



ORIGINAL

4,5 years-old provenance/progeny test analysis of *Juglans neotropica* Diels in Tunshi, Ecuador

Análisis de procedencias/progenie de *Juglans neotropica* Diels a los 4,5 años en Tunshi, Ecuador

Raúl Ramos-Veintimilla¹  , Olman Murillo-Gamboa²  , Rosa Castro-Gómez^{1†}

¹Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador.

²Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.

Citar como: Ramos Veintimilla R, Murillo-Gamboa O, Castro-Gómez R. 4,5 years -old provenance/ progeny test analysis of juglans neotropica diels in Tunshi, Ecuador. Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias. 2024; 3:.1426. <https://doi.org/10.56294/sctconf2024.1426>

Recibido: 25-05-2024

Revisado: 18-09-2024

Aceptado: 24-12-2024

Publicado: 25-12-2024

Editor: Dr. William Castillo-González 

Autor para la correspondencia: Raúl Ramos-Veintimilla 

ABSTRACT

Introduction: *Juglans neotropica* Diels (walnut), a tree species native to the Andes, has a high commercial and socioeconomic value due to its fine wood, use in the textile industry, food and medicine.

Objective: analyze and select the best ranking individuals in the walnut breeding population established at the Polytechnic School of Chimborazo (ESPOCH), in order to establish a seed orchard.

Method: a provenance/progeny trial was evaluated at Tunshi Experimental Station of ESPOCH-Riobamba-Ecuador, which included 540 progenies from 45 families from the Chimborazo, Tungurahua, Bolívar, Pichincha and Imbabura provenances. In a randomized complete block design, normal diameter, total height, commercial height, wood volume and tree quality, including health, were evaluated. The data was analyzed with SELEGEN software to obtain the parameters and the genetic ranking.

Results: low genetic differentiation was found among provenances, where individual heritability ranged from 0,09 to 0,18 for normal diameter and commercial volume. Genetic variation among families doubled that of provenances (7 to 14 %); while Tungurahua led the ranking of provenances. The best 20 individuals in the ranking registered an expected genetic gain of 18 % in commercial volume. While the best diameter growth implies a 10 % reduction in the time to reach harvest time.

Conclusion: the breeding population registered a wide genetic variability, essential to continue with improvement and conservation actions. Individuals without any phytosanitary problems were identified, suggesting some associated genetic control.

Keywords: Native Tree Species; Seed Sources; Tree Improvement; Nogal; Silviculture.

RESUMEN

Introducción: *Juglans neotropica* Diels (nogal), especie forestal nativa de los andes, posee un alto valor comercial y socioeconómico por su madera fina, uso en la industria textil, alimentos y medicina.

Objetivo: analizar y seleccionar genéticamente la población de mejoramiento de nogal establecida en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), para formar un huerto semillero.

Método: se evaluó un ensayo de procedencias/progenie en la Estación Experimental Tunshi de la ESPOCH-Riobamba-Ecuador, que incluyó 540 progenies de 45 familias de las procedencias Chimborazo, Tungurahua, Bolívar, Pichincha e Imbabura. En un diseño de bloques completos al azar se evaluó el diámetro normal, altura total, altura comercial, volumen de madera y calidad del árbol que incluyó la sanidad. Los datos fueron analizados con el software SELEGEN para obtener los parámetros y el ranking genético.

Resultados: se determinó baja diferenciación genética entre procedencias, donde la heredabilidad individual osciló entre 0,09 y 0,18 para diámetro normal y volumen de madera. La variación genética entre familias duplicó a la de procedencias (7 a 14 %); mientras que Tungurahua lideró el ranking de procedencias. Los mejores 20 individuos del ranking registraron una ganancia genética esperada del 18 % en volumen de madera. Mientras que el mejor crecimiento diamétrico implica una reducción de un 10 % en el tiempo para alcanzar el momento de cosecha.

Conclusión: la población registró una amplia variabilidad genética, fundamental para continuar con acciones de mejoramiento y conservación. Se identificaron individuos sin problemas sanitarios que sugieren algún control genético asociado.

Palabras clave: Especies Arbóreas Nativas; Fuente Semillera; Mejoramiento Genético; Nogal; Silvicultura.

INTRODUCCIÓN

El género *Juglans*, de la familia Juglandaceae, está compuesto por 20 a 25 especies que se distribuyen en varios países del hemisferio norte y en algunos países del hemisferio sur.⁽¹⁾ En el neotrópico la especie *J. neotropica* Diels 1906, originaria de los andes sudamericanos, se encuentra entre los 1 000 y 3 500 metros sobre el nivel del mar, distribuida desde el noroeste de Venezuela, norte y sur de Colombia, a través de Ecuador, hasta norte y centro del Perú.^(2,3) Conocida comúnmente como: nogal, tocte, cedro negro, cedro nogal, cedro grande, nogal colombiano, peruvian walnut, andean walnut y nogal sudamericano.⁽⁴⁾

En el Ecuador, la especie forestal *J. neotropica* se encuentra en tierras altas (1 000 a 3 000 m.s.n.m), en las zonas de vida bosque húmedo Premontano y bosque húmedo Montano Bajo; es decir, en los valles templados de la zona interandina,^(5,6,7) 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.^(8,9)

Las especies del género *Juglans* poseen un alto valor comercial y socioeconómico,^(10,11) *J. neotropica* por su uso múltiple que durante el tiempo ha dado a las comunidades de la zona andina de América del Sur,^(12,13,14) particularmente su madera es considerada de alto valor comercial (madera noble), sus hojas y frutos son utilizados en la industria textil, alimentos y en la medicina.^(15,16,17,18,19,20,21,22,23)

La madera de *J. neotropica* al igual que las maderas del género *Juglans* es de secado lento, pero una vez seca es bastante estable, de fácil trabajabilidad y se caracteriza por su excelente acabado, por lo que es utilizada para mueblería de lujo, artesanías, revestimientos decorativos entre otros.^(14,24) Es moderadamente resistente a los hongos xilófagos y tiene una densidad básica entre 0,63 y 0,66 g cm⁻³ en Colombia;⁽²⁵⁾ 0,56 g cm⁻³ en Costa Rica; 0,71 g cm⁻³ en Perú⁽⁴⁾ y 0,51 g cm⁻³ en Ecuador;^(26,27) por lo que, es considerada una madera medianamente pesada, compacta de baja resistente a la vibración y a las abolladuras.^(2,14)

El comportamiento dasométrico, con plantas de calidad genética superior y un adecuado manejo silvicultural *J. neotropica* podría alcanzar crecimientos importantes para una especie nativa. Gómez et al.⁽²⁸⁾ reportaron una tasa de crecimiento diamétrico del fuste de 1,2 a 2,5 cm por año, una altura de planta de 2 m al finalizar el primer año, y luego un incremento medio anual de altura que va de 0,5 a 0,89 m.⁽²⁹⁾ El volumen anual de madera puede aumentar de 0,002 a 0,03 m³ con lo que puede alcanzar una producción cercana a los 0,9 m³ por árbol, entre los 27 y 33 años respectivamente.^(30,31)

Uno de los problemas que enfrenta *Juglans neotropica* en Ecuador y en su zona de distribución, está relacionado con que es una especie escasa, los árboles remanentes son usados en tallado o torneado debido a su excelente madera y a su alto precio en el mercado,^(32,2,33) proceso que se ha dado por la deforestación que ha reducido el tamaño de las comunidades naturales,^(34,35) se han eliminado poblaciones y se ha fragmentado el bosque remanente, dando lugar a procesos de aislamiento poblacional,^(36,37,38) lo que ha inducido a que la especie este catalogada en peligro de extinción (EN A2cd).^(33,15,39)

La diversidad genética de las poblaciones es el potencial evolutivo que determina a largo plazo las condiciones de respuesta al medio que le permita la adaptación y supervivencia para el mantenimiento de la especie,^(40,41,42,43) se mide usualmente por el número de alelos (variante genética) y la heterocigosidad.⁽⁴⁴⁾ Se representa como la frecuencia de individuos heterocigotos para un *locus* o también, el número de alelos distintos presentes en el conjunto de genes de la población.⁽⁴³⁾ De no existir dicha variación la población es considerada monomórfica con respecto a ese locus, es decir, todo individuo es homocigoto para el mismo alelo, por tanto, no hay diversidad genética.⁽⁴⁴⁾

Los ensayos de especies, procedencias y progenies tienen como base la variación genética a diferentes niveles: entre especies, entre regiones geográficas, entre rodales y entre individuos, la cual es determinante en la adaptación, además de que este proceso de investigación busca generar huertos semilleros de calidad genética superior, constituye el fundamento de cualquier programa serio de plantaciones.^(45,46,47,48,49,50) Estudios anteriores conducidos en especies forestales han sentado las bases para el mejoramiento genético donde

comprender y aprovechar la variación y la interacción de los rasgos genéticos y fenotípicos es decisivo para optimizar la mejora de las características deseadas.^(46,48,49,50,51,52)

En *J. neotropica* no existen estudios relacionados a mejoramiento genético,⁽⁵³⁾ por lo que la prueba de procedencia progenie puede explorar la adaptabilidad de diferentes materiales de procedencia a un entorno local, cuantificar la diferenciación genética de la población y proporcionar materiales para dotar de semillas con calidad genética,^(54,55) para restaurar zonas degradadas y de esta forma generar alternativas bioeconómicas que aseguren la calidad de vida de la población de la sierra ecuatoriana.

Dado la inexistencia de información sobre la diversidad genética de *J. neotropica* en Ecuador y considerando la necesidad de disponer de fuentes semilleras de alto valor genético para programas de plantaciones en la región, es importante generar conocimiento de las poblaciones plantadas en la granja experimental Tunshi de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Ecuador. Por lo que el objetivo de esta investigación fue analizar y seleccionar genéticamente la población de mejoramiento de nogal establecida en la ESPOCH, para formar un huerto semillero a partir de progenies.

MÉTODO

Descripción del sitio experimental

La investigación se condujo en la estación experimental Tunshi de la ESPOCH, Ubicada en el kilómetro cuatro vía Riobamba-Licto, en Ecuador (01° 44' 44,47" Sur y 78° 37' 42,83" Oeste). La temperatura media anual fue de 13,8 °C con una precipitación media anual de 835,6 mm, la altitud es de 2 711 m.s.n.m.⁽⁵³⁾ Holdridge⁽⁵⁶⁾ manifiesta que el sitio en estudio corresponde a estepa espinosa Montano Bajo. El suelo presentó una clase textural franco-limosa, un pH de 7,76, el contenido de materia orgánica fue de 1,81 %, el NH₄ fue de 69,78 ppm, P de 13,27 ppm (medio), K con 1,41 ppm, Ca de 14,33 ppm, y Mg de 5,88 ppm. Considerando niveles altos a excepción de MO y NH₄ que experimentan niveles medios.⁽⁵⁷⁾

Descripción del ensayo

Se realizó una amplia colecta de 100 semillas por madre (cuyas plantas luego de germinar en vivero conformaron una familia genética), con el objetivo de lograr capturar la mayor diversidad genética y establecer un banco de germoplasma, que permita sustentar el inicio de un programa de mejoramiento genético a largo plazo. Se colectó semilla de polinización abierta de árboles madre, vigorosos y sanos en cada una de las procedencias, separados entre sí por no menos de 100 m.⁽⁵⁸⁾ Las procedencias nativas investigadas fueron de las provincias Chimborazo, Tungurahua, Bolívar, Pichincha e Imbabura, en Ecuador. En abril del 2018 se estableció una plantación a un espaciamiento de 4 x 4 m, en un diseño de bloques completos al azar, con un árbol por familia por repetición como unidad experimental (parcela tipo *single tree plot*).

Como parte de la preparación del sitio para la plantación se realizó una aplicación de herbicida RANGER® 4 L ha⁻¹ para eliminar el *Pennisetum clandestinum* (kikuyo), posterior roturado con arado de discos. Luego se balizó y se realizaron hoyos de 0,2 x 0,2 x 0,2 m, donde previo a la plantación se aplicó 100 g/planta de fertilizante compuesto 10-30-10 y 5 g de Hidrokeeper® (hidrogel), para asegurar la disponibilidad de humedad de suelo en el establecimiento de las plantitas. Posterior a la plantación el control de malezas se realizó en forma manual cada dos meses, lo que incidió en un excelente crecimiento inicial.

Metodología de toma de datos y rasgos evaluados

En noviembre del 2022, se evaluó el crecimiento de variables dasométricas y sanidad de 540 árboles individuales de nogal de un ensayo de procedencia progenie. Los rasgos incluyeron: altura total del árbol (cm), Altura potencial comercial (cm), Diámetro normal del fuste (cm), Dominancia apical y sanidad del árbol. La altura total del árbol se midió con una regla telescópica de 6 metros de longitud, midiendo desde la base de la planta al ras del suelo, hasta el ápice más alto de la copa de cada árbol.⁽⁵⁸⁾ La Altura potencial comercial se registró con la regla telescópica antes indicada, colocando el punto cero (0) en la base del árbol hasta donde hubo pérdida de dominancia apical.⁽⁴⁸⁾ El diámetro normal del fuste (1,3 m) se midió usando un cinta diamétrica.

⁽⁵⁹⁾ La dominancia apical se evaluó mediante un instrumento de evaluación compuesto por tres categorías: 1= Dominancia completa o un con solo eje principal, 2= crecimiento con bifurcación 3= múltiples ejes.⁽⁶⁰⁾ Sanidad se evaluó la presencia de ataque de un barrenador del tallo en una escala binomial: 1 = presente, 2 = ausente.

Con base en las variables dominancia apical, ataque de barrenador y calidad de las primeras dos trozas, se construyó la variable calidad del árbol para fines productivos. Con estas variables se generó una nueva variable integral continua que osciló entre valores de 1 y 3 con todas sus fracciones; donde 1 corresponde al árbol de mejor calidad, y 3 al árbol de peor calidad, el algoritmo de conformación del índice de calidad fue el siguiente: si la dominancia apical tuvo un valor de "3", entonces la calidad de troza = 3; si el ataque del barrenador tuvo un valor de "1", entonces la calidad de troza = 3; si la dominancia apical tuvo un valor de "2", entonces la calidad de troza = 2; finalmente, si la dominancia apical tuvo un valor de "1" y en ausencia de ataque del barrenador, el valor de calidad de las dos trozas determina el índice de calidad del árbol,⁽⁴⁸⁾ como se indica en

la fórmula siguiente.

$$\text{Calidad del árbol} = \text{CalidadTroza1} * 0,6 + \text{CalidadTroza2} * 0,4 \quad (1)$$

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el uso del software SELEGEN versión 2008.⁽⁵⁰⁾ El programa SELEGEN utiliza el procedimiento de la Máxima Verosimilitud de Probabilidad Restringida (REML) y el de Mejor Predicción Lineal No Sesgada (BLUP), para el análisis de los datos y estimación de los parámetros genéticos poblacionales.^(50,61) Con la base de datos se utilizaron los siguientes modelos estadísticos:

$$\text{Modelo para familias: } Y = Xr + Za + Wp + e \quad (2)$$

$$\text{Modelo para procedencias: } Y = Xr + Za + Wp + Qs + e \quad (3)$$

Donde “Y” es el vector de datos; “r” es el vector de los efectos de la repetición o bloque que se añade al gran promedio; “a” es el vector del efecto genético aditivo individual; “p” es el vector del efecto de parcela (un individuo por familia en cada bloque); “s” es el vector del efecto de la procedencia; finalmente “e” es el vector de los residuos o término del error del modelo. Todos los efectos se consideraron como aleatorios, con excepción del efecto de la repetición o bloque, que se consideró como un efecto fijo. Las letras mayúsculas representan las matrices de incidencia para los efectos referidos.⁽⁵³⁾

Conformación de la población de mejoramiento y la población comercial

Con base en los resultados del análisis global de los datos mediante el software SELEGEN, se procedió a definir la población de mejoramiento genético, que continuará como base de futuras generaciones. Así como la mejor población inmediata o élite, para uso comercial como material de reforestación en el Ecuador. La población de mejoramiento se definió con base en el principio de lograr los dos objetivos principales de todo programa de mejoramiento genético, maximizar la ganancia genética y mantener la mayor diversidad genética posible.⁽⁶³⁾ La población de mejoramiento se conformó como resultado de la selección del 50 % de la población en pie con base en el ranking genético de familias y del ranking genético de individuos (progenies). El ranking de familias se subdividió en tres subpoblaciones, alto, medio y bajo rendimiento en volumen de madera. El criterio de selección fue el siguiente: *i)* Del primer subgrupo de familias de alto rendimiento se eligieron las mejores tres progenies dentro de estas familias, *ii)* Del subgrupo de Familias con rendimiento medio, se eligieron las mejores dos progenies, *iii)* Del subgrupo de bajo rendimiento se eligió la mejor progenie. Para seleccionar la subpoblación comercial, se tomó del ranking genético general al nivel de individuos, los mejores 20 genotipos (top 20), sin importar la familia a la que pertenecen, tal y como recomienda Jiménez et al.⁽⁶³⁾

RESULTADOS

Las progenies de *J. neotropica* a los 4,5 años de plantado experimentaron un DAP promedio de 5,69 cm, la altura total promedio fue 321 cm, Altura potencial comercial promedio de 290 cm y un volumen de madera de 0,0053 m³/árbol (tabla 1).

Tabla 1. Parámetros genéticos de familias de *Juglans neotropica* de 4,5 años en Tunshi, Chimborazo, Ecuador

Parámetro	DAP (cm)	Altura Total (cm)	Altura potencial comercial (cm)	Volumen de madera (m ³)	Calidad del árbol (%)
Promedio	5,69	321	290	0,0053	23
Heredabilidad individual	0,147	0,180	0,094	0,119	0,008
Heredabilidad Familiar	0,80	0,83	0,69	0,74	0,095
Precisión de los parámetros estimados	0,89	0,91	0,83	0,86	0,31
Coefficiente Variación Genética Familiar	3,48	3,65	3,81	10,38	7,28
Heredabilidad Media de Procedencia	0,34	0,05	0,07	0,13	0,06
Precisión de los estimados de procedencia	0,59	0,23	0,26	0,36	0,25

DAP= Diámetro a la altura del pecho/Diámetro normal (1,3 m) **.

A nivel general se determinó muy poca variación y control genético (H^2) entre procedencias geográficas para los rasgos estudiados, a excepción del DAP que experimentó un grado de variación genética importante (DAP 0,34; altura total 0,05; Altura potencial comercial 0,07; volumen de madera 0,13 y calidad del árbol 0,06), la precisión de los estimados fue mayores a 0,23 y particularmente para el DAP fue 0,59 (tabla 1).

La variación genética de los rasgos dasométricos DAP=0,80; altura total= 0,83; Altura potencial comercial = 0,69 y volumen de madera = 0,74, a nivel de familias dentro de procedencias (h^2) fue alta, mientras que el rasgo calidad del árbol fue bajo, este al ser un rasgo de tipo discreto y los valores registrados provienen de la

calificación o categorización de la calidad del árbol en forma visual en campo, por tanto, puede arrastrar algún grado de subjetividad humana a la hora de su calificación, para disminuir este sesgo en el estudio la misma persona calificó la calidad de las trozas de todos los árboles de la investigación. La precisión de los parámetros estimados fue $> 0,59$ considerada importante (tabla 1).

Los valores del coeficiente de variación genética entre familias fueron bajos para los rasgos DAP=3,48 %; altura total 3,65 %, y Altura potencial comercial 3,81 %; mientras que, los rasgos volumen de madera y calidad del árbol registraron valores superiores al 7 % (volumen de madera 10,38 % y Calidad del árbol 7,28 %) (tabla 1).

El ranking entre procedencias presenta un patrón donde en casi todas las variables de crecimiento encabeza la procedencia Tungurahua; mientras que, la procedencia Bolívar ocupa casi siempre los últimos lugares en crecimiento y calidad del árbol (tabla 2).

Tabla 2. Ranking genético de procedencias de *Juglans neotropica* en relación con el crecimiento y la calidad del árbol a los 4,5 años en Tunshi, Chimborazo, Ecuador

Procedencia	DAP (cm)	Calidad del árbol (%)	Volumen de madera (m ³)	Altura potencial comercial (cm)	Altura Total (cm)
Bolívar	5,59	20,39	0,0051	292,06	323,86
Chimborazo	5,67	23,77	0,0052	287,64	320,89
Tungurahua	5,81	23,93	0,0056	293,36	321,28

DAP= Diámetro a la altura del pecho/Diámetro normal (1,3 m).

A nivel del ranking de familias, se puede observar que a temprana edad predominan en los primeros lugares varias familias recolectadas en la provincia de Chimborazo (código L), la familia CH-RCKCH (Chimborazo-Riobamba-Cubijies-Keylly-Chávez) se consolida en las primeras posiciones del ranking genético en todas las variables de crecimiento, con valores de ganancia genética esperada superior al 30 % en volumen de madera (tabla 3). El rasgo calidad del árbol no registró valores genéticos importantes, con una heredabilidad que no superó un umbral de importancia comercial, tanto a nivel individual como para la heredabilidad promedio familiar, la ganancia genética potencial apenas supera el 4 % con la selección de las mejores familias (tabla 3).

Tabla 3. Ranking genético de las mejores 10 familias de *Juglans neotropica* en 5 rasgos de importancia económica a los 4,5 años en Tunshi, Chimborazo, Ecuador

Ranking	DAP	Ganancia Esperada (%)	Alt. Total	Ganancia Esperada (%)	Alt. Pot. Com (cm)	Ganancia Esperada (%)	Vol. de madera (m ³)	Ganancia Esperada (%)	Calidad del árbol (%)	Ganancia Esperada (%)
Promedio	5,61		316		285		0,005		21,15	
1	CH-RCKCH	10,5	CH-RCKCH	8,3	J47	7,6	CH-RCKCH	32	L14	4,19
2	J18	8,6	L14	7,9	CH-RCKCH	7,2	J18	26	L2	4,10
3	L23	7,8	J47	7,7	J14	6,7	J13	24	J37	3,70
4	J13	7,1	J14	7,4	L2	6,3	L23	20	J8	3,35
5	J14	6,6	J13	6,9	L14	5,8	J14	18	J24	3,00
...
10	CHGLMEL	4,74	BSMSPCM	5,3	L32	4,2	L35	12	L16	2,21

DAP = Diámetro a la altura del pecho/Diámetro normal a 1,3 m (cm). Alt.Total = Altura total (cm). Alt. Pot. Com = Altura Potencial Comercial (cm).

Del ranking genético de familias en volumen de madera, se obtuvieron los tres grupos acorde con su mejor desempeño genético. En el primer grupo o de alto rendimiento volumétrico se ubicaron 4 familias (CH-RCKCH, J18, J13 y L23), procedentes de dos poblaciones nativas diferentes. El grupo de rendimiento medio fue conformado por ocho familias (J14, L22, L14, L5, L2, L35, CHGLMEL y J47), procedentes de 3 procedencias (tabla 3). Mientras que el grupo de bajo rendimiento estuvo conformado por las restantes 25 familias.

Con la selección de los mejores 20 individuos del ranking individual del volumen de madera, considerando como restricción no repetir más de 3 individuos de una misma familia, se obtuvo la representación de 14 familias diferentes. Con este procedimiento de selección, el programa SELEGEN determinó una ganancia genética esperada de un 18,7 % para el volumen comercial.

DISCUSIÓN

La tendencia del comportamiento de las variables dasométricas en el ensayo de procedencia progenie de *J. neotropica* en estepa espinosa Montano Bajo (Tabla 1), fue similar a datos reportados por varios investigadores

de especies forestales evaluadas en edades juveniles, entre ellos, Etori et al.⁽⁶⁴⁾ Resende,⁽⁶⁵⁾ Bonfim de Oiveira et al.⁽⁶⁶⁾ quienes manifiestan que las respuestas de las progenies y poblaciones en las variables dasométricas a temprana edad tienden a mostrar efectos minimizados por el ambiente; así como también, Sebbenn et al.⁽⁶⁷⁾ Kubota et al.⁽⁶⁸⁾; Aguiar et al.⁽⁶⁹⁾, en estudios realizados en *Balfourodendron riedelianum*, y Pavlotzky & Murillo,⁽⁷⁰⁾; Resende et al.⁽⁶¹⁾; Murillo et al.⁽⁷¹⁾ Hernández et al.⁽⁷²⁾ Rodríguez et al.⁽⁷³⁾ en estudios de procedencia progenies de otras especies de árboles tropicales, manifiestan que éstos efectos pueden ser verificados a mayor edad, lo que demuestra la importancia de realizar análisis consecutivos hasta la madurez de la especie.

La variación genética alta (h^2) a nivel de familias dentro de procedencias experimentada en los rasgos dasométricos DAP, altura total, altura comercial y volumen de madera (tabla 1), son hallazgos similares a los reportados por varios investigadores en la literatura, donde manifiestan que las poblaciones de árboles tropicales suelen presentar mayores niveles de variabilidad genética entre individuos dentro de las poblaciones que entre ellas.^(43,74,75,76,77,78,79,80,81) Tendencia que probablemente ocurre en razón de que las especies alógamas tienden a exhibir altos niveles de diversidad genética dentro de las poblaciones y relativamente bajos niveles de divergencia entre poblaciones.⁽⁸¹⁾ De mantenerse este patrón entre procedencias, la estrategia de mejoramiento a largo plazo debería considerar realizar nuevas colectas en otras procedencias, con el propósito de capturar una mayor riqueza genética que podría existir entre regiones.^(63,61)

Se identificaron individuos dentro de la población que no presentaron problemas sanitarios, lo que presumiblemente pueda estar bajo algún control genético asociado a la procedencia de las familias e individuos dentro de familias, cuya tolerancia deberá ser evaluada bajo el rigor de los postulados de Koch.

Los valores de coeficiente de variación registrados en este estudio en las variables volumen de madera y calidad del árbol, pueden ser considerados como muy alentadores para los propósitos de mejoramiento, valores de variación genética superiores a 7 % son considerados altos.⁽⁸¹⁾ Este es un parámetro importante que registra otra manera de observar la variabilidad genética existente y es probablemente uno de los mejores indicadores de qué tanta riqueza genética existe entre las familias, cuanto mayor sea el valor obtenido para coeficiente de variación familiar mayor será la variabilidad genética entre las familias evaluadas.^(49,61,65) Conforme continúe envejeciendo el ensayo se espera una mayor expresión genética de los materiales; por tanto, una mayor diferenciación entre los de mayor vigor con respecto a los de menor adaptación Resende,⁽⁶⁵⁾ Bonfim de Oiveira et al.⁽⁶⁶⁾

La combinación de mayor crecimiento diamétrico y altura comercial, resultan en un incremento importante en volumen de madera, lo que explica que en esta variable sea la que registre la mayor ganancia genética. En cuanto a la ganancia genética del diámetro tiene como implicación, que estos árboles alcanzarán el diámetro final de cosecha en un tiempo menor en un 10 %. Esto implica una reducción potencial de entre 1 o 2 años en el tiempo de cosecha.⁽⁶¹⁾

CONCLUSIONES

En el estudio se investigó la variación en crecimiento y rasgos dasométricos de procedencias y familias de *Juglans neotropica* Diels a los 4,5 años en Chimborazo. Identificamos familias élite con especial atención a los rasgos DAP, altura total, altura comercial y volumen de madera que predicen un potencial de mejoramiento genético relevante en productividad. La selección de los mejores 20 individuos del ranking genético para el volumen comercial registró una ganancia genética de un 18,7 %. Mientras que la ganancia genética en crecimiento diamétrico implica una reducción de un 10 % en el tiempo requerido para alcanzar el momento de cosecha. La información del estudio proporciona una base sólida para continuar con un proceso de selección de individuos genéticamente superiores en múltiples rasgos. La investigación contribuye a la base teórica de mejoramiento para la conservación y utilización de los recursos genéticos, así como para el desarrollo de un programa de mejoramiento genético de *Juglans neotropica* en Ecuador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Woll JC, Reynel C, Palacios RS, Hermoza RM, Chávez JM. Diversidad y composición florística en un bosque con abundancia de nogal (*Juglans neotropica* Diels) en Chanchamayo / Junín / Perú. *Ecología Aplicada*, 2023; 22(1). <https://doi.org/10.21704/rea.v22i1.2027>
2. Toro E, Roldán I. Estado del arte, propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels., en zonas andinas. *Revista Madera y Bosques*, 2018; 24(1). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2411560>
3. Vásquez R, Rojas R, Monteagudo AL, Valenzuela L, Huamantupa I. Catálogo de los Árboles del Perú. *Revista Q'euña*, 9 (Número Especial). Cusco-Perú. 2018. <https://www.researchgate.net/publication/326096419>
4. Ospina Penagos CM, Hernández Retrepo RJ, Aristizabal Valencia FA, Patiño Castaño JN, Salazar Castaño JW. El cedro negro: una especie promisoría en la zona cafetera, Centro Nacional de Investigaciones de Café

“Pedro Uribe Mejía” Caldas, Colombia. 2003.

5. Rosero E. Autoecología de la especie Nogal. INEFAN-C.F., Quito, Ecuador. 1996.

6. Méndez JM. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Danida Forest Seed Centre (DFSC) y Proyecto Semillas Forestales (PROSEFOR). Serie técnica. Manual técnico/ 30. CATIE No. 41, 209 pp. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2000. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2959>

7. Nieto VM, Rodríguez J. Juglandaceae (Walnut family). Corporación Nacional de Investigación of Forestal. Santa Fé de Bogota, Colombia. 2010.

8. Alberca N. Análisis de la efectividad de cinco microsatélites para detectar la diversidad genética de *Juglans neotropica*. [Tesis de Bioquímico farmacéutico]. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja; 2014. Repositorio DSPACE de la Universidad Particular de Loja. <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/9093/1/Alberca%20Jarramillo%20Nathalia%20Veronica.pdf>

9. National Research Council. Lost crops of the Incas: Little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. National Academy Press, Washington, D.C; 1989.

10. Hassani D, Sarikhani S, Dastjerdi R, Mahmoudi R, Soleimani A, Vahdati K. Situation and recent trends on cultivation and breeding of Persian walnut in Iran. *Scientia Horticulturae*. 2020; 270,109369. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020>

11. Vahdati K, Sarikhani S, Arab MM, Leslie CA, Dandekar AM, Aletà, N. et al. Advances in Rootstock Breeding of Nut Trees: Objectives and Strategies. *Plants*. [Internet]. 2021. [Consultado el 20 de julio de 2024]; 10, 2234. <https://doi.org/10.3390/plants10112234>

12. Chusquillo-Calapiña LA. Diseño de un proceso para la obtención de compuestos fenólicos del pericarpio de la semilla del nogal (*Juglans Neotrópica* Diels) y extracción del aceite de nuez. [Tesis Ingeniería Química y agroindustria]. Quito: Universidad Politécnica Nacional; 2014. Repositorio BIBDIGITAL Escuela Politécnica Nacional. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8645>

13. Azas RD. Evaluación del efecto de los tratamientos pregerminativos en semillas de nogal (*Juglans neotropica* Diels) en el recinto Pumin provincia de Bolívar. [Tesis de licenciatura]. Santo Domingo de los Tsáchilas: Universidad de las Fuerzas Armadas; 2016. Repositorio DSpace Repository de la Universidad de las Fuerzas Armadas. <https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/10697>

14. Villota-Guerrón EL, Rosero-Chamorro EG, Farias-Mejía AA, Valencia-Valenzuela XG, Carvajal-Benavides JG, Benalcázar-Villalba SM. Propiedades Tecnológicas de la Madera de Nogal *Juglans neotropica* Diels, en la Provincia Carchi Ecuador. *Ciencia Latina*. [Internet]. 2024. [Consultado el 15 de agosto de 2024]; 8(1) https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9549

15. Ponce G, Morales D. Estudio de procesos de elaboración de tintes naturales con dos especies vegetales “Nogal” (*Juglans neotropica*) y “Guarango” (*Caesalpinia spinosa*) y propuesta de revalorización de saberes ancestrales con las mujeres de la Asociación de Artesanas “Wuarmi Maki” comunidad de Peguche en el Cantón Otavalo. [Tesis de Ingeniería]. Ibarra: Universidad Técnica del Norte; 2011.

16. Mallavadhani UV, Prasad CV, Shrivastava S, Naidu V. Synthesis and anticancer activity of some novel 5, 6-fused hybrids of juglone based 1, 4-naphthoquinones. *European Journal of Medicinal Chemistry* [Internet]. 2014. [Consultado el 5 de junio de 2024]; 83(1): 84-91. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2014.06.012>

17. Yin-Gi J, Eul-Bee K, Kyung-Chul Ch. Gallic acid, a phenolic acid, hinders the progression of prostate cancer by inhibition of histone deacetylase 1 and 2 expression. *The Journal of nutritional biochemistry*. [Internet]. 2020. [Consultado el 5 de junio de 2024]; 84, 108444. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2020.108444>

18. Estrada W. Manual para la producción de nogal (*Juglans neotropica* Diels). Editorial EDI-U. Ibarra-Ecuador. 1997.

19. Mollica A, Zengin G, Locatelli M, Stefanucci A, Macedonio G, Bellagamba G. et. al. An assessment of

the nutraceutical potential of *Juglans regia* L. leaf powder in diabetic rats. *Food and Chemical Toxicology* [Internet]. 2017. [Consultado el 19 de julio de 2024]; 107, Par B, pp. 554-564. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.03.056>

20. Mateş L, Rusu ME, Popa DS. Phytochemicals and biological activities of walnut septum: A systematic review. *Antioxidants* [Internet]. 2023. [Consultado el 20 de julio de 2024]; 12(3), 604. <https://doi.org/10.3390/antiox12030604>

21. Sharma N, Ghosh P, Sharma UK, Sood S, Sinha AK, Gulati A. Microwave-assisted efficient extraction and stability of juglone in different solvents from *Juglans regia*: quantification of six phenolic constituents by validated RP-HPLC and evaluation of antimicrobial activity. *Analytical Letters*. 2009. 42(16), pp. 2592-609. <https://doi.org/10.1080/00032710903202055>

22. Hosseini S, Huseini HF, Larijani B, Mohammad K, Najmizadeh A, Nourijelyani K. et al. The hypoglycemic effect of *Juglans regia* leaves aqueous extract in diabetic patients: A first human trial. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2014. 22(1), pp. 1-5.

23. Azzurra S, Lorenza M, Llorent-Martínez EJ, Gokhan Z, Onur B, Rumeysa D. Assessment of the in-vitro toxicity and in-vivo therapeutic capabilities of *Juglans regia* on human prostate cancer and prostatic hyperplasia in rats, *Food Bioscience*. [Internet]. 2024. [Consultado el 20 de julio de 2024]; 57, 103539 <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103539>.

24. Zhang Q, Yu S, Pei X, Wang Q, Lu A, Cao Y. et al. Within-and between-population variations in seed and seedling traits of *Juglans mandshurica*. *Journal of Forest Research*. [Internet]. 2022. [Consultado el 20 de julio de 2024]; 33(4), pp. 1175-86. <https://doi.org/10.3390/molecules200915572> [10.1007/s11676-021-01387-9](https://doi.org/10.1007/s11676-021-01387-9)

25. Rodríguez M. Caracterización anatómica de las maderas latifoliadas y claves macro y microscópica para la identificación de 120 especies. [Tesis de Ingeniería Forestal]. Caldas: Universidad Distrital Francisco José de Caldas; 1988.

26. Alvarado-Ugusiña JM. Determinación de las propiedades físicas y químicas de la madera de cinco especies forestales procedentes de la parroquia Multitud, cantón Alausí, provincia de Chimborazo [Tesis de ingeniería forestal]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2021. Repositorio DSPACE de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dSPACE.epoch.edu.ec/handle/123456789/15891>

27. Cartuche-Peralta KM. Caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas. [Tesis de Ingeniería Forestal]. Loja. Universidad Nacional de Loja; 2022. Repositorio digital Universidad Nacional de Loja. <https://dSPACE.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/24554>

28. Gómez ML, Toro JL, Piedrahita E. Propagación y conservación de especies arbóreas nativas. Medellín, Colombia: Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia-CORANTIOQUIA; 2013.

29. Fierro A. Caracterización dasométrica de familias de *Juglans neotropica* Diels recolectadas en la provincia de Tungurahua. [Tesis de ingeniería forestal]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2023.

30. Fundación desde el Surco. Factibilidad agroindustrial de la cadena agroproductiva del nogal, *Juglans neotropica* Diels, para un sistema de reforestación productiva. Fondo para la protección del agua, FONAG; 2006.

31. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). *Juglans neotropica* Diels. Nota técnica sobre semillas forestales Núm.82. Turrialba, Costa Rica; 1999.

32. Wonder S. Poverty alleviation and tropical forest-what scope for synergies? *World Development*. 2001; 29(11): 1817-1833.

33. Myers N. Tropical deforestation and a megaextinction spasm. En: Soulé, M. E. (Ed). *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, United States; 1986.

34. Hernández G. Diversidad genética de poblaciones forestales en paisajes fragmentados. El caso de las poblaciones de olla de mono (*Lecythis ampla*) en el Corredor Biológico San Juan La Selva. *Ambientico*. 2012; 229(5): 29-36.
35. Liu J, Magige EA, Fan PZ, Wambulwa MC, Luo YH, Qi HL, et al. Genetic imprints of grafting in wild iron walnut populations in southwestern China. *BMC Plant Biology*. [Internet]. 2023. [Consultado el 21 de julio de 2024]; 23:423. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04428-z>
36. Cornelius J, Ugarte J, Simons A. El papel de la domesticación de árboles agroforestales En el “desarrollo con protección ambiental”. 2007.
37. Cornelius J, Ugarte J. Introducción a la genética y domesticación forestal para la agroforestería y silvicultura. Lima - Perú. 2010. Notas de clases. Centro Mundial para la Agroforestería (ICRAF). 124p.
38. Piñeiro D. La diversidad genética como un instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios de especies mexicanas, en *Capital natural de México, volumen I Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio, México. 2008; 437-494.
39. Armenteras D, Rodríguez N. Dinámicas y causas de deforestación en bosques de latino américa: una revisión desde 1990. *Colombia Forestal*. 2014; 17(2): 233-246.
40. Karp A. The new genetic era: will it help us in managing genetic diversity? SAT 21 Meeting, IPGRI, FRIM, Kuala Lumpur, Malasia; 2000.
41. Juanes F, Pérez J, García E. Reproductive strategies in small populations: using Atlantic salmon as a case study. *Ecology of Freshwater Fish*. 2007; 16(4): 468-475.
42. Laikre L, Allendorf FW, Aroner LC, Baker CS, Gregovich DP, Hansen MM. et al. Neglect of genetic diversity in implementation of the convention on biological diversity. *Conservation Biology*. 2010; 24(1):86-88.
43. Frankham R, Ballou JD, Briscoe DA. *Introduction to Conservation Genetics*. (1ed.) Cambridge: Cambridge University Press; 2002.
44. Aguirre N, Mogrovejo P, Ordoñez L, Hofstede R. Identificación y selección de fuentes semilleras de especies Forestales nativas en los bosques andinos del Ecuador. *Proyecto EcoPar*. Quito, Ecuador; 2001a.
45. Alizoti P, Bastien JC, Chakraborty D, Klisz MM, Kroon J, Neophytou C. et al. Non-Native Forest Tree Species in Europe: The Question of Seed Origin in Afforestation. *Forests*. [Internet]. 2022. [Consultado el 18 de agosto de 2024]; 13, 273. <https://doi.org/10.3390/f13020273>
46. López O. Estudios de Economía forestal en el marco de la Misión de Crecimiento Verde en Colombia. Resumen ejecutivo. INFOANDINA, Global Green Growth Institute. Colombia: Gobierno de Colombia; 2018.
47. Plancarte BA. Manual para el establecimiento y evaluación de ensayos de especies y procedencias. Boletín Técnico 4. Centro de Genética Forestal A. C. Chapingo, México; 1990.
48. Murillo O, Espitia M, Castillo C. Fuentes Semilleras para la Producción Forestal. (1ª ed.) Editorial Domar S.A.S. Bogotá, Colombia: 2012.
49. Murillo O, Guevara V. Estado de los recursos genéticos forestales de Costa Rica. MINAET/FAO/CONAGEBIO. San José, Costa Rica; 2013.
50. Resende MDV. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, [Internet]. 2016. [Consultado el 20 de junio de 2024]; 6:330-339. <https://doi.org/10.1590/1984-70332016v16n4a49>
51. Zhao X, Hou W, Zheng H, Zhang Z. Analyses of genotypic variation in white poplar clones at four sites in China. *Silvae Genetica*. [Internet]. 2013. [Consultado el 20 de junio de 2024]; 62(4): 187-195. <https://doi.org/10.1515/sg-2013-0023>

52. Zhao X, Bian X, Li Z, Wang X, Yang C, Liu G. et al. Genetic stability analysis of introduced *Betula pendula*, *Betula kirghisorum*, and *Betula pubescens* families in saline-alkali soil of northeastern China. *Scandinavian Journal of Forest Research*. [Internet]. 2014. [Consultado el 20 de julio de 2024]; 29(7): 639-49. <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.960892>
53. Ramos-Veintimilla RA, Murillo-Gamboa O, Gallo LA. Potencial de mejoramiento genético en *Juglans neotropica* Diels, a los 10 meses de edad en Tunshi, Chimborazo in VI Congreso Internacional De La Ciencia, Tecnología, Emprendimiento E Innovación 2019, KnE Engineering; [Internet]. 2020. [Consultado el 20 de junio de 2024]; 562-575. <https://knepublishing.com/index.php/KnE-Engineering/article/view/6278>
54. Sebastian-Azcona J, Hacke U, Hamann A. Xylem Anomalies as Indicators of Maladaptation to Climate in Forest Trees: Implications for Assisted Migration. *Frontiers in Plant Science*. [Internet]. 2020. [Consultado el 20 de junio de 2024]; 11, 208. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00208>
55. Soolanayakanahally RY, Guy RD, Street NR, Robinson KM, Silim SN, Albrechtsen BR. et al. Comparative physiology of allopatric *Populus* species: geographic clines in photosynthesis, height growth, and carbon isotope discrimination in common gardens. *Frontier in Plant Science*. 2015; 6, 528. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00528>
56. Holdridge L. *Ecología basada en zonas de vida* (Traducido del inglés por Humberto Jiménez. Edición I. II reimpresión. II Capítulo. 1982.
57. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Resultados de análisis químico de suelo. Reporte de laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas. 2023.
58. Flores C, López J, Valencia S. Manual técnico para el establecimiento de ensayos de procedencia y/o progenie. Comisión Nacional Forestal, CONAFOR, México, 2014.
59. Ladrach W. Manejo práctico de plantaciones forestales en el trópico y subtropico. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Costa Rica. 2010.
60. Samaniego-Rojas C. Las fuentes semilleras y semillas forestales nativas en el austro ecuatoriano: participación social en el manejo. Fundación Ecológica Condesur, Loja, Ecuador. 2002.
61. Resende Marcos DV, Murillo Olman, Badilla Yorleny. *Genética Cuantitativa y Selección en el Mejoramiento Forestal*. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 2018.
62. Jiménez A, Jiménez D, Badilla Y, Murillo O. Manejo de una unidad de conservación ex situ de *Swietenia macrophylla* de diecisiete años de edad ubicado en el CATIE, Turrialba, Costa Rica. XII. Simposio Int. Manejo Sostenible de Recursos Forestales 22-24 Nov. Facultad Ciencias Forestales y Agropecuarias, Universidad Pinar del Río, Cuba. 2023.
63. Etori LC, Figliolia MB, Sato AS. Ex situ conservation of genetic resources of native forest species: current situation at the Forest Institute. In: HIGA, A. R.; DUQUE, S. L. (ed.). *Orchard of seeds of native forest species*. Curitiba, Paraná: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2006.
64. Resende MDV. *Genética Cuantitativa e de populações*. Viçosa, Minas Gerais: Suprema. 2015.
65. Bonfim de Oliveira SD, Gomes de Farias SG, Resende RT, Cardoso CR, Bezerra e Silva R, Tambarussi EV. Genetic variability and ex situ conservation strategies for the neotropical tree *Parkia platycephala* Benth. *Ciencia Forestal*. 2023; 33(1), <https://doi.org/10.5902/1980509864058>
66. Sebbenn AM, Freitas MLM, Zanatto ACS, Moraes E, Moraes MA. Conservação ex situ e pomar de sementes em banco de germoplasma de *Balfourodendron riedelianum*. *Revista Instituto Florestal*. 2007; 19(2): 101-112.
67. Kubota TYK, Moraes MA, Silva ECB, Pupin S, Aguiar AV, Moraes MLT. et al. Genetic variability of silvicultural traits in opened-pollinated progenies of *Balfourodendron riedelianum* (Engler). *Scientia Forestalis*. 2015; 43 (106): 407-415.

68. Aguiar BI, Freitas MLM, Tavares YR, Tambarussi EV, Zanatto B, Gandara FB. *et al*. Genetic control of silvicultural traits in *Balfourodendron riedelianum* (ENGL.) ENGL. *Silvae Genética*. [Internet]. 2019. [Consultado el 19 de julio de 2024]; 68(1): 73-78. <https://doi.org/10.2478/sg-2019-0013>
69. Pavlotzky B, Murillo O. Ganancia genética esperada en *Acacia mangium* en Los Chiles, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 2012; 23: 1-13.
70. Murillo O, Resende MDV, Badilla Y, Gamboa JP. Genotype by environment interaction and teak (*Tectona grandis* L.f.) selection in Costa Rica. *Silvae Genética*. [Internet]. 2019 [Consultado el 21 de agosto de 2024]; 68:116-121. <https://doi.org/10.2478/sg-2019-0020>
71. Hernández W, Badilla Y, Murillo O. Selección temprana en ensayos clonales de melina (*Gmelina arborea* Robx.) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. [Internet]. 2021. [Consultado el 19 de agosto de 2024]; 32(1):93-106. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v32i1.42069>
72. Rodríguez-Pérez D, Moya R, Murillo O. Effect of stem height in variation of bark, heartwood, sapwood and physical properties of wood in *Dipteryx panamensis* Pittier in a provenance/progeny test. *Ciencias Florestais*. [Internet]. 2022 [Consultado el 19 de agosto de 2024]; 32(1): 141-162. <https://doi.org/10.5902/1980509843606>
73. Rossi FS, Rossi AAB, Dardengo JFE, Brauwiers LR, Silva ML, Sebbenn AM. Genetic diversity in natural populations of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) using ISSR markers. *Scientia Forestalis*. 2014; 42(104): 631-639
74. León N, Murillo O, Badilla Y, Ávila C, Murillo R. Expected genetic gain and genotype by environment interaction in almond (*Dipteryx panamensis* Pittier Rec. and Mell in Costa Rica. *Silvae Genética*. 2017. 66:9-13. <https://doi.org/10.1515/sg-2017-0002>
75. Romero-Carazas R. Collection Management Model for Late Payment Control in the Basic Education Institutions. *Edu - Tech Enterprise* 2024;2:12-12. <https://doi.org/10.71459/edutech202412>.
76. Jacinto-Alvaro J, Casco RJE, Macha-Huamán R. Social networks as a tool for brand positioning. *Edu - Tech Enterprise* 2024;2:9-9. <https://doi.org/10.71459/edutech20249>.
77. Filomeno SR. Potencial de mejoramiento genético en *Dipteryx panamensis* Pittier (FABACEAE). [Tesis M.Sc.] Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ing. Forestal. Cartago; 2018.
78. Quesada S, Alfaro C, Murillo O, Badilla Y, Luján R. Evaluación del comportamiento de clones de *Tectona grandis* L.f. en suelos vertisoles de la Península de Nicoya, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana*. Kurú. 2018; 16 (38): 24-34. <http://dx.doi.org/10.18845/rfmk.v16i38.3993>
79. Jiménez A. Propuesta de manejo de tres ensayos genéticos de *Swietenia macrophylla* en el CATIE, Turrialba, Costa Rica. [Tesis Lic. Instituto]. Cartago, Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ing. Forestal; 2021.
80. Romero-Carazas R. Collection Management Model for Late Payment Control in the Basic Education Institutions. *Edu - Tech Enterprise* 2024;2:12-12. <https://doi.org/10.71459/edutech202412>.
81. Sebbenn A, Siqueira A, Kageyama P, Machado J. Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva - *Myroxylon peruiferum* L.F. Allemão [Parámetros genéticos en la conservación de la cabreúva-*Myroxylon peruiferum* L.F. Allemão. *Scientia Forestalis*, Piracicaba. 1998; (53): 31-38.

FINANCIACIÓN

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) de Ecuador a través del proyecto “Red de Investigación en Conservación, Domesticación y Mejoramiento Genético de *Juglans neotropica* Diels. en la Sierra Ecuatoriana para su uso comercial y la restauración de ecosistemas degradados”.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Raúl Ramos Veintimilla.

Curación de datos: Olman Murillo Gamboa.

Análisis formal: Olman Murillo Gamboa.

Investigación: Raúl Ramos Veintimilla, Rosa Castro Gómez.

Metodología: Raúl Ramos Veintimilla, Olman Murillo Gamboa.

Administración del proyecto: Raúl Ramos Veintimilla.

Redacción - borrador original: Raúl Ramos Veintimilla, Olman Murillo Gamboa.

Redacción - revisión y edición: Raúl Ramos Veintimilla, Olman Murillo Gamboa.