

CARACTERES DE SELECCIÓN EN CAMPO DE CLONES DE CASTAÑO HÍBRIDO (*CASTANEA CRENATA* x *CASTANEA SATIVA*) PARA LA PRODUCCIÓN DE MADERA

Josefa Fernández-López, María Eugenia Miranda-Fontañina y Pilar Furonés Pérez

Centro de Investigacións Ambientais. CINAM-Lourizán. Xunta de Galicia. Apdo. 127. 36080-PONTEVEDRA (España). Correo electrónico: ffinna.cifal@siam-cma.org

Resumen

Los caracteres de selección de materiales de reproducción deben tener interés para la finalidad de uso y estar sujetos a un control genético significativo. Además, para la obtención de ganancia simultánea en varios caracteres, se han de considerar los valores de las correlaciones genéticas entre ellos. Otra cuestión de interés para ahorrar tiempo es la realización de selecciones tempranas. La selección temprana se puede realizar si se ha demostrado previamente la existencia de correlación juvenil-adulto elevada para ese carácter. Variables relacionadas con el vigor, dominancia apical, rectitud de fustes, supervivencia y brotación se estudiaron en una serie de ensayos clonales con edades comprendidas entre 1 y 13 años. La heredabilidad de diferentes caracteres analizados en orden decreciente fue: fechas de brotación > altura total > rectitud > dominancia apical > supervivencia. La correlación del vigor con calidad de fuste es significativa y positiva, aunque en algunos casos el valor de la correlación es moderada o baja, indicando que es aconsejable realizar selección separada para cada uno de los caracteres. La correlación juvenil-adulto para crecimiento en altura es muy elevada y se mantiene estable a partir de los 4 a 5 años de edad, por lo que se puede realizar selección temprana por vigor.

Palabras clave: *Castaña*, *Clon*, *Heredabilidad*, *Híbrido*, *Correlación genética*

INTRODUCCION

El castaño crece muy bien en suelos ácidos de áreas del Sur de Europa con período de sequía estival inferior a tres meses. Se utiliza en plantaciones orientadas a la producción de madera, de castaña o de doble aptitud maderacastaña. El castaño europeo, *Castanea sativa*, es muy sensible a *Phytophthora* sp. por lo que la hibridación inter-específica de *Castanea sativa* y *Castanea crenata* fue utilizada entre 1945 y 1960 para la obtención de materiales resistentes

a este patógeno (URQUIJO, 1957; VIÉITEZ, 1966). Un total de 177 clones procedentes de esas selecciones se conservaron en el Núcleo de Propagación del CINAM-Lourizán, que fue instalado entre 1994 y 1996. A partir de 1989 se desarrolló un esquema de manejo de materiales clonales (FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 1993, 1995), un protocolo de identificación de clones (FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 1992a) y de propagación clonal por cultivo in vitro y estaquillado semileñoso (FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 1992b; MIRANDA-FONTAÑINA Y FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1992,

1995, 2001, 2005). Unos 20 de estos clones se propagan desde hace varias décadas en viveros comerciales gallegos para su utilización en repoblaciones forestales en Galicia.

El Real Decreto 289/2003 (M.A.P.A., 2003) regula la comercialización de los materiales forestales de reproducción de castaño híbrido. En el caso de castaño se entiende como 'material forestal de reproducción' el seleccionado para utilizar en plantaciones de conservación de ecosistemas o de conservación de la diversidad, así como en plantaciones destinadas a la producción de madera. Los materiales de reproducción cuyo objetivo es la producción de castaño para el consumo por personas no está regulada por el RD 289/2003, sino por el Reglamento Técnico de Control y Certificación de Frutales, el RD 250/2006 (M.A.P.A., 2006). Cuando el objetivo de las selecciones es la doble aptitud (maderacastaña) se considerarán ambos decretos por separado. El RD 289/2003 establece que los materiales de reproducción, cuando se multipliquen vegetativamente a partir de material de base clonal, procedente de selección individual, solo podrán comercializarse si han sido autorizados como materiales de base de las categorías cualificado o controlados. La utilización de clones en el caso de castaño se justifica en plantaciones cuyo objetivo prioritario es la producción. En consecuencia los clones candidatos deben evaluarse en plantaciones o ensayos con el objetivo de seleccionar por caracteres relevantes para la producción de madera, por resistencia a patógenos y por adaptación a las condiciones de plantación. Los principales caracteres de selección de materiales de reproducción de castaño para la producción de madera son el vigor, la rectitud de los troncos, la dominancia apical, la ramosidad, la formación de duramen, la presencia de acebolladura y el valor estético de la madera. Otros caracteres importantes son la resistencia a *Phytophthora* sp. y a *Chryphonectria parasitica* y caracteres adaptativos como las fechas de brotación o la resistencia a la sequía.

Los caracteres a utilizar en selección, además de ser relevantes para la finalidad de la selección, deben estar sujetos a un control genético significativo. Además, en el caso de utilizar selecciones tempranas, debe demostrarse la

correlación juvenil-adulto para los caracteres de selección. La red de ensayos clonales establecida por el Centro de Investigaciones Ambientales de Lourizán en Galicia ha sido utilizada con los siguientes objetivos: i) determinar el control genético del vigor, de caracteres relacionados con la calidad de los fustes y de caracteres adaptativos como supervivencia y fenología de la brotación, ii) estimar la correlación entre diferentes caracteres de selección y, iii) estimar la correlación juvenil adulto en caracteres de vigor.

MATERIALES Y METODOS

Los clones incluidos en la red de ensayos son híbridos de *C. crenata* x *C. sativa* de diferentes clases genealógicas (F₁ a F₃). Se analizaron 20 ensayos clonales, de los cuales cuatro fueron propagados por acodo, seis fueron propagados por micropropagación y diez por estaquillado semileñoso. Gran parte de los ensayos están situados en la Galicia Atlántica en condiciones de elevada pluviometría y escasa o nula sequía estival, así como reducido peligro de heladas de primavera. Sólo dos ensayos situados en el interior de Galicia se sitúan en condiciones de sequía estival de hasta tres meses. Los ensayos tienen un diseño de bloques completos al azar, con un número de clones que varía entre nueve y 80 clones por sitio, siendo el número medio de clones por sitio de ensayo de 35. El tamaño de la parcela elemental y el número de bloques en cada sitio de ensayo varían: 16 parcelas de ensayo están constituidas por parcelas mono-árbol, con un número de bloques que varía entre 10 y 40, mientras que cuatro parcelas de ensayo tienen entre cinco y 10 árboles por parcela elemental y tres bloques.

Las variables registradas fueron la altura total y el diámetro normal o bien el diámetro en el cuello de la raíz, la dominancia apical (es el número de ramas que compiten con el fuste), la rectitud del fuste, registrada como variable categórica (1 = recto, 2 = arqueado con un curva, 3 = sinuoso con dos o mas curvas), la supervivencia registrada como variable binaria (0 = muerta, 1 = viva) y las fechas de brotación, variable categórica registrada utilizando una escala de ocho estadios. Las variables relacionadas con el

vigor, la dominancia apical, la rectitud del fuste y la supervivencia fueron medidas o evaluadas a edades desde la plantación de hasta 13 años (dos ensayos), 11 años (tres ensayos), ocho años (tres ensayos), siete años (un ensayo), tres años (cuatro ensayos), dos años (cuatro ensayos) y un año (tres ensayos). La brotación se evaluó en ocho ensayos de edades 11 años (un ensayo), siete años (un ensayo), tres años (un ensayo), dos años (cuatro ensayos) y un año (un ensayo).

Para estudiar el control genético de cada uno de los caracteres se analizó cada uno de los ensayos con el modelo siguiente:

$$X_{ijk} = \mu + C_i + B_j + \varepsilon_{k(ij)}$$

Donde C es el factor Clon (i es el número de clones incluidos en un ensayo), B es el factor Bloque (j es el número de bloques) y ε es el error experimental que incluye la variación entre los *ramet* del mismo clon. Para el análisis de varianza y cálculo de componentes de la varianza se aplicó la opción RANDOM de GLM de SAS y se consideró aleatorio el factor clon. Si los resultados del ANOVA indican que hay diferencias significativas entre clones se calcularon los componentes de la varianza y se estimó la heredabilidad clonal (H^2_c) como:

$$H^2_c = \frac{\sigma^2_c}{\left(\sigma^2_c + \frac{\sigma^2_e}{k}\right)}$$

Donde σ^2_c , es la varianza entre clones y σ^2_e es la varianza del error, que estima fundamentalmente la variación dentro de clones. El término k es el número promedio de réplicas por clon.

Las correlaciones genéticas tipo A fueron estimadas para estudiar la correlación de diferentes variables medidas en el mismo ensayo y en la misma planta. La correlación genética entre dos caracteres (x e y) (r_{Cxy}) se obtiene dividiendo la covarianza genética (Cov_{Cxy}) por el producto de las desviaciones genéticas estándar:

$$r_{Cxy} = \frac{Cov_{Cxy}}{(\sigma^2_{C_x} \sigma^2_{C_y})^{1/2}}$$

Un caso concreto de la correlación genética es la correlación juvenil-adulto, muy importante para realizar selección temprana y obtener resultados fiables con ensayos jóvenes. Los valores elevados de correlación genética juvenil-adulto, por ejemplo los valores superiores a 0,70 indi-

can que los errores cometidos en la selección temprana para obtener ganancias a la edad del turno son reducidas. En este caso se han estudiado las correlaciones entre la variable evaluada a la edad mas avanzada y la misma variable a la edad 1, 3, etc. años.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre las variables analizadas, la sujeta a mayor control genético fue la brotación seguida de la altura total, rectitud, dominancia apical y finalmente la supervivencia. La clasificación de las variables por su control genético para el conjunto de los ANOVAS de todas las parcelas a diferentes edades fue (entre paréntesis el valor medio de la heredabilidad clonal de los 20 ensayos): Brotación (0,73) > Altura (0,65) > Rectitud (0,54) > Dominancia apical (0,45) > Supervivencia (0,39). Las evaluaciones de altura en los ensayos juveniles realizados en vivero presentaron heredabilidades superiores a las de los ensayos en campo, por lo que la evaluación temprana en vivero del vigor podría ser eficaz para aumentar la ganancia por unidad de tiempo. Conviene estudiar la correlación juvenil-adulto entre vivero y ensayos en campo a edad adulta. El menor valor de la heredabilidad de la supervivencia se podría deber a que es una variable resultado de varios caracteres diferentes entre los que se podrían encontrar la resistencia a *Phytophthora* sp., la calidad exterior de la planta o la adaptación a diversas condiciones ambientales. En programas de selvicultura clonal, la aptitud al enraizamiento juega un papel importante en el comportamiento de los genotipos. En este caso se han estado utilizando tres métodos de propagación que influyen de forma diferente en la calidad exterior de las plantas, no solo en el sistema radical sino también en la ramosidad. El aclarar estas cuestiones se deja para análisis posteriores. Otro factor que influye mucho en el comportamiento de los clones es el estado de maduración del ortet utilizado para la instalación del clon. La juvenilidad o maduración del propágulo inicial puede modificar completamente el comportamiento del clon. Algunos de los clones incluidos en la presente evaluación fueron árboles seleccionados por su vigor, con-

formación de fustes y competitividad en espesura, en una plantación de híbridos de 25 años. Estos árboles fueron instalados en el Núcleo de Propagación a partir de púas recogidas de sus copas, injertados en cepas y posteriormente clonados por acodo. Ninguno de estos clones propagados a partir de propágulos tomados de ramas de las copas de árboles de más de 25 años resultó seleccionado en los ensayos comparativos. Este resultado indica que probablemente es necesario el rejuvenecimiento de los *ortet* mediante recepado u otros métodos.

Los valores de las correlaciones genéticas entre altura-diámetro y altura-volumen fueron muy elevadas con valores cercanos a uno, salvo en contadas ocasiones. Considerando que la altura es una variable con mayor heredabilidad que el diámetro y el volumen (datos no aportados) desde edades más tempranas, hemos elegido la altura como variable de selección para el carácter vigor. Las correlaciones genéticas entre la altura y las variables de rectitud y dominancia apical fueron significativas pero con valores muy variables. En gran parte de los ensayos estas correlaciones fueron muy elevadas ($>-0,7$) y en otros fueron de moderadas a bajas ($-0,30$ a $-0,20$). El signo negativo de estas últimas correlaciones se debe a la forma en la que se definieron las variables dominancia apical y rectitud, pues las categorías más favorables, mayor dominancia apical y mayor rectitud adoptan el valor uno, mientras que las categorías más desfavorables adoptan valores más elevados. Esto indica que, en general, al seleccionar por crecimiento en altura seleccionamos por mayor dominancia apical y rectitud, pero hay ensayos en los que se conseguirían pocas ganancias por este método. En consecuencia para realizar mejora por calidad de fuste debe hacerse selección directa en ensayos de edad superior a los cinco años.

La evolución de la heredabilidad de la variable altura mostró en general una tendencia decreciente, especialmente en las parcelas de mayor edad. En estas parcelas se dan dos condiciones que podrían explicar la decreciente heredabilidad. Son parcelas instaladas con plantas obtenidas por acodo bajo, plantas que normalmente tienen un sistema radical deficiente. La altura inicial está determinada fundamentalmente por el vigor de las cepas y el incremento de

altura al principio debe estar condicionada por la capacidad de enraizamiento con el sistema de acodo. Por otro lado, estas parcelas han alcanzado la espesura completa hace tiempo y es posible que en estas condiciones tiendan a igualarse las alturas totales. Las líneas de tendencia de la evolución de las correlaciones genéticas juvenil-adulto, indicaron que la correlación se estabiliza a partir de los dos a cuatro años de edad. Se puede concluir que se puede realizar selección por altura en ensayos jóvenes de menos de cuatro años, pero considerando que en algunos ensayos la correlación fue moderada, las selecciones tempranas realizadas antes de los cuatro años se deben considerar provisionales.

La resistencia a *Phytophthora* sp. se ha estudiado en otros ensayos de inoculación (FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2001; MIRANDA-FONTAÑA et al., 2007). El estudio de la correlación entre supervivencia en los ensayos en campo y la resistencia a *Phytophthora* sp. en ensayos de inoculación en la etapa juvenil merece un análisis adicional. Los caracteres de vigor, conformación de fuste y supervivencia se utilizaron, junto a las evaluaciones de resistencia a *Phytophthora* sp. para evaluar las características de la colección de clones híbridos del Centro de Lourizán y solicitar la aprobación de 32 clones para la producción de madera como materiales de base de las categorías cualificado o controlado (CONSELLERÍA DO MEDIO RURAL, 2007).

Agradecimientos

La evaluación de ensayos se realizó dentro de los objetivos del proyecto RTA04-152 del programa nacional de investigación agraria, titulado "Selección clonal de castaño, cerezo y nogal para la producción de madera". La red de ensayos clonales se sostuvo desde 2001 con fondos del Plan de Mejora Genética Forestal para Galicia (FEOGA/Xunta de Galicia).

BIBLIOGRAFÍA

M.A.P.A.; 2003. Real Decreto 289/2003 de 7 de marzo, sobre comercialización de los mate-

- riales forestales de reproducción. *BOE* 58, de 8 de marzo de 2003.
- M.A.P.A.; 2006. Real Decreto 250/2006, de 3 de Marzo, por el que se modifica el Real Decreto 929/1995, de 9 de Junio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de control y certificación de plantas de vivero frutales. *BOE* 28, de Marzo de 2006.
- CONSELLERÍA DO MEDIO RURAL; 2007. Orde do 16 de Abril de 2007 pola que se aproba a delimitación dos materiais de base para a produción de materiais forestais de reproducción de híbridos artificiais de *Castanea* spp. no territorio da Comunidade Autónoma de Galicia, Xunta de Galicia. *DOG* 77, de 20 de Abril de 2007.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PEREIRA-LORENZO, S. & MIRANDA-FONTAÍÑA, E.; 1992a. Isozymes in the management of a Foundation Stock of chestnut hybrid clones. *Inv. Agrar.; Sist. Rec. For.* fuera de serie, 4: 131-136.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PEREIRA-LORENZO, S. & MIRANDA-FONTAÍÑA, E.; 1992b. Fog and substrate conditions for chestnut propagation by leafy cuttings. *In: Proceedings Mass Production Technology for Genetically Improved fast growing forest tree species I*: 379-383. AFOCEL/IUFRO. Bordeaux.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PEREIRA-LORENZO, S. & MIRANDA-FONTAÍÑA, E.; 1993. Selección, identificación y esquema de producción de clones híbridos de *Castanea sativa* y *C. crenata* para la producción de madera o fruto. *En: F.J. Silva-Pando y G. Vega Alonso (eds.), Actas del I Congreso Forestal Español-Lourizán 1993*: 95-100. Gráficas Grapor. Vigo.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; MIRANDA-FONTAÍÑA, M.E. & PEREIRA-LORENZO, S.; 1995. Esquema de producción de materiales clonales forestales y frutales de castaño híbrido (*Castanea crenata* Sieb et Zucc x *C. sativa* Mill) *ITEA* 91V-2.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; VAZQUEZ-RUIZ-DE-OCENDA, R.; DÍAZ-VÁZQUEZ, R. & PEREIRA-LORENZO, S.; 2001. Evaluation of resistance of *Castanea* clones to *Phytophthora* sp. using excised chestnut shoots. *For. Snow Lands. Res.* 76(3): 451-454.
- MIRANDA-FONTAÍÑA, M.E. & FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; 1992. Micropropagation of chestnut tree. In vivo establishment and post-propagation growth. *In: Symposium Proceedings Mass Production Technology for Genetically Improved fast growing forest tree species I*: 421-426. AFOCEL/IUFRO. Bordeaux.
- MIRANDA-FONTAÍÑA, M.E. & FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; 1995. Aclimatación, cultivo en vivero y calidad de planta de castaños micropropagados. *ITEA* 91(3): 149-156.
- MIRANDA-FONTAÍÑA, M.E. & FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; 2001. Genotypic and Environmental variation of *Castanea crenata* x *C. sativa* clones in aptitude to micropropagation. *Silvae Genet.* 50(3/4): 153-162.
- MIRANDA-FONTAÍÑA, M.E. & FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; 2005. Effect of genotype on micropropagation and post-propagation growth of 35 commercial clones of *Castanea* sp. *Acta Hort.* 693: 313-320.
- MIRANDA-FONTAÍÑA, M.E.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; VETTRAINO, A.M. & VANNINI, A.; 2007. Resistance of *Castanea* Clones to *Phytophthora cinamomii*: testing and Genetic control. *Silvae Genet.* 56(1): 11-21.
- VIÉITEZ, E.; 1966. Resistencia a *Phytophthora cambivora* y *P. cinnamomi* de algunas variedades de castaños. *Anales I.F.I.E.* I: 61-74.
- URQUIJO, P.; 1957. La regeneración del castaño. *Bol. Pat. Veg. Entomol. Agr.* XXII: 217-232.