



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA DE FAMILIAS DE *Juglans neotropica* Diels RECOLECTADAS EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO FORESTAL

AUTOR: MARCO ANTONIO FIERRO RICAURTE

DIRECTOR: Ing. RAÚL ARMANDO RAMOS VEINTIMILLA, MSc.

Riobamba-Ecuador

2023

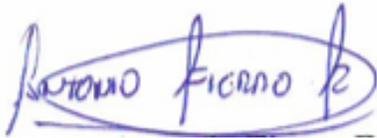
© 2023, Marco Antonio Fierro Ricaurte

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Marco Antonio Fierro Ricaurte, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 12 de julio del 2023

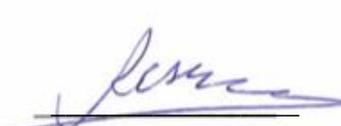


Marco Antonio Fierro Ricaurte

C.I. 060401750-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERIA FORESTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación: Tipo: **CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA DE FAMILIAS DE *Juglans neotropica* Diels RECOLECTADAS EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA**, realizado por el señor: **MARCO ANTONIO FIERRO RICAURTE** , ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Vilma Fernanda Noboa Silva, Msc. PRESIDENTA DEL TRIBUNAL		2023-07-12
Ing. Raúl Armando Ramos Veintimilla, MSc, DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-07-12
Ing. Rosa del Pilar Castro Gómez, PhD. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-07-12

DEDICATORIA

A mis Padres, Marco y Rosita, por ser el pilar más importante en mi vida y un apoyo muy importante para el cumplimiento de esta meta. A mi familia, hermanas y sobrinos por siempre estar presentes a lo largo de mi vida y ser un apoyo incondicional

Antonio

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mis padres, hermanos y familia en general por a verme ayudado en los momentos más difíciles en mi vida.

Antonio

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. <i>General</i>	4
1.3.2. <i>Específicos</i>	4
1.4. Hipótesis	4
1.4.1. <i>Nula</i>	4
1.4.2. <i>Alternante</i>	4

CAPÍTULO II

2. TEÓRICO REFERENCIAL	5
2.1. Variables dasométricas	5
2.1.1. <i>Diámetro a la altura del pecho (DAP = 1,30 m del suelo) / (CAP circunferencia a la altura del pecho = 1,30 m del suelo)</i>	7
2.1.1.1. <i>Forcípula común o calibre forestal</i>	9
2.1.1.2. <i>Cinta diamétrica</i>	9
2.1.2. <i>Área basal</i>	9
2.1.3. <i>Altura del árbol</i>	10
2.1.4. <i>Incremento medio anual</i>	11
2.2. Junglans neotropica Diels	11

2.2.1.	Origen	11
2.2.2.	<i>Nombres comunes</i>	12
2.2.3.	<i>Clasificación taxonómica</i>	12
2.2.4.	<i>Descripción botánica</i>	13
2.2.4.1.	<i>Características morfológicas</i>	15
2.2.5.	<i>Distribución geográfica</i>	16
2.2.5.1.	<i>Hábitat</i>	16
2.2.6.	<i>Usos</i>	17
2.2.6.1.	<i>Madera</i>	17
2.2.6.2.	<i>Otros usos de la planta</i>	18
2.2.7.	<i>Sanidad</i>	19
2.2.7.1.	<i>Curculionidae (Gorgojo)</i>	19
2.2.7.2.	<i>Características morfológicas</i>	19
2.2.7.3.	<i>Hábitos alimenticios</i>	20
2.2.7.4.	<i>Xilomicetofagia</i>	20
2.2.7.5.	<i>Xilofagia</i>	21
2.3.	Mejoramiento genético	21
2.3.1.	<i>Concepto</i>	21
2.3.2.	<i>Proceso</i>	21
2.3.3.	<i>Base genética</i>	22
2.3.4.	<i>Ensayos genéticos</i>	23
2.3.4.1.	<i>Ensayos de procedencia progenie</i>	24

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	25
3.1.	Características del lugar	25
3.1.1.	<i>Localización</i>	25
3.1.2.	<i>Ubicación geográfica del lugar</i>	26
3.1.3.	<i>Características meteorológicas</i>	26
3.2.	Materiales y equipos	27
3.2.1.	<i>Materiales biológicos</i>	27
3.2.2.	<i>Material de campo</i>	28
3.2.3.	<i>Materiales y equipos de oficina</i>	28

3.3.	Metodología	29
3.3.1.	Descripción	29
3.3.1.1.	<i>Metodología de toma de datos</i>	29
3.3.2.	VARIABLES EVALUADAS	29
3.3.3.	Análisis estadístico	32

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1.	Resultados	33
4.1.1.	<i>Análisis descriptivo de las familias evaluadas</i>	33
4.1.2.	<i>Supervivencia</i>	35
4.1.3.	<i>Diámetro a la altura del pecho (DAP)</i>	36
4.1.4.	<i>Incremento Medio Anual (IMA) del Diámetro a la altura del cuello (DAC)</i>	36
4.1.5.	<i>Altura total</i>	38
4.1.6.	<i>Incremento medio Anual (IMA) de altura total de planta</i>	38
4.1.7.	<i>Altura de fuste limpio</i>	38
4.1.8.	<i>Área basal ($m^2 \text{ árbol}^{-1}$)</i>	38
4.1.9.	<i>Área basal ($m^2 \text{ ha}^{-1}$)</i>	39
4.1.10.	<i>Diámetro cuadrático</i>	39
4.1.11.	<i>Sanidad</i>	39
4.2.	Discusión	41
4.2.1.	<i>Supervivencia</i>	41
4.2.2.	<i>DAP</i>	42
4.2.3.	<i>IMA DAC</i>	42
4.2.4.	<i>Altura total</i>	42
4.2.5.	<i>Incremento Medio Anual (IMA) de altura total de planta</i>	42
4.2.6.	<i>Altura de fuste limpio</i>	43
4.2.7.	<i>Área basal ($m^2 \text{ árbol}^{-1}$)</i>	43
4.2.8.	<i>Sanidad</i>	43

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
5.1.	Conclusiones.....	44
5.2.	Recomendaciones.....	45

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Equivalencias entre unidades del sistema métrico decimal y el sistema de medida inglesa	5
Tabla 2-2:	Clasificación Taxonómica del Nogal	12
Tabla: 3-1:	Coordenadas geográficas del estudio	26
Tabla 3-2:	VARIABLES climáticas del lugar de investigación	26
Tabla 3-3:	Sitios de recolección de semillas de mades superiores <i>J. neotropica</i>	27
Tabla 4-1:	Familias/progenies de <i>J. neotropica</i> recolectadas en la provincia de Tungurahua	33
Tabla 4-2:	Características dasométricas de familias genéticas de <i>Juglans neotropica</i> Diels recolectadas en la provincia de Tungurahua	37

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Punto de medida del DAP	8
Ilustración 2-2:	Tipos de alturas de un árbol promedio	10
Ilustración 2-3:	Madera de <i>Junglas neotropica</i> , utilizada para la elaboración de puertas, ventanas, armarios y alacenas.	18
Ilustración 2-4:	Proceso para mejoramiento genético.....	22
Ilustración 3-1:	Ensayo genético de <i>J. neotrópica</i> , Estación Experimental Tunshi	25
Ilustración 3-2:	Identificación por familias	27
Ilustración 3-3:	Medición del DAP en arboles	30
Ilustración 4-1:	Flujograma del comportamiento de individuos de <i>Junglas neotropica</i> procedentes de árboles madre recolectado en la provincia de Tungurahua	35
Ilustración 4-2:	Porcentaje de supervivencia de plantas de <i>J. neotropica</i> provenientes de árboles madre de calidad superior, recolectados en la provincia de Tunurahua.....	36
Ilustración 4-3:	Imágenes de plantas con síntomas de un problema sanitario (perforaciones del tallo).	40
Ilustración 4-4:	Porcentaje de individuos de familias/progenies de procedencia Tungurahua que presentaron y no presentaron síntomas del problema sanitario perforaciones del tallo.....	41

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** CARACTERIZACIÓN DE LA ESPECIE
- ANEXO B:** CONTABILIZACIÓN DEL LOTE
- ANEXO C:** MEDICIÓN Y REGISTRO DE DATOS

RESUMEN

En la presente investigación se realizó un ensayo genético de *Juglans neotropica* Diels instalado en la Estación Experimental Tunshi de la ESPOCH, con el objetivo de realizar la caracterización dasométrica de familias de *Juglans neotropica* Diels recolectadas en la provincia de Tungurahua. En abril del 2018, se plantaron 160 plántulas de 21 familias genéticas recolectadas en la provincia de Tungurahua, las familias fueron obtenidas a partir de semilla de polinización abierta, se realizó a un espaciamiento de 4 m x 4 m, en un diseño de bloques incompletos al azar. Se evaluaron las variables supervivencia, DAP, altura de fuste limpio, altura total, sanidad de la plantación, IMA, incremento Medio Anual del diámetro a la base/al cuello del árbol, área basal por árbol y área basal de la plantación. Los datos fueron analizados en INFOSTAT. Las familias fueron estudiadas a los 4,7 años de edad, se obtuvo una supervivencia del 97%, un DAP promedio de 5,94 cms, un IMA del DAC promedio de 20,76 mm, una altura total promedio de 327,94 cm, un incremento medio anual de Altura promedio de 64 cm, una altura de fuste limpio promedio de 249,58 cm, un Área Basal promedio de 0,0031 (m² árbol⁻¹), un Área Basal (m² ha⁻¹) promedio de 1,84 m² ha⁻¹ un Diámetro Cuadrático promedio de 0,51. En la variable sanidad se identificó la presencia de orificios en el tallo, síntoma que presentaban los individuos tanto desde la parte basal como en la parte terminal, únicamente en la parte terminal el 27,74 % (43 de 155 árboles) y existieron 69 árboles (44,52%) que no presentaron síntomas del problema sanitario. De las tendencias observadas de las características dasométricas, se puede vislumbrar que las familias evaluadas presentaron crecimientos similares, sin embargo, las familias J20, J18, TOAFP1, J13 y J14 sobresalen matemáticamente en las variables.

Palabras clave: <DASOMETRIA>, <ENSAYO GENÉTICO>, <SUPERVIVENCIA>, <SANIDAD>, <>.



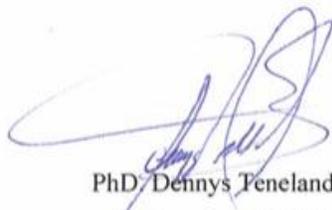
Handwritten signature in blue ink over a stamp. The stamp includes the text "D.B.R.A." and "Ing. C. ...".



SUMMARY

This research, a genetic test of *Juglans neotropica* Diels installed in the Tunshi Experimental Station of the ESPOCH was carried out in order to characterize dasometrically families of *Juglans neotropica* Diels collected in the Tungurahua Province in April 2018. 160 seedlings of 21 genetic families from the mentioned province were planted. The families were obtained from open- pollinated sedes. An incomplete block design was carried out at a spacing of 4 m x 4 m random. The variables survival, DAP, clean stem height, total height plantation health, IMA, Average Annual increase in diameter at the base/neck of the tree, basal area per tree, and basal area of the plantation were evaluated. Data were analyzed in INFOSTAT. The families were studied at 4.7 years of age. A survival of 97% was obtained, an average DAP of 5.94 cm, an average DAC IMA of 20.76 mm, an average total height of 327.94 cm, an average annual increase in average. Height of 64 cm, an average clean stem height of 249.58 cm, an average, Basal Area of 0.0031 (m² tree- 1), an average Basal Area (m² ha-1) of 1.84 m² ha-1an average, Quadratic Diameter of 0.51. In the health variable the presence of holes in the stem was identified, a symptom that the individuals presented both from the basal part and in the terminal part; only in the terminal part 27.74 % (43 of 155 trees) and there were 69 trees (44.52%) who did not present symptoms of the health problem. From the observed trends of the dasometric characteristics it was possible to glimpse that the evaluated families showed similar growths. However, the families J20, J18, TOAFP1, J13 and J14 stood out mathematically in the variables

Keywords: <DASOMETRY>, <GENETIC ASSAY>, <SURVIVAL>, <HEALTH>, <DASOMETRIC VARIABLES>



PhD Denny Tenelanda López
ID number: 0603342189

INTRODUCCIÓN

En Ecuador la especie *Juglans neotropica* Diels, es conocida comúnmente como nogal o tocte, es una especie forestal nativa de la familia Juglandaceae. Es especie de tierras altas (1 000-3 000 m.s.n.m), originaria de Sudamérica, nativa de los Andes y se encuentra de manera natural desde el noroeste de Venezuela, norte y sur de Colombia a través de Ecuador, hasta el norte y centro del Perú. Al nogal se lo encuentra en las zonas de vida bosque húmedo Pre-montano y bosque húmedo Montano Bajo, es decir, en los valles templados de la zona interandina del Ecuador; (Rosero, 1996; Mendez 2000) de una forma dispersa, a menudo como individuos aislados en tierras agrícolas, a lo largo de las riberas de los ríos y los límites de campo donde se regeneran libremente (National Research Council, 1989 citado en (Ramos, 2018).

Juglans neotropica Diels, conocida comúnmente como cedro–nogal, es una especie característica del bosque mesófilo, endémica y amenazada. Sus poblaciones se distribuyen de forma discontinua y fragmentada entre los 1000 y 1600 m.s.n.m. Las poblaciones se encuentran aisladas y reducidas como consecuencia de las actividades antropogénicas, incluyendo la sobreexplotación. Esto ocasiona que en algunas localidades de difícil acceso se observen sólo individuos aislados (Acosta, 2007, p.2).

El nogal es la especie de mayor interés económico de todas las especies nativas de la sierra ecuatoriana. Su madera fina es muy apetecida, y con ella elaboran diferentes artesanías y muebles. Actualmente la especie *Juglans neotropica* mejor conocida como nogal en el Ecuador es escasa debido a la gran cantidad de usos de esta (Ospina, 2003).

La caracterización describe las principales variables analizadas, tanto productivas como ecosistémicas. En la zona de distribución de *Juglans neotropica*, a pesar de que es una especie con alto valor económico, existe poca información cuantitativa acerca de su crecimiento, desarrollo y rendimiento, en plantaciones. El éxito de una plantación forestal está fundamentado en el aumento en sus dimensiones: altura, diámetro, área basal y volumen maderable que determina su crecimiento en un periodo de tiempo determinado (Klepac, 1983).

El manejo silvícola que se debe aplicar a las plantaciones forestales es importante para promover el crecimiento de los árboles y debe estar basado en mediciones dasométricas de la especie que consideran los incrementos en diámetro, altura y producción en volumen maderable. Los tratamientos silvícolas, tales como el aclareo, buscan mejorar la estructura del rodal y, lo más importante,

incrementar el volumen útil en la corta final (Smith et al., 1997, p,54).

Por otro lado, a pesar de su importancia económica aún existen vacíos de información respecto a la diversidad genética de las poblaciones de *J. neotropica*, que a futuro viabilice la conservación y mejora de la producción forestal (Ramos et al 2020. p 564). La diversidad genética de las poblaciones sirve para mantener un reservorio de condiciones de respuesta al medio que permita la adaptación y supervivencia (Piñeiro et al, 2008. p 438. citado en Ramos, 2020, p.7).

La diversidad genética de los bosques tropicales está disminuyendo debido al mencionado proceso de deforestación que ha reducido el tamaño de las comunidades naturales existentes, ha eliminado poblaciones locales y/o las ha fragmentado, llevando consigo a un aislamiento poblacional (Cornelio, et al., 2010, p.76).

Una gran proporción del éxito del negocio forestal basado en plantaciones radica en la calidad del material vegetal, que requiere el uso de semillas con características genéticas deseables y una adecuada producción en vivero (Ruotsalainen, 2014, p.2). Por lo tanto, para el establecimiento de plantaciones comerciales competitivas es necesaria la selección y desarrollo de fuentes de semilla o material propagativo con individuos que muestren superioridad genética en cuanto a las tasas de crecimiento, calidad del fuste y calidad de la madera (Pavlotzky y Murillo, 2013, p.76).

Actualmente en la zona de distribución de *Juglans neotropica*, existe un déficit de material vegetal de alta calidad para el fomento de plantaciones comerciales con esta especie, por lo que la ESPOCH ejecuta actividades de investigación para disponer de parentales de calidad genética superior y crear fuentes semilleras que garanticen superioridad genética de los individuos a plantar.

Por lo anterior, como trabajo de Integración Curricular me he propuesto evaluar las características dasométricas de árboles de *Juglans neotropica*, provenientes de madres seleccionadas recolectadas de la provincia de Tungurahua, individuos que se encuentran en el ensayo genético, plantado en la Estación Experimental Tunshi de la ESPOCH.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Juglans neotropica Diels es una especie forestal de uso múltiple que produce madera de alto valor comercial en el Ecuador, las malas prácticas de uso de la tierra han generado que su diversidad genética vaya disminuyendo, se encuentre en peligro de extinción (según datos relevados por la UICN) y no existe fuentes semilleras de alto valor genético. En la zona de distribución de la especie no existe información del comportamiento dasométrico de individuos provenientes de madres de características superiores identificadas, tema inminente para iniciar procesos de mejora genética en dicha especie.

1.2. Justificación

La diversidad genética de los bosques tropicales está disminuyendo debido al proceso de deforestación que ha reducido el tamaño de las comunidades naturales existentes, ha eliminado poblaciones locales y/o las ha fragmentado, llevando consigo a un aislamiento poblacional (Ferreira, 2004). Es importante, generar conocimiento acerca de la diversidad genética de las poblaciones de *J. neotropica*, que a futuro viabilice la conservación y mejora de la producción forestal

La diversidad genética de las poblaciones sirve para mantener un reservorio de condiciones de respuesta al medio que permita la adaptación y supervivencia. En las poblaciones la variabilidad genética se representa como la frecuencia de individuos de la población que son heterocigotos para un locus o como el número de alelos distintos presentes en el conjunto de genes de la población, si no existe dicha variación la población es monomórfica con respecto a ese locus; es decir, todo individuo es homocigoto para el mismo alelo, por tanto, no hay diversidad genética. *J. neotropica* es una especie forestal del neotrópico de gran interés por su utilidad y conservación; pero su diversidad genética se ha visto amenazada a lo largo del tiempo por procesos de deforestación (Ramos, 2019, p.8).

La alta demanda de productos forestales, y particularmente madera de calidad, impone la necesidad de crear plantaciones altamente productivas. Esto es posible solo si seleccionamos correctamente las especies desde el punto de vista ecológico y económico, y se proyectan programas de mejora genética,

que además de elevar los rendimientos y la resistencia a factores adversos, contribuya a la ampliación y conservación de la base genética de estas especies (Ospina, 2003).

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Realizar la caracterización dasométrica de familias de *Juglans neotropica* Diels recolectadas en la provincia de Tungurahua y que forman parte de un ensayo genético instalado en la Estación Experimental Tunshi-ESPOCH.

1.3.2. Específicos

- Recolectar información de variables dendométricas y sanidad de individuos de las familias de *Juglans neotropica* Diels procedentes de la provincia de Tungurahua y que forman parte del ensayo genético instalado en la Estación Experimental Tunshi-ESPOCH.
- Estimar índices de crecimiento por familia de *Juglans neotropica* Diels recolectadas en la provincia de Tungurahua y que se encuentran creciendo en el ensayo genético instalado en la Estación Experimental Tunshi-ESPOCH.
- Identificar familias de mejor comportamiento dasométrico y sanitario en condiciones climáticas en la Estación Experimental Tunshi – Chimborazo.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Nula

El material genético de *Juglans neotropica* Diels se recolectó en la provincia de Tungurahua presentan características dasométricas y sanitarias similares.

1.4.2. Alternante

El material genético de *Juglans neotropica* Diels recolectado en la provincia de Tungurahua presentan características dasométricas diferentes.

CAPÍTULO II

2. TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Variables dasométricas

La dasometría es una especialidad de la ingeniería forestal que trata de la determinación y/o estimación de las dimensiones de variables de medida en individuos arbóreos (Imaña, et al., 2002, citado en Encinas et al., 2014. p 37).

Para la dasometría el árbol, arbusto o planta, es considerado como un ente numérico, por lo que debe ser tratado como una unidad de cálculo (Encinas et al., 2014, p.7). Tomando como ejemplo, los fustales o troncos de los árboles, la dasometría no identifica si el individuo pertenece a las coníferas, latifoliadas o palmeras. Interesa si el individuo lleva el valor mínimo de la variable dasométrica considerada, que podrá ser, por ejemplo, el valor igual o mayor a 5 cm del diámetro de la base del tronco, tomado a 0,30 m de altura del suelo. (Imaña, et al., 2002, citado en Encinas et al., 2014. p 37).

Cuando se pretende medir una variable, primeramente, será necesario seleccionar la unidad de medida en función de la cual se expresará su magnitud. En Ecuador y casi todos los países latinoamericanos el sistema de medida adoptado es el métrico decimal (Metric Convention). Además de este sistema existe el sistema de medida inglesa utilizado en varios países asiáticos y de lengua inglesa, que se hace necesario conocer su correspondencia al sistema métrico decimal. En la mensura forestal algunas medidas quedaron consideradas como clásicas y en ese sentido se presenta a seguir la correspondiente tabla de conversión de esas magnitudes (Beltrán, 2013).

Tabla 2-1: Equivalencias entre unidades del sistema métrico decimal y el sistema de medida inglesa

Equivalencia en longitud:		Equivalencia en volumen:	
1centímetro	0.3937 pulgadas	1centímetro cúbico	0.061 culeada cúbica
1metro	3.2808 pies	1metro cúbico	35.3145 pies cúbicos
1metro	1.0936 yardas	1metro cúbico	423,7 pies de tabla
1metro	39.37 pulgadas	1litro	61.0250 pulgadas cúbicas
1kilómetro	0.6214 millas	1litro	0.2642 galón CUS)

1pulgada	2.54 centímetros	1litro	0.0353 pie cúbico
1pulgada	0.083 pies	1litro	1000 centímetros cúbicos
1pie	0.3048 metro	1pulgada cúbica	16.3871 centímetros cúbicos
1pie	12 pulgadas	1ouloada cúbica	0.0163 litro
1yarda	0.9144 metros	1pie cubico	0.02832 metro cúbico
1yarda	36 pulgadas	1calón (US)	3.785 litros
1yarda	3 pies	1pie de tabla	0.00566 metro cúbico
1milla	1.6093 quilómetros	1cuerda (90 pés")	2.549 metros cúbicos
1milla	1760 yardas		
1milla	5280 pies	Equivalencia en masa:	
1cadena	66 pies	1auilo	2.2046 libras
1cadena	792 pulgadas	1tonelada métrica	1.102 tonelada curta
1cadena	22 yardas	1tonelada métrica	0.9842 tonelada larga
1cadena	20.1168 metros	1tonelada métrica	1000 kilos
1 tonelada métrica	2204.6 libras		
Equivalencia en área:		1libra	0.4536 kilo
1 centímetro cuadrado	0.155 pulgada"	1tonelada corta	0.9072 tonelada métrica
1 metro cuadrado	10.764 pies :l	1tonelada larga	1.016 tonelada métrica
1 kilómetro cuadrado	0.3861 milla "	1tonelada larga	2240 libras
1 kilómetro cuadrado	100 hectáreas		
1 hectárea	0.003861 milla ²	Otras equivalencias:	
1 hectárea	2.471 acres	1metro ² /ha	4.356 pies ² /acre
1 hectárea	10000 metros ²	1metro ² /ha	14.2913 pies ² /acre
1 pulgada ²	6.4516 cm ²	1pie/acre	0.2296 metro ² /hectárea
1pie ²	0.0929 metros ²	1pie ² /acre	0.0699 metro ² /hectárea
1milla ²	2.59 kilómetros ²		

1milla ²	259 hectáreas		
1milla ²	640 acres		
1 acre	0.4047 hectárea		

Fuente: (Fuentes, 2008 p. 1).

2.1.1. Diámetro a la altura del pecho (DAP = 1,30 m del suelo) / (CAP circunferencia a la altura del pecho = 1,30 m del suelo)

Chávez (2018, p.5) manifiesta que los diámetros y circunferencias se consideran medidas fundamentales en la fitosociología y en la fitocenología que permiten efectuar principalmente las estimaciones del área basal. En los levantamientos fitosociológicos las medidas más típicas del diámetro del árbol son el diámetro a la altura del pecho (1,30 m del suelo) abreviado como DAP (Ilustración 2-2) y el diámetro en la base del tronco (a aproximadamente 20 a 30 cm del suelo), denominado de Dbase. En forma análoga es medida la circunferencia. Para efectos prácticos el DAP y el Dbase son equivalentes respectivamente con las circunferencias CAP (circunferencia a la altura del pecho) y Cbase (circunferencia en la base del tronco). Los valores correspondientes pueden ser transformados por medio de la fórmula:

- $DAP = CAP/\pi$ o $CAP = DAP \cdot \pi$
- $Dbase = Cbase/\pi$ o $Cbase = Dbase \cdot \pi$
- siendo π igual a 3,1416.

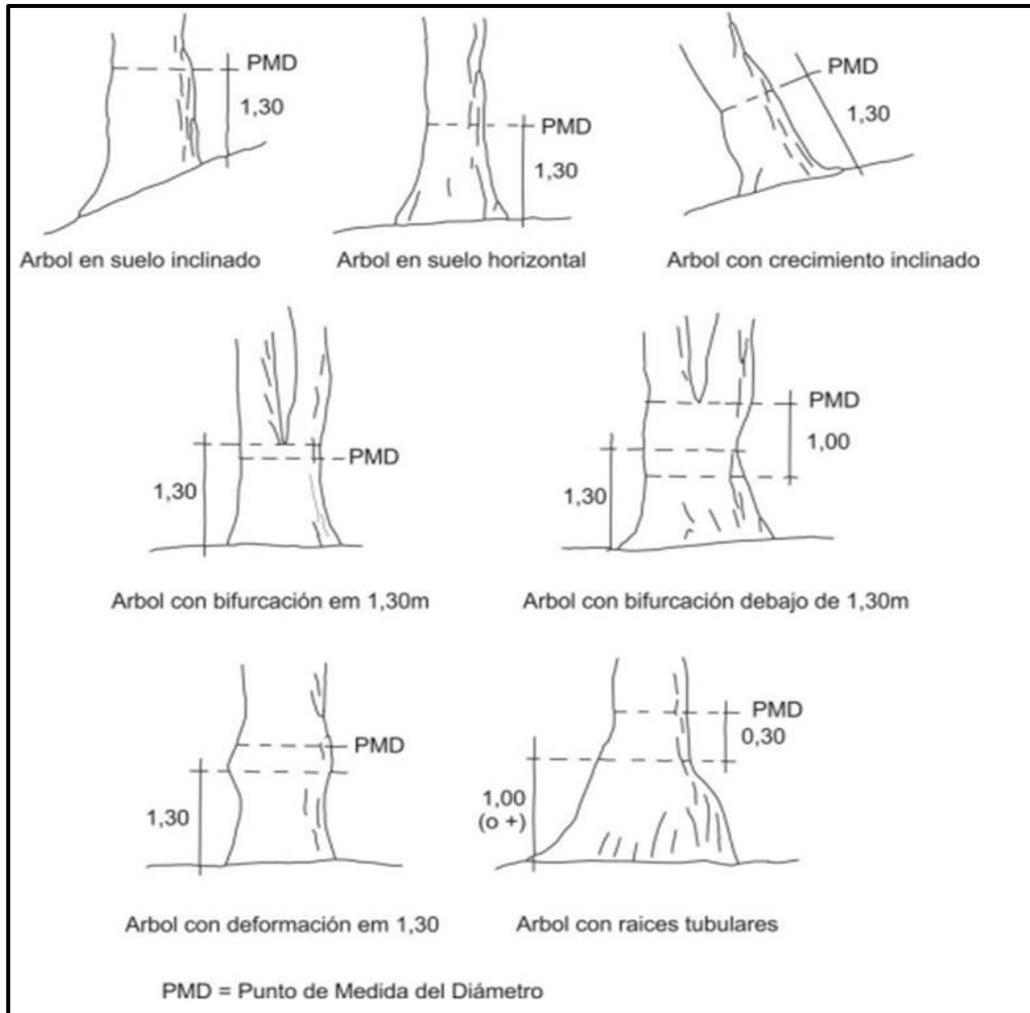


Ilustración 2-1: Punto de medida del DAP

Fuente: (Chávez, 2018).

En la ilustración 2-1 se muestra las posibles situaciones de medición del DAP. El punto de medida del diámetro (PMD) debe seguir rigurosamente las indicaciones contenidas en la correspondiente Ilustración.

Para disminuir el error de la medida de los diámetros en troncos no circulares la obtención de los datos (valores) de campo medidos deben ser efectuados siguiendo siempre un azimut predefinido, por ejemplo: todos los diámetros serán medidos en la dirección de 35 grados. El diámetro de todos los árboles de determinada parcela debe ser medido consecuentemente en la misma dirección geográfica (Chávez, 2018).

El DAP es una medida muy importante por dos razones principales: a) porque es un indicador del

grosor del tronco y, por lo tanto, de su volumen. b) porque otras características cuantitativas del árbol están correlacionadas con él, como la altura (Montes, 2022, p.2).

Así, si ordenásemos los árboles de un rodal en clases de diámetro y observáramos sus alturas, volúmenes, factores de forma, etc., notaríamos que esos valores son más parecidos entre árboles de una misma clase diamétrica. Si desde un costado observamos el tronco de un árbol, vemos que su eje es casi recto, que su sección es casi circular y que el diámetro de su sección disminuye hacia arriba. Si queremos un diámetro de referencia como medida del grosor del tronco del árbol, debemos definir cuál de todos esos diámetros es el que vamos a medir (Montes, 2022, p.2).

2.1.1.1. Forcípula común o calibre forestal

Consta de una regla graduada que sostiene dos brazos paralelos, normales a la regla. Uno de los brazos es fijo y su cara interior coincide con el punto cero de la escala; el otro brazo es deslizante sobre la regla y es el que marca la longitud del diámetro. Se construyen con aleaciones metálicas livianas, con distintas longitudes de regla y diferentes unidades de medida (cm, mm, etc.). Una vez ubicada la altura de medición, el operador apoya el brazo fijo sobre el árbol, se asegura que los brazos alcancen el punto medio de la sección, desplaza el brazo móvil hasta que toque el árbol y realiza la lectura sobre la regla. Se recomienda no golpear los brazos contra la corteza del árbol. Puede medirse sólo un diámetro por árbol; o medir dos diámetros cruzados y tomar su promedio como valor final (Wabo, 2021, p.3).

2.1.1.2. Cinta diamétrica

Está conformada por una cinta graduada inextensible. En rigor mide el perímetro (P) de la sección; el valor del diámetro (D) surge de la relación. Usualmente están graduadas en unidades de circunferencia y de diámetro, una de cada lado de la cinta. La cinta debe colocarse a la altura debida, rodeando sección y en forma perpendicular al eje del árbol en todo su recorrido. Es importante controlar que la superficie sobre la cual está apoyada la cinta esté libre de elementos extraños (plantas trepadoras, muñones, etc.) (Wabo, 2021, p.3).

2.1.2. Área basal

El área basal es la superficie de la sección transversal de un árbol a la altura de pecho. Ésta es

empleada con mayor frecuencia para caracterizar el estado de desarrollo de un árbol. Por su forma irregular, nunca se mide en forma directa, sino que se deriva de la medición del diámetro y se calcula considerando el fuste como una sección circular $g = \pi * (DAP^2/4)$ (Ángel, 2001, p.6).

El área basal de un rodal es igual a la suma de las áreas basales de todos los árboles del rodal, este valor es un indicador para la densidad del rodal. Por medio del incremento en diámetro se puede calcular el incremento del área basal. La característica de este incremento recae en el hecho de que es más consistente que el incremento en diámetro. Si el incremento en diámetro del fuste permanece en el mismo nivel, el área basal, no obstante, aumenta (Ángel, 2001, p.7).

2.1.3. Altura del árbol

La altura del árbol es una variable dasométrica, necesaria para estimar junto con el diámetro el volumen de madera del árbol y sus componentes (Imaña et al., 2014, p.39), así como para conocer e interpretar el proceso de crecimiento del árbol y su incremento volumétrico. De acuerdo con la parte del árbol que se desea medir se distinguen correspondientes puntos de medida (Ilustración 3-2):

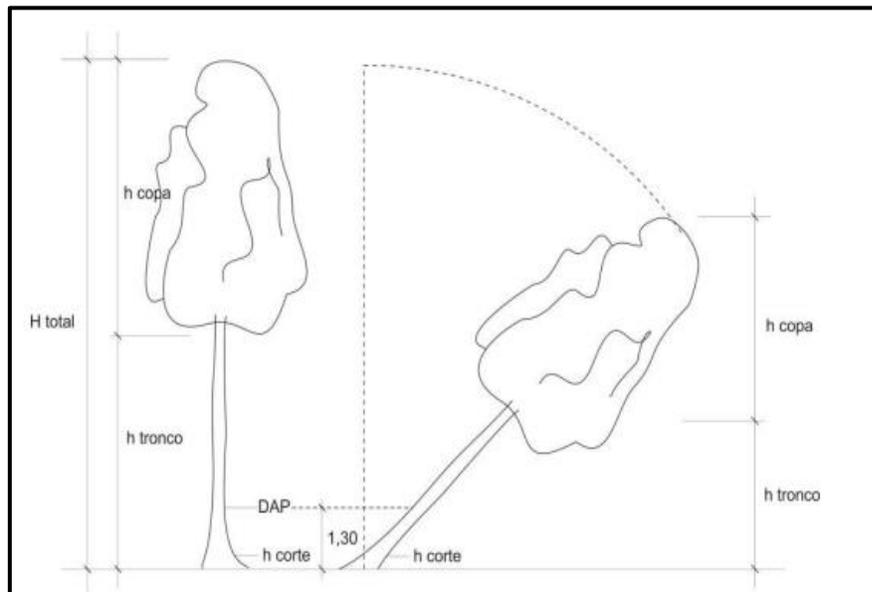


Ilustración 2-2: Tipos de alturas de un árbol promedio

Fuente: (Rodríguez, 2008 p. 1).

Altura total (H) del árbol: distancia vertical considerada desde el suelo hasta el ápice de la copa; b. Altura del fuste o tronco (hf): distancia vertical que corresponde desde el suelo hasta la base de la copa; c. Altura comercial (hc): parte del tronco económicamente aprovechable que corresponde a la

distancia desde la altura del corte (normalmente 20 a 30 cm del suelo) hasta la altura donde se encuentra el diámetro mínimo comercial (por ejemplo diámetro comercial = 10 cm); d. Altura del tocón ($h_{0,3}$): parte que queda en el terreno después del corte aprovechable del árbol, que corresponde normalmente a la distancia desde el suelo hasta una altura de aproximadamente 30 cm; e. Altura de la copa (h_{cop}) = $H - h_f$. La literatura describe una gran cantidad de instrumentos y métodos para medir y determinar la variable altura (Bruce et al., 1949, p.6.), sin embargo, son pocos los difundidos y aceptados en la práctica cotidiana de la mensura fitosociológica, sea por razones de precisión proporcionada por ellos, sea en virtud de las características de construcción y manipulación de los instrumentos, y finalmente por el precio y dificultad de adquisición en los mercados locales.

Entre los instrumentos, para las finalidades de los levantamientos fitosociológicos se destacan: Vara. Con una vara de longitud superior al largo del brazo del operador, posicionarla de tal forma que coincida con la longitud del brazo extendido. Una vez que la vara está colocada en la posición (Rodríguez, 2008 p. 2).

2.1.4. Incremento medio anual

El incremento medio anual (IMA) en nuestro caso de DAP y altura total del árbol, es el crecimiento promedio anual hasta cualquier edad desde la instalación del árbol o plantación. Se obtiene dividiendo el crecimiento acumulado hasta un determinado momento en el tiempo, por la edad del árbol o de la plantación correspondiente (Ángel, 2001, p. 6).

2.2. *Juglans neotropica* Diels

2.2.1. Origen

Vanegas (2018, p18) indica que, dentro de la familia de las Juglandaceas, mediante estudios fósiles y anatómicos de la madera, se ha documentado al género *Enghelardia*, como el origen evolutivo del resto de su linaje, compuesto por *Alfaroa*, *Pterocarya*, *Carya* y *Juglans*. Siendo *Juglans* un género distribuido en latitudes que van de los 44° N a 28° S, y desde hace 56 millones de años, aparecieron en el continente asiático las primeras especies *Juglans ailantifolia*, *J. mandshurica* y *J. regia* (Clado Cardiocaryon y Dioscaryon o *Juglans*, respectivamente). *J. regia* ha sido la más plantada desde su aparición, tanto en el viejo como en el nuevo mundo, por sus frutos altamente alimenticios y su madera valiosa.

De hecho, desde el continente asiático, de forma natural se diversificaron otras especies hacia el continente americano por el estrecho de Bering, apareciendo *J. cinerea* (Clado Trachycaryon). Luego, hace 23 millones de años, surgió el resto de nueces de América conservando aún los rasgos físicos provenientes de las especies asiáticas, migrando de América del Norte a América Central (México) con la especie *J. olanchana*, como el epicentro de especiación de las demás especies de América Central y América del Sur. Dichas especies son nativas o endémicas de la vegetación propia de cada país, e incluso se han encontrado rasgos similares, aunque con diferencias taxonómicas en sus flores y en la madera (radios más heterocelulares, vasos y poros más grandes a medida que se avanza de norte a sur) (Vanegas, 2018, p. 6). Entre estas especies están *J. boliviana* (Bolivia), *J. australis* (Argentina) y *J. neotropica* (Colombia), esta última también está presente en Perú y aproximadamente en el siglo XV fue encontrada en Ecuador (Vanegas, 2018, p. 6).

En la actualidad, *J. neotropica* está clasificada en peligro (EN A2cd) en la zona andina de América del Sur, donde se encuentra de manera natural debido a que 52% de sus poblaciones ha tenido sobreexplotación maderera (tala selectiva) y a que los bosques donde se encuentra han disminuido por ampliación urbanística y agrícola, afectando con ello su regeneración natural; además de que por sus múltiples usos ha venido siendo sobreexplotada sin ningún manejo técnico. En muchos países, la tala de esta especie se encuentra vedada, incluyendo a Colombia que, bajo la Resolución 383 de 2010 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, restringe su tala (Vanegas, 2018, pp. 8-12).

2.2.2. Nombres comunes

Nogal, Tocte en Ecuador y Perú; cedro negro, cedro nogal, cedro grande, nogal bogatano y nogal silvestre en Colombia; nogal negro en Bolivia (Barreto, 1990, p.5).

2.2.3. Clasificación taxonómica

En la tabla 2-1 se presenta la clasificación taxonómica del nogal indicada por Rojas (2018)

Tabla 2-2: Clasificación Taxonómica del Nogal

Nombre científico	<i>Junglans neotrópica</i> Diels
Reino	Plantae
Sub división	Angiosperma

Clase	Dicotiledonea
Orden	<i>Jungladales</i>
Familia	<i>Jungladaceae</i>
Género	<i>Junglans</i>
Especie	<i>Neotrópica</i>

Fuente: (Rojas, 2008, p. 1).

2.2.4. Descripción botánica

Especie forestal de una altura entre 15 m y 48 m; con raíces pivotantes que pueden alcanzar hasta más de tres metros de profundidad; su fuste o tronco es cilíndrico, de porte recto, alcanzando entre 30 cm y 120 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP), con una corteza externa fisurada color gris oscuro y una corteza interna fibrosa color crema. La copa es irregular, frondosa, de hasta 10 m de ancho, cuyas ramas son gruesas, de poca médula, con lenticelas cuando adulto, en ocasiones con pubescencia rojiza, monopódicas y casi horizontales al fuste principal y en el cual dejan unas cicatrices triangulares cuando caen (Oxapampa, 2003, p. 75).

Las hojas son compuestas alternas e imparipinadas, agrupadas al final de las ramas; miden entre 20 cm y 60 cm de largo y 18 cm a 30 cm de ancho, nacen a partir de una yema terminal escamosa, delgada y puntiaguda protegida por una bráctea vistosa y alargada. Contienen entre 7 y 19 folíolos dispuestos de manera opuesta en un raquis de pubescencia hirsuta (Armijos, 2013, p. 26).

Los folíolos frescos, cuando se maceran, desprenden un olor a melaza, miden entre 5 cm a 16 cm de largo y 2.5 cm a 8 cm de ancho y son sésiles. El limbo presenta nervaduras reticuladas, con un haz rugoso de color verde oscuro; el envés es pubescente de color verde claro a blanquecino (cuando el árbol está en etapas iniciales de crecimiento-joven), de borde dentado (joven) a entero, tiene ápice agudo y base subcordada, dándole una apariencia o forma ovado lanceolados (Manning, 1957, p. 131)

Especie monoica; las inflorescencias son amentos tipo espiga que salen de las axilas de las hojas; las espigas masculinas son largas, son laterales (entre las hojas de una rama) y solitarias, con flores blancas, que están sostenidas por un receptáculo elipsoide que contiene una bráctea elongada. Tiene dos bractéolas (en ocasiones bilobuladas) y puede contener entre uno a cuatro sépalos o estar ausentes y entre 7 a 105 estambres, que cuentan con antera pubescente y hasta cuatro tecas de polen granular, poroso y de color marrón. Las espigas femeninas son cortas, son terminales (al final de las hojas de una rama) y salen en parejas, con 2 a 25 flores amarillo claro, que están sostenidas por un receptáculo

elipsoide que contiene dos bractéolas, y casi siempre con cuatro sépalos fuertemente segmentados en las puntas y fusionados al ovario ínfero notoriamente pubescente, dentro del cual se encuentra un solo óvulo y entre dos a cuatro carpelos, con un solo pistilo bifurcado y un estigma delgado y plumoso (Beltrán, 2013, p. 61).

Los frutos son drupas de forma elipsoidal a casi circulares, con 6 cm de largo y 5 cm de ancho, sostenidos por un corto pedúnculo; con epicarpio grueso, áspero y/o rugoso, con presencia de lenticelas color café y color verde oliva (inmaduros) hasta café oscuro a casi negros (maduros); con poco mesocarpio o pulpa. La semilla es tipo nuez, con endocarpio surcado de manera longitudinal, de color café oscuro a casi negros, presentan un peso promedio de 23 g (7 g a 47 g), longitud de 3 cm (1 cm a 5 cm) y un ancho de 4 cm (2 cm a 6 cm), con una fragancia suave y agradable al olfato humano; en su interior tiene una almendra blanca que ocupa casi toda la cavidad de la semilla (M.L, 2007, p. 8).

La madera presenta albura de color castaño claro, duramen color castaño oscuro con vetas lineales café oscuras, una médula de color púrpura y un olor característico (madera seca) producto de ciertas gomas, resinas o tálides presentes en los elementos vasculares y que en ocasiones obstruyen el lumen, sin anillos de crecimiento visibles, con grano recto a ondulado, con porosidad difusa a circular formando los radios heterocelulares de 653 μm a 2500 μm de longitud dispuestos cada 18 μm . Los poros son solitarios entre 6 mm^2 a 18 por mm^2 , y cada poro con un tamaño mayor a 210 μm rodeados de parénquima apotraqueal y largas cadenas cristalíferas que le dan una apariencia a la madera con fines industriales, que presenta amplios conductos fibrosos intracelulares entre 12 μm a 16 μm y unos vasos con un tamaño de 812 μm promedio que varía según el crecimiento y la edad del árbol (Beltrán, 2013, p. 61).

La densidad de la madera verde es de 0.69 g/cm^3 , de la madera seca al aire es de 0.65 g/cm^3 y la densidad básica es de 0.52 g/cm^3 , lo cual la clasifica como una madera medianamente pesada, pero fácil de trabajar, de buen agarre de clavos y tornillos. Es una madera de lento secado, para la cual se han recomendado el secado kiLn con horario de T6-D4 (para un stock de 4/4) o el horario T3-D3 (para un stock de 8/4) (M.L, 2007, p. 108).

Como elemento de estudio etnobotánico, se puede catalogar como especie promisoría por sus múltiples usos y propiedades benéficas para el ser humano y la fauna, siendo una alternativa en la lucha contra la pobreza y desnutrición en las zonas rurales del neotrópico, como en mantener el

equilibrio de los ecosistemas naturales. Desde sus raíces hasta sus semillas se encuentran sustancias como juglandinas (resinas color amarillo), juglona (sustancia que permite los colores negros u oscuros por oxidación), taninos (gálicos y catéquicos, entre otros), una gran variedad de ácidos grasos insaturados, como: guglándico, lipídicos como Omega 3 y 6, fólico, linoleico, oleico, palmítico, γ -linoléico, elaídico, esteárico, laúrico, mirístico, fenólicos y flavonoides. Se encuentran quinonas, alcaloides, minerales (Fe-K-P-Ca), vitaminas (B, C, E y niacinas), como lípidos y proteínas (globulinas, albúminas, glutelinas y prolaminas) elementos todos importantes para la salud del ser humano ya que mejora el sistema inmunológico y circulatorio (Armijos, 2013, p. 66).

2.2.4.1. Características morfológicas

- Raíz

Es pivotante. El sistema radical es grueso, con raíces fusiformes y muy ramificadas. En la base del tallo presenta aletones pobremente desarrollados. Corteza externa, en los estados juveniles es lisa, de color grisáceo, con cicatrices en forma de media luna producto de la caída de las ramas; en árboles adultos su tonalidad es oscura casi negra, moderadamente gruesa, fisurada, con surcos profundos y longitudinales. La corteza interna es amarilla – verdosa, fibrosa, que se desprende en tiras lisas, cortas o en placas rectangulares de 2 cm de grosor (Ospina, 2003, p. 10).

- Hojas

Compuestas, alternas, de tamaño variable, hasta 60 cm de largo por 30 cm de ancho en estados juveniles, y 34 cm de largo por 18 cm de ancho en estado adulto. El raquis en su base es muy pubescente, con pelos rojizos en forma glandular y algunos pelos fasciculados; glabros en algunas hojas hacia la parte terminal. Las hojas generalmente están constituidas por 15 a 19 folículos de color verdeoliváceo, opuestos o subopuestos, gruesos, usualmente ásperos y rugosos, ovados a ovado-lanceolados, de 10 a 16 cm de largo por 4 a 8 cm de ancho, sésiles o casi sésiles (Ospina, 2003, p.11).

- Flores

Esta especie es monoica, con flores masculinas y femeninas separadas, pero situadas en el mismo pie, auto fértil, pero dicógama. Este sistema de reproducción facilita la polinización cruzada y, en consecuencia, el mantenimiento y generación de variación. El injerto en esta especie presenta ciertas

complicaciones, por lo que en esta región tradicionalmente la multiplicación se realiza por semilla, siendo seleccionados por los agricultores los ejemplares más interesantes (Jade, 2004, p. 4).

Es una especie monoica. Las inflorescencias están dispuestas en amentos, y son de color entre verdosos y amarillento, de 10 a 25 cm de largo y de 1,5 cm de diámetro. Las flores estaminadas son más largas que las pistiladas. Se agrupan en amentos péndulos que se forman en las axilas de las cicatrices foliares de las hojas del año anterior (Ospina, 2003, p.11).

- Semillas

Al disgregarse el mesocarpio del fruto queda la nuez o semilla con su cubierta característica negra. La nuez es sub-globosa, ligeramente globoso-deprimida o ampliamente oval, de forma cerebroide, con un tamaño variable según el sitio de desarrollo, desde 2,8 a 4,7 cm de largo por 3,1 a 4,8 cm de diámetro; levemente apiculada, con surcos amplios, lisos, conspicuos y profundos en forma longitudinal. Su embrión bien diferenciado, muy aceitoso, con 2 a 4 lóbulos frecuentemente masivos y dos cotiledones esculturados (Ospina, 2003, p. 11).

2.2.5. Distribución geográfica

El nogal se distribuye en los Andes Sudamericanos, especialmente en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. En Ecuador se halla en la región Interandina, en los valles y estribaciones de la Cordillera de los Andes (Cañadas, 1983, p.45).

2.2.5.1. Hábitat

- Clima

Se lo encuentra en áreas con una precipitación media anual de 1500 a 3000 mm y una temperatura promedio de 14 a 21.5 grados centígrados. No resiste las heladas (Barreto, 1990, p.7).

- Suelo

Prefiere suelos profundos, de textura franca a franca arenosa bien drenado, convenientemente fértiles y de ph de neutro a ácido; no tolera suelos calcáreos (Barreto, 1990, p.163).

2.2.6. Usos

2.2.6.1. Madera

Es considerada una madera medianamente pesada, compacta, de baja rigidez, resiste a la vibración y a la abolladura. El color es pardo rojizo a pardo-negruzco, con un veteado notorio de color pardo oscuro. Los anillos de crecimiento y los vasos vasculares se observan fácilmente, con porosidad difusa, fibras libriformes y medianamente largas (900 – 1.600 micras) con puntea duras simples y paredes medianamente delgadas (Ospina, 2003, p. 18).

Es elástica y tiene buena resistencia, permite ser tallada y moldeada con facilidad, lo que le da a sus piezas la capacidad de curvarse mediante la técnica de calentamiento con vapor. Presenta un buen agarre a tornillos y clavos y permite la utilización de pegantes para la unión de piezas.

Se caracteriza por un olor fuerte, ligeramente mentolado, el cual también es detectable en la mayor parte de los tejidos de la planta, especialmente en las hojas y los frutos (Ospina, 2003, p. 18).

Considerada moderadamente durable, se recomienda su inmunización antes de utilizarla a la intemperie o en contacto con el suelo. La albura es susceptible al ataque de perforadores, pero reacciona favorablemente a los tratamientos profilácticos de inmunización. Por el contrario, el duramen no tiene buen comportamiento ante dichos procesos, pero a su vez, tiene una alta resistencia natural a los ataques de perforadores. (Ospina, 2003, p. 18).

La madera es muy utilizada para la fabricación de tableros contrachapados, chapas decorativas, ebanistería de alta calidad, instrumentos musicales, maquetaría, revestimiento ornamental de interiores y fabricación de pisos. (Ilustración 4-2) por su buen comportamiento en el torno y por dejarse tallar, se utiliza para la fabricación de artesanías, estructuralmente se utiliza como vigas, viguetas, alfardas y traviesas para líneas férreas (Ospina, 2003, p. 18).

En algunas regiones es apreciada para leña y para la utilización de carbón, pues tiene una combustión lenta y un alto poder calórico. Ante la escases de individuos y las restricciones a su comercialización, su precio en el mercado se ha elevado sustancialmente. a nivel internacional la madera de *J. Neotropica* es ampliamente comercializada y sus precios son comparables con maderas tan valiosas como de la caoba (*Swietenia macrophylla*) (Ospina, 2003, p. 18).



Ilustración 2-3: Madera de *Junglas neotropica*, utilizada para la elaboración de puertas, ventanas, armarios y alacenas.

Fuente: (WordDoor, 2022).

2.2.6.2. Otros usos de la planta

Aunque la almendra es difícil de extraer, es una fuente importante de alimento humano, por sus altos contenidos de aceite, el cual está compuesto un 35-40% de ácidos grasos libres como: esteárico, oleico y linoleico y en un 60-65% por triglicéridos formado por ácidos linoleicos, mirísticas y láurico. En Ecuador, Latorre en 1980 reseña su utilización popular en la elaboración de dulces y bizcochos donde recibe el nombre de la “nogada de Ibarra” (Ospina, 2003, p. 18).

Los extractos de la corteza, hojas, mesocarpio de los frutos y aun de las raíces se utilizan en la industria de curtiembres por ser tinturas estables y durables para teñir telas de algodón y lana, e incluso el cabello, siendo unos de los pocos tintes de origen natural en el mercado (Ospina, 2003, p. 18). Contiene Juglona, alcaloide presente en las ojas y frutos, del cual se obtiene mediante hidrolisis el ácido elágico, ampliamente empleado como hemostático, fungistático e ictiotoxico (Ospina, 2003, p. 18).

En comunidades indígenas la infusion de hojas se utiliza como antidiarreico y astringente. En mezcla con miel de abeja se utiliza como jarabe para la tos e incluso como cicatrizante en el tratamiento de las heridas y llagas (Ospina, 2003, p. 18).

Sus hojas son utilizadas como astringente depurativo de la sangre en los flujos vaginales. Las raíces en infusión se emplean para corregir la constipación y algunas afecciones hepáticas. Debido a su arquitectura de copa y a la coloración oscura de su follaje el nogal se usa como elemento decorativo en ambientes urbanos. Por el tamaño de su fruto no se recomienda utilizarlo en parqueaderos o zonas donde hay mucho flujo de personas (Ospina, 2003, p. 19).

Es una especie potencialmente muy valiosa para los habitantes de la región Andina, con excelentes calidades de tipo maderero, paisajístico, alimenticio, medicinal y como sombrío parcial para algunos cultivos (Ospina, 2003, p. 19).

2.2.7. Sanidad

J. neotropoca está asociado a varios microorganismos que le generan problemas sanitarios, de los cuales en la localidad de estudio se han identificado los siguientes como los de mayor importancia económica.

2.2.7.1. Curculionidae (Gorgojo)

Las especies de la subfamilia Scolytinae se conocen comúnmente como escarabajos descortezadores y escarabajos ambrosiales. El nombre se refiere al grupo entero, pero específicamente a las especies que se alimentan del floema de plantas leñosas debajo de la corteza. Otros miembros del grupo barrenan directamente en la albura y se alimentan de hongos ectosimbióticos. Estos se llaman escarabajos ambrosiales. Es un grupo grande y diverso de barrenadores pequeños de plantas leñosas que incluyen árboles, arbustos y bejucos. Viven en casi todas las comunidades vegetales del mundo, desde desiertos hasta selvas altas tropicales y bosques boreales. El grupo es muy diverso en términos de ciclos biológicos, interacciones con plantas hospedantes, y comportamiento. Las especies más conocidas son plagas destructivas de árboles forestales, frutales y ornamentales (Teran, 2010, p.5).

2.2.7.2. Características morfológicas

Los Scolytinae son escarabajos pequeños. La mayoría son de 1-3 mm de longitud, pocas especies alcanzan 1 cm. El cuerpo es cilíndrico en sección, sin ninguna indicación de aplanamiento. Las antenas y patas son cortas en relación al tamaño del cuerpo. El primer segmento antenal es más largo que todos los otros artículos juntos, lo que da la impresión de un codo. El ápice de la antena es un

mazo de varios segmentos de artículos fusionados. Como todos los Curculionidae, todas las patas tienen cuatro segmentos tarsales. Con muy pocas excepciones, son de color café, desde amarillento hasta negro, sin otros colores o patrones de color (Teran, 2010, p.6).

2.2.7.3. Hábitos alimenticios

Los Scolytinae se pueden clasificar ecológicamente según el sustrato alimenticio que consumen. En todos los casos, los adultos barrenan dentro de su planta hospedante, excavan galerías y ovipositan dentro de ellas.

- Floeofagia (consumo de floema)

Este es el hábito alimenticio ancestral en el grupo y de mayor frecuencia, estos son los escarabajos descortezadores “verdaderos”. Los adultos penetran la corteza y excavan un túnel dentro del floema entre la corteza y la albura formando las galerías, generalmente ponen los huevecillos en nichos a lo largo de éstas. La orientación de las galerías (paralelas a la fibra, contra la fibra, etc.) es característica de cada género, y hasta cierto punto permite la identificación del insecto. Generalmente cada larva hace su propio túnel y se aleja de la galería parental (Teran, 2010, p.7).

Al llegar al estado pupal, las larvas de algunas especies excavan una cámara en la corteza o en la madera. Al 331 Familia Curculionidae-Scolytinae galerías, y las larvas se desarrollan dentro de ellas. En otros grupos, como *Xyleborus* o *Xylosandrus*, los huevecillos están sueltos dentro de la galería y las larvas pueden moverse libremente. En todos los casos, los adultos nuevos emergen por el mismo orificio de entrada. eclosionar, cada individuo excava su propio túnel de emergencia a través de la corteza (Teran, 2010, p.7).

2.2.7.4. Xilomicetofagia

Estos son los escarabajos ambrosiales Los adultos excavan sus túneles dentro de la madera, pasando por la corteza y floema, no consumen la madera. A lo largo de sus galerías introducen inóculo de sus hongos simbióticos. Las hifas de estos penetran la madera y concentran nutrientes en las galerías. Los insectos, tanto adultos como larvas, se alimentan del crecimiento del hongo sobre las paredes de los túneles. En algunos grupos como *Gnathotrichus* o *Corthylus*, los adultos excavan cuñas a lo largo de las galerías, y las larvas se desarrollan dentro de ellas. En otros grupos, como *Xyleborus* o

Xylosandrus, los huevecillos están sueltos dentro de la galería y las larvas pueden moverse libremente. En todos los casos, los adultos nuevos emergen por el mismo orificio de entrada (Teran, 2010, p.8).

2.2.7.5. Xilofagia

Algunas especies desarrollan sus galerías dentro de la albura de ramas de sus hospedantes. Aparte de esto, su biología es similar a las especies fleófagas. Esto es más común en especies asociadas a matorrales u otras comunidades xéricas (Teran, 2010, p.9).

2.3. Mejoramiento genético

2.3.1. Concepto

El mejoramiento genético es un proceso que consiste en la aplicación de técnicas de selección y recombinación en busca del aumento de la frecuencia de los alelos favorables de la característica de interés en una población dada (Pires, Resende, Da Silva y Resende, 2011). Estos procedimientos buscan el aumento en la productividad de materia prima o del producto final, mejora las condiciones adaptativas tales como la capacidad de floración y producción de frutos y semillas, además mejora la resistencia a plagas y enfermedades principalmente en la manutención de la variabilidad genética (Pires et al, 2011).

El mejoramiento genético en especies nativas podría sin duda impulsar la reforestación, ya que mejora las principales características cuantitativas y cualitativas de productividad y calidad de los árboles, reduce el turno de aprovechamiento final, disminuye los costos y repercute en una mejora de los procesos industriales (Marco, 2005). Por ello se considera al mejoramiento genético forestal como una herramienta operacional de uso corriente y esencial como parte de las prácticas silviculturales (Pires et al, 2011).

2.3.2. Proceso

Con la finalidad de cumplir en forma eficiente con las metas a corto y largo plazos, las actividades de un programa de mejoramiento genético se estructuran en lo que se denomina el ciclo del mejoramiento genético (Ilustración 5-6). Como se observa en la ilustración, el punto de partida de todo el programa de mejoramiento genético es la variabilidad genética original de la población. De

esta población base se seleccionan los individuos o genes que reúnen las características de interés y se multiplican en forma intensiva para capturar el beneficio de árboles que serán cultivados en las plantaciones comerciales. En forma paralela, los individuos seleccionados se recombinan mediante cruzamiento entre ellos para reconstituir la variación genética en la población e iniciar un nuevo ciclo de mejoramiento. Desde este punto de vista, la tarea del mejorador simplemente consiste en reconocer (medir) la variación genética, aislarla, y "empaquetarla" en los individuos apropiados para su multiplicación y utilización como recurso renovable (Sotolongo, R. 2010).

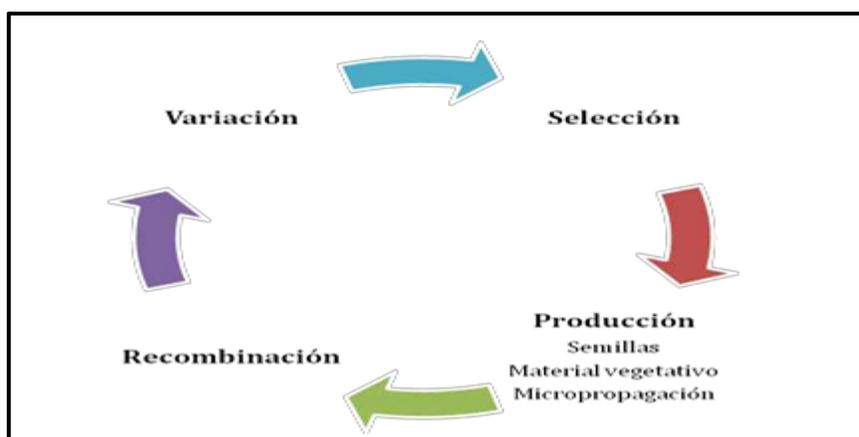


Ilustración 2-4: Proceso para mejoramiento genético

Fuente: (Sotolongo, 2010, p.7).

2.3.3. Base genética

La base genética es el inicio para proceder con el mejoramiento genético. Su elemento esencial es el mejoramiento de la población mediante la combinación de un tipo particular de selección y de un tipo particular de cruzamiento, a partir de una base genética amplia y bien adaptada. Como un proceso recurrente y en desarrollo, una estrategia de mejoramiento acumula beneficios a lo largo de generaciones sucesivas del ciclo de evaluaciones, selección y cruzamiento (Sotolongo, R. 2010).

Durante el desarrollo del ciclo de mejoramiento genético se generan varias poblaciones de árboles, incluyendo una población base, una población de evaluación-selección, una población de producción y una población de mejoramiento o cruzamiento. Cada una de estas poblaciones, aunque pueden estar físicamente localizadas en el mismo sitio, conceptualmente cumplen diferentes funciones dentro del programa de mejoramiento genético, por lo que en forma ideal deben presentar características diferentes en cuanto a su conformación genética y manejo (Sotolongo, 2010, p.5).

2.3.4. Ensayos genéticos

La ingeniería genética de plantas está dirigida a la producción de genotipos que expresen características de interés, mediante la integración en el genoma vegetal, de segmentos de DNA foráneo, proveniente de cualquier origen. Este DNA altera las características de la planta, mediante la modificación dirigida y controlada de su genoma, al añadir, al eliminar o al modificar alguno o algunos de sus genes (Danilova, 2007; Karimi *et al.* 2007). No hay limitación para la transferencia de genes entre plantas de la misma especie y especies cercanamente emparentadas, ya que genes de especies no relacionadas evolutivamente, pueden ser introducidos. Ello permite usar genes de diferentes especies, géneros y reinos, eliminando las barreras de incompatibilidad sexual y fertilidad (Vasil, 2007, p.6).

La principal ventaja de la ingeniería genética es que no implica la transferencia de cientos de miles de genes, algunos con características no deseadas, sino que involucra el traspaso de uno o pocos genes que confieren la característica de interés (Danilova, 2007). Es un instrumento valioso que permite acelerar procesos que, lentos y laboriosos, ofrece la posibilidad de introducir en una planta una característica deseada, mediante transformación genética, en un solo paso. La ingeniería genética de plantas comprende una serie de técnicas complementarias con los procedimientos del mejoramiento genético convencional (Jauhar, 2006 p.1).

La transformación de plantas usa una amplia gama de herramientas, mediante, las cuales, es posible la introducción de información genética foránea, sin afectar las cualidades agronómicas y de mercadeo de los cultivos. La transformación de plantas se ha definido como la incorporación estable de genes foráneos y la expresión de estos en las plantas transformadas (Sharma *et al.* 2002, p.1).

Desde 1983, cuando se reportó por primera vez la producción de una planta transgénica, se ha logrado la transformación de más de 120 especies y 35 diferentes familias vegetales, tanto de dicotiledóneas como de monocotiledóneas (Jauhar, 2006, p.4).

Esto no significa que sea un proceso sencillo, por lo contrario, es un proceso complicado que involucra varias etapas: identificación y aislamiento del gen de interés, desarrollo del casete de expresión o construcción quimérica, vectores apropiados que permitan el clonaje o transferencia de la construcción quimérica, método para la introducción del DNA de manera estable en el genoma de

la célula vegetal (protocolo de transformación), sistema de cultivo de tejidos que permita regenerar plantas completas, procedimiento para la distinción de los individuos transformados de aquellos no transgénicos (selección de transformantes) y métodos analíticos para detectar el gene foráneo y sus productos en la planta transformada (Jauhar, 2006, p.2).

Según Díaz et al. (2004, p.5), para obtener una planta transgénica deben ocurrir tres procesos indispensables en la misma célula: el casete de expresión debe ser transferido al interior de la célula; el casete de expresión se debe integrar al DNA celular y se debe regenerar una planta, a partir de la célula en la que han ocurrido los dos procesos anteriores.

Para todas las técnicas de transformación vegetal es necesario disponer de un gen de interés, que puede ser endógeno modificado o un gen foráneo aislado de grupos filogenéticos variados (Karimi et al. 2007, p.3). Este debe ir flanqueado por los elementos reguladores necesarios para su expresión: una región promotora, cuya función general es el reconocimiento del sitio de unión de la DNA polimerasa con el consecuente inicio de la transcripción del gen en RNA mensajero y una región terminadora que da la señal de finalización de la transcripción, y es la encargada del mantenimiento de la estabilidad del mRNA y su transporte al citoplasma para su posterior traducción en una molécula proteica. Esta construcción Región promotora - Región codificante o gen de interés - Región terminadora, es conocida como casete de expresión (Chaparro et al. 2005, p.5).

2.3.4.1. *Ensayos de procedencia progenie*

Los ensayos de procedencia-progenie son parte importante de una estrategia de mejoramiento genético. Estos ensayos combinan la evaluación del origen del material (procedencia como parcela mayor) con el desempeño de familias y sus progenies (como parcela menor). Como todo ensayo genético, uno de sus objetivos es el de *determinar la adaptabilidad de los materiales en un ambiente determinado* (Landa et al., 2002).

La modalidad de ensayo procedencia-progenie, permite avanzar rápidamente en mejoramiento genético, ya que no solo determina los mejores orígenes, sino que simultáneamente permite seleccionar los mejores individuos dentro de las mejores procedencias (Landa, Mendizabal, Ramírez, y Méndez, 2002). Con un adecuado diseño espacial de estos ensayos, a partir del primer raleo se pueden convertir en un huerto semillero, que una vez que logre producir flores y frutos, se convertirá en una nueva fuente semillera de muy alta calidad genética (Badilla y Murillo, 1998, p.9).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Características del lugar

La investigación se realizó en un ensayo genético de *Juglans neotropica* Diels instalado en la Estación Experimental Tunshi de la ESPOCH, en abril del 2018, donde se plantaron 160 plántulas de 21 familias genéticas recolectadas en la provincia de Tungurahua. Estación Experimental que se encuentra a 16 km de la vía Riobamba-Licto (mapa adjunto).

3.1.1. Localización



Ilustración 3-1: Ensayo genético de *J. neotrópica*, Estación Experimental Tunshi

Realizado por: Fierro, M., 2023.

3.1.2. Ubicación geográfica del lugar

Tabla 3-1: Coordenadas geográficas del estudio

Coordenadas Proyectadas UTM Zona 17S, Datum WGS84	
Altitud	2780 m
X	764255 E
Y	9806720 N

Realizado por: Fierro, M., 2023.

3.1.3. Características meteorológicas

Tabla 3-2: Variables climáticas del lugar de investigación

Precipitación media anual:	835,6 mm
Precipitación media mínima:	16,5 mm (Febrero)
Precipitación media máxima:	145,2 mm (Mayo)
Temperatura media anual:	13,8 ° C
Temperatura media mínima:	8,9 ° C
Temperatura media máxima:	19,1 ° C
Evaporación diaria anual:	2,29 mm
Humedad relativa media anual:	83 %
Velocidad del viento media anual:	2,0 Km/h
Presión Atmosférica:	1009,2 hPa

Fuente: (Estación Meteorológica Tunshi- INIAP, 2022).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales biológicos

El material biológico utilizado en la presente investigación está compuesto por 160 arbolitos agrupados en, 21 familias o progenies, de procedencia Tungurahua, que forman parte del ensayo genético de *Juglans neotropica* compuesto por 62 familia recolectadas en las provincias Chimborazo, Tungurahua y Bolívar (Tabla 3-3)

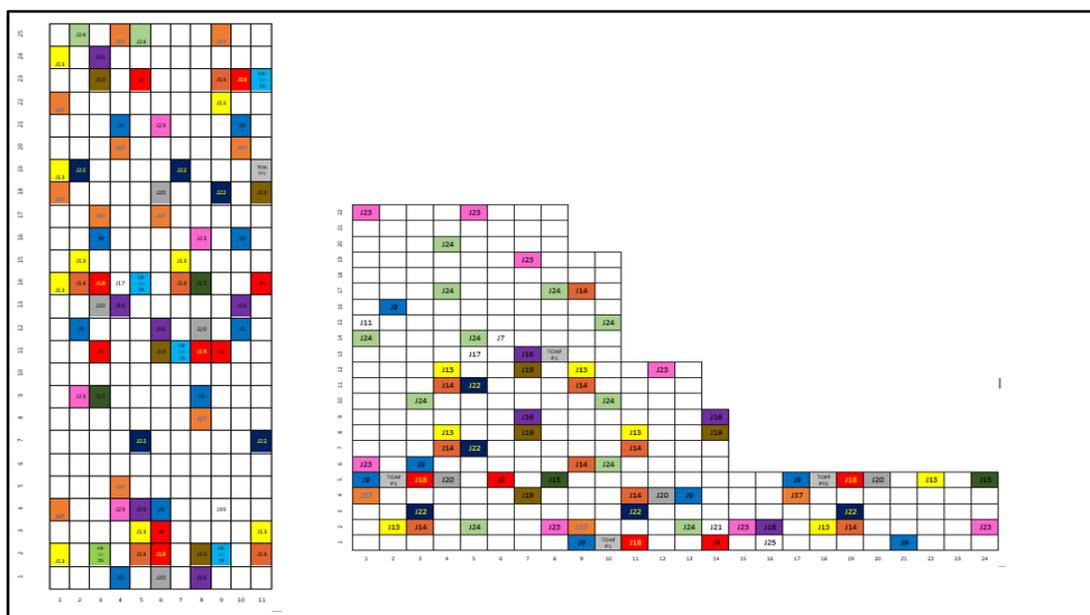


Ilustración 3-2: Identificación por familias

Realizado por: Fierro, M., 2023.

Tabla 3-3: Sitios de recolección de semillas de mades superiores *J. neotropica*

Familias	No. Árboles	Sitio de Recolección
J8	8	Quillan 2
J9	16	Pinllo
J13	15	Pillaro 1
J14	14	Ambato 1
J15	5	Ambato 4
J16	9	Patate 3
J17	2	Patate 4
J18	7	Ambato 6
J19	7	Ambato 9

J20	7	Pinllo
J22	11	Totoras
J23	13	Pillarlo 3
J24	13	Ambato 3
J37	14	Tungurahua 6
SB-LL-05	5	Baeza (Napo)
J7	1	Tungurahua
J39	1	Guaranda 5
J21	1	Ambato 05
J3	1	Ambato 08
J11	1	Pillarlo 6
TOAF PL	5	Cuyuja (Napo)

Realizado por: Fierro, M., 2023.

3.2.2. Material de campo

- Libreta de campo
- Lápiz
- Cinta diamétrica
- Marcador
- Cinta métrica
- Regla telescópica
- Etiquetas para árboles

3.2.3. Materiales y equipos de oficina

- Computadora
- Impresora
- Hojas
- Libro de campo
- Lápiz
- Borrador

3.3. Metodología

3.3.1. Descripción

Todas las familias fueron obtenidas a partir de semilla de polinización abierta. La plantación se realizó a un espaciamiento de 4 m x 4 m, en un diseño de bloques incompletos al azar con 19 repeticiones, con un árbol por familia por repetición como unidad experimental (parcela tipo single tree plot). Debido a diferencias en el número de plantas germinadas y supervivientes de cada familia, los últimos bloques en cada ensayo no incluyeron a todas las familias seleccionadas. Cada familia fue representada dentro de cada bloque por una sola planta o medio hermano, aleatoriamente distribuidas y distantes espacialmente entre sí (aproximadamente 30 m), con el objetivo posterior de eliminar los individuos de pobre adaptación y convertir el ensayo en huerto semillero (Ramos, 2020, p.1).

3.3.1.1. Metodología de toma de datos

La evaluación de las familias de interés fue realizada a los 4,7 años de edad de la plantación para lo cual se identificaron en terreno a los individuos correspondientes a las familias genéticas procedentes de la provincia de Tungurahua y se registró las variables de crecimiento dasométrico, calidad del fuste y sanidad, finalmente con las variables dasométricas se estimaron índices de crecimiento.

3.3.2. Variables evaluadas

3.3.2.1 Supervivencia

Con la ayuda del croquis de instalación del ensayo genético, donde se indica la ubicación en terreno y el código de cada árbol, se realizó la verificación de presencia o usencia de los individuos, Para lo cual se utilizó un instrumento de medición documental utilizando una escala dicotómica, calificándole con:

1= Árbol vivo

2= Árbol muerto

La estimación se realizó mediante la ecuación propuesta por Forero et al., (2005, p.2):

$$Sr\% = N^{\circ} \text{ individuos vivos} * 100 / N^{\circ} \text{ individuos establecidos}$$

Dónde:

Sr% = Porcentaje de sobrevivencia

3.3.2.2 *Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)*

Con el uso de la cinta diamétrica, tomando como base 1,30 (Ilustración 2-3) se realizó la toma de la medida de la circunferencia del árbol. Esta variable se registró en cm.

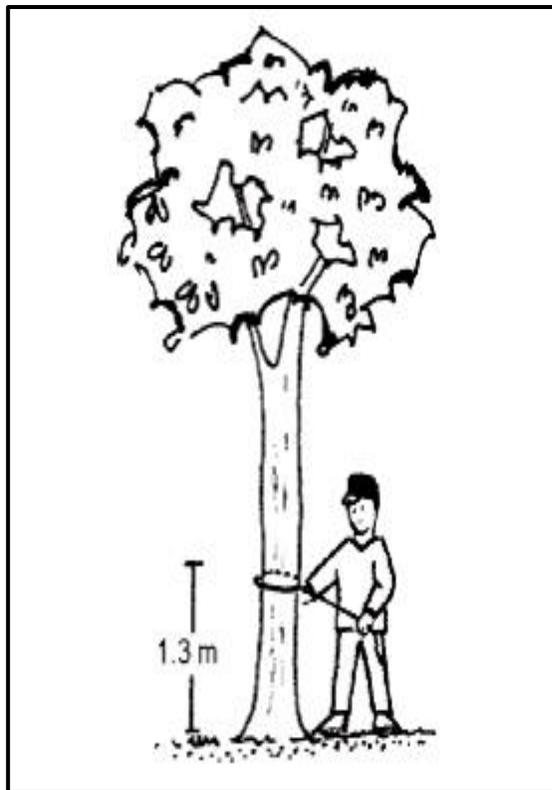


Ilustración 3-3: Medición del DAP en árboles

Fuente: (Villareal et al. 2004).

3.3.2.3. *Altura de fuste limpio*

Por medio del uso de la regla telescópica se registró esta medida tomando como base el suelo para así determinar la altura de la primera rama. Los datos se registraron en cms.

3.3.2.4. *Altura total*

Con el uso de la regla telescópica se midió la altura total del árbol desde la base del árbol hasta la yema apical. Los datos se reportaron en cms

3.3.2.5. *Sanidad de la plantación*

Luego de realizar un análisis a la plantación se definió como problema de mayor interés a una sintomatología relacionada con un barrenación del tallo apical; por lo que, se definió evaluar mediante un instrumento documental de medición que fue una escala dicotómica.

1= Presencia del problema en el árbol

2= Ausencia del problema en el árbol

3.3.2.6. *Incremento Medio Anual de altura (IMA)*

Para estimar el Incremento Medio Anual (IMA) de altura de los árboles se utilizó la siguiente fórmula. Relacionando el incremento en altura total del árbol registradas entre la plantación y la última evaluación, con la edad de la plantación en años, esta variable se reportó en cm año^{-1} :

IMA altura= Incremento de altura total / Edad de la plantación

3.3.2.7. *Incremento Medio Anual del diámetro a la base/al cuello del árbol*

Para estimar el Incremento Medio Anual (IMA) del diámetro a la base del árbol se utilizó la siguiente fórmula. Relacionando el incremento en diámetro a la base del árbol registrados entre la plantación y la última evaluación, con la edad de la plantación en años, esta variable se reportó en mm año^{-1} :

IMA DAC= Incremento DAC/ Edad de la plantación.

3.3.2.8. *Área basal por árbol*

Para estimar el área basal de cada árbol se utilizó la siguiente fórmula, y se registró en $\text{m}^2 \text{ árbol}^{-1}$:

$$AB=(\pi/4)*d^2$$

Donde:

AB = Área Basal

$d^2 = \text{DAP}$

3.3.2.9. Área basal de la plantación

Para estimar el área basal de la plantación se utilizó la siguiente fórmula, y se registró en $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$:

$$\text{AB} = \text{ABárbol} * 625$$

Donde:

AB = Área Basal

ABárbol = área basal por árbol

625 = constante para un marco de plantación 4 x 4m

3.3.3. Análisis estadístico

La base de datos se organizó en Excel, donde las familias se agruparon según su procedencia u origen con el fin de analizar su variación y comportamiento dasométrico y sanitario a nivel de las familias genéticas. El análisis de la base de datos se realizó con estadística inferencial y estadística descriptiva.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Análisis descriptivo de las familias evaluadas

El ensayo genético de *Juglans neotropica* instalado en la Estación Experimental Tunshi de la ESPOCH, cuenta con 62 familias en estudio; de las cuales, 21 familias o progenies, corresponden a la procedencia Tungurahua o materiales recolectados de árboles madre seleccionados en la Provincia de Tungurahua, con diferente grado de representatividad (número de árboles por familia), producto probablemente de la mortalidad a la plantación y disponibilidad de material genético para el trasplante (Tabla 4)

Tabla 4-1: Familias/progenies de *J. neotropica* recolectadas en la provincia de Tungurahua

Familia	No. Árboles	Sitio de Recolección
J8	8	Quillan 2
J9	16	Pinllo
J13	15	Pillaró 1
J14	14	Ambato 1
J15	5	Ambato 4
J16	9	Patate 3
J17	2	Patate 4
J18	7	Ambato 6
J19	7	Ambato 9
J20	7	Pinllo
J22	11	Totoras
J23	13	Pillaró 3
J24	13	Ambato 3
J37	14	Tungurahua 6
SB-LL-05	5	
J7	1	Tungurahua
J39	1	Guaranda 5
J21	1	Ambato 05
J3	1	Ambato 08
J11	1	Pillaró 6
TOAF PL	5	

Realizado por: Fierro, M., 2023.

Se han plantado 160 individuos (27,39% del total de plantas que conforman el ensayo genético) pertenecientes a 21 familias; de las cuales, 15 familias están bien representadas con por lo menos 3 individuos y 6 de ellas tienen poca representación porque tienen menos de 3 individuos. Al momento de la evaluación (4,7 años de plantado) se encontraron 155 árboles en campo, de los 5 faltantes 3 se han muerto y 2 se encontraron decapitados (Ilustración 4-4).

De los 155 individuos evaluados (97%), para el análisis de las variables dasométricas se consideraron 112 (73%) que presentaron características requeridas por dichas variables respuesta, mientras que para la variable de sanidad se consideraron el total de árboles de la procedencia Tungurahua encontrados en el ensayo genético; el 27% (43 árboles) restante, presentaron un problema sanitario severo que afectó al crecimiento en altura y DAP. Del total de árboles considerados para el análisis de variables de crecimiento dasométrico el 61% (69 árboles) no presentaron el problema sanitario antes indicado, y el 39% (43 árboles) presentaron un problema leve ((Ilustración 4-4). Finalmente, a éstos individuos se les registró datos de las siguientes variables: DAP, Altura total, Altura del Fuste limpio, y se estimó el IMA del DAC, IMA de altura, Área basal por planta, Área basal por hectárea y diámetro cuadrático.

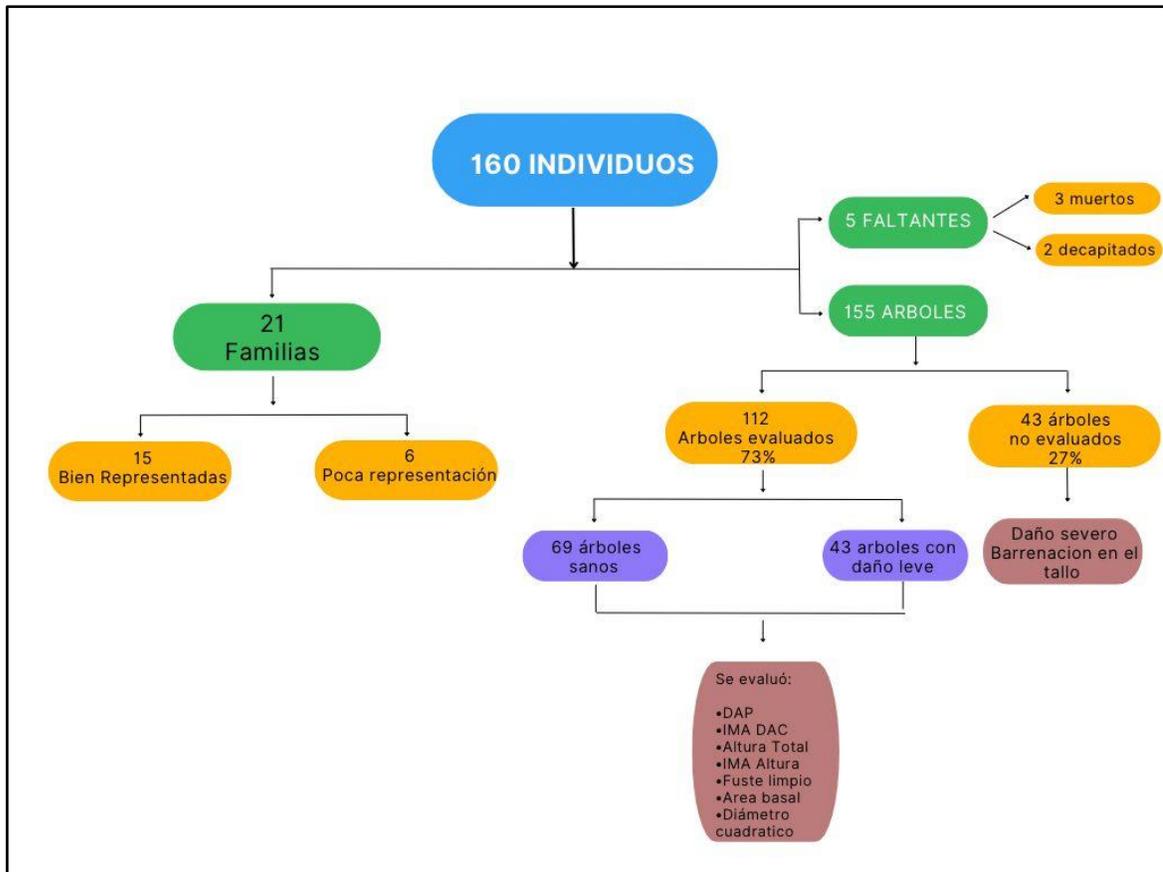


Ilustración 4-1: Flujograma del comportamiento de individuos de *Junglas neotropica* procedentes de árboles madre recolectado en la provincia de Tungurahua

Realizado por: Fierro, M., 2023.

4.1.2. Supervivencia

Con base en los resultados obtenidos en campo, se encontró una supervivencia del 97% (155 plantas vivas de 160) (Ilustración 4-1).



Ilustración 4-2: Porcentaje de supervivencia de plantas de *J. neotropica* provenientes de árboles madre de calidad superior, recolectados en la provincia de Tunurahua

Realizado por: Fierro, M., 2023.

4.1.3. Diámetro a la altura del pecho (DAP)

El análisis de varianza realizado para esta variable mostro que entre las familias evaluadas de la procedencia Tungurahua no existen diferencias estadísticas significativas ($p=0,2835$) en diámetro a la altura del pecho de los árboles, evaluados a los 4,7 años de edad (Anexo 1). Los árboles presentaron un DAP promedio de 5,94 cm y un Coeficiente de variación del 20 %. La familia J20 experimentó el mejor promedio con 7,93 cm, en contraste a la familia J16 que presentó el menor promedio (5,14 cm) (Tabla 2-4).

4.1.4. Incremento Medio Anual (IMA) del Diámetro a la altura del cuello (DAC)

El análisis de varianza realizado mostro que entre las familias evaluadas de la procedencia Tungurahua no existen diferencias estadísticas significativas ($p=0,2583$) en IMA del DAC de los árboles obtenida a los 4,7 años de edad (Anexo 1). Los árboles presentaron un IMA del DAC promedio de 20,76 mm y un Coeficiente de Variación de 18,60 %. La familia J20 presentó el mejor promedio con $26,79\pm 3,82$ mm en contraste la familia J16 mostró el menor promedio con $17,47\pm 1,11$ mm (Tabla 4-2).

Tabla 4-2: Características dasométricas de familias genéticas de *Juglans neotropica* Diels recolectadas en la provincia de Tungurahua

Familia genética	N	DAP (cm)	IMA DAC (mm)	Altura total (cm)	IMA Altura (cm)	Fuste limpio (cm)	Área basal (m ² árbol ⁻¹)	Área basal (m ² ha ⁻¹)	Diámetro cuadrático (cm)
J8	8	5,64	19,21±2,36	312,20±51,15	60,40±11,43	234,32±18,64	0,0042±0,0028	1,74±0,55	0,59±0,09
J9	16	5,86	20,99±3,54	320,68±74,96	61,97±15,35	252,28±73,97	0,0029±0,0012	1,79±0,72	0,59±0,13
J13	14	5,98	20,77±4,21	337,55±52,48	66,37±11,37	274,28±61,63	0,0030±0,0014	1,85±0,88	0,60±0,13
J14	15	5,97	20,84±2,86	340,40±40,45	65,63±9,12	300,68±60,49	0,0029±0,0008	1,78±0,53	0,60±0,08
J15	5	5,52	20,12±5,26	295,23±46,37	56,02±8,73	207,43±39,95	0,0026±0,0012	1,60±0,74	0,55±0,14
J16	10	5,14	17,47±1,11	270,50±33,40	52,75±7,82	270,50±33,403	0,0022±0,0007	1,35±0,45	0,52±0,09
J18	6	6,95	23,24±4,92	367,27±55,34	73,07±10,34	260,70±35,52	0,0042±0,0018	2,61±1,15	0,71±0,16
J19	7	5,26	18,05±2,61	296,22±40,11	57,74±8,58	236,22±72,27	0,0022±0,0004	1,39±0,25	0,53±0,05
J20	6	7,43	26,79±3,82	450,50±14,50	89,89±1,81	202,20±29,70	0,0046±0,0005	2,88±0,34	0,77±0,05
J22	11	5,81	20,92±4,82	331,97±89,31	65,19±18,71	292,33±68,76	0,0027±0,0012	1,69±0,75	0,58±0,12
J23	12	5,51	20,90±1,92	298,16±37,65	55,83±8,51	217,10±51,77	0,0025±0,0008	1,53±0,49	0,55±0,09
J24	14	5,67	20,39±3,58	314,19±45,71	60,90±9,58	254,82±64,52	0,002±0,0009	1,62±0,53	0,57±0,09
J37	14	5,45	19,14±3,72	307,30±56,84	59,94±12,05	307,30±56,84	0,0024±0,0011	1,53±0,68	0,54±0,12
TOAFP1	4	6,90	21,89±1,46	349,00±64,60	70,43±14,17	183,95±27,85	0,0039±0,0015	2,43±0,95	0,69±0,14
X		5,94	20,76	327,94	64,00	249,58	0,0031	1,84	0,51
C.V (%)		20	18,60	18,51	20,13	20,89	327,09	41,64	30,95

Realizado por: Fierro, M., 2023.

4.1.5. Altura total

No existe evidencia suficiente para demostrar la diferencia significativa existente entre los promedios de altura de planta de las familias o progenies de *J. neotropica* recolectadas de árboles madre superiores en la provincia de Tungurahua, estudiadas a los 4,7 años de edad (Anexo 1). Los árboles presentaron una altura promedio de 327,94 cm y un Coeficiente de variación de 18,51 %. La familia J20 experimentó el mejor promedio con 450,50±14,50 cm, a diferencia de la familia J16 que presentó el menor promedio en altura total 270,50±33,40 cm (Tabla 2-4).

4.1.6. Incremento medio Anual (IMA) de altura total de planta

El análisis de varianza realizado mostró que entre las familias evaluadas de la procedencia Tungurahua no existen diferencias estadísticas significativas ($p=0,0573$) en IMA de Altura de los árboles obtenida a los 4,7 años de edad (Anexo 1). Los árboles presentaron un incremento medio anual de Altura promedio de 64 cm y un Coeficiente de variación de 20,13%. La familia J20 experimentó el mejor promedio con 4.1.589,89±1,81 cm, en contraste a la familia J16 que presentó el menor promedio en altura (52,75±7,82 cm) (Tabla 2-4).

4.1.7. Altura de fuste limpio

El análisis de varianza realizado determinó que entre las familias evaluadas de la procedencia Tungurahua no existen diferencias estadísticas significativas ($p=0,4029$) en altura de fuste limpio obtenido a los 4,7 años de plantados (Anexo 1). Los árboles presentaron una altura de fuste limpio promedio de 249,58 cm, y un Coeficiente de variación de 20,89 %. La familia J37 experimentó el mejor promedio con 307,30±56,84 cm, en contraste a la familia TOAFP1 que presentó el menor promedio (183,95±27,85cm) (Tabla 2-4).

4.1.8. Área basal (m^2 árbol⁻¹)

El análisis de varianza realizado mostró que entre las familias evaluadas de la procedencia Tungurahua no existen diferencias estadísticas significativas ($p=0,0916$) en Área Basal (m^2 árbol⁻¹) presentado a los 4,7 años de edad (Anexo 1). Los árboles experimentaron un Área Basal promedio de 0,0031 (m^2 árbol⁻¹) y un Coeficiente de variación de 327,09 %. La familia J20 presentó el mejor promedio con 0,0046±0,0005 m^2 árbol⁻¹, en contraste la familia J24 que presentó el menor promedio

0,002±0,0009 cm² árbol⁻¹) (Tabla 2-4)..

4.1.9. Área basal (m² ha⁻¹)

El análisis de varianza realizado mostró que entre las familias evaluadas de la procedencia Tungurahua no existen diferencias estadísticas significativas ($p=0,1119$) en Área Basal (m² ha⁻¹) obtenido a los 4,7 años de edad (Anexo 1). Los árboles presentaron un Área Basal (m² ha⁻¹) promedio de 1,84 m² ha⁻¹, y un Coeficiente de variación de 41,64 %. La familia J20 experimentó el mejor promedio con 2,88±0,34 m² ha⁻¹, en contraste la familia J16 que presentó el menor promedio 1,35±0,45 34 m² ha⁻¹ (Tabla 2-4).

4.1.10. Diámetro cuadrático

Finalmente, el análisis de varianza realizado para esta variable mostró que entre las familias evaluadas de la procedencia Tungurahua no existen diferencias estadísticas significativas en el diámetro cuadrático obtenido a los 4,7 años de edad (Anexo 1). Los árboles presentaron un Diámetro Cuadrático promedio de 0,51 y un Coeficiente de variación de 30,95 %. La familia J20 experimentó el mejor promedio con 0,77±0,05 cm, en contraste la familia J16 presento el menor promedio 0,52±0,09 cm (Tabla 2-4).

4.1.11. Sanidad

En los individuos evaluadas de progenies de *J. neotropica* procedentes de la provincia de Tungurahua, se identificó como un problema sanitario importante a la presencia de orificios en el tallo, síntoma que presentaban los individuos tanto desde la parte basal como en la parte terminal (Ilustración 3-4), dicho problema hace que el árbol detenga su crecimiento, se muera el fuste y como medio de sobrevivencia la planta tiende a brotar desde la parte baja del daño existente, a individuos que presentaron éstas características se ha indicado como daño severo que correspondió al 27% (43 árboles de 155) (Ilustración 3-4a) y que no entraron en el análisis de variables de crecimiento dasométrico; Sin embargo, se identificaron árboles que presentaron el problema leve, únicamente en la parte terminal el 27,74 % (43 de 155 árboles) (Ilustración 3-4b) y existieron 69 árboles (44,52%) que no presentaron síntomas del problema sanitario (Ilustración 3-4).

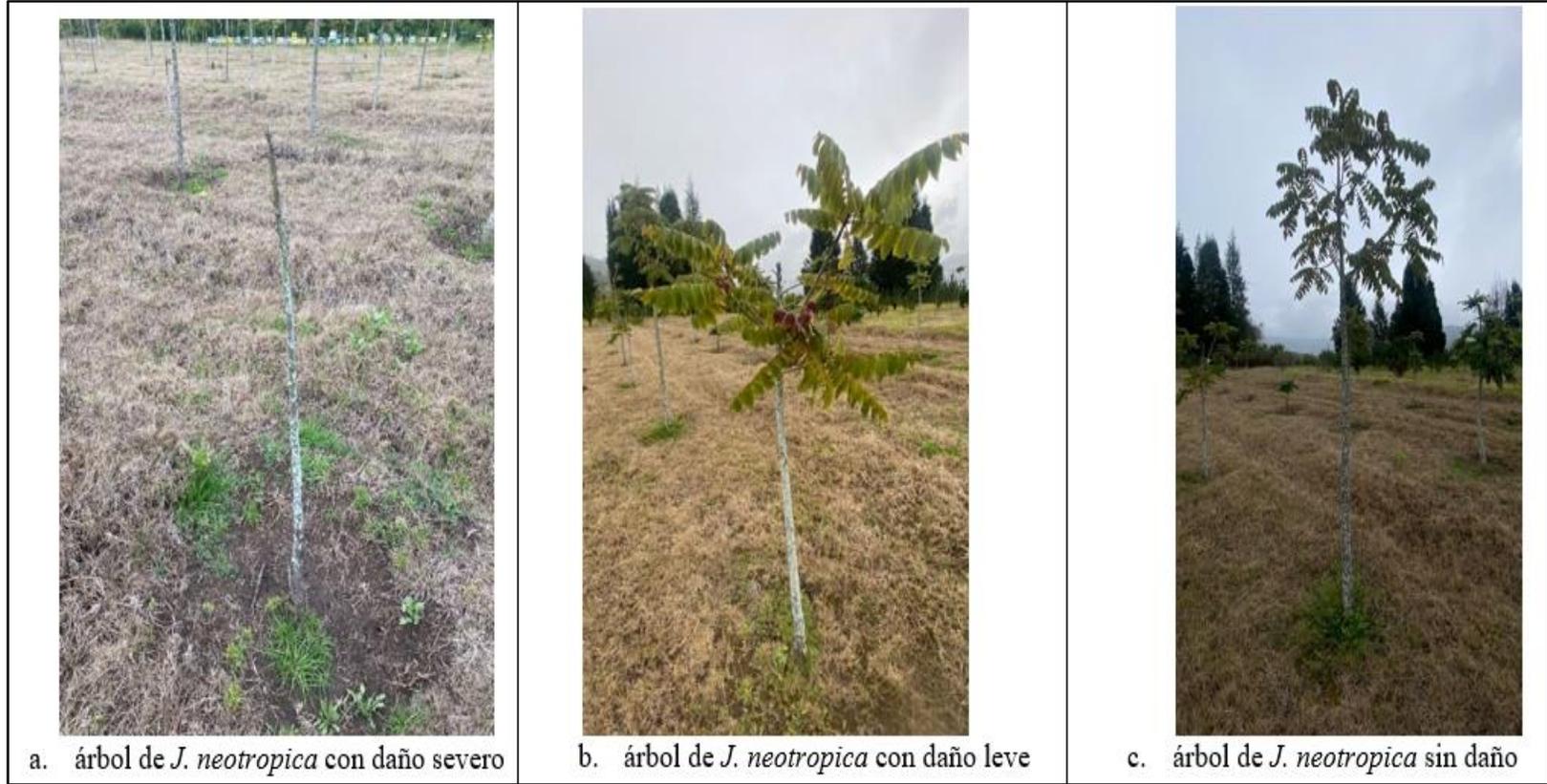


Ilustración 4-3: Imágenes de plantas con síntomas de un problema sanitario (perforaciones del tallo).

Realizado por: Fierro, M., 2023.

Al realizar un análisis de los individuos de las progenies que presentaron el daño y de los individuos que no lo presentaron, se determinó que todas las familias o progenies presentaron individuos con presencia del daño, así como individuos sin presencia del daño de los orificios en el tallo a diferente porcentaje (Ilustración 4-4), Es así que la familia J16 presentó el mayor porcentaje de individuos con presencia del problema sanitario (90%) y el 10% de los individuos de ésta familia no presento el daño sanitario; mientras que, las familias J18 y J23 presentaron el 32% de individuos evaluados y el 68% no presentaron el daño sanitario de perforaciones en el tallo (Ilustración 4-4).

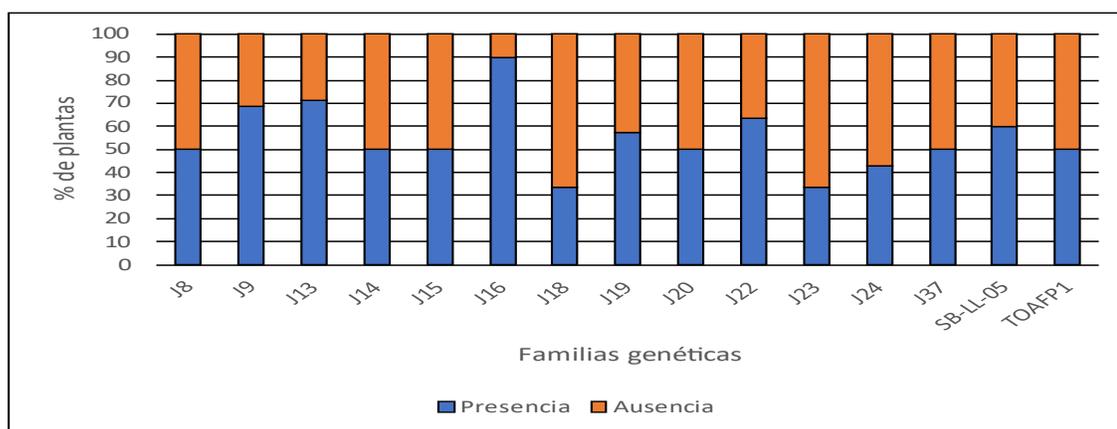


Ilustración 4-4: Porcentaje de individuos de familias/progenies de procedencia Tungurahua que presentaron y no presentaron síntomas del problema sanitario perforaciones del tallo.

Realizado por: Fierro, M., 2023.

4.2. Discusión

4.2.1. Supervivencia

Los datos de supervivencia encontrados en esta investigación son diferentes a los reportados por Ortega (2005, p.2) donde evaluó crecimientos a los 24 meses de investigación con un 71% de supervivencia de la plantación, en la presente investigación se encontró una supervivencia del 97% a los 4,7 años, lo que demuestra una gran diferencia en supervivencia de las familias y son datos similares a los reportados por Toro y Roldan (2018,p .2), esto probablemente se deba a que el manejo del ensayo genético en su primer año fue estricto en lo relacionado a preparación del sitio para la plantación, control de arvenses o competencia oportuna y riegos frecuentes en la época seca.

4.2.2. DAP

El Diámetro a la altura del pecho (DAP) de la presente investigación (5,94 cm) es similar al promedio IMA reportado por Cueva (2018, p.1) (6,00 cm). Esta tendencia se da probablemente porque el manejo genético realizado durante el ensayo tanto de la presente investigación como de Cueva (2018, p.3) fueron muy similares en manejo y cuidados de la plantación.

4.2.3. IMA DAC

El Incremento medio anual (IMA) promedio en diámetro a la altura del cuello a la base del árbol de la presente investigación (20,76 mm) es superior a los promedios de IMA de DAC reportados por Ortega (2005, p.3) y Boada (2005, p.2), siendo promedios de 17,2 y 16,7 mm, respectivamente. Esta tendencia se da probablemente porque los individuos evaluados provienen de madres seleccionadas, es decir de árboles con características morfológicas superiores en contraste a que las plantas de los ensayos de los autores indicados provienen de semilla de fuente desconocida.

4.2.4. Altura total

En la presente investigación presentó 327,94 cm de altura total promedio, siendo un crecimiento superior a los reportados por Ortega (2007, p.1), que fue de 127 cm en la familia con mejor tratamiento a los 12 meses de plantación, es decir 1 año, la presente investigación se realizó a los 4,7 años, no se han identificado reportes de evaluaciones de altura de árboles en períodos que sean contrastantes con nuestro estudio. Estos resultados se ven influenciados por varios factores: manejo silvicultural, clima, nutrición, edad de plantación, lo cual puede influir directamente en el desarrollo y productividad de la plantación.

4.2.5. Incremento Medio Anual (IMA) de altura total de planta

El Incremento medio anual (IMA) en altura de la presente investigación (64 cm) es superior a los promedios de IMA de altura reportados por Ortega (2005, p.1), (55 cm), Boada (2005, p.1) (51 cm) y n Montenegro y Pozo (1993, p.2) (18 cm, esta tendencia se da probablemente porque los individuos evaluados provienen de madres seleccionadas, es decir de árboles con características morfológicas superiores en contraste que las plantas de los ensayos de los autores indicados provienen de semilla de fuente desconocida.

4.2.6. Altura de fuste limpio

La altura de fuste limpio de la presente investigación (2,49 m) es similar al promedio de Altura de fuste limpio reportados por Ferreira (2004, p.1) (2,5 m). Al ser las dos investigaciones en un aproximado de 5 años desde la plantación podemos ver que existió un desarrollo con muchas similitudes probablemente porque los individuos de ambas investigaciones provenían de madres seleccionadas.

4.2.7. Área basal (m^2 árbol⁻¹)

El rango de los promedios encontrados del área basal (m^2 árbol⁻¹) de la presente investigación demuestran un promedio de 0,0031 m^2 a los 4,7 años, son similares a los reportados por Ortega (2007, p.2) 0,00061 m^2 a los 9 meses y 0,0070 m^2 a los 12 meses, por lo cual se puede pronosticar que probablemente al llegar al mismo tiempo de crecimiento la plantación existirá un diámetro similar y dicha investigación con la de Ortega (2007, p.1).

4.2.8. Sanidad

No se evidencia en la literatura información relacionada al problema sanitario encontrado en la presente investigación (perforaciones del tallo), por lo que no se puede contrastar; sin embargo Ortega (2015, p.1); Boada (2005, p.2), reportan problemas de lepidópteros (*Gretchena garai* Miller) con una infestación del 51 al 85 % en la provincia de Imbabura, manifiestan también que se deba a la condiciones climáticas de la zona de sus investigaciones.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Las familias de procedencia Tungurahua de la especie *Juglans neotropica* Diels, evaluadas en el ensayo genético, plantado en la Estación Experimental Tunshi de la ESPOCH, conforman el 30% (21 progenies) de la base genética de dicho ensayo y el 27% de la población de árboles en evaluación.
- Las características dasométricas de los individuos de las progenies recolectadas de árboles madre de características morfológicas superiores en la provincia de Tungurahua muestran crecimientos similares, no existen evidencias suficientes para demostrar que sus crecimientos o comportamientos son diferentes.
- El problema sanitario de mayor importancia identificado en los individuos de progenies provenientes de la provincia de Tungurahua, evaluados en el ensayo genético, corresponde probablemente a la familia Curculionidae, presentando el 27% (43 árboles) de individuos un problema severo que afectó al crecimiento en altura y DAP, el 27% presentó un daño leve y el 46% (69 árboles) no presentaron dicho problema, esta tendencia puede estar relacionada probablemente a su variabilidad genética.
- De las tendencias observadas de las características dasométricas entre las familias de *J. neotropica* procedentes de la provincia de Tungurahua se puede vislumbrar que las familias evaluadas presentaron crecimientos similares, sin embargo, las familias J20, J18, TOAFP1, J13 y J14 sobresalen matemáticamente en las variables dasométricas evaluadas y que probablemente se evidenciarán estadísticamente en las próximas evaluaciones.

5.2. Recomendaciones

- Mayor vinculación de estudiantes de la Carrera de Ingeniería Forestal al tema de investigación como aporte al conocimiento que contribuye a la competencia profesional.
- Realizar una investigación para determinar el agente causal del problema sanitario y ampliar estudios a los microorganismos asociados a *Juglans neotropica*.
- Realizar estudios con técnicas moleculares para determinar parentesco entre las familias e individuos de mayor potencialidad
- Desarrollar un protocolo de multiplicación clonal, para incrementar la diversidad genética de árboles superiores en ensayos genéticos y/o multiplicar plantas de características superiores a gran escala.

BIBLIOGRAFÍA

ARMIJOS, A. A. *Distribución y propagación asexual de cuatro especies forestales nativas en vivero utilizando dos tipos de sustratos, en la Hoya de Loja.* Loja-Ecuador: Universidad Nacional de Loja, 2013, pp.3-6.

BARRETO, G & HEREDIA, J. *Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables de del Ambiente: Juglans Neotrópica.* Bogota-Colombia: Panamericana, 1990, pp. 5-8.

BELTRÁN, G. *Anatomía de anillos de crecimiento de 80 especies arbóreas potenciales para estudios dendrocronológicos en la Selva Central.* Perú : Revista de Biología Tropical, 2013, pp.7-9.

CAÑADAS, L. *El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador.* Quito-Ecuador : MAG PRONAREG, 1983, p. 7-12.

YANAMOTO, J. P. *Especies forestales nativas con potencial para reforestación en la provincia de Oxapampa y fichas técnicas de las especies de mayor prioridad.* Oxapampa-México: Pronaturaleza, 2003, p. 6.

ROLDÁN, ROJAS. Isabel, Cristina. *Estado del arte, propagación y conservación de Juglans neotropica* Diels., en zonas andinas. Colombia: Madera y Bosques, 2018, pp. 8-12.

FERREIRA, J. *Diversidad genética en nogal (juglans regia). Dentro del area oriental de asturias.* Asturias: II congreso de mejora genetica de plantas, 2004, pp. 5-13.

GOMEZ. M. *Manejo de las semillas y la propagación de diez especies forestales del bosque.* Medellín. Colombia : Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioqui, 2007, pp.-1-2.

MANNING, W.E. "Bolivian Walnut from Peru growing in Costa Rica. Brittonia. Costa Rica". *Design Studies*, vol. 15, n° 2 (1957), (Costa Rica) pp. 4-8.

OSPINA, C. "El cedro negro: una especie promisorio de la zona cafetera". *SciELO*, vol. 11, n° 4 (2003), (Colombia) pp. 2-3.

RAMOS, R. "Potencial de mejoramiento genético en *Junglans neotrópica* Diels, a los 10 meses de edad en Tunshi, Chimborazo". *Scielo*, vol. 1, n° 2 (2018), (Colombia) pp. 12-15.

ROJAS, F. & TORRES, G. "Arboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción". *Revista Forestal KURÚ*, vol. 12, n° 4 (2008), (Costa Rico) pp. 2-3.

VANEGAS, E. 2018. Antioquia : Madera y bosques, *Scielo*, vol. 24, n° 4 (2018), (Colombia) pp. 2-3.



ANEXOS

ANEXO A: CARACTERIZACIÓN DE LA ESPECIE

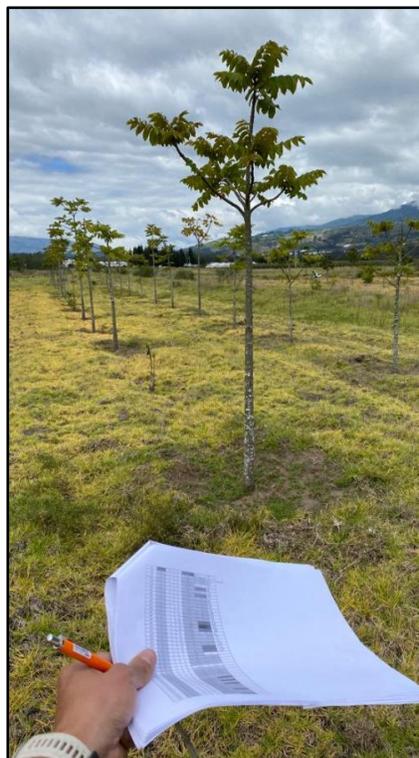


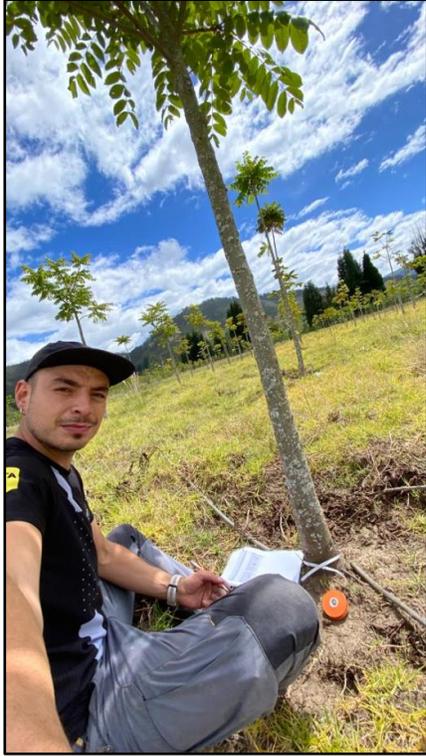
ANEXO B: CONTABILIZACIÓN DEL LOTE





ANEXO C: MEDICIÓN Y REGISTRO DE DATOS







epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 27 / 09 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Marco Antonio Fierro Ricaurte
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Ingeniería Forestal
Título a optar: Ingeniero Forestal
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

1700-DBRA-UTP-2023