

Conference Paper

Potencial de mejoramiento genético en *Juglans neotropica* Diels, a los 10 meses de edad en Tunshi, Chimborazo

Potential of Genetic Improvement in *Juglans neotropica* Diels, at 10 months of age in Tunshi, Chimborazo

R. A. Ramos Veintimilla¹, O. Murillo Gamboa², and L. A. Gallo³

¹Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Panamericana Sur km 1 ½. Riobamba, Ecuador. EC060155

²Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, GENFORES, Cartago-Costa Rica

³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina, Investigador del Departamento de Mejoramiento Genético Forestal, Bariloche-Argentina

Corresponding Author:

R. A. Ramos Veintimilla
raul.ramos@epoch.edu.ec

Received: 10 January 2020

Accepted: 17 January 2020

Published: 26 January 2020

Publishing services provided by
Knowledge E

© R. A. Ramos Veintimilla et al. This article is distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#), which permits unrestricted use and redistribution provided that the original author and source are credited.

Selection and Peer-review under the responsibility of the VI Congreso Internacional Sectei 2019 Conference Committee.

Resumen

La ESPOCH en 2 016 inició un programa de mejoramiento genético con *Juglans neotropica* Diels, con el objetivo de potencializar su uso comercial y restaurar ecosistemas forestales degradados en la sierra ecuatoriana. En febrero de 2 018, en la granja Tunshi - ESPOCH, con una temperatura media anual de 13,8 °C, precipitación media anual de 835,6 mm, altitud de 2 700 msnm y en estepa espinosa Montano Bajo (Holdrige 1993). Se estableció un ensayo genético con 38 familias de medios hermanos, provenientes de las procedencias Chimborazo, Tungurahua, Bolívar y Otras. En un diseño de bloques incompletos al azar, con 19 repeticiones; la unidad experimental fue una planta. Se evaluó la supervivencia, altura total (cm), diámetro del fuste a 5 cm del suelo, y presencia temprana de ramas; Los datos fueron analizados en SELEGEN, para obtener los parámetros genéticos. A los 10 meses de evaluación, la heredabilidad individual y familiar son aún bajos, pero significativos en las variables de crecimiento (procedencias > 0,38 para altura total y > 0,31 para DAC). la variación genética entre familias duplica a la variación genética entre procedencias (2,29 a 1,15, respectivamente). El ranking entre procedencias en las variables evaluadas, encabeza la procedencia Chimborazo, mientras que la procedencia Tungurahua ocupa casi siempre los últimos lugares. La colección base de mejoramiento de *J. neotropica*, plantada en la ESPOCH presenta una amplia variabilidad genética. La táctica de reunir al menos 10 familias por procedencia y por lo menos 3 procedencias, ha mostrado eficiencia para contar con una población base de calidad y plantar una fuente semillera genéticamente fuerte para esta especie importante.

Abstract: In 2 016 ESPOCH started a breeding program with *Juglans neotropica* Diels, with the intent of developing its commercial use and restoring degraded forest ecosystems in the Ecuadorian highlands. In February 2 018, in the farm Tunshi ESPOCH with an average temperature of 13.8 ° C, annual rainfall of 835.6 mm, altitude of 2700 m. one progeny test comprised 38 sib families, sourced from Chimborazo, Tungurahua,

 OPEN ACCESS

Bolivar and other sources. In a design of randomized incomplete blocks, with 19 repetitions; The experiment evaluated plant survival, overall height (cm), stem diameter 5 cm of soil, and early presence of side branches; Genetic parameters were obtained in SELEGEN. At 10 months of evaluation, heritability individual and family are still low, but significant in the variables of growth analyzed (provenances > 0.38 for total height and > 0.31 for DAC). Genetic variation between families duplicates genetic variation among provenances (2.29 to 1.15). The ranking among provenances in all variables is lead by Chimborazo (CH) plants, while the Tungurahua (TUN) almost always origin occupies the last places in growth and vigor. The genetic improvement base collection of *J. neotropica* planted by ESPOCH is extremely rich and with a wide genetic variability. The strategy of bringing together at least 10 families per provenance and no less than 3 sources, has proved efficient to capture a base population.

Palabras claves: *Juglans neotropica* Diels, procedencias, ensayo de progenies, Mejoramiento Genético.

Keywords: *Juglans neotropica* Diels, provenance, progeny test, Breeding.

1. Introducción

Juglans neotropica Diels, especie neotropical, conocido en Ecuador 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 (1, 2); 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 por (3).

Esta especie posee un alto valor comercial y socioeconómico debido a sus múltiples usos que históricamente han dado las comunidades de la zona andina de América del Sur; es utilizado como madera de alto valor comercial (maderas nobles) en los mercados, sus hojas y frutos en la industria textil, alimentos y en la medicina (4, 5).

Manejando la especie adecuadamente en la etapa de vivero, en sitio definitivo se espera arbolitos de 2 m. de altura al finalizar el primer año, y un turno de 25 años

para el aprovechamiento de madera aserrada de dimensiones menores (6). Existen reportes donde estiman una producción de madera de nogal, en sitios con períodos de precipitación normales y dependiendo del espaciamiento y los cuidados silviculturales entre los 8 años (cuando inicia la fructificación) y los 40 años, el diámetro del nogal crece de 1,2 a 2,5 cm. por año, mientras que la altura se incrementa de 0,5 a 1,2 m por año y el volumen de 0,002 a 0,03 m³ por año, alcanzando una producción cercana a los 0,9 m³ entre los 27 y 33 años respectivamente (7).

La madera de *J. neotropica* es de secado lento, pero una vez seca es bastante estable, es de fácil trabajabilidad y se caracteriza por su excelente acabado. Es moderadamente resistente a los hongos xilófagos y tiene una densidad básica entre 0,63 y 0,66 g/cm³ en Colombia y con registros de 0,56 g/cm³ en Costa Rica, (8), y de 0,71 g/cm³, en Perú, (9). Es considerada una madera medianamente pesada, compacta de baja rigidez resistente a la vibración y a las abolladuras. 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 punteaduras simples y paredes medianamente delgadas. La textura es fina desigual permitiéndole un buen acabado (10). Siendo ésta muy cotizada para la elaboración de muebles finos, artesanías torneadas y talladas, construcción semiestructgural, instrumentos musicales de cuerdas, chapas decorativas, maquetería, puertas, ventanas y ebanistería en general (6)

En la actualidad, la especie está catalogada en peligro de extinción (EN A2cd), ha sido seriamente amenazada por actividades ganaderas y agrícolas que generan amplias zonas deforestadas (4, 11). La mayor afectación para América del Sur se da en los bosques secos y montanos, donde la especie tiene su hábitat (12). En Ecuador actualmente el nogal es una especie escasa, difícil de encontrar, los cultivos remanentes son rápidamente usados en tallado o torneado debido a su excelente madera y al alto precio de la misma (13, 3, 14).

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 (15; 16; 17). 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 (18, 19). La diversidad genética de una población se mide por el número de alelos (variante

genética) y heterocigosidad (20). 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 (21); 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 (22). *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 (14).

En los últimos tres años la Escuela de Ingeniería Forestal de la FRN-ESPOCH ha iniciado un programa de Domesticación y Mejoramiento Genético de *Juglans neotropica* Diels. Donde una de las actividades importantes de investigación es el establecimiento de colecciones genéticas amplias (ensayos de procedencias y de progenies), que posteriormente se puedan convertir en fuentes semilleras de la más alta calidad genética posible (23, 24, 25, 26; 27).

El objetivo de este estudio fue analizar genéticamente la población de mejoramiento de nogal que dispone la ESPOCH, para establecer la primera clasificación de genotipos superiores que formarán el huerto semillero a partir de progenies, que a futuro aportarán material genético superior para reforestar con esta especie en la sierra central del Ecuador.

2. Materiales y Métodos

2.1. Descripción del sitio

Durante el mes de febrero del 2018 se estableció un ensayo de procedencias - progenies con cuarenta y cinco familias de *Juglans neotropica* Diels, en la granja experimental Tunshi de la ESPOCH, ubicada en el km 4 de la vía Riobamba-Licto con coordenadas proyectadas UTM $X=671167,34E$, $Y=9878372,68N$. La temperatura media anual es de 13,8 °C con una precipitación media anual de 835,6 mm, la altitud es de 2700 msnm y según Holdrige (1993) el sitio en estudio corresponde a estepa espinosa Montano Bajo.

2.2. Descripción del ensayo

Se realizó una amplia colecta de semillas, 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 colectaron semillas de al menos 7 árboles madre, vigorosos y sanos, en cada procedencia, separados entre sí por no menos de 1 km. Las procedencias corresponden a las provincias Chimborazo, Tungurahua y Bolívar (recolecciones realizadas en varios sitios de cada territorio). 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 (Figura 1). En el sitio se realizó una preparación previa de aplicación de herbicida glifosato y posterior roturado con arado de discos. Luego de balizar se realizaron hoyos de 0,2 x 0,2 x 0,2 m, donde previo a la plantación se aplicó 100 gr/planta de fertilizante compuesto 10-30-10 y 5 g de hidrotenedor (hidrogel), para asegurar el prendimiento de las plantitas. El control de malezas se realizó en forma manual cada 2 meses, lo que incidió en un excelente crecimiento inicial.

2.3. Metodología de toma de datos y variables evaluadas

La evaluación del ensayo fue realizada a los 30, 120, 210 y 300 días después de la plantación, iniciando en marzo del 2018. Se evaluaron los siguientes criterios:

1. Supervivencia, en escala binomial: 1 = vivo, 2 = muerto.
2. Diámetro a la base del tallo (a 5 cm del suelo) en mm,
3. Altura total de la planta en cm;
4. Aparición temprana de rama lateral definida, en escala binomial: 1 = presente, 2 = ausente.

Las lecturas de las medidas se realizaron con aproximación a mm. El punto de medición a la base del fuste se marcó a los 30 días después del trasplante (marzo 2018), para asegurar que las siguientes mediciones se realizara en el mismo punto.

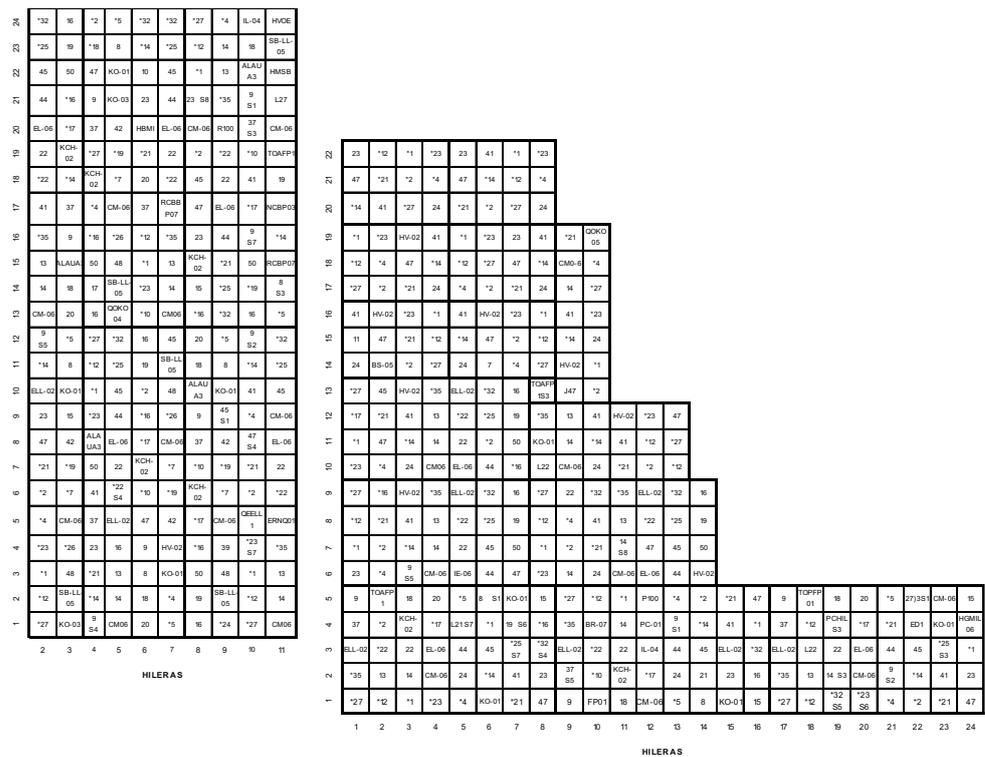


Figure 1: Diseño experimental desarrollado para la evaluación genética de progenies de *J. neotropica*. Cada progenie se evalúa con un individuo representado aleatoriamente dentro de cada bloque.

La variable aparición temprana de rama lateral, se trató como una variable binomial, es decir, presencia/ausencia de rama. De modo que se pudiera determinar si algunas familias o procedencias manifestaron mayor presencia temprana de ramas laterales.

2.4. 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 genético a nivel de procedencia y dentro de las procedencias a nivel de familia. El análisis de la base de datos se realizó para cada una de las variables mediante el uso del software especializado SELEGEN versión 2 008 (28). El programa SELEGEN utiliza el procedimiento de la Máxima Verosimilitud de Probabilidad Restringida (REML) y el de Mejor Predicción Lineal No Segrada (BLUP) para el análisis de los datos y estimación de los parámetros genéticos poblacionales. Con la base de datos se utilizaron los siguientes modelos estadísticos:

$$\text{Modelo para las familias: } y = Xr + Za + Wp + e \tag{1}$$

$$\text{Modelo para las procedencias: } y = Xr + Za + Wp + Qs + e \tag{2}$$

Donde \vec{y} es el vector de datos; \vec{r} es el vector de los efectos de la repetición o bloque que se añade al gran promedio; \vec{a} es el vector del efecto genético aditivo individual; \vec{p} es el vector del efecto de parcela (un individuo por familia en cada bloque); \vec{s} es el vector del efecto de la procedencia; finalmente \vec{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 (26).

3. Resultados y discusión

En la tabla 1 se observa que a temprana edad se empieza a manifestar un patrón de variación genética importante, tanto entre familias como entre procedencias. Los valores de heredabilidad individual (control genético) y familiar son aún bajos, pero significativos en todas las variables de crecimiento analizadas. La heredabilidad a nivel de procedencia aparece mucho más robusta y con mucho mayor control genético.

Para el carácter presencia temprana de rama, contrario a las variables de crecimiento, si se muestra un control genético inicial, pero con valores más altos al nivel de individuos y familias, no para las procedencias.

Los valores de los coeficientes de variación genética son relativamente altos (mayores al 10%) a pesar de la poca edad del ensayo. Sin embargo, tienden a disminuir con respecto a las mediciones de más edad. La aparición temprana de ramas si registra un valor alto de variación genética entre individuos. Se observa que la variación genética entre individuos duplica los valores de variación genética entre procedencias.

Los resultados observados del ensayo deben ser considerados como preliminares por su temprana edad. Sin embargo, es importante señalar que si hay expresión de variación genética importante entre familias y entre procedencias. El control genético a nivel de procedencias registra valores muy altos en las variables de crecimiento ($H^2 > 0,31$). Lo cual sugiere que el efecto de la procedencia debe ser observado con detalle conforme continúe arrojando datos de crecimiento el ensayo. De mantenerse este patrón de mayor control genético entre procedencias, la estrategia de mejoramiento a largo plazo debería considerar realizar nuevas colectas en otras procedencias, con el propósito de capturar una gran riqueza genética que podría existir entre regiones.

La heredabilidad individual superó a la heredabilidad media familiar en las primeras mediciones de crecimiento. Sin embargo, puede observarse que, en la última medición, poco a poco se observa como el control genético a nivel familiar comienza a superar

TABLE 1: Parámetros genéticos de treinta y ocho familias (progenies) de *Juglans neotropica* de 10 meses de edad en Tunshi, Chimborazo, Ecuador.

Parámetro	DAC	Htot	DAC	Htot	DAC	Htot	Rama
	110 días de edad		200 días de edad		290 días de edad		
Heredabilidad individual	0,158	0,133	0,168	0,0035	0,062	0,0093	0,138
Heredabilidad Familia	0,067	0,053	0,071	0,063	0,077	0,072	0,109
Heredabilidad Procedencia	0,369	0,495	0,331	0,46	0,311	0,379	0,0045
Coefficiente Variación Genética Individual	11,62	11,469	10,71	1,79	5,47	2,29	11,19
Coefficiente Variación Genética Procedencia	5,81	5,73	5,35	0,89	2,73	1,15	5,59

DAC= Diámetro del tallo a la altura del cuello de la planta (5cm del suelo). Htot = Altura total de la planta

a la heredabilidad individual, en particular con la variable altura total. Es de esperarse que el control genético familiar sea mucho mayor al control genético individual, tal y como se reporta en numerosas investigaciones similares (29, 30). Esto implica que el efecto de la familia (pedigree) empieza a expresarse en la adaptación y crecimiento de las plantas.

La aparición temprana de ramas es un carácter relevante, pues está asociado al vigor de la planta, así como a una potencial precocidad en su madurez fisiológica. Individuos con aparición temprana de ramas denota una mayor diferenciación fisiológica y de tejidos, que podrían luego verse reflejado en una iniciación de capacidad reproductiva (floración). Por tanto, se deberá continuar observando el patrón de comportamiento de este carácter en futuras mediciones de campo.

El coeficiente de variación genética (CVg%) es probablemente uno de los mejores indicadores de qué tanta riqueza genética existe en la población. Puede observarse en el cuadro 1, que se registró desde temprana edad, una alta variación entre individuos. El fenómeno observado refleja una mayor variación entre individuos y familias que entre procedencias, lo cual es un patrón que ha sido reportado en estudios similares (31, 32). Valores de variación genética superiores al 10%, son por lo general considerados como muy significativos y de alto potencial para mejoramiento genético (33). En este estudio se registraron valores superiores al 10% en las primeras mediciones de crecimiento, así como en la aparición temprana de ramas, que pueden ser considerados como muy

alentadores para los propósitos de mejoramiento. 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.

En la tabla 2 se observa que el ranking entre procedencias empieza a mostrar un patrón, donde en casi todas las variables de crecimiento y en la aparición temprana de ramas, encabeza en todas las variables los materiales que pertenecen a la procedencia Chimborazo (CH). Mientras que la procedencia Tungurahua (TUN) ocupa casi siempre los últimos lugares en crecimiento y vigor.

Con relación al ranking genético entre procedencias, a pesar de la corta edad del ensayo, si se observa un patrón relativamente estable entre los materiales procedentes de Chimborazo (CH) y de Tungurahua (TUN). Dado que la mayor heredabilidad se registró entre procedencias, los resultados sugieren darle un valor alto al origen de las semillas. Es decir, todo parece indicar la existencia de una variación muy importante entre regiones geográficas para la especie, que sin duda debe explorarse. Nuevas colectas en otras procedencias parece ser de alta relevancia para el programa con esta especie en el Ecuador.

TABLE 2: Ranking de procedencias de *Juglans neotropica* en relación con el crecimiento diamétrico, altura total y aparición temprana de ramas, a los 11 meses de edad de la plantación en Tunshi, Chimborazo, Ecuador.

DAC	Htot	DAC	Htot	DAC	Htot	Rama
110 días de edad		200 días de edad		290 días de edad		
1 CH	1 CH	1 CH	1 CH	1 CH	1 CH	1 CH
2 BOL	2 BOL	2 BOL	2 TUN	2 BOL	2 BOL	2 BOL
3 TUN	3 TUN	3 TUN	3 BOL	3 TUN	3 TUN	3 TUN
4 OTRAS	4 OTRAS	4 OTRAS	4 OTRAS	4 OTRAS	4 OTRAS	4 OTRAS

DAC= Diámetro del tallo a la altura del cuello de la planta (5cm del suelo). Htot = Altura total de la planta. CH = Procedencia Chimborazo. BOL= Procedencia Bolívar. TUN = Procedencia Tungurahua. OTRAS = Otras procedencias.

A nivel del ranking de familias, en la tabla 3 se puede observar que a temprana edad predominan en los primeros lugares, varias familias con el código "L" que corresponden a las familias recolectadas en la provincia de Chimborazo. La familia L25 (Lican-Riobamba) se consolida en crecimiento diamétrico y en altura total en todas las mediciones, inclusive en la aparición temprana de ramas, siendo esta una característica poco deseada para calidad de madera como tal, lo que indica que hay que poner mucha atención en el manejo silvicultural (podas oportunas). Por el contrario, las familias PQLVE (La victoria-Quito) y IICLK (Chaltura-Ibarra) se ubican en los peores lugares de crecimiento en todas las mediciones. Los valores genéticos muestran ya el inicio de

una diferenciación entre las 5 mejores familias con respecto a las 5 peores, para todas las variables analizadas. La aparición temprana de ramas muestra que las familias más precoces, registran en promedio más del doble en porcentaje de individuos con ramas, con respecto a las de menor presencia de rama.

TABLE 3: Ranking basado en el valor genético de las mejores 5 familias y las 5 peores familias de *Juglans neotropica* en relación con el crecimiento diamétrico, altura total y aparición temprana de ramas de 11 meses de edad en Tunshi, Chimborazo, Ecuador.

DAC	Htot	DAC	Htot	DAC	Htot	Rama
110 días de edad		210 días de edad		300 días de edad		
L35 15,07	L25 46,23	L25 26,81	L25 74,72	L2 37,57	L25 115,67	L25 18,3%
L16 15,00	J23 45,33	L2 26,69	L22 74,70	L25 37,23	L2 115,46	L21 16,92%
J41 14,99	L2 44,94	L22 25,97	L35 74,69	L16 37,00	L22 115,45	L5 16,65%
L25 14,97	L35 44,82	L1 25,83	L1 74,69	L22 36,91	CHRCK 115,40	J45 14,85%
J23 14,91	L22 44,7	J9 25,57	L2 74,67	L32 36,81	L21 115,39	J23 14,71%
BSMSP 13,70	3J24 41,12	J20 23,86	J16 74,51	J19 36,03	J23 114,79	IICHK 7,00%
J20 13,50	BSMSP 41,01	J16 23,80	J41 74,49	J16 35,95	J20 114,77	J22 6,76%
CHGLM 13,42	CHGLM 40,67	CHGST 23,79	BSMSP 74,45	J20 35,82	J16 114,72	J44 6,38%
PQLVE 13,30	PQLVE 40,43	PQLVE 23,61	PQLVE 74,44	PQLVE 35,73	PQLVE 114,71	J47 6,27%
IICHK 13,05	IICHK 39,05	IICHK 22,74	IICHK 74,44	IICHK 35,36	IICHK 114,70	J14 6,07%

DAC= Diámetro del tallo a la altura del cuello de la planta (5cm del suelo). Htot = Altura total de la planta. CH = Procedencia Chimborazo. BOL= Procedencia Bolívar. TUN = Procedencia Tungurahua. OTRAS = Otras procedencias.

En el ranking de familias con respecto a su crecimiento, los resultados reflejan valores aún no significativamente diferentes entre las mejores 5 familias, con respecto a las peores 5 familias. Sin embargo, si reflejan ya un distanciamiento considerable y un patrón que se espera continúe aumentando con la edad.

Estos resultados reflejan un alto potencial de mejoramiento genético para la especie en plantación. Sin embargo, los datos son todavía el resultado de los primeros 11 meses de crecimiento, donde todavía pueden estar involucrados efectos ambientales tales como, tamaño inicial de las plantas cuando se estableció el ensayo, efecto del micrositio en el establecimiento y adaptabilidad inicial de algunas plantas. Por tanto, es aún temprano para realizar algún trabajo de selección, dado que, con el paso del tiempo, podría cambiar el desempeño de familias que tuvieron un mal arranque, cuyo efecto podría modificar el ranking a futuro.

4. Conclusiones

La colección de procedencias y familias de *Juglans neotropica* Diels, plantada en la granja Experimenta Tunshi de la ESPOCH, es sumamente rica y con una amplia variabilidad genética. La estrategia de reunir al menos 10 familias por procedencia y de no menos de 3 procedencias, ha mostrado ser muy eficiente para capturar rápidamente una población base, con la cual poder establecer una fuente semillera robusta para una especie nativa.

El control genético a nivel de procedencias registra valores altos en las variables de crecimiento ($H^2 > 0,31$). Los resultados sugieren darle un valor alto al origen de las semillas. Es decir, todo parece indicar la existencia de una variación muy importante entre regiones geográficas para la especie, que sin duda debe explorarse, y la incorporación de nuevas colectas de otras procedencias naturales dentro del país son de alta prioridad para el programa, con el fin de ampliar la base genética de la población de mejoramiento de *J. neotropica* en el Ecuador.

Los valores altos de heredabilidad individual y familiar y de los coeficientes de variación genética, permiten predecir un rápido progreso genético en DAC y altura total para este programa de mejoramiento genético con *J. neotropica*.

Agradecimientos

Dejamos nuestro sincero agradecimiento a las autoridades de la Facultad de Recursos Naturales y de la ESPOCH en general, por el apoyo y la confianza brindada para la ejecución del proyecto de investigación en “*Domesticación y Mejoramiento Genético de Juglans neotropica* Diels”; un particular agradecimiento a los estudiantes de la carrera forestal que cursaron las asignaturas de Mejoramiento Genético Forestal en los períodos Octubre 2 017-febrero 2 018 y abril - agosto 2 018, así como a los estudiantes de silvicultura del período octubre 2 018-febrero 2 019, quienes contribuyeron en la conducción de presente investigación. A la Cooperativa de Mejoramiento Genético GENFORES del Tecnológico de Costa Rica y Departamento de Mejoramiento Genético de la Estación Experimental Bariloche del INTA de Argentina, quienes contribuyeron con recomendaciones para la conducción y análisis en la investigación.

Conflicto de intereses

No existe ningún tipo de conflicto en razón de que la información generada en la investigación es para apoyo de quienes puedan necesitar en beneficio técnico científico.

References

- [1] Rosero, E.1996. Autoecología de la especie Nogal. INEFAN-C.F., Quito, Ecuador. 10 p.
- [2] Mendez, J.M., 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Danida Forest Seed Centre (DFSC) y Proyecto Semillas Forestales (PROSEFOR). Serie técnica. Manual técnico/ CATIE No. 41, 209 pp. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Descargado de <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A4588E/A4588E.PDF> en abril 2017.
- [3] Alberca, N. 2014. Análisis de la efectividad de cinco microsatélites para detectar la diversidad genética de *Juglans neotropica*. Tesis: Ingeniería Bioquímico farmacéutico, Universidad Técnica particular de Loja. 67 p.
- [4] Toro, E. & Roldán, I. 2018. Estado del arte, propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels., en zonas andinas. Revista Madera y Bosques vol. 24, núm. 1, e2411560.
- [5] Ponce, G., D. Morales, 2011. 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 Pregrado, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Técnica del Norte (UTN). Descargado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/823> en marzo 2016.
- [6] Estrada, W. 1997. Manual para la producción de nogal (*Juglans neotropica* Diels). Editorial EDI-U. Ibarra-Ecuador. 47p.
- [7] Fundación desde el Surco. 2006. Factibilidad agroindustrial de la cadena agroproductiva del nogal, *Juglans neotropica* Diels, para un sistema de reforestación productiva.Fondo para la protección del agua, FONAG.
- [8] Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1999. *Juglans neotropica* Diels. Centro agronómico de Costa Rica. Nota técnica sobre semillas forestales Núm.82. Turrialba, Costa Rica. pp. 1-2.

- [9] Advantage Trim & Lumber. 1999. Need just a board: Peruvian walnut. Online. Internet. Disponible en: (<http://www.advantagelumber.com/peruwalnut.htm>)
- [10] Rodríguez M, L 1988. Caracterización anatómica de las maderas de latifoliadas y claves macro y microscópicas para la identificación de 120 especies. Tesis: Ingeniería Forestal Bogotá Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- [11] Grijalva, J.; X. Checa; R. Ramos; P. Barrera; R. Vera; F. Sigcha. 2016. Estado de los recursos genéticos forestales en Ecuador. Programa Nacional de forestería del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. INIAP, Quito. 100 p.
- [12] Armenteras, D., & Rodríguez, N. 2014. Dinámicas y causas de deforestación en bosques de latino américa: una revisión desde 1990. Colombia Forestal, 17(2), 233-246. doi: 10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a07.
- [13] Delgado, R y Torres, R. 1995. Identificación y control de la pudrición radicular del nogal *Juglans neotropica* Diels, con la aplicación de productos orgánicos e inorgánicos. Tesis Ing. Forestal. Ibarra, Ecuador. UTN-FICAYA-EIF. 89 p.
- [14] Wonder, S. 2001. Poverty alleviation and tropical forest-what scope for synergies? World Development 29(11):1817-1833.
- [15] Myers, N. 1986. Tropical deforestation and a megaextinction spasm. En: Soulé, M. E. (Ed). Conservation biology: the science of scarcity and diversity, pp. 394-409. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, Estados Unidos.
- [16] Cornelius, J.; Ugarte, J. Simons, A. 2007. El papel de la domesticación de árboles agroforestales En el "desarrollo con protección ambiental".
- [17] Cornelius, J.; Ugarte, J. 2010. Introducción a la genética y domesticación forestal para la agroforestería y silvicultura. Notas de clases. Lima -- Perú. Centro Mundial para la Agroforestería (ICRAF). 124p.
- [18] Piñeiro, D. 2008. La diversidad genética como un instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios de especies mexicanas, en Capital natural de México, vol. I Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 437-494
- [19] Karp, A. 2000. The new genetic era: will it help us in managing genetic diversity? SAT 21 Meeting, IPGRI, FRIM, Kuala Lumpur, Malasia.
- [20] Juanes, F. Téz, J & García, E. 2007. Reproductive strategies in small populations: using Atlantic salmon as a case study. Ecol. Freshw. Fish. Vol. 16, no. 4, p. 468-475.
- [21] Klug, W., Cummings, M, y Sponcer, C. 2006. Conceptos de Genética. PEARSON, S.A. Madrid.
- [22] Frankhan, R., Ballou, JD. & Briscoe, DA 2002. Introduction to Conservation Genetics. 1ed. Cambridge: Cambridge University Press, 642p.

- [23] Aguirre, N., Mogrovejo P., Ordoñez L. y Hofstede R. 2001a. Identificación y selección de fuentes semilleras de especies Forestales nativas en los bosques andinos del Ecuador. Proyecto EcoPar. Quito, Ec.
- [24] Murillo, O.; Espitia, M. y Castillo, C. 2012. Fuentes Semilleras para la Producción Forestal. 1ª ed. Editorial Domar S.A.S. Bogotá, Colombia. 184 p.
- [25] Murillo, O. y Guevara, V. (2013). Estado de los recursos genéticos forestales de Costa Rica. MINAET/FAO/CONAGEBIO. San José, Costa Rica.
- [26] Octavio López, 2018. Estudios de Economía forestal en el marco de la Misión de Crecimiento Verde en Colombia. Resumen ejecutivo. INFOANDINA, Global Green Growth Institute, Gobierno de Colombia. 30p.
- [27] Ramos, R. 2018, 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. Proyecto de investigación aprobado por el Consejo Politécnico de la ESPOCH. 46p.
- [28] Resende, MD. V. de. 2016. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* - 16: 330-339.
- [29] Espitia, M.; Murillo, O.; Castillo, C. 2016. Ganancia genética esperada en melina (*Gmelina arborea* Roxb.) en Córdoba, (Colombia). *Árvore* 40 (1): 71-80.
- [30] León, N; Murillo, O; Badilla, Y; Ávila, C; Murillo, R. 2017. Expected genetic gain and genotype by environment interaction in almond (*Dipteryx panamensis* Pittier Rec. and Mell in Costa Rica. *Silvae Genetica* (2017) 66, 9-13.
- [31] Quesada, S.; Alfaro C.; Murillo O.; Badilla, Y.; Luján R. 2018. Evaluación del comportamiento de clones de *Tectona grandis* L.f. en suelos vertisoles de la Península de Nicoya, Costa Rica. *Rev. For. Mesoam. Kurú*. 16 (38): 24-34.
- [32] Resende, M.; Oلمان, M; Badilla, Y. 2018. Genética Cuantitativa y Selección en el Mejoramiento Forestal. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 302 pp.
- [33] Martínez, V.; Fallas, L.; Murillo, O.; Badilla, Y. 2016. Potencial de mejoramiento genético en *Dipteryx panamensis* a los 33 meses de edad en San Carlos, Costa Rica. *Rev. For. Mesoam. Kurú* Vol 13 (30): 3-12.