

EVALUACIÓN DE UN ENSAYO DE PROGENIE DE *JUGLANS REGIA* L. EN GALICIA

R. DÍAZ; J. FERNÁNDEZ

Departamento de Producción Forestal. CIFA Lourizán.
Apdo. 127. 36080 Pontevedra.

RESUMEN

En el año 1997 se inició un programa de mejora genética de *Juglans regia* L. en Galicia. Un año después, se estableció un ensayo de progenies de polinización abierta en dos sitios, en el que se incluyeron las progenies de 43 árboles superiores seleccionados en Galicia. El diseño del ensayo fue un diseño de bloques completos al azar. Los resultados del ANOVA muestran altas heredabilidades para la variables altura (0,80 para el sitio 1 y 0,96 para el sitio 2 para la variable altura al final del 2º periodo vegetativo). La ganancia genética esperada si se hace selección dentro de familias es mucho mayor que si se seleccionan familias.

P.C.: Ensayo de progenies, polinización abierta, nogal, ganancia genética, selección de familias, selección dentro de familias.

SUMMARY

In 1997 a *Juglans regia* L. breeding programme was initiated in Galicia. A year latter, an open pollinated progeny test was established at two sites, where progenies of 43 plus trees selected in Galicia were included. The progeny test design was a randomised complete block design. ANOVA results show high heritabilities for height variables (0,80 at site 1 and 0,96 at site 2 for height at the end of the 2nd growing season). Expected genetic gain is much bigger for forward selection than for backward selection.

K.W.: Progeny test, open pollinated, walnut, genetic gain, backward selection, forward selection.

INTRODUCCIÓN

La madera de *Juglans regia* es una de las maderas más preciadas de las especies que crecen en Europa. Hasta hace unos años, no había variedades seleccionadas para madera en el noreste de España pero, en estos últimos años, se ha iniciado un programa de mejora genética de esta especie. Setenta y cuatro árboles superiores han sido seleccionados y actualmente están siendo evaluados en dos ensayos de progenies.

Los objetivos de este trabajo son:

- Obtener la ganancia genética máxima en plantaciones de producción.
- Aumentar la variabilidad genética de las plantaciones de producción para la conservación de recursos genéticos de la especie.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el verano de 1997, se seleccionaron cuarenta y tres árboles superiores y dos controles en Galicia. En el primer ensayo de progenie, establecido a principios de 1988, se incluyeron las progenies de todos ellos. En el verano de 1998, se seleccionaron otros treinta y un árboles superiores y un control en Asturias y León. En el segundo ensayo de progenie, establecido a principios de 1999, sólo se incluyeron 24 de los 74 árboles superiores y dos de los tres controles. Una mala fructificación fue la causa de este bajo número de progenies recogidas en 1998. En este estudio se analiza el primer ensayo de progenies (Figura 1).

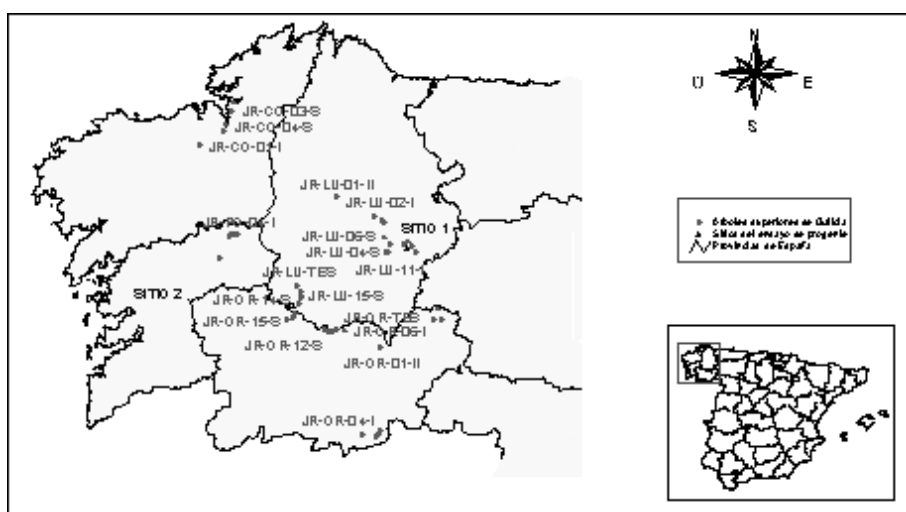


Figura 1: Mapa de localización de los árboles superiores de Galicia y de los dos sitios del primer ensayo de progenie.

El diseño experimental seleccionado para el primer ensayo de progenies fue un diseño de bloques completos al azar, con dos sitios, cuatro bloques por sitio, diez subbloques por bloque y una repetición de cada progenie en cada subbloque. Debido a la mala fructificación y a la baja germinación de las semillas, se tuvo que realizar una variante de este diseño, por lo que hay subbloques que no tienen ninguna repetición de algunas progenies. El ensayo de progenies fue plantado en dos sitios para estudiar la interacción genotipo*ambiente.

Las condiciones climáticas y edáficas de los dos sitios se muestran en la Tabla 1. El sitio 2 se encuentra próximo a la costa, a 87 m. de altitud, presentando clima oceánico, mientras que el sitio 1 se halla en el interior de Galicia, a 750 m. de altitud, con un clima más continental. En el sitio 2 hay presencia de *Xanthomonas campestris* y *Phytophthora cinnamomi*.

Tabla 1: Localización y condiciones climáticas y edáficas del primer ensayo de progenie

Sitio	Lugar	Altitud (m.)	Exposición (%)	Pte. (%)	Precipitación Total (mm.)	Temperatura Media Anual (°C)	Nº de días de helada	Clima (Allue)	pH	Textura del suelo
1	As Nogais - Lugo	750	NE	10	1408,5	10,15	83,3	VI(V)-VI	5,4	Arenolimoso
2	Pontevedra - Pontevedra	87	NW	14	1643,6	14,47	14,4	VI(V)	5,02	Arenoso

(1)Clima (ALLUE 1990): VI- Bosque nemoral típico; VI(V)- Bosque típico nemorolauroide oceánico de planocaducifolia obligada.

En el ensayo se midieron, entre otros, los siguientes caracteres: germinación, supervivencia al final del segundo periodo de crecimiento, altura (cm.) al final del primer y segundo periodo de crecimiento.

Se han realizado análisis de varianza (proc GLM-SAS) para las variables de altura. Los modelos empleados para dichas variables han sido:

- Para realizar análisis conjuntos:

$$X_{ijkl} = \mu + P_i + S_j + B(S)_{k(j)} + P*S_{ij} + P*B(S)_{ik(j)} + \varepsilon_{l(i,j,k)}$$

- Para analizar cada sitio por separado:

$$X_{ij} = \mu + P_i + B_j + P*B_{ij} + \varepsilon_{k(i,j)}$$

Para estimar los componentes de la varianza se consideraron los factores del modelo al azar.

La heredabilidad individual se calculó según la fórmula (FALCONER 1989):

$$h_i = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_p^2} = \frac{4 * \sigma_f^2}{\sigma_p^2}$$

donde:

σ_A^2 : Varianza genética aditiva.

σ_f^2 : Varianza debida a la familia (progenie).

σ_p^2 : Varianza fenotípica individual.

También se ha comparado la ganancia genética obtenida por los métodos de selección de familias (backward selection) y dentro de familias (forward selection). En la selección de familias se selecciona el árbol superior en base a su progenie y en la selección dentro de familias se escogen los mejores individuos de la familia formada por el árbol superior y su progenie (RUOTSALAINEN, S. & LINDGREN, D. 1998). Las fórmulas de la ganancia genética son según FALCONER (1989):

➤ Para la selección de familias:

$$h_s^2 = h_i^2 * \frac{n * r}{1 + (n - 1) * t} \quad R_s = i_s * \sigma_p * h_i^2 * \frac{n * r}{\sqrt{n * [1 + (n - 1) * t]}}$$

➤ Y para la selección dentro de familias:

$$R_w = i_w * \sigma_p * h_i^2 * (1 - r) * \sqrt{\frac{(n - 1)}{n * (1 - t)}} \quad h_w^2 = h_i^2 * \frac{(1 - r)}{(1 - t)}$$

Donde:

i: Intensidad de selección.

h_i^2 : Heredabilidad individual.

r: Coeficiente de parentesco. Para half-sib, $r=1/4$ (Falconer, 1989).

t: Correlación intraclase.

n: Número de individuos por familia.

Para realizar la comparación de los métodos de ganancia se ha hecho la suposición de que se va a instalar un huerto en una superficie de 2 ha. a un marco de 10*10 m., por lo se plantarán un total de 200 individuos. Se ha considerado para el caso de la selección de los mejores árboles superiores que se iba a seleccionar el 50% de los mismos (por lo que $i_s=0,8$), es decir 21 árboles superiores con 9 repeticiones. En el caso de la selección dentro de familias, al ser 43 familias se seleccionarán los 4 mejores individuos de cada familia (por lo que $i_w=1,7$).

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El porcentaje de germinación de las nueces recolectadas en 1997 de los árboles superiores fue

51%. El mayor porcentaje de germinación lo tuvo JRLU11 I (93,3%) y el más bajo JROR14 S (13,1%). La estadística básica de la supervivencia al final del segundo periodo vegetativo y la altura al final del primer y segundo periodo vegetativo se muestran en la Tabla 2. La supervivencia media del ensayo de progenie fue 68%, siendo en el sitio 1 del 92% y en el sitio 2 del 46%. Esta gran diferencia de la supervivencia entre sitios es debida, principalmente, a la mortalidad causada por el hongo *Phytophthora cinnamomi*, que se halla presente en el sitio 2. La altura media total al final del primer periodo vegetativo fue de 13,89 cm., siendo 15,95 cm. en el sitio 1 y 11,62 en el sitio 2. La diferencia entre sitios para este carácter no es muy alta debido a que los nogales fueron plantados en los dos sitios en julio, por lo que el efecto sitio es bajo ese año. La altura media total al final del segundo periodo vegetativo fue de 42,05 cm., variando entre 4 y 178 cm. En el sitio 1 la media fue de 51,06 cm., con un máximo de 178 y un mínimo de 4 cm., y en el sitio 2 se tuvo un valor medio de 24,77cm., con un rango que variaba entre 5 y 122 cm. Las diferencias de los valores obtenidos para este carácter en los dos sitios son altas. Esto es debido a que el sitio 1 tiene mejores condiciones edáficas y, además, no hay presencia en este vivero de *Xanthomonas campestris* ni *Phytophthora cinnamomi*.

Tabla 2: Estadística básica de las variables altura al final del primer y segundo periodo vegetativo.

SITIO		Supervivencia al final del 1 ^{er} periodo veg.	Altura al final del 1 ^{er} periodo veg. (cm.)	Altura al final del 2 ^o periodo veg. (cm.)
DOS SITIOS	N	2647	2316	1812
	MEDIA	0,68	13,89	42,05
	MAX	1	59	178
	MIN	0	1	4
	STD	0,47	6,79	25,80
SITIO 1	N	1291	1217	1191
	MEDIA	0,92	15,95	51,06
	MAX	1	45,8	178
	MIN	0	2,8	4
	STD	0,27	6,70	26,70
SITIO 2	N	1356	1099	621
	MEDIA	0,46	11,62	24,77
	MAX	1	59	122
	MIN	0	1	5
	STD	0,50	6,13	11,00

Los resultados del ANOVA conjunto de los dos sitios para la variable altura total al final del primer y segundo periodo vegetativo se muestran en la Tabla 3. Los valores de la heredabilidad individual (h_i^2) en ambos casos son altos, pero son mucho menores al final del segundo periodo vegetativo. Esto podría ser debido a efectos maternos en el crecimiento del primer año. Las interacciones genotipo*ambiente son significativas los dos años, aumentando ligeramente el segundo pero, a pesar de ello, no son demasiado importantes, pues representan el 0,77 y 2,53% de la varianza total el primer y segundo año, respectivamente.

Tabla 3: ANOVA conjunto de los dos sitios para la altura al final del primer y segundo periodo vegetativo.

FACTOR	ALTURA 1 ^{ER} PER. VEG.			ALTURA 2 ^O PER. VEG.		
	S. C.	Valor de F	% σ_T^2	S. C.	Valor de F	% σ_T^2
Progenie	25257,35	21,10***	25,1	114932,37	7,13***	8,22
Sitio	7363,83	258,37***	18,9	168714,44	439,35***	41,04
Bloque(Sitio)	512,02	2,25*	0,4	11194,69	3,64***	1,34
Progenie*Sitio	1862,47	1,56*	0,77	28801,27	1,79**	2,53
Progenie*Bloque(Sitio)	10484,87	1,31***	2,74	88963,25	0,87 ns	0
Error	53125,44		52,09	537618,52		46,86
σ_p^2	54,71			819,35		
h_i^2	1			0,32		

Los resultados del ANOVA sitio a sitio para la variable altura total al final del segundo periodo vegetativo se muestran en la Tabla 4. Las varianzas debidas a la progenie son similares en ambos sitios, teniendo un valor alto, lo que hace que las heredabilidades también sean altas, siendo 0,80 y 0,96 para el sitio 1 y 2, respectivamente.

Tabla 4: ANOVA para cada sitio de la altura al final del segundo periodo vegetativo.

FACTOR	SITIO 1			SITIO 2		
	S. C.	Valor de F	% σ_T^2	S. C.	Valor de F	% σ_T^2
Progenie	179575,1	7,95***	20,04	21503,04	5,94***	24,02
Bloque	39530,14	24,51***	9,61	1947,4	7,53***	3,86
Progenie*Bloque	63445,3	0,95 ns	0	14616,42	1,46**	8,29
Error	486434,21		70,35	37685,13		63,83
σ_p^2	764,03			135,1		
h_i^2	0,8			0,96		

Las ganancias genéticas obtenidas para el método de selección de familias y dentro de familias se muestran en la Tabla 5. Las heredabilidades familiares (h_s^2) son 0,88 y 0,92 y las de dentro de familias (h_w^2) son 0,75 y 0,95 en los sitios 1 y 2, respectivamente. La ganancia genética de la selección de familias (R_s) en el sitio 1 es 38,86% y 36,53% en el sitio 2, y la ganancia dentro de familias (R_w) es de 60,12% en el sitio 1 y 63,4% en el sitio 2. Así pues, la ganancia genética obtenida si se selecciona dentro de familias en el caso supuesto es mayor que si se hace selección familiar y, además, con ella se conserva una mayor diversidad genética.

Tabla 5: Ganancia genética obtenida para la selección de familias y dentro de familias

	SITIO 1	SITIO 2
h_s^2	0,88	0,92
h_w^2	0,75	0,95
R_s (%)	38,86	36,53
R_w (%)	60,12	63,4

BIBLIOGRAFÍA

- ALLUE ANDRADE, J. L.; (1990). *Atlas Fitoclimático de España. Taxonomías*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid. 221 p.
- FALCONER, D. S.; (1989). *Introduction to Quantitative Genetics*. Longman Scientific & Technical. 438 p.
- RUOTSALAINEN, S. AND LINDGREN, D.; (1998). *Predicting Genetic Gain of Backward and Forward Selection in Forest Tree Breeding*. *Silvae Genetica* 47(1): 42-50.