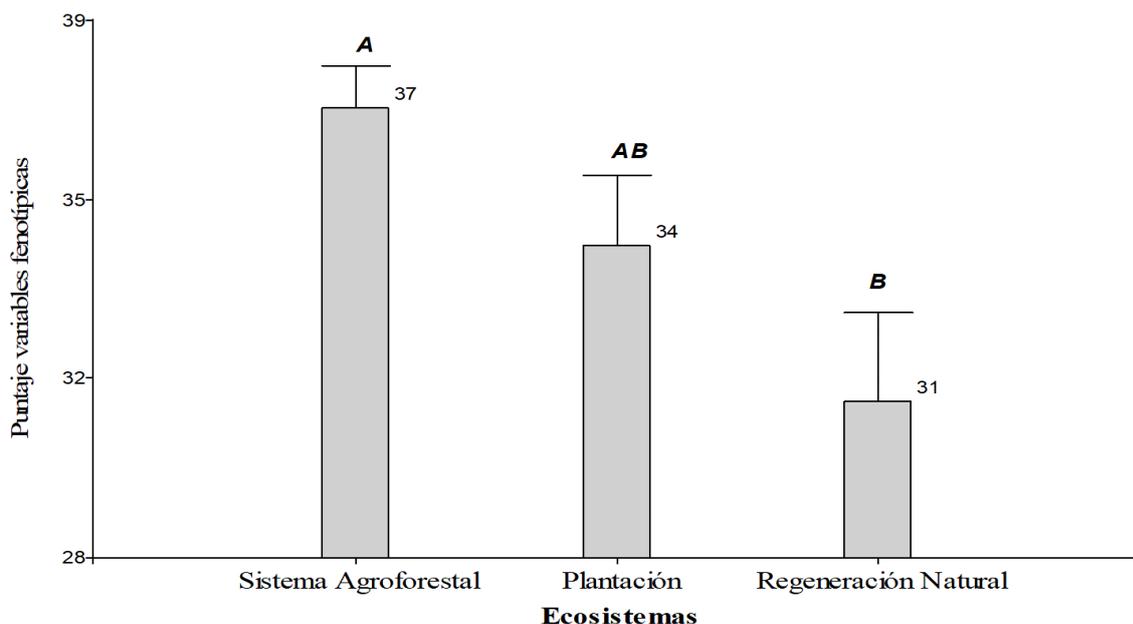
Ramírez et al., (2019) en la especie de *Juglans neotropica* obtuvo un promedio de la altura de 5,77 m y un diámetro promedio de 12 cm, siendo estos datos inferiores a los obtenidos en la presente investigación. Considerando las características edafoclimáticas para el crecimiento del árbol la investigación de Ramírez et al., (2019) fue realizada en Imbabura, mismas condiciones de la presente investigación por lo tanto se determina que los lugares escogidos en la presente investigación presentan mejores características dasométricas.

3.1.2 Variables cualitativas

Los ecosistemas muestran diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, el 100 % de los árboles evaluados presentan una clasificación de uno. De acuerdo a Ordóñez et al., (2001) tener una clasificación de uno los árboles presentan características fenotípicas superiores (Figura 10).

Figura 10

Diferencias en la puntuación de las variables fenotípicas en Juglans neotropica por ecosistema



Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

El sistema agroforestal presento las mejores características fenotípicas, sin embargo, el 100 % de los árboles evaluados están en la clasificación uno con una puntuación de 39 a 44 puntos, teniendo en cuenta que se sumaron las variables cuantitativas y cualitativas para obtener las mejores características fenotípicas superiores y ser considerados árboles excelentes y aptos para la recolección de semillas.

En la investigación de Ortiz, et al., (2016) mencionan que se evaluó 20 individuos de *Juglans pyriformis* y obtuvo 13 árboles de clasificación uno con valoración de 18 a 26 puntos, obteniendo el 65 % de los individuos con las mejores características fenotípicas, tomando en consideración que las variables evaluadas fueron diámetro de la copa, forma del fuste forma de la copa, ángulo de inserción de las ramas y altura de bifurcación y en la presente investigación el sistema agroforestal y la plantación obtuvieron una puntuación de 23 y la regeneración natural un puntaje de 21, estos datos alcanzados entran en el rango de la puntuación obtenida por Ortiz, et al., (2016).

Mientras que, Raurau, (2012) realizó una evaluación de *Juglans neotropica* en tres lugares, donde evaluó 17, 15 y 24 individuos respectivamente y determinó que entre el 50 % de individuos entran en la clasificación uno con las mejores características fenotípicas, similar a los datos obtenidos en la presente investigación que se obtuvo que el 50 % de los individuos de cada ecosistema entran en la clasificación uno siendo excelentes para la recolección de semillas.

3.2 Fenológica de *Juglans neotropica* por ecosistema

La fenología reproductiva a nivel de estadios de floración, fructificación y fase vegetativa mudanza foliar presentan similitud en el sistema agroforestal y la plantación en términos de tiempo, pero diferente en el área de regeneración natural (Tabla 8).

Tabla 8*Fenología de Juglans neotropica por ecosistema*

Ecosistemas	Inflorescencia	Fructificación		Mudanza foliar
		Joven	Madura	
Sistema agroforestal	Junio	Septiembre	Noviembre	Abril
	Julio	Octubre	Diciembre	Mayo
Plantación	Junio	Septiembre	Noviembre	Abril
	Julio	Octubre	Diciembre	Mayo
Regeneración natural	Septiembre Octubre	Marzo Abril	Mayo Junio	Julio Agosto

El ecosistema de regeneración natural de nogal presenta las fases fenológicas diferentes a los otros dos lugares de estudio, debido a ello la recolección de semillas se la realizó en el mes de agosto, mientras que, en la plantación y sistema agroforestal la recolección de semillas se la llevó a cabo en el mes de noviembre a diciembre.

Bedoya & Guevara, (2002) menciona que la presencia de frutos maduros de *Juglans neotropica* se encuentra en los meses de noviembre y diciembre, la floración en los meses de enero a julio y la defoliación de enero a marzo, esto según su ubicación geográfica, similar a lo mencionado en la presente investigación.

Mientras que en la investigación de Vallejos et al., (2023) la mudanza foliar se presenta en los meses de marzo-abril, la floración termina en el mes de junio y la fructificación es en los meses de mayo a diciembre, siendo estos datos similares a los obtenidos en la presente investigación ya que los lugares de estudio fueron dentro de la provincia de Imbabura.

Por otra lado, en la investigación de Raurau, (2012) menciona que las semillas de la especie *Juglans neotropica* deben ser recolectadas del suelo debido a que cumplen con la madurez fisiológica y Azas, (2016) menciona que las semillas se recolectan del suelo que están completamente maduras fisiológicamente, por ello se procedió a recolectar las semillas del

suelo, para tener una mayor germinación de las semillas y tomando en consideración el área de basal del árbol para no tomar semillas de árboles aledaños.

3.3 Evaluación de calidad de semillas de *Juglans neotropica*

3.3.1 Pureza

En la presente investigación la pureza el sistema agroforestal fue del 71 % y la plantación 73 %, pero en el área de regeneración natural la pureza es del 95 % (Figura 11).

Herrera, (2016) en su investigación realizada en Loja obtuvo una pureza de 87,74 a 88, 24 %, siendo diferente a las obtenidas en la presente investigación. Hurtado et al, (2020) en la especie *Juglans neotropica* obtuvo una pureza de las semillas de 88,24 %. Ceballos & López, (2007) en semillas de *Juglans neotropica*, obtuvo una pureza del 98 %, todas estas diferentes a la pureza de las semillas de la presente investigación donde se considera que las diferencias entre los promedios de las variables de la calidad de semillas se deben a la temperatura, clima, precipitación y altitud del lugar según Bedoya & Guevara, (2002).

Considerando esto, la pureza de las semillas en la presente investigación es diferente a otras investigaciones, sin embargo, el área de regeneración natural presenta una mejor pureza en sus semillas.

3.3.2 Semillas por kilogramo

En las semillas por kilogramo en el sistema agroforestal presenta un promedio de 32 semillas, mientras que, en la plantación y regeneración natural el promedio de semillas por kilogramo es de 44 Y 45 semillas (Figura 11).

Herrera, (2016) obtuvo de 66 a 72 semillas por kilogramo en su investigación. Hurtado et al, (2020) obtuvieron 66 semillas por kilogramo. Azas, (2016) determinó 51 semillas por kilogramo. Ceballos & López, (2007) obtuvo 30 semillas por kilogramo. En la presente investigación se obtuvo 32 a 45 semillas por kilogramo. Por lo tanto, se consideró que las

semillas de las áreas de estudio en la presente investigación presentan mejores características en la calidad de semillas, tanto en tamaño y peso.

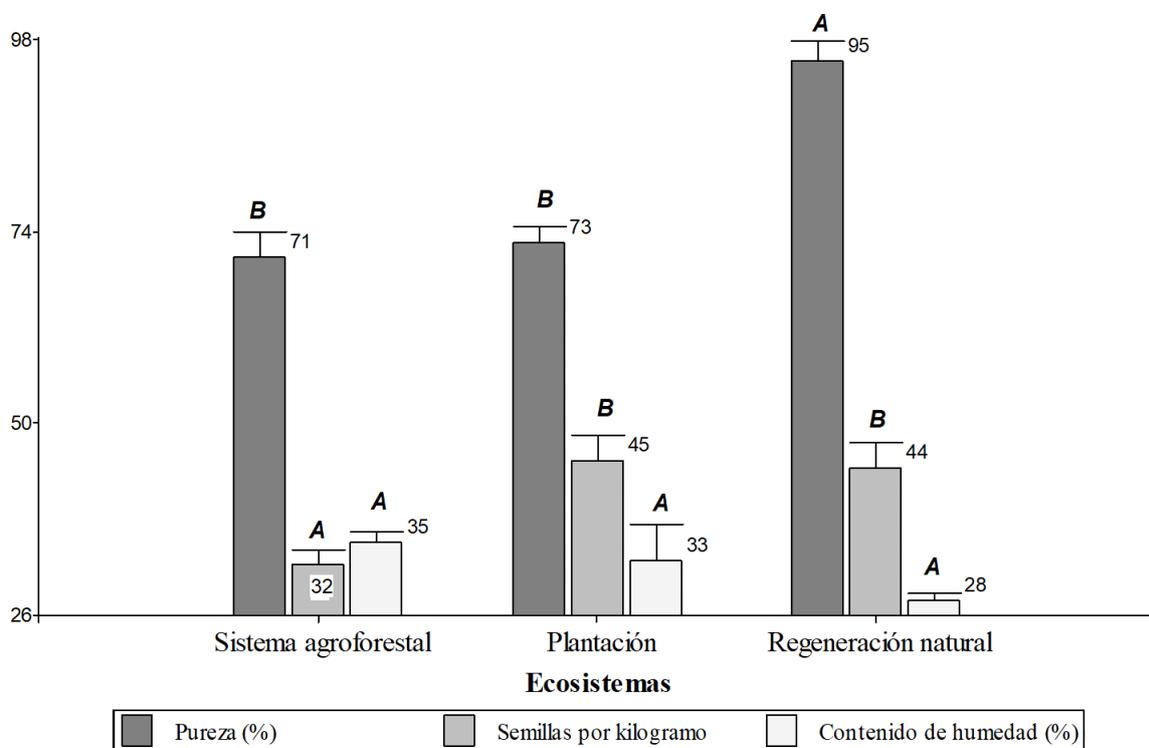
3.3.3 Contenido de humedad

El contenido de humedad de las semillas de cada uno de los ecosistemas varia, en el sistema agroforestal el promedio de contenido de humedad es de 35 % en la plantación el contenido de humedad es de 32 % y en la regeneración natural el contenido de humedad es de 27 % (Figura 11).

Ceballos & López, (2007) obtuvo un contenido de humedad de las semillas de *Juglans neotropica* de 15,2 %, siendo este menor al obtenido en la presente investigación que fue un promedio de 33,3 %, cabe mencionar que las semillas pueden tener diámetros y formas distintas lo que equivale a tener diferentes rangos de calidad y humedad.

Figura 11

Calidad de semillas de Juglans neotropica por ecosistema



3.4 Germinación de las semillas de *Juglans neotropica* por ecosistema

La prueba de Kruskal Wallis (H) de 5,61 con un valor significativo del 5 % de probabilidad estadística por tal motivo se acepta la hipótesis alterna donde se indica que existen diferencias significativas en el potencial de germinación entre al menos uno de los árboles seleccionados con las mejores características fenotípicas

3.4.1 Sistema agroforestal

En las semillas procedentes del sistema agroforestal de la presente investigación se presentó un promedio de germinación del 77 % y su mejor árbol es 5 (J5) con el 83 % de germinación y el árbol 1 (J1) presenta la germinación más baja con el 65% a los 150 días, teniendo diferencias significativas en el CUG y el CV (Tabla 9).

Tabla 9

Evaluación de la prueba Kruskal Wallis del sistema agroforestal de nogal

Variables	PG	IG	CUG	CV	C	
P- valor	0,3275	0,2947	0,031	0,0829	0,7543	
Prueba de Kruskal Wallis						
Sistema agroforestal	J5	83 (a)	89,83 (a)	0,01 (a)	0,92 (a)	20,25 (a)
	J3	83 (a)	101,68 (a)	0,01 (b)	0,81 (b)	22,90 (a)
	J2	80 (a)	97,63 (a)	0,01 (b)	0,82 (b)	14,84 (a)
	J4	75 (a)	93,90 (a)	0,01 (b)	0,82 (b)	16,21 (a)
	J1	65 (a)	82,10 (a)	0,01 (b)	0,79 (b)	12,44 (a)

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Árboles evaluados y seleccionados como semilleros código del árbol **J1** árbol uno, **J2** árbol dos, **J3** árbol tres, **J4** árbol cuatro, **J5** árbol cinco; **PG**: porcentaje de germinación, **IG**: índice de germinación, **CUG**: coeficiente de uniformidad de germinación, **CV**: coeficiente de velocidad y **C**: valor de germinación, **Dif**: diferencias.

En la presente investigación se obtuvo diferencias en la uniformidad de germinación el CUG con 0,1, en la distribución de germinación de CV con 0,83 %, determinando que el mejor individuo es el árbol cinco (J5).

En la investigación realizada por Ramírez et al., (2022) evaluaron la germinación durante 90 días y el testigo obtuvo un porcentaje de germinación del 22,67 %, un CV de 1,24 y C de 3,27, considerando estos valores obtenidos se determina que en la presente investigación realizada

difiere en sus resultados, debido al tiempo de toma de datos ya que fue de 150 días y se obtuvo mayor porcentaje de germinación con 83 % un CV de 0,92 y C de 20, 25 %.

3.4.2 Plantación

En las semillas procedentes de la plantación de nogal se obtuvo un promedio de 33 % de germinación, el individuo con mejor germinación es el árbol 4 (J4) con 43 %, por otro lado, el árbol 1 (J1) presento un porcentaje de germinación del 28 % siendo el menor, teniendo diferencias significativas en las variables de CUG, CV y C (Tabla 10).

Tabla 10

Evaluación de la prueba Kruskal Wallis de la plantación de nogal

Variables	PG	IG	CUG	CV	C	
P- valor	0,3663	0,9988	0,0051	0,0058	0,0733	
Prueba de Kruskal Wallis						
Plantación	J4	43 (a)	42,48 (a)	0,01 (a)	1,03 (a)	7,56 (a)
	J5	35 (a)	38,83 (a)	0,01 (b)	0,91 (b)	2,82 (ab)
	J1	30 (a)	38,73 (a)	0,01 (c)	0,78 (c)	3,72 (b)
	J2	28 (a)	34,68 (a)	0,01 (c)	0,78 (c)	2,09 (b)
	J3	28 (a)	36,88 (a)	0,01 (c)	0,76 (c)	1,92 (b)

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) árboles evaluados y seleccionados como semilleros código del árbol **J1** árbol uno, **J2** árbol dos, **J4** árbol cuatro, **J6** árbol seis. **J8** árbol ocho, **PG**: porcentaje de germinación, **IG**: índice de germinación, **CUG**: coeficiente de uniformidad de germinación, **CV**: coeficiente de velocidad y **C**: valor de germinación, **Dif**: diferencias.

En la presente investigación se obtuvo diferencias en el CUG con 0,1 determinando que existe diferencias en la uniformidad de la germinación, el CV con 0,85 % y mejor pico de germinación C con 3,62. Se determinó que la mejor germinación es del árbol cuatro (J4).

Ramírez et al., (2022) obtuvieron un porcentaje de germinación del 22,67 %, un CV de 1,24 y C de 3,27 en 90 días de evaluación, en la presente investigación debido al tiempo de 150 días se obtuvo mayor porcentaje de germinación con el 42 % un CV de 1,03 diferente al obtenido por la investigación de Ramírez et al., (2022) y C con 7,56 %.

3.4.3 Regeneración natural

En las semillas procedentes del área de regeneración natural de nogal se obtuvo un promedio de germinación del 15 %, el árbol 5 (J5) obtuvo una germinación del 25 % como mayor, por otro lado, en el árbol 1 (J1) presento una germinación del 2,5 % como menor, teniendo diferencias significativas en las variables de PG, CUG y CV (Tabla 11).

Tabla 11 Evaluación de la prueba Kruskal Wallis de la zona de regeneración natural de nogal

Variables		PG	IG	CUG	CV	C
P- valor		0,205	0,2236	0,1595	0,183	0,2135
Prueba de Kruskal Wallis						
Regeneración natural	J5	25 (a)	24,83 (a)	0,01 (a)	1,04 (a)	1,99 (a)
	J4	18 (ab)	17,60 (a)	4,30E-03 (ab)	0,50 (a)	3,49 (a)
	J3	15 (ab)	15,03 (a)	0,01 (ab)	0,81 (ab)	1,32 (a)
	J2	15 (ab)	14,95 (a)	0,01 (ab)	0,97 (ab)	1,24 (a)
	J1	3 (b)	3,10 (a)	1,80E-03 (b)	0,20 (b)	0,20 (a)

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) árboles evaluados y seleccionados como semilleros código del árbol **J1** árbol uno, **J2** árbol dos, **J4** árbol cuatro, **J6** árbol seis. **J8** árbol ocho, **PG**: porcentaje de germinación, **IG**: índice de germinación, **CUG**: coeficiente de uniformidad de germinación, **CV**: coeficiente de velocidad y **C**: valor de germinación, **Dif**: diferencias.

En la presente investigación se obtuvo diferencias en el PG 15 % donde se considera que la germinación es mala en el CUG con 0,1 determinando que existe diferencias en la uniformidad de la germinación, el CV con 0,70 %. Se determinó que la mejor germinación es del árbol cinco (J5). Cabe considerar que las semillas recolectadas fueron traídas de un lugar con condiciones ambientales diferentes a las del lugar de la siembra.

Ramírez et al., (2022) obtuvieron un porcentaje de germinación del 22,67 %, un CV de 1,24 y C de 3,27, similar al obtenido en la presente investigación. Ramos, (2023) evaluó la germinación durante 163 días y obtuvo una germinación del 25 % de 400 semillas, siendo esto similar a la investigación realizada ya que se obtiene una germinación del 25 % en el mejor árbol semillero.

Los árboles de los tres ecosistemas para ser declarados como árboles semilleros y aptos para recolección de semillas también fueron evaluados por el porcentaje de germinación (Tabla 19).

Tabla 12

Individuos con clasificación de excelente aptos para ser considerados como árboles semilleros

Ecosistema	Individuos Código	Clasificación	Porcentaje Germinación
Sistema agroforestal	J5	Excelente	83
	J3	Excelente	83
	J2	Excelente	80
	J4	Excelente	75
	J1	Excelente	65
Plantación	J4	Bueno	43
	J5	Bueno	35
	J1	Malo	30
	J2	Malo	28
	J3	Malo	28
Regeneración natural	J5	Malo	25
	J4	Malo	18
	J3	Malo	15
	J2	Malo	15
	J1	Malo	3

Nota: Árboles evaluados y seleccionados como semilleros código del árbol **J1** árbol uno, **J2** árbol dos, **J3** árbol tres, **J4** árbol cuatro, **J5** árbol cinco, **J6** árbol seis, **J8** árbol ocho, **J9** árbol nueve, **J10** árbol diez, **J11** árbol once.

En la investigación se obtuvo cinco árboles de clasificación excelente, dos de clasificación bueno y ocho individuos de clasificación malo, esto de acuerdo al porcentaje de la germinación de las semillas de cada árbol.

En la investigación de Ortiz et al., (2016) identifico 12 árboles de calidad alta o excelente, ocho de calidad media o buena y ocho de calidad baja o mala, esto tomando en consideración que evaluó 20 árboles y dos procedencias. Ortiz et al., (2016) obtuvo el 30 % de árboles excelentes y en la presente investigación se obtuvo el 17 % de árboles excelentes.

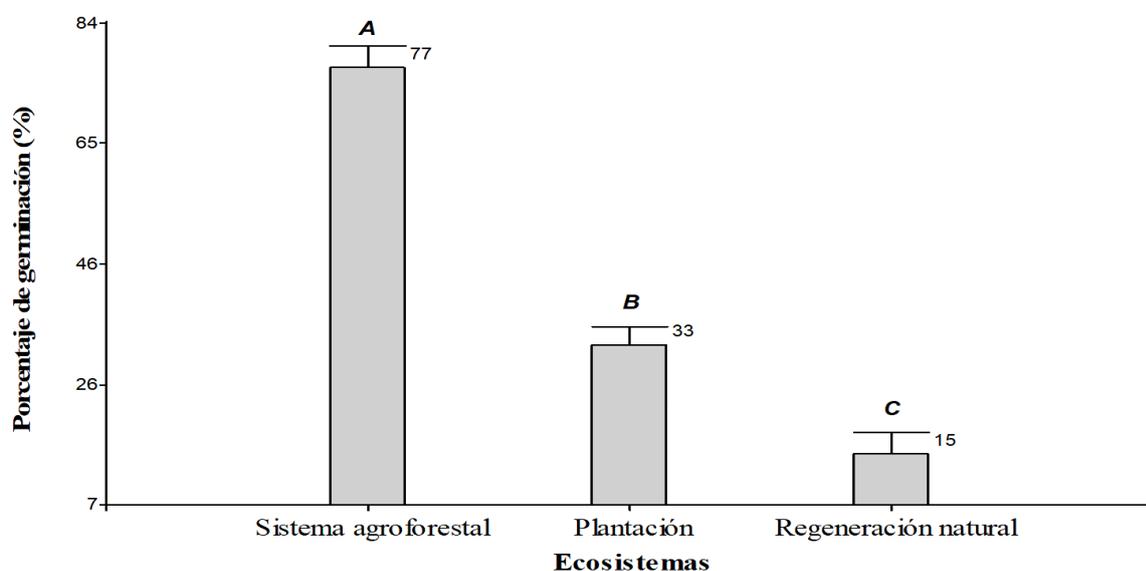
Cabe considerar que las condiciones de germinación de las semillas en la presente investigación no fueron las adecuadas debido a la cantidad de lluvias en los meses sembradas y que en las

semillas no se aplicó tratamientos pregerminativos, como en la investigación de Ortiz et al., (2016).

Entre los tres ecosistemas estudiados se encontró diferencias significativas según el porcentaje de germinación de las semillas de nogal, donde el sistema agroforestal presenta las mejores el mejor porcentaje de germinación (Figura 12).

Figura 12

Comparación de ecosistemas



Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Las características fenotípicas de los tres lugares fueron aptas para la recolección de semillas, sin embargo, el sistema agroforestal presenta la mejor germinación en comparación con los otros ecosistemas estudiados, siendo el lugar más idóneo donde recolectar semillas ya que las plántulas del sistema agroforestal tendrán las mejores características heredadas.

En la presente investigación se determinó que la mejor germinación es del sistema agroforestal con sus cinco individuos evaluados siendo los mejores, sin embargo, el área de regeneración natural presenta un bajo porcentaje de germinación determinando que no es apto para recolección de semillas comparando con la investigación de Herrera, (2016) donde obtuvo una germinación en *Juglans neotropica* de 3,75 % en un bosque natural y 6,75 % en un fragmento

de bosque, determinando que los árboles de los dos lugares tenían excelentes características pero la germinación es baja por lo que recomienda buscar otros lugares con la especie y determinar su potencial de germinación.

CAPÍTULO IV

Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Después de realizar un análisis exhaustivo de los ecosistemas seleccionados, se pudo observar la presencia de árboles con características fenotípicas superiores en todos estos. Estos árboles presentaron una escala de evaluación superior y resultaron ser idóneos para la recolección de semillas.
- El sistema agroforestal se destaca como el único en el cual se observa un potencial notablemente alto de germinación de las semillas. Además, es importante señalar que, aunque los árboles de todos los ecosistemas presentaron características fenotípicas superiores, las condiciones específicas del sistema agroforestal mejoran significativamente la capacidad de germinación de sus semillas, convirtiéndolo en la fuente semillera más idónea para los procesos de reproducción de la especie.

4.2 Recomendaciones

- Tomar en consideración el cambio de zonas climáticas ya que este cambio puede provocar baja germinación.
- Tener en consideración el agua de riego, ya que mucha humedad en el sustrato ocasiona la pudrición de las semillas.
- Se recomienda replicar la información de selección árboles semilleros en otras especies forestales, para la producción de plántulas y contar con una buena calidad de semillas que garantice la producción de plantas de calidad.

Bibliografía

- Albán, G. (2015). *Extracción mecánica y nanoencapsulación del aceite de Juglans neotropica mediante spray-drying*. Riobamba: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Recuperado el 10 de Enero de 2022, de <http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/4439/1/56T00563%20UDCTFC.pdf>
- Amaguaña, S. (2020). *Potencial de almacenamiento de semillas de las especies Nectandra acutifolia (Ruiz & Pav.) Mez. Y Cedrela pubescens W. Palacios sp.nov.ined en las Reservas de Mindo Cloudforest Foundation*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Recuperado el 30 de Enero de 2022, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10727/2/03%20FOR%20318%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Añazco, M. (2021). Programa de Investigación Juglans. *Universidad Técnica del Norte*, 1-81.
- Aragón, D., Rodríguez, G., Vargas, J., Enríquez, J., Hernández, A., & Campos, G. (2020). Phenotype selection and reproductive characteristics of Pinus pseudostrobus var. oaxacana (Mirov) S.G.Harrison. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11, 59.
- Azas, R. (2016). *Evaluación del efecto de los tratamientos pregerminativos en semillas de Nogal (Juglans neotropicaDiels) en el recinto Pumin provincia de Bolivar*. Universidad de las Fuerzas Armadas. Recuperado el 25 de Mayo de 2023, de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10697/1/T-ESPE-002791.pdf>
- Baruzzo, M., Smichowski, H., Martínez, S., & Contreras, F. (2020). Plantaciones Forestales: crecimiento y expansión de la actividad forestal en las Lomadas Arenosas en Corrientes, Argentina. *IEG GEOREVISTA UNAF*, 1(17), 71-82.
- Bedoya, P., & Guevara, I. (2002). Estructura poblacional y fenología de Juglans neotropica Diels sin (Cedro negro), en tres parches de bosque en el departamento del Quindío.

- Universidad del Quindío*, 111. Recuperado el 17 de Mayo de 2023, de <http://190.116.36.86/bitstream/handle/20.500.14074/3169/IDENTIFICACION%20ASPECTOS%20MORFOLOGICOS%20Y%20FENOLOGICOS%20DE%20LAS%20ESPECIES%20FORESTALES%20NATIVAS%20EN%20EL%20VALL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Benítez, E., González, L., Escobar, C., & Rodríguez, L. (2019). Caracterización morfológica de frutos y calidad de semillas de árboles semilleros seleccionados de *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 24(1), 36-47.
- Calvache, A. (Agosto de 2015). *Los suelos del Ecuador*. Guayaquil: ResearchGate. Recuperado el 9 de Enero de 2022, de https://www.researchgate.net/publication/301701400_los_suelos_del_ecuador
- Cárdenas, D., & Salinas, N. (2007). *Libro rojo de plantas de Colombia-Especies maderables amenazadas* (Vol. 4). (M. d. Territorial, Ed.) Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.
- Carvajal, J., & Cardona, E. (1998). Respuesta de la semilla de cedro negro (*Juglans neotropica* Diels) a la aplicación de tratamientos pregerminativos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 51(1), 217-235.
- Castillo, E., Finch, W., Seal, C., & Pritchard, H. (2019). Adaptive significance of functional germination traits in crop wild relatives of Brassica. *Agricultural and Forest Meteorology*, 264, 343-350.
- Ceballos, Á., & López, J. (2007). Conservación de la calidad de semillas forestales nativas en almacenamiento. *Cenicafé*, 58(4), 265-292.
- CORMADERA. (2019). *Proyecto Piloto para la Reforestación y Rehabilitación de Tierras Forestales Degradadas en el Ecuador*. Quito: OIMT. Recuperado el 8 de Enero de

- 2022, de
https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2119/Competition/Final%20Report%20OPD%2017-97.pdf
- Coronel, J. (2020). Conceptualización de un Modelo Estratégico Nacional “Bosques para Ecuador”, en el marco de la Política Forestal Internacional . *Observatorio Medioambiental*, 23, 21-42.
- Corvalán, P. (2017). Caracterización del diámetro, ángulo de inserción y longevidad de ramas vivas axiales de *Nothofagus obliqua*. *Revista cubana de ciencias forestales*, 5(2), 127-139.
- Crouzeilles, R., Beyer, H., Monteiro, L., Feltran, R., Pessoa, A., Barros, F., . . . Lino, E. (2020). Achieving cost-effective landscape-scale forest restoration through targeted natural regeneration. *Conservation Letters*, 13, 2-9.
- Cué, J., Añazco, M., & Paredes, H. (2019). Producción y conservación de semillas forestales: situación actual y perspectivas en Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(3), 365-376.
- Dantas, B., Moura, M., Pelacani, C., Taura, F., Oliveira, G., Bispo, J., . . . Seal, C. (2020). Rainfall, not soil temperature, will limit the seed germination of dry forest species with climate change. *Oecologia*(192), 529–541.
- Eras, V. (2013). *Evaluación de tres tipos de sustratos y tres métodos de escarificación en la germinación de la semilla de nogal (Juglans neotrópica) a nivel de vivero*. Universidad Nacional de Loja. Recuperado el 20 de Mayo de 2023, de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/13931/1/tesis%20ultima.pdf>
- Espindola, Y., Romero, L., Ruíz, R., & Luna, C. (2018). Influencia de las condiciones de incubación sobre la germinación de semillas de diferentes individuos de *Pterogyne*

- nitens. *Quebracho*, 26(1), 5-17. Recuperado el 7 de Febrero de 2013, de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/481/48160748002/48160748002.pdf>
- FAO. (2021). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Ferrer, R., Lippe, M., Fischer, R., Torres, B., Tamayo, F., Kanungwe, F., . . . Gunter, S. (2023). Reconciling policy instruments with drivers of deforestation and forest degradation: cross-scale analysis of stakeholder perceptions in tropical countries. *Scientific Reports*, 13(2128).
- Fredericksen, T., Contreras, F., & Pariona, W. (2001). *Guía de silvicultura para Bosques Tropicales de Bolivia*. (P. BOLFOR, Ed.) Santa Cruz, Bolivia: El País.
- Fremout, T., Taedoung, H., Briers, S., Gutiérrez, E., Alcázar, C., Lindau, A., . . . Elliott, S. (2021). Diversity for Restoration (D4R): Guiding the selection of tree species and seed sources for climate-resilient restoration of tropical forest landscapes. *British Ecological Society*, 59(3), 664-679.
- Gobierno autónomo descentralizado Parroquia de San Francisco de Natabuela. (2019). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial "San Francisco de Natabuela"*. Ibarra: Gobierno autónomo descentralizado Parroquia de San Francisco de Natabuela. Recuperado el 27 de Diciembre de 2021, de <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/PDOT/Parroquial/PDOT%20NATABUELA.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia de Cuyuja. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cuyuja*. Cuyuja: Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia de Cuyuja. Recuperado el 27 de Diciembre de 2021, de <https://gadprcuyuja.gob.ec/napo/wp->

content/uploads/2020/11/ACTUALIZACI%C3%93N-PDOT-CUYUJA-2019-2023.pdf

- González, L., & Orozco, A. (1996). Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 58(15-30), 15-30.
- Guanolema, M. (2022). *Evaluación de cinco métodos de escarificación y dos sustratos para la producción de plantas de Nogal (Juglans neotropica), en el vivero Guaslán, cantón Riobamba*. Escuela Superior Pilitécnica de Chimborazo. Recuperado el 15 de mayo de 2023, de <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/17047/1/33T00373.pdf>
- Guerra, H., & Quimi, J. (2021). *Extracción de aceites del fruto Juglans neotropica, para determinar actividad inhibidora de cepas bacterianas: aspergillus níger, escherichia coli, salmonella choleraesuis y staphylococcus aureus*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Recuperado el 10 de Enero de 2021, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/57488/1/BINGQ-IQ-21P47.pdf>
- Gutier, J. (2018). *Altura de un árbol*. Recuperado el 3 de Enero de 2022, de <https://brainly.lat/tarea/10680915>
- Gutiérrez, B., & Flores, A. (2017). Rodales semilleros: Opción para la conservación in situ de recursos genéticos forestales en Chiapas, México. *Foresta Veracruzana*, 19(2), 41-48.
- Herrera, C. (2016). *Evaluación de fuentes semilleras de especies forestales nativas, como apoyo a programas y políticas de reforestación de la provincia de Loja*. Loja: Universidad Nacional de Loja. Recuperado el 26 de Abril de 2023, de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/9919/1/TESIS%20FINAL%20CIencia.pdf>
- Horák, J., Brestovanská, T., Mladenovic, S., Kout, J., Bogusch, P., Halda, J., & Zasadil, P. (2019). Green desert?: Biodiversity patterns in forest plantations. *Forest Ecology and Management*, 433, 343-348.

- Hortinatura. (2014). *Criterios básicos para la poda en frutales*. Recuperado el 4 de Enero de 2022, de <https://huertodomestico.com/2014/criterios-basicos-para-la-poda-en-frutales/>
- Houspanossian, J., Giménez, R., Jobbágy, E., & Nosetto, M. (2017). Surface albedo raise in the South American Chaco: Combined effects of deforestation and agricultural changes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 232, 118-127.
- Hurtado, L., Urgiles, N., Eras, V., Muñoz, J., Encalada, M., & Quichimbo, L. (2020). Aplicabilidad de las Normas ISTA: Análisis de la calidad de semillas en especies forestales en el Sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 10(2), 44-57.
- Iglesias, J., Morales, C., Chinchero, M., Herrera, X., Santiana, J., Sola, A., & Acosta, N. (2015). Un insumo clave de información ambiental en el país: “Mapa de Ecosistemas del Ecuador Continental”. *Revista Especializada en Medio Ambiente*, 1, 30 -37.
- Instituto Nacional de Investigación Agraria INIA. (2015). *Fortalecimiento institucional para la prestación de servicios de investigación y transferencia de tecnologías para mejorar los ingresos campesinos de la selva central*. Junino: Nogal.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI]. (2017). *Anuario Meteorológico* (Vol. 53). (J. Olmedo, Ed.) Quito, Ecuador: INAMHI.
- International Seed Testing Evaluation [ISTA]. (2016). *Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas*. Montevideo, Uruguay: International Seed Testing Evaluation (ISTA).
- Ipinza, R. (1998). Métodos de Selección de Árboles Plus. *Universidad Austral de Chile. Facultad de Ingeniería Forestal. Charlas y Conferencias*, 105-127.
- Jara, J. (2015). *La deforestación de los bosques protectores como un atentado al Derecho al Buen Vivir en la Legislación Ecuatoriana*. Quito: Universidad Central del Ecuador. Recuperado el 6 de Enero de 2022, de <http://infobosques.com/portal/wp-content/uploads/2017/04/doctrina41389.pdf>

- Juárez, Y. (2014). *Dasometría Apuntes de Clase y Guía de Actividades Prácticas* (Primera ed.). Cochabamba, Bolivia: ACADEMIA.
- Kleemann, J., Zamora, C., Villacis, A., Cuenca, P., Koo, H., Kyoung, J., . . . Thiel, M. (2022). Deforestation in Continental Ecuador with a Focus on Protected Areas. *Land Use Policy*, 11(2), 268.
- Koutouan, M., Phartyal, S., Rosbakh, S., kouassi, E., & Poschlod, P. (2020). Seed dormancy and dormancy-breaking conditions of 12 West African woody species with high reforestation potential in the forest-savanna ecotone of Côte d'Ivoire. *Seed Science and Technology*, 48(1), 101-116.
- Maldonado, D. (2015). *Identificación y selección de árboles semilleros de cinco especies forestales nativas de la microcuenca El Padmi, provincia de Zamora Chinchipe*. Loja: Universidad Nacional de Loja. Recuperado el 31 de Enero de 2022, de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11284/1/Tesis%20Doris%20Alicia%20Maldonado%20Condo.pdf>
- Méndez, M., Ramírez, C., Vargas, J., Martínez, T., López, J., & López, P. (2020). Genetic diversity at two seed orchards of *Pinus patula* SCHIEDE ex Schltld. et Cham. *Fitotecnia Mexicana*, 43(1), 113-119.
- Meza, M. (2018). *Medición del diámetro (dap) de un árbol*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado el 4 de Enero de 2022, de https://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/ppt_medici%C3%B3n_del_di%C3%A1metro_de_un_%C3%A1rbol.pdf
- Meza, M. (2018). *Medición del diámetro (dap) de un árbol*. Recuperado el 4 de Enero de 2022, de https://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/ppt_medici%C3%B3n_del_di%C3%A1metro_de_un_%C3%A1rbol.pdf

Ministerio de Agricultura. (1976). *Evaluación de las Plantaciones Forestales del Perú*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria.

Ministerio del Ambiente. (2012). *Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental*. Quito: SocioBosque. Recuperado el 3 de Enero de 2022, de <http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/Folleto%20mapa-parte1.pdf>

Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2012). *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. (R. Galeas, & J. Guevara, Edits.) Quito, Ecuador: Subsecretaría de Patrimonio Natural.

Montaño, D. (2021). *Nuevo estudio*. (M. P. Latinoamérica, Editor) Recuperado el 28 de Noviembre de 2021, de <https://es.mongabay.com/2021/03/nuevo-estudio-en-los-ultimos-26-anos-ecuador-ha-perdido-mas-de-2-millones-de-hectareas-de-bosque/>

Ntawuruhunga, D., Ngowi, Edwin, Mangi, H., Salanga, R., & Shikuku, K. (2023). Climate-smart agroforestry systems and practices: A systematic review of what works, what doesn't work, and why. *Forest Policy and Economics*, 150.

Ochavan, T., Pardabe, S., Sanchez, M., Castañeda, H., & Aliaga, A. (2019). *Selección de árboles semilleros superiores (Plus)*. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Oliva, M., Vacalla, F., Pérez, D., & Tucto, A. (2014). Recolección de semillas de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa, Amazonas-Perú. *SERFOR*, 1, 1-20.

Ordóñez, L., Aguirre, N., & Hofstede, R. (2001). *Sitios de recolección de semillas forestales Andinas del Ecuador*. Quito: ECOPAR. Retrieved Diciembre 20, 2021, from https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1316&context=abya_yala

- Ortiz, E., Acosta, C., Linares, P., Morales, Z., & Rebolledo, V. (2016). Selección de árboles semilleros de *Juglans pyriformis* Liebm. en poblaciones naturales de Coatepec y Coacoatzintla, Veracruz. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7(38), 43-58.
- Ortiz, E., Acosta, C., Linares, P., Morales, Z., & Rebolledo, V. (2016). Selección de árboles semilleros de *Juglans pyriformis* Liebm. en poblaciones naturales de Coatepec y Coacoatzintla, Veracruz. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7(38), 43-58.
- Palacios, W. (2016). *Árboles del Ecuador: especies representativas*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Paredes, D. (2018). *Selección, identificación, y ubicación de árboles semilleros (plus), de especies forestales plantadas en las comunas Olón, Dos Mangas y Salanguillo del cantón Santa Elena*. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena. Recuperado el 4 de Enero de 2022, de <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/4282/UPSE-TIA-2018-0002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Peralta, G. (2019). *Ensayo de germinación de especies forestales con diferentes tratamientos pre - germinativos a nivel de laboratorio en la UNA*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. Recuperado el 2 de Febrero de 2023, de <https://repositorio.una.edu.ni/4224/1/tnf62p426.pdf>
- Pérez, C. (2007). *Germinación de semillas de Mimoso aculeaticarpa var. biuncifera (Benth) Barneby (Fabaceae)*. Pachucha de Soto Hidalgo: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado el 10 de Enero de 2022, de https://www.academia.edu/37565292/Germinacion_de_semillas_Calculos
- Pike, C., Williams, M., Brennan, A., Woeste, K., Jacobs, J., Hoban, S., . . . Romero, J. (2021). Save Our Species: A Blueprint for Restoring Butternut (*Juglans cinerea*) across Eastern North America. *Journal of Forestry*, 119(2), 196-206.

- Prado, L., Samaniego, C., & Ugarte, J. (2010). *Estudio de las cadenas de abastecimiento de germoplasma forestal en Ecuador*. Lima: World Agroforestry Centre. Retrieved Noviembre 28, 2021, from <http://apps.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/WP16813.pdf>
- Quiroz, R. (2013). *Evaluación de la actividad cicatrizante de un gel elaborado a base de los extractos de nogal (*Juglans neotrópica* Diels), Ortiga (*Urtica dioica* L.), Sábila (*Aloe vera*), en ratones (*Mus musculus*)*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado el 10 de Enero de 2022, de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2568/1/56T010335.pdf>
- Ramírez, J., Oyos, E., & Chagna, E. (2019). Almacenamiento de carbono en plantaciones de *Juglans neotropica* Diels, con y sin asocio de *Coffea arabica* L. *Ciencias Ambientales*, 12(2), 73-80.
- Ramírez, J., Vallejos, H., & Añazco, M. (2022). Evaluación de tratamientos pre-germinativos en semillas de *Juglans neotropica* Diels. en el norte del Ecuador. *Bosque Latitud Cero*, 13(1), 83-93.
- Ramos, R. (2023). *Métodos mecánicos y químicos para superar la dormancia en semillas de nogal (*Juglans neotropica* Diels) en Bambamarca, Cajamarca*. Universidad Nacional Autónoma de Chota. Recuperado el 12 de Junio de 2023, de https://repositorio.unach.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14142/399/Ramos_Carranza_RY.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ramos, R., Vera, R., Grijalva, J., Ramos, & Mario. (2022). Biomasa anhidra en plántulas de *Juglans neotropica* Diels, en la etapa de vivero. *AlfaPublicaciones*, 4(3.2), 97-114.
- Raurau, M. (2012). *Caracterización de fuentes semilleras para uso sostenible y conservación de recursos forestales de los bosques andinos de Loja, Ecuador*. Turrialba, Costa Rica: CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA.

Recuperado el 26 de Abril de 2023, de
[https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9759/A11467e.pdf?sequence=1](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9759/A11467e.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
 &isAllowed=y

Reynel, C., & Marcelo, J. (2009). *Arboles de los ecosistemas forestales andinos. Manual de identificación de especies*. (S. Hamann, Ed.) Lima: INTERCOOPERATION.

Rodríguez, M., Rodríguez, G., Enríquez, J., Campos, G., Velasco, V., & Hernández, A. (2021). Ensayo de progenies y huertos semilleros de especies forestales en México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 8(1), 79-88.

Sanabria, K., & Rodríguez, W. (2019). *Producción Agroforestal De Frutos De Agraz O Mortiño (Vaccinium Meridionale Swartz) Y Madera De Nogal (Juglans Neotropica Diels) En Las Veredas Guina Alto Y Guina Bajo Del Municipio De Machetá, Cundinamarca*. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Recuperado el 7 de Febrero de 2023, de
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/22586/RodriguezCalderonWilsonAndres2020.pdf?sequence=1>

Sierra, R., Calva, O., & Guevara, A. (2021). *La Deforestación en el Ecuador, 1990-2018. Factores promotores y tendencias recientes*. (P. d. GCF, Ed.) Quito, Ecuador: Ministerio de Ambiente y Agua del Ecuador, Ministerio de Agricultura del Ecuador.

SIGTIERRAS. (s.f.). *Geoportal del Agro Ecuatoriano*. Obtenido de
<http://geoportal.agricultura.gob.ec/>

Solís, S., Gómez, M., & Velázquez, C. (2019). Viabilidad y germinación de semillas de *Cordia elaeagnoides* A. DC. *POLIBOTÁNICA*(48), 121-134.
<https://doi.org/10.18387/polibotanica.48.10>

Sotolongo, R., Greda, G., & Cobas, M. (2020). *Mejoramiento Genético Forestal*. Retrieved Enero 10, 2022, from

https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/Mejoramiento%20Genetico%20Forestal.pdf

- Tariq, M. (2015). An Overview of Deforestation Causes and Its Environmental Hazards in Khyber Pukhtunkhwa. *Journal of Natural Sciences Research*, *V*(1), 7.
- Toro, E., & Roldán, I. (2018). Estado del arte, propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels., en zonas andinas. *Madera y Bosque*, *24*(1).
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN]. (1998). *Juglans neotropica*. En: *Amenaza de la Lista Roja de la UICN. Especies*. La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Recuperado el 17 de Diciembre de 2022, de <https://www.iucnredlist.org/species/32078/9672729#assessment-information>
- Valdez, M., & Cisneros, P. (2020). Gobernanza ambiental, Buen Vivir y la evolución de la deforestación en Ecuador en las provincias de Tungurahua y Pastaza. *FORO. Revista de Derechos*(34), 147-168. Retrieved Enero 30, 2023, from <https://www.redalyc.org/pdf/900/90071449005.pdf>
- Vallejos, H., Vilema, G., Díaz, C., & Cué, J. (2023). Estudio fenológico de *Juglans neotropica* Diels en Imbabura – Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, *13*(2), 23-33. <https://doi.org/https://doi.org/10.54753/blc.v13i2.1881>
- Zhu, T., Wang, L., You, F., Rodriguez, J., Deal, K., Chen, L., . . . Kluepfel, D. (2019). Sequencing a *Juglans regia* × *J. microcarpa* hybrid yields high-quality genome assemblies of parental species. *Horticulture Research*, *6*(55).

Anexos

Anexo 1

Fotografías de la fase de campo

Foto 1

*Selección de árboles de *J. neotropica* con las mejores características fenotípicas*



Foto 2

*Codificación de los árboles de *J. neotropica* seleccionados*



Foto 3

Encuesta de la Fenología de Juglans neotropica por ecosistema

**Foto 4**

Recolección de semillas de J. neotropica

**Foto 5**

Preparación de sustrato



Foto 6

Llenado de fundas y colocación de sarán negro

**Foto 7**

Limpieza y desinfección de semillas de J. neotropica

**Foto 8**

Evaluación de las Normas ISTA



Foto 9*Siembra de semillas de *J. neotropica* y riego***Foto 10***Toma de datos de germinación de las plántulas de *J. neotropica****Anexo 2***Tabla de toma de datos***Matriz 1***Matriz de variables cuantitativas*

Ecosistemas	Código por árbol	Coordenados		DAP (cm)	HT (m)	HC (m)	Puntaje variables Cuantitativas
		X	Y				

Matriz 2

Matriz de variables fenotípicas

Ecosistemas	Código por árbol	DC	EF	FF	FC	AIR	HB	PF	# FA	EF	Puntaje Variables fenotípicas	Clasificación
-------------	------------------------	----	----	----	----	-----	----	----	---------	----	-------------------------------------	---------------

DC: Diámetro de la copa, **EF:** Estado fitosanitario, **FF:** Forma del fuste, **FC:** Forma de la copa, **AIR:** Ángulo de inserción de las ramas, **HB:** Altura de bifurcación, **PF:** Presencia de frutos; **# FA:** Número de frutos por árbol, **EF:** Estado del fruto.

Matriz 3

Registro de fructificación y floración

Meses	Inflorescencia	Fructificación		Mudanza foliar
		Joven	Madura	
Enero...				

Matriz 4

Clasificación de porcentaje de germinación de semillas de nogal

Porcentaje de germinación	Clasificación
61 % - 100 %	Excelente
31 % - 60 %	Bueno
0 % - 30 %	Malo

Matriz 5

Árboles óptimos para ser semilleros

Ecosistema	Fecha	Elaborador
Código	Clasificación	% Germinación

Anexo 3

Resultados y análisis estadísticos

Resultados 1

Puntajes de los árboles seleccionados del sistema agroforestal

Número de árbol	Promedio Variables	Promedio Dasométricas	TOTAL	CLASE
J1	37	7	44	1
J2	38	7	45	1
J3	36	7	43	1
J4	40	3	43	1
J5	35	9	44	1

Resultados 2

Puntajes de los árboles seleccionados de la plantación de J. neotropica

Número de árbol	Promedio Variables	Promedio Dasométricas	TOTAL	CLASE
J1	33	9	42	1
J2	34	9	43	1
J4	33	3	36	1
J6	40	9	49	1
J8	32	3	35	1

Resultados 3

Puntajes de los árboles seleccionados del área de regeneración natural de J. neotropica

Número de árbol	Promedio Variables	Promedio Dasométricas	TOTAL	CLASE
J1	29	7	36	1
J3	28	9	37	1
J9	34	7	41	1
J10	37	7	44	1
J11	28	9	37	1

Análisis estadísticos 1

Análisis de la varianza de las variables fenotípicas por ecosistema

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Puntaje Variables fenotípicas	15	0,42	0,33	9,34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	90,13	2	45,07	4,4	0,0368
Ecosistemas	90,13	2	45,07	4,4	0,0368
Error	122,8	12	10,23		
Total	212,93	14			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4,40817

Error: 10,2333 gl: 12

Ecosistemas	Medias	n		E.E.	
Regeneración Natural	31,2	5	1,43	A	
Plantación	34,4	5	1,43	A	B
Sistema Agroforestal	37,2	5	1,43		B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis estadísticos 2

Análisis de varianza de la calidad de semillas de los tres ecosistemas de estudio

Pureza %

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pureza %	15	0,83	0,8	7,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1857,13	2	928,56	28,47	<0,0001
Ecosistemas	1857,13	2	928,56	28,47	<0,0001
Error	391,4	12	32,62		
Total	2248,53	14			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,86993

Error: 32,6169 gl: 12

Ecosistemas	Medias	n	E.E.	
Sistema agroforestal	70,81	5	2,55	A
Plantación	72,61	5	2,55	A
Regeneración natural	95,26	5	2,55	B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Semillas por kilogramo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Semillas por kilogramo	15	0,52	0,44	15,47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	514,13	2	257,07	6,49	0,0123

Ecosistemas	514,13	2	257,07	6,49	0,0123
Error	475,2	12	39,6		
Total	989,33	14			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=8,67156

Error: 39,6000 gl: 12

Ecosistemas	Medias	n	E.E.
Sistema agroforestal	32,4	5	2,81
Regeneración natural	44,4	5	2,81
Plantación	45,2	5	2,81

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Contenido de humedad (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Contenido de humedad (%)	15	0,22	0,1	19,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	135,87	2	67,93	1,74	0,2176
Ecosistemas	135,87	2	67,93	1,74	0,2176
Error	469,41	12	39,12		
Total	605,28	14			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=8,61859

Error: 39,1177 gl: 12

Ecosistemas	Medias	n	E.E.
Regeneración natural	27,86	5	2,8
Plantación	32,76	5	2,8
Sistema agroforestal	35,08	5	2,8

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis estadísticos 3

Análisis de la varianza del porcentaje de germinación de los ecosistemas estudiados

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje de germinación	60	0,79	0,78	33,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	40870	2	20435	106,91	<0,0001
Ecosistemas	40870	2	20435	106,91	<0,0001
Error	10895	57	191,14		
Total	51765	59			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=10,52076

Error: 191,1404 gl: 57

ECOSISTEMAS	Medias	n		E.E.
Sistema agroforestal	77	20	3,09	A
Plantación	33	20	3,09	B
Regeneración natural	15	20	3,09	C

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 4

Tablas de manejo de las semillas

Manejo de semillas de *Juglans neotropica* Sistema Agroforestal (Natabuela) Imbabura

Elaborado: Estrada Kelly				
Altitud: 2 391 m s.n.m		Fecha: 10-noviembre-2022		
Ecosistema: Sistema Agroforestal (Natabuela) Imbabura				
Familia		Juglandaceae		
Género		Juglans		
Nombre común		Nogal o Tocte		
Descripción botánica: <i>Juglans neotropica</i> es originaria de América del Sur y se encuentra entre 1800 m y 2800 m de altitud, en bosques secos y húmedos montanos bajos. Es una especie de hojas compuestas alternas, monoica, con polinización cruzada y anemófila, dispersada por animales y el agua, con reproducción anual.				
Análisis de la semilla				
Pureza		70,8 %		
Semillas por kilogramo		33 semillas		
Porcentaje de germinación		77 %		
Días de germinación		89 días inicio de germinación		
Fenología:			Época de recolección: Las semillas deben ser recolectadas en los meses de noviembre a diciembre	
Inflorescencia	Fructificación			Mudanza foliar
	Joven	Madura		
Junio	Septiembre	Noviembre		Abril Mayo
Julio	Octubre	Diciembre		
Método de recolección				
La recolección de las semillas deben ser recolectadas del suelo para que las semillas ya hayan alcanzado su madurez fisiológica óptima y en fundas de papel o morrales de fibra de fique.				
Limpieza		Extracción de semillas		

Se deben limpiar con agua fría.	Se debe eliminar la pulpa, dejándola en agua durante una semana (cambio de agua diario) y retirar la pulpa al paso de la semana con un cepillo y poner a secar las semillas al sol durante un día.
Observaciones:	

Manejo de semillas de Juglans neotropica Plantación de Juglans neotropica (Natabuela)

Imbabura

Elaborado: Estrada Kelly				
Altitud: 2 225 m s.n.m		Fecha: 5-diciembre-2022		
Ecosistema: Plantación de <i>Juglans neotropica</i> (Natabuela) Imbabura				
Familia		Juglandaceae		
Género		Juglans		
Nombre común		Nogal o Tocte		
Descripción botánica: <i>Juglans neotropica</i> es originaria de América del Sur y se encuentra entre 1800 m y 2800 m de altitud, en bosques secos y húmedos montanos bajos. Es una especie de hojas compuestas alternas, monoica, con polinización cruzada y anemófila, dispersada por animales y el agua, con reproducción anual.				
Análisis de la semilla				
Pureza		72,6 %		
Semillas por kilogramo		45 semillas		
Porcentaje de germinación		32,5 %		
Días de germinación		73 días inicio de germinación		
Fenología:			Época de recolección: Las semillas deben ser recolectadas en los meses de noviembre a diciembre	
Inflorescencia	Fructificación			Mudanza foliar
	Joven	Madura		
Junio	Septiembre	Noviembre		Abril Mayo
Julio	Octubre	Diciembre		
Método de recolección				
La recolección de las semillas deben ser recolectadas del suelo para que las semillas ya hayan alcanzado su madurez fisiológica óptima y en fundas de papel o morrales de fibra de fique.				

Limpieza	Extracción de semillas
Se venen limpiar con agua fría.	Se debe eliminar la pulpa, dejándola en agua durante una semana (cambio de agua diario) y retirar la pulpa al paso de la semana con un cepillo y poner a secar las semillas al sol durante un día.
Observaciones	

Manejo de semillas de Juglans neotropica Regeneración natural de Juglans neotropica (Cuyuja) Napo

Elaborado: Estrada Kelly				
Altitud: 2 310 m s.n.m		Fecha: 19-noviembre-2022		
Ecosistema: Regeneración natural de <i>Juglans neotropica</i> (Cuyuja) Napo				
Familia		Juglandaceae		
Género		Juglans		
Nombre común		Nogal o Tocte		
Descripción botánica: <i>Juglans neotropica</i> es originaria de América del Sur y se encuentra entre 1800 m y 2800 m de altitud, en bosques secos y húmedos montanos bajos. Es una especie de hojas compuestas alternas, monoica, con polinización cruzada y anemófila, dispersada por animales y el agua, con reproducción anual.				
Análisis de la semilla				
Pureza		95,3 %		
Semillas por kilogramo		45 semillas		
Porcentaje de germinación		15 %		
Días de germinación		55 días		
Fenología:			Época de recolección: Las semillas deben ser recolectadas en los meses de mayo a junio.	
Inflorescencia	Fructificación			Mudanza foliar
	Joven	Madura		
Septiembre Octubre	Marzo Abril	Mayo Junio		Julio Agosto
Método de recolección				
La recolección de las semillas deben ser recolectadas del suelo para que las semillas ya hayan alcanzado su				

<p>madurez fisiológica óptima y en fundas de papel o morrales de fibra de fique.</p>	
Limpieza	Extracción de semillas
<p>Se deben limpiar con agua fría.</p>	<p>Se debe eliminar la pulpa, dejándola en agua durante una semana (cambio de agua diario) y retirar la pulpa al paso de la semana con un cepillo y poner a secar las semillas al sol durante un día.</p>
<p>Observaciones</p>	