

INFLUENCIA DE LA CALIDAD DE PLANTA SOBRE EL ESTABLECIMIENTO Y CRECIMIENTO DE CLONES DE CASTAÑO HÍBRIDO

Ana Belén Casaleiro González, Verónica Asensio Fandiño, Sara Alonso Louro y Javier Montalvo Rodríguez

Laboratorio de Ecología Aplicada, Universidad de Vigo. 36310-VIGO. (Pontevedra, España). Correo electrónico: anabelen@uvigo.es

Resumen

Tras un ensayo de campo se demuestra la alta supervivencia (92-97%) de plantas de diferentes clones de castaño híbrido con un tamaño de 0,5-2,5 m y sin cepellón, y la viabilidad del establecimiento sin parte aérea y con un tamaño superior en una plantación piloto realizada en Galicia. Existen diferencias interclonales (calidad genética de las plantas) en el crecimiento relativo primavera en altura, que fue del 10% en los clones 324, 7810 y 90044 y superior al del clon 125. Es una nueva información para los clones 324 y 125. También existen diferencias en la resistencia al estrés abiótico estival, siendo más susceptible el clon 125. Un ensayo en vivero manifestó la ausencia de efectos de fertilización en plantas de 20-25 cm y diferencias en la tasa de crecimiento de biomasa: 111-1>2671>>(7521=H-S). Es la primera información disponible sobre el clon 2671 que, junto con el 111-1, puede crecer el doble que los otros en condiciones ambientales favorables.

Palabras clave: *Estrés abiótico, Fertilización, Galicia, Recegado, Restauración*

INTRODUCCIÓN

La diversificación de la producción forestal en Galicia, y el fomento de las plantaciones de especies frondosas caducifolias (PFC) de maderas nobles, es muy necesaria en Galicia por sus aptitudes climáticas y por la creciente demanda industrial de maderas de alta calidad. Este interés es compatible con la multifuncionalidad de los montes gallegos y, más en concreto, con la conservación, restauración y explotación sostenible de los ecosistemas forestales. En este contexto, el castaño es una especie estratégica y así ha sido considerado por la empresa Maderas Nobles de la Sierra del Segura, que ha establecido una PFC piloto dominada por esta especie ubicada en Pontevedra.

La calidad de la planta es un factor determinante del éxito de los proyectos de reforestación (VILLAR, 2003), siendo la calidad genética muy relevante en el caso de plantaciones de castaño. En ciertas localidades, usar material híbrido es esencial, por su resistencia a la tinta, enfermedad que diezmo las poblaciones de castaño autóctono en el siglo XIX (FERNÁNDEZ DE ANA-MAGÁN *et al.* 1998; VIÉITEZ *et al.* 1999). Existen numerosos clones de castaño obtenidos por hibridación artificial desde hace más de cuatro décadas, y la selección fenotípica de castaño autóctono resistente a la tinta continúa en la actualidad (FERNÁNDEZ *et al.* 1995, 2006; RODRÍGUEZ, 2005). En abril de 2007 la Xunta de Galicia delimitó 16 clones de castaño híbrido de la categoría cualificado y 16 de la categoría controlado, requi-

sito indispensable para su producción y comercialización, y útil para utilización en PFC. Hasta ahora el uso de clones se ha realizado con un conocimiento muy limitado sobre sus aptitudes, en particular de su capacidad de crecimiento y adaptación para cultivo en monte (RODRÍGUEZ, 2005; FERNÁNDEZ et al. 2006). Es urgente disponer de conocimientos empíricos sobre estos clones para minimizar la incertidumbre y aplicar los criterios de calidad genética y comportamiento en el campo para orientar su producción, uso y el diseño de las PFC, y para optimizar la producción maderera de estos ecosistemas.

El objetivo de este trabajo es conocer la variabilidad en las aptitudes de establecimiento y crecimiento de algunos clones de castaño híbrido. La hipótesis de trabajo es que las diferencias genéticas interclonales se expresan en aptitudes fenotípicas tanto en vivero como en campo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado un ensayo de vivero y un ensayo de campo con clones de castaño híbrido (*Castanea crenata* x *C. sativa*). El ensayo en vivero se realizó con plantas cultivadas en contenedor y con riego, en la parcela de investigación del campus de la Universidad de Vigo. Se consideraron cuatro clones híbridos artificiales: H-S, 7521, 111-1 y 2671 (los tres primeros de la categoría controlado y el último cualificado). Las plantas, procedentes de propagación por cultivo in vitro por la empresa Cultigar, se suministraron con cepellón (bandeja forestal) y altura 20-25 cm. En la primera quincena de agosto de 2006 se plantaron en contenedor con un volumen de 50 cm³ con mezcla de turba rubia (textura media y pH: 4-5) y arena en proporción 2:1. Se mantuvieron con un riego frecuente mediante microdifusores. Se utilizó un diseño experimental factorial con dos dosis (25 y 50 g/planta) de fertilizante (abono inorgánico de liberación lenta N:P:K 14:6:14) y un control. Por lo tanto, 12 tratamientos (4 clones x 3 dosis de fertilizante) que se dispusieron debidamente replicados y con una distribución en bloques completamente aleatorizados, con tres bloques por tratamiento y 288 plantas en total; es decir, 72 plantas de lotes homogéneos de cada clon (8 plantas por trata-

miento y bloque). Se utilizaron siete plantas de cada clon para la determinación inicial de número de hojas, biomasa foliar, del tallo, aérea, radicular y total, y longitud de raíz. A los tres meses del transplante, se utilizaron cuatro plantas por bloque de cada tratamiento para la determinación de la tasa de crecimiento relativo en cada variable (X) así $TCR = (X_t - X_0) \cdot 100 / X_0$.

El ensayo de campo se localiza en una plantación piloto de especies frondosas caducifolias en la sierra de Galiñeiro (Gondomar, Pontevedra, a 4 km del ensayo de vivero y una altitud de 450 m). Se ha realizado un seguimiento en condiciones naturales de monte de nueve clones plantados en febrero de 2007. De estos nueve clones, ocho fueron producidos por acodo bajo en el vivero de A Falmega de la Xunta de Galicia y suministrados a raíz desnuda. Cuatro clones con altura 0,5-2,5 m (7810, 324, 90044 y 125, con categoría cualificados); y cuatro con una altura de 2-5 m (7521, 111-1, 2671 y 2; este último aún no está autorizado como material base de reproducción). También se utilizó el clon H-S, con el mismo origen y características del usado en el ensayo de vivero. Parte de los árboles más grandes se plantaron y receparon (eliminación de parte aérea). Se midió la altura inicial (X_0) de un número variable de plantas de cada clon (Tabla 1). A los tres meses de la plantación, se evaluó la supervivencia y el crecimiento primaveral en altura (X_t) de estos clones, estimando el incremento absoluto en monte ($X_t - X_0$), y la tasa relativa de la misma forma que los atributos morfológicos del ensayo de vivero. Además, para los barbados (0,5-2,5 m de altura inicial) se ha examinado la influencia de las condiciones microclimáticas en un gradiente ambiental potencial definido por los rebrotes de eucalipto en un experimento paralelo (ALONSO et al., 2007) con tres tipos de dosel vegetal: alto (1,5-2 m), bajo (0,5-1 m) y sin dosel. En verano y en horas críticas (12 a 16 h), con el tratamiento sin dosel la radiación es unos 60 W.m² mayor que con dosel alto, y es también mayor el déficit de presión de vapor de agua en el aire circundante (ALONSO et al., 2007). Además de evaluar la tasa de crecimiento en altura, a finales de septiembre de 2007 se estimó la supervivencia, el grado medio de estrés (mediante una escala ordinal de cinco clases que combina síntomas visibles como clorosis, necrosis, defoliación y marchitez irre-

versible) y la frecuencia relativa de estrés (proporción de árboles con estrés alto o muertos).

Se realizaron análisis estadísticos ANOVA y de comparación de medias mediante test LSD, previa transformación logarítmica de los datos (este último, considerando un $p < 0,05$). En el caso del grado de estrés se realizó un test de Kruskal-Wallis y una comparación por pares mediante el test U de Mann-Whitney ($p < 0,05$). Para el ensayo de campo, se consideró un análisis global, con datos de plantas de una superficie de tres hectáreas, excepto para el experimento del gradiente ambiental, que se limitó a las plantas establecidas en un área de 6.000 m² (Tabla 1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento en condiciones de vivero

Los resultados del ensayo de vivero indican que no existe influencia de la fertilización sobre

el crecimiento en ninguno de los atributos considerados (Figura 1). Todos los clones aumentan un 50% la longitud de su raíz, pero las diferencias entre clones en la tasa de crecimiento de los restantes atributos son importantes (Figura 1). Los clones 2671 y 111-1 muestran una superioridad en las condiciones ambientales óptimas ensayadas respecto a los clones 7521 y H-S. En los dos clones con crecimiento más vigoroso, la biomasa total aproximadamente se duplica durante el periodo ensayado, aunque el crecimiento relativo de la biomasa aérea, radicular y total es significativamente superior en el clon 111-1. Por el contrario, en los otros dos clones el crecimiento relativo de la biomasa total es menor del 25%. La ausencia de efecto de la disponibilidad de nutrientes sobre el crecimiento, y la naturaleza clonal del material ensayado, demuestran que las diferencias genéticas subyacen a las respuestas observadas en condiciones favorables de cultivo. Además, sugieren que el

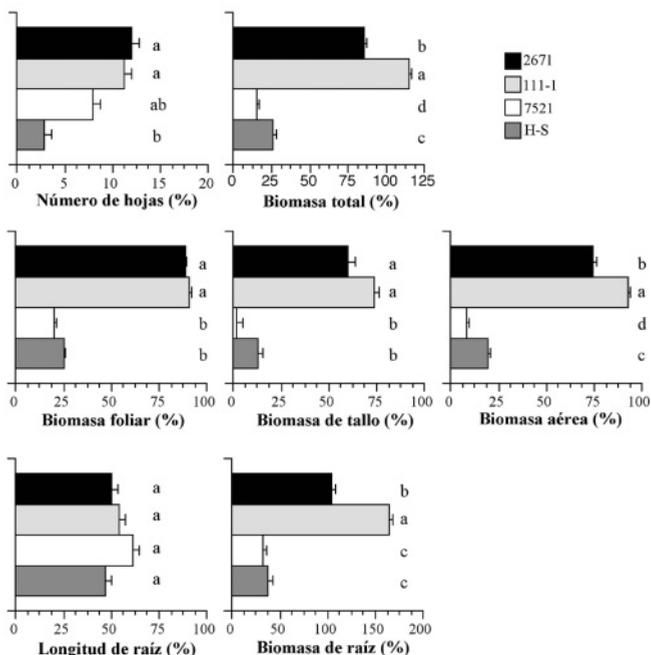


Figura 1. Valores medios de la tasa de crecimiento relativo mensual del número de hojas, longitud de raíz, biomasa total y de diferentes fracciones de cuatro clones de castaño híbrido cultivados en contenedor en condiciones de vivero. Las barras indican el error estándar. No existen efectos de fertilización ni interacción fertilización x tipo de clon (test ANOVA; $4,84 < F < 102$, $p < 0,01$; $0,33 < F < 2,49$, $p > 0,05$, respectivamente). El crecimiento radicular es idéntico entre clones (test ANOVA; efecto del tipo de clon: $F = 1,10$; efecto de fertilización: $F = 0,89$; interacción fertilización x tipo de clon: $F = 0,92$; en los tres casos $p > 0,05$). Letras distintas expresan diferencias interclonales estadísticamente significativas

sustrato orgánico aportó suficientes nutrientes para un crecimiento estival con agua disponible de forma continua.

La información oficial disponible sobre el crecimiento en altura (vigor) de estos clones muestra el siguiente orden: 111-1>(H-S=7521); sin datos de 2671; se desconocen las condiciones de los ensayos (FERNÁNDEZ, 2006). Nuestros resultados (Figura 1) dan el siguiente orden: 111-1>2671>>(7521=H-S).

Supervivencia en campo

El ensayo manifiesta el establecimiento exitoso de los clones de castaño (Tabla 1). A los tres meses de la plantación, la supervivencia en los clones 324, 7810, 9004 y 125 es mayor del 99%, y al final de verano es también muy alta (92-97%). Los resultados para los restantes clones, ya sean en planta de tamaño grande a raíz desnuda (clones 7521, 111-1, 2671 y 2) o pequeña en cepellón (clon H-S), indican una alta supervivencia, aunque menor en caso del clon H-S, si bien el número de plantas usado es más pequeño que en el caso anterior (Tabla 1). La mayor biomasa radicular de los árboles grandes respecto a los barbados significa una mayor reserva de carbono o capacidad de crecimiento radicular en profundidad, características que podrían contribuir a un establecimiento más exitoso que los barbados.

El resultado del recepado post-transplante sugiere que esta técnica de implantación es viable, aunque promueve cierta mortalidad. Es bien conocida la alta capacidad de rebrote de cepa de *C. sativa* en árboles con un gran desarrollo radicular (VIÉITEZ et al., 1999). Sin embargo, se requiere ampliar esta investigación para valorar posibles diferencias interclonales en castaño híbrido.

La información disponible sobre el orden de supervivencia de los clones de barbados muestra el siguiente orden: 9004=7810=125; sin datos de 324; se desconocen las condiciones de los ensayos (FERNÁNDEZ, 2006). Nuestros resultados dan el siguiente orden: 9004=7810=324=125 (Tabla 1). La supervivencia de plantas de H-S es menor que la de los barbados (los cuatro clones anteriores), mientras que su supervivencia en otros ensayos es "elevada" (FERNÁNDEZ, 2006).

Crecimiento y estrés en campo

El ensayo de campo demuestra la importancia de la calidad genética de la planta. Por una parte, existen diferencias acusadas entre algunos clones en el crecimiento primaveral (Tabla 1). A nivel global, en primavera el crecimiento relativo promedio en altura es del 9-10% (unos 10 cm de altura) para los clones 324, 7810 y 9004, más vigoroso que el del clon 125, que es menor del 4% (4,2 cm). Las plantas grandes (clones 7521, 111-1, 2671 y 2) presentan un crecimiento primaveral en altura menor que los barbados (Tabla 1), inferior a 5 cm. En cambio, el crecimiento en los recepados es superior en todos los casos, entre 33 y 82 cm, y significativamente menor en el clon 2. El clon H-S presenta un crecimiento absoluto en altura superior al clon 125 y similar a los barbados de otros clones. Obviamente, su crecimiento relativo es muy vigoroso, casi duplica su altura, lo que sugiere la potencialidad de este clon plantado en cepellón.

El experimento en el gradiente ambiental, indica que se mantienen las diferencias entre clones en los barbados (test ANOVA, $F = 75,41$, $p < 0,001$), y son independientes del gradiente ambiental (test ANOVA, $F = 2,14$ y $F = 1,37$, para los efectos de gradiente y la interacción gradiente x tipo de clon, respectivamente; en ambos casos $p > 0,05$). El clon 125 presentó siempre un menor crecimiento relativo en altura que los otros clones, y menor sin dosel que con dosel alto, siendo con dosel bajo intermedio entre ambos. Por tanto, se ha evaluado por separado la diferencia interclonal para cada uno de los tratamientos del gradiente ambiental (Figura 2a). En todos se mantienen las mismas diferencias detectadas: un crecimiento primaveral del 3-4% para el clon 125 y del 7-12% para los clones 324, 7810 y 9004, aproximadamente entre dos y cuatro veces más.

La información disponible sobre la aptitud de crecimiento de estos clones muestra el siguiente orden: 9004=7810; sin datos de 324 y 125; se desconocen las condiciones de los ensayos (FERNÁNDEZ, 2006). El orden en nuestros resultados de crecimiento inicial es: (9004=7810=324)>>125 (Tabla 1).

Se ha observado susceptibilidad al estrés abiótico estival (VIÉITEZ et al., 1999). Existen diferencias interclonales de resistencia a este

estrés (Fig. 2b; test ANOVA, $F=23,52$, $p<0,001$). Aunque la tendencia es a aumentar la proporción de plantas estresadas (con estrés alto o muertas) en el tratamiento sin dosel, no existen diferencias debidas al gradiente ambiental ni interacción con el tipo de clon (test ANOVA, $F = 0,43$ y $F = 0,05$, para los efectos del gradiente ambiental y la interacción gradiente x tipo de clon, respectivamente; en ambos casos $p>0,05$). El clon 125 es menos resistente, pues presenta una afección significativamente superior, entre un 37% y un 50%, mientras que los clones 7810, 9004 y 324 tienen una afección inferior al 11% y sin diferencias entre ellos. Un análisis más detallado para cada tratamiento se muestra en la figura 2c. La comparación del grado de estrés medio de todas las plantas de cada clon esencialmente coincide con el resultado anterior: el clon 125 es menos resistente y presentó síntomas de clorosis y defoliación, o de marchitez permanente, en más proporción que el resto de los clones.

Por otra parte, un análisis global de barbados y el clon H-S indica que el grado medio de estrés de éste es similar a los clones 324 y 7810, aunque menor que el de los clones 9004 y 125 (Tabla 1). Las diferencias de susceptibilidad o resistencia al estrés presentan, además de un componente genético, probablemente también otro relacionado con la calidad de la planta (tamaño y tipo de raíz) que no es posible discernir con estos resultados. En todo caso, respecto a este atributo, una planta con cepellón del clon H-S es superior a una del 125 a raíz desnuda.

La mayor sensibilidad al estrés abiótico sobre el crecimiento del clon 125 es coherente con la mayor radiación y menor humedad del aire en el tratamiento sin dosel (ALONSO *et al.* 2007). El exceso de radiación y el estrés hídrico presentan efectos negativos sobre la eficiencia fotoquímica y la transpiración en plantas jóvenes de *C. sativa* (BRATANOVA & METHY, 2003). Los síntomas morfológicos de estrés observados en

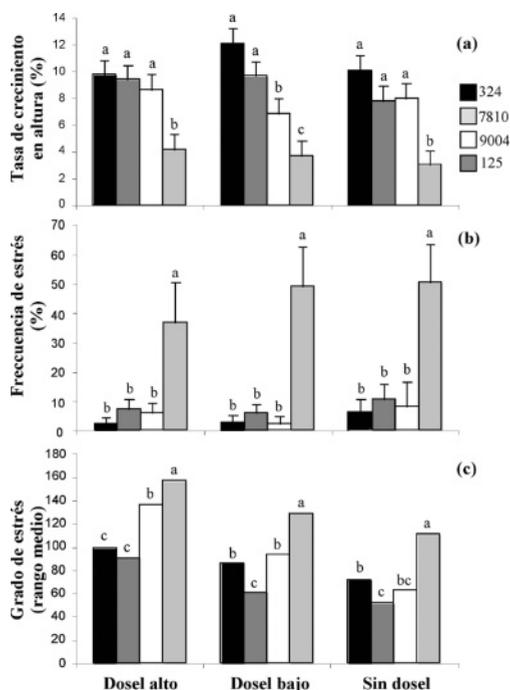


Figura 2: (a) Valores medios de crecimiento primaveral en altura de plantas de cuatro clones de castaño híbrido en tres tratamientos experimentales con diferente desarrollo de dosel vegetal. Resultados del crecimiento hasta finales de mayo (tres meses desde la plantación). Frecuencia (b) y grado (c) de estrés los cuatro clones tras el período estival (finales de septiembre). Significado de letras y errores, ver Figura 1

Clon*	N**	RH (m)	RP	S (%) Mayo	S (%) Sept.	TCA (cm)	TCR (%)	REA
CL-Q-721/324	308 (177)	0,5-2,5	---	99,7	97,4	11,0 a	10,0 a	Alta
CL-Q-721/7810	245 (166)	0,5-2,5	---	99,6	91,6	9,7 b	9,0 a	Alta
CL-Q-721/9004	207 (105)	0,5-2,5	---	99,5	96,8	9,4 b	9,1 a	Moderada
CL-Q-721/125	255 (183)	0,5-2,5	---	99,2	94,5	4,2 c	3,5 b	Baja
CL-C-721/H-S	67 (90)	<0,25	---	100,0	83,0	8,9 ---	92,7 ---	Alta
CL-C-721/7521	10	2-5	No	100,0	100,0	2,4 a	---	---
CL-C-721/111-1	11	2-5	No	100,0	100,0	4,4 a	---	---
CL-C-721/2671	10	2-5	No	100,0	100,0	2,2 a	---	---
2	10	2-5	No	100,0	100,0	1,3 a	---	---
CL-C-721/7521	10	2-5	Sí	100,0	100,0	82,4 a	---	---
CL-C-721/111-1	10	2-5	Sí	90,5	90,5	63,5 a	---	---
CL-C-721/2671	10	2-5	Sí	85,0	85,0	61,4 a	---	---
2	10	2-5	Sí	75,0	75,0	32,7 b	---	---

Tabla 1. Valores de supervivencia (S), tasa de crecimiento en altura primaveral, absoluta (TCA) y relativa (TCR), y resistencia al estrés abiótico estival (REA) en un ensayo de campo de clones de castaño híbrido (análisis globales). N= tamaño de muestra; **Los datos entre paréntesis corresponden a la variable REA. RH= rango de altura inicial de las plantas. RP= recepado post-transplante (sólo para plantas grandes). Letras distintas entre filas (columnas TCA y TCR) indican diferencias significativas entre clones dentro del mismo grupo (separados por líneas). *Código de cada clon en la Orden del 16 de abril de 2007 de la Consellería do Medio Rural de la Xunta de Galicia de delimitación de materiales base para la producción de materiales forestales de reproducción

los barbados manifiestan de forma clara los efectos fisiológicos subyacentes, comprensibles tras la evolución meteorológica del verano de 2007, aunque sólo se han manifestado en crecimiento. Tras un julio fresco y húmedo, agosto y septiembre fueron más cálidos y secos. Disminuyó la humedad atmosférica y la precipitación total (30 mm en agosto y septiembre), aumentó la temperatura (medias de agosto: 18,4°C y julio: 17,5°C; media de las máximas de agosto: 31,2°C y de julio: 32,9°C), y la radiación fue relativamente alta (media de agosto: 252 W.m², y julio: 274 W.m²). La radiación media del 1 al 13 de agosto (283 W.m²) superó la media del mes de julio.

Agradecimientos

Este trabajo es parte de proyecto de I+D REFORGAL financiado por la empresa Maderas Nobles de la Sierra del Segura, S.A. La D.X. de Montes de la Xunta de Galicia donó la mayoría de los castaños utilizados en la plantación piloto. R. Álvarez, responsable de Teledetección del CACTI de la Universidad de Vigo, prestó una importante ayuda con los datos

meteorológicos. Carmen Fernández colaboró en los muestreos de campo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, S.; ASENSIO, V.; CASALEIRO, B. Y MONTALVO, J.; 2008. Control de eucalipto y reforestación con especies caducifolias: innovación y efectos ecológicos. *Cuad. Soc. Esp. Cie. For.* 28: 37-42.
- BRATANOVA-DONCHEVA, S. & METHY, M.; 2004. Castanea sativa Mill.: response of water stress. Application of the chlorophyll fluorescent technique. In: *Proceedings of the 2nd Congress of Ecologists of the Republic of Macedonia with International Participation. Special Issues of Macedonian Ecological Society.* 6. Skopje.
- FERNÁNDEZ, J.; 2006. *Solicitud de autorización dos materiais de base cualificados e controlados de clones de castiñeiro Castanea crenata x C. sativa para a produción de madeira ou para dobre aptitude.* Centro de Investigación e Información Ambiental de Lourizán. Informe inédito (resumen). Pontevedra.

- FERNÁNDEZ DE ANA-MAGÁN, F.; FIGUERAS, M.C. Y RODRÍGUEZ, A.; 1998. *O souto, un ecosistema en perigo*. Consellería de Agricultura, Ganadería e Política Agroalimentaria. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela.
- RODRÍGUEZ, L.; 2005. *Selección de fenotipos de Castanea sativa Mill. resistentes a Phytophthora sp. en Galicia*. Trabajo de investigación tutelado. Escuela Politécnica Superior de Lugo. Universidad de Santiago.
- VIÉITEZ, E.; VIÉITEZ, M.L. Y VIÉITEZ, F.J.; 1999. *O castiñeiro: bioloxía e patoloxía*. Consello da Cultura Galega. Santiago de Compostela.
- VILLAR, 2003. Importancia de la calidad de la planta en los proyectos de revegetación. *En*: J.M. Rey Benayas; T. Espigares y J.M. Nicolau (eds.), *Restauración de ecosistemas mediterráneos*: 65-86. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares.