

# ESTADO HÍDRICO Y CRECIMIENTO EN BRINZALES DE *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. Y *Quercus pyrenaica* Willd CON DIFERENTE ALOMETRÍA EN TRES AMBIENTES

J. Rodríguez-Calcerrada<sup>1</sup>, F. J. Cano<sup>1</sup>, J. A. Pardos<sup>1</sup>, L. Gil<sup>1</sup> & I. Aranda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Unidad de Anatomía, Fisiología y Genética Forestal, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, 28040, Madrid (Spain)

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Carretera de La Coruña Km., 7.5, 28040 Madrid (Spain)

E-mail: jrodriguez@montes.upm.es

## Resumen

Muchas de las repoblaciones forestales en la cuenca mediterránea presentan abundantes marras durante el periodo estival. El problema puede ser aún más manifiesto cuando el material vegetal presenta un claro desequilibrio entre la parte aérea y subterránea al tener más superficie transpirante con relación al sistema radical. El objetivo de este trabajo es analizar el posible efecto de la alometría de la planta en su estado hídrico y crecimiento, en función de la especie y el ambiente de plantación. Para ello se ha llevado a cabo un experimento en el que plantas de *Quercus petraea* y *Q. pyrenaica* se cultivaron en vivero en envases de distinta profundidad, y sometidas a la misma fertilización y riego. Esto permitió generar plantas con una marcada diferencia entre las proporciones de biomasa aérea y subterránea. Se establecieron ocho grupos según la especie, longitud del sistema radical y desarrollo de la parte aérea. En el segundo año, los brinzales fueron plantados en Montejo de la Sierra (Madrid) en tres ambientes: una zona de matorral, un pinar de elevada densidad y otro previamente aclarado. Los tratamientos se replicaron dos veces por ambiente. El estado de desarrollo de las plantas en el momento de plantación condicionó el crecimiento durante el primer año. El ambiente influyó en la distribución de biomasa dando lugar a plantas de menor altura, tallo de mayor grosor y con mayor ramificación, así como menor potencial hídrico al mediodía en la zona de matorral.

**Palabras clave:** desequilibrio raíz-tallo, roble, crecimiento, fluorescencia de la clorofila, potencial hídrico

## INTRODUCCIÓN

Las repoblaciones con planta de baja talla son poco aconsejables debido a la competencia por la luz con la vegetación que les rodea, además, su tamaño suele estar provocado por una baja calidad nutricional, lo que dificulta aún más su crecimiento (PUÉRTOLAS et al., 2004). Si bien en plantaciones con material de mayor tamaño cabe evitarse este problema, la desproporción con respecto al sistema radical puede afectar su estado hídrico disminuyendo la supervivencia, incluso en zonas húmedas (JOBIDON et al., 1998). En ecosistemas mediterráneos la sequía estival es el principal condicionante del éxito de las repoblaciones forestales. Por ello es aún más importante plantar árboles con suficiente equilibrio entre la parte aérea y subterránea que asegure el abastecimiento de agua a las hojas, cuando las reservas hídricas de los horizontes superficiales del suelo se reducen por debajo del umbral de absorción de la planta a causa de la sequía estival.

Las especies del género *Quercus* tienen en general una estrategia de crecimiento conservativa en la que prima la formación de un sistema radical profundo frente al crecimiento de la parte aérea, lo que supone una ventaja competitiva frente a especies con raíces más someras, al mantener la capacidad fotosintética durante periodos secos (WILSON & HANSON, 2003). La escasez de repoblaciones con frondosas del género *Quercus* en la Península Ibérica hasta hace poco tiempo, ha motivado que los métodos de cultivo hayan descuidado su morfología. El éxito de las repoblaciones podría residir en plantar material que respetase la tendencia de estas especies mediante la producción de planta en vivero en contenedores de mayor longitud que la estándar para favorecer el crecimiento de la raíz principal. De este modo las plantas podrían acceder a niveles edáficos profundos con mayor contenido en humedad, reduciéndose la competencia con la vegetación accesoria.

Diversos trabajos han puesto de manifiesto la necesidad de llevar a cabo plantaciones con *Quercus* bajo la cubierta de pinares o robledales adultos debido a la protección que ofrecen frente a los extremos térmicos o la fuerte evapotranspiración. Sin embargo, en estas circunstancias la planta tiene que hacer frente a una doble limitación de recursos (agua y luz), y la inversión de biomasa para paliar la escasez de uno puede restringir el acceso al otro: las plantas sombreadas disponen de menos energía, que a su vez deben destinar a formar biomasa foliar en detrimento de la que pueden derivar a formar un sistema radical más desarrollado. En este sentido la ventaja de una raíz profunda puede ser mayor cuando la repoblación se realiza en el interior de masas densas donde prima el crecimiento de la parte aérea, y la competencia por el agua con las raíces de los árboles adultos puede acentuar las limitaciones fisiológicas ante episodios de sequía.

El objetivo de este trabajo fue analizar la supervivencia, el estado hídrico, el estado del sistema fotosintético y el patrón de crecimiento durante el primer año en campo de planta de dos especies de robles con diferente alometría, en tres ambientes con distinta cobertura arbórea. Nuestras hipótesis fueron (i) las plantas cultivadas en contenedores de mayor profundidad tendrán un mayor sistema radical, mantendrán potenciales hídricos más altos y crecerán más que aquellas cultivadas en envases de menor longitud, (ii) las plantas con mayor desproporción de la parte aérea respecto a la biomasa de raíces presentarán peor estado hídrico que aquellas con mayor proporción de biomasa radicular, (iii) el crecimiento de las plantas en campo vendrá condicionado por la morfología inicial y el lugar de plantación.

## MATERIAL Y METODOS

La zona de estudio se encuentra en el municipio de Montejo de la Sierra (Madrid), en los pinares que rodean al espacio natural protegido conocido como “Hayedo de Montejo de la Sierra”. Semillas de *Q. petraea* y *Q. pyrenaica* recogidas en el “Hayedo” se sembraron en 2003 en una mezcla de turba y arena (3:1; v/v) enriquecida con fertilizante de liberación lenta en dos contenedores de diferente altura: uno, de 15 cm (Super-Leach de frondosas) y otro de 35 cm (Super Leach frondosas acoplado a Super Leach de coníferas). Las plantas se cultivaron en invernadero sin restricciones de luz (PPFD:  $> 1200 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y agua (riego a capacidad de campo). Al final del periodo vegetativo se establecieron 8 tratamientos de distinta alometría en función de la especie (roble albar [R] o melojo [M]), contenedor (profundo[P] o más corto [S]), y parte aérea (larga [L] o corta [C]). En febrero del año siguiente se llevó a cabo la plantación en tres zonas: una de pinar adulto aclarado (*Pinus sylvestris* L.), otra con la densidad de pinos original (control), y un claro próximo con abundante matorral (Tabla 1). Un total de 240 plantas (30 por cada tratamiento), se distribuyeron en bloques completos en las tres zonas en un diseño tipo Split-Plot. Antes de proceder a la plantación se evaluó la calidad de la planta en una muestra de 5 individuos por tratamiento. Se midieron la concentración (%) de nitrógeno en tallo, raíces gruesas ( $>2\text{mm}$ ) y finas ( $<2\text{mm}$ ), y la longitud de tallo y raíz, peso seco de tallo, raíces gruesas y finas, número de yemas, diámetro en la base de la planta y proporción de biomasa en raíces y tallo (Tablas 2 y 5). Se observó que en todos los individuos las raíces habían alcanzado el fondo del envase.

Al inicio del verano (22 de junio), cuando la humedad del suelo es aún elevada, y al final (7 de septiembre), cuando normalmente alcanza el valor mínimo, se midieron, en cuatro plantas por tratamiento y ambiente (96 plantas), el potencial hídrico (antes de amanecer,  $\Psi_{pd}$ , y a mediodía,  $\Psi_{md}$ ) y la fluorescencia de la clorofila (antes de amanecer y a mediodía).

Al final del periodo vegetativo se midió el crecimiento en altura ( $C_{alt}$ ) y diámetro ( $C_d$ ; a 1,5 cm del cuello de la raíz) de todas las plantas (excluyendo aquellas que presentaban daños por herbívoros), y se estimó el crecimiento relativo a la altura y diámetro iniciales ( $C_{alt\ rel}$ ,  $C_{d\ rel}$ ). Se cuantificaron, el número de ramas ( $N_r$ ), el número de entrenudos ( $N_e$ ), el estado de la yema apical, la longitud de los entrenudos ( $L_e$ ), y la longitud y origen de los brotes. De cada planta se recogieron las hojas, se planimetraron, y se estimó la superficie foliar (SFT). Además, con el fin de evaluar el crecimiento radical, tres brinzales de cada tratamiento (72 plantas) fueron desenterrados en cada ambiente, midiendo la profundidad alcanzada por las raíces. El material se lavó y tras 72 h en estufa a 70 °C se midió el peso seco de tallo, ramas y raíces, calculando la proporción de la parte subterránea / parte

aérea, y de biomasa de raíces con respecto a ramas y tallo (R/T,  $\text{g g}^{-1}$ ).

El ambiente lumínico se evaluó por medio de fotografías hemisféricas, que permiten estimar la proporción de luz en el punto donde se realizan con respecto a una zona que estuviera totalmente expuesta (GSF). La caracterización microclimática se completó con el registro periódico de la humedad del suelo con un TDR, y la humedad y temperatura del aire, con las que se calculó la demanda evaporativa del aire (DPV). Los datos de precipitación se obtuvieron con un pluviómetro situado en el propio monte.

El tratamiento estadístico de los resultados se realizó por medio de análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de los valores medios con del test de Tukey, transformando las variables cuando no cumplieran los requisitos del análisis paramétrico. El nivel de significación adoptado fue del 5 %.

## RESULTADOS

### *Parámetros ambientales*

La precipitación a lo largo del periodo estival fue de 82.2 mm, de los cuales 57.2 mm se registraron en el mes de agosto. La humedad del suelo a 10 y 60 cm fue mayor en el pinar aclarado (Tabla 1). Aunque la temperatura y la demanda evaporativa media fueron similares en los tres ambientes, la media de la temperatura máxima fue 3 °C superior en la zona de matorral, y el valor medio de la demanda evaporativa máxima fue también 0.3 KPa superior. La radiación fue mayor en la zona de matorral.

### *Parámetros fisiológicos: estado hídrico y eficiencia fotosintética*

$\Psi_{pd}$  y  $\Psi_{md}$  disminuyeron en septiembre ( $p < 0.001$ ). Las diferencias de  $\Psi_{pd}$  y  $\Psi_{md}$  entre los grupos alométricos fueron pequeñas en ambas fechas. No obstante, en septiembre, el  $\Psi_{pd}$  fue ligeramente más alto en las plantas del tratamiento MPC y más bajo en RPL y MPL, siendo la diferencia significativa sólo en el interior del pinar (Tabla 3). La diferencia en  $\Psi_{pd}$  entre los grupos con la mayor (RPC y MPC) y menor (MSL y RSL) proporción inicial raíz / tallo de cada especie fue poco importante. No hubo diferencias entre los dos contenedores. Sin embargo, las plantas seleccionadas inicialmente por su mayor parte aérea, mostraron peor estado hídrico antes de amanecer ( $-0,79 \pm 0,04$  vs  $-0,62 \pm 0,03$ ;  $p < 0,01$ ) y a mediodía ( $-2,05 \pm 0,06$  vs  $-1,89 \pm 0,05$ ;  $p < 0,05$ ). El  $\Psi_{md}$  fue 1 MPa más bajo en el claro, donde la temperatura y el DPV fueron más altos y las pérdidas diarias de agua por transpiración son mayores. No obstante el  $\Psi_{pd}$  fue sólo 0,3 MPa más bajo que en el pinar denso. No hubo diferencias entre las dos especies.

Aunque el estado del aparato fotosintético es relativamente sensible a la desecación, el bajo grado de estrés hídrico a que se vieron expuestas en este año, hizo que la eficiencia fotoquímica se mantuviera alta en los tres ambientes, independientemente de la alometría de partida.

### *Supervivencia y crecimiento*

No se registró la muerte de ninguna planta al término del periodo vegetativo. El patrón de crecimiento fue distinto en función del ambiente de plantación y la morfología inicial de la planta (Tabla 4).

El número de brinzales con la yema apical dañada fue el mismo en los tres ambientes. Las plantas del claro se ramificaron más al brotar un mayor número de yemas laterales, y crecieron menos en altura aunque más en grosor. La dominancia apical fue más evidente en el interior del pinar, mientras que en el claro un número elevado de plantas mostró mayor crecimiento de las ramas laterales. No hubo diferencias en SFT entre ambientes, aunque el número de hojas fue superior en el claro y  $L_e$  menor. El incremento de biomasa y longitud de las raíces fue también mayor en el claro.

Por otro lado, las plantas de raíz profunda crecieron algo más en altura, sobre todo en el

matorral y el pinar aclarado. El crecimiento en altura ( $C_{alt}$ ) fue mayor en las plantas de tallo largo, debido al mayor número de entrenudos ( $N_e$ ). Estas plantas presentaron los valores más altos de SFT en particular el grupo RPL. El crecimiento relativo fue sin embargo significativamente menor en las plantas de tallo largo.

Al término del periodo vegetativo el desequilibrio entre la parte aérea y subterránea se redujo en mayor o menor grado según el ambiente, disminuyendo la variabilidad entre los grupos. En los grupos RPC y MPC, se observó la disminución más fuerte de la relación R/T, especialmente en el pinar más denso, mientras que dicha relación aumentó o apenas cambió en RSL, RPL y RSC, sobre todo en el claro. El patrón de crecimiento de las dos especies fue muy parecido.

## DISCUSIÓN

### *Influencia del ambiente de plantación*

El crecimiento anual de los robles depende tanto de las condiciones existentes en el año de formación de las yemas como en el de elongación del brote. A pesar de que el crecimiento observado durante el primer año en campo haya podido estar influido por las condiciones del año anterior, las variaciones asociadas al lugar de plantación modificaron la arquitectura aérea y subterránea de los brinzales (VAN HEES & CLERKX, 2003). Aunque no sólo la luz varía en ambientes con diferente cobertura arbórea, éste es presumiblemente el factor que más haya influido en la modificación del crecimiento, máxime en un año en el que la humedad del suelo se ha mantenido relativamente alta en los tres ambientes.

Así, las plantas del claro crecieron menos en altura, más en grosor, y se ramificaron en mayor medida, lo que indica una tendencia a aprovechar la mayor disponibilidad de luz en todas las direcciones. La distancia entre nudos también disminuyó lo que aumenta el autosombreo entre hojas, disminuyendo la absorción de luz de alta intensidad, y la probabilidad de sufrir fenómenos de fotoinhibición propios de ambientes muy iluminados (VALLADARES & PEARCY, 2002). Además el crecimiento de las raíces fue superior en el claro lo que favoreció la recuperación del potencial hídrico durante la noche.

En general en zonas con mayor disponibilidad de luz, el crecimiento en altura y diámetro es mayor (CHAAR *et al.*, 1997; NICOLINI *et al.*, 2000). Las plantas de roble albar y melojo del interior del pinar crecieron menos en grosor, pero presentaron mayor elongación del tallo principal. Este patrón de crecimiento, típico de especies de luz, no coincide con el descrito en otros trabajos con roble albar debajo de cubiertas con densidad similar a la de este estudio, donde se reducía la longitud de los brotes anuales con respecto a zonas más iluminadas (NICOLINI *et al.*, 2000). La disminución en el interior del pinar de la intensidad de luz y la relación R:RL con respecto al año en invernadero podrían haber motivado dicho comportamiento. La minimización del crecimiento en zonas de sombreado intenso aumenta la probabilidad de supervivencia a la espera de la apertura de un claro en el dosel y está por tanto relacionada con la capacidad específica de tolerancia a la sombra (MESSIER & NIKINMAA, 2000), puesta de manifiesto en ambas especies de roble. Por contra, especies que no toleran la sombra, crecen más en altura, en ocasiones a costa de la inversión en el sistema radical, comprometiendo a corto plazo su supervivencia (CHEN *et al.*, 1996). La continuidad de este estudio en futuros años proporcionará la información necesaria para confirmar este hecho, ya que los resultados de un periodo vegetativo en condiciones naturales no son suficientes para hacer afirmaciones sobre el comportamiento ecológico de las dos especies.

### *Efecto de la morfología*

Aunque el estado hídrico y el crecimiento fueron distintos en función de la alometría de partida, las diferencias fueron poco importantes. La temperatura y abundantes lluvias del mes de agosto habrían favorecido la recuperación del potencial hídrico y limitado la influencia del tipo de envase y la alometría inicial. Además establecer grupos con diferente alometría por el tamaño de la parte aérea, se enfrenta con la influencia de factores genéticos y de calidad de la planta. Aunque todos los brinzales fueron fertilizados por igual, en aquellos de tallo más corto la biomasa de raíces fue menor que en plantas de tallo largo cultivadas en el mismo contenedor. A pesar de que en algunas especies el

crecimiento del brote es sensible a ligeras disminuciones del potencial hídrico (JOBIDON et al., 1998) no sucedió así en ninguno de los dos robles. Al contrario, los grupos con mayor crecimiento y mayor calidad (RPL y MPL; Tablas 2 y 3) fueron los que mostraron un  $\Psi_{pd}$  más bajo. Aunque los valores no fueron tan bajos como para afectar los procesos fisiológicos, ni la supervivencia de los brinzales, pone de manifiesto el riesgo de llevar a cabo plantaciones con material con excesivo tamaño ante la posibilidad de un verano seco. La tendencia a reequilibrar la proporción de parte aérea y subterránea observada en ambas especies ha podido también reducir las diferencias entre los grupos alométricos establecidos inicialmente.

La interrelación funcional que existe entre la parte aérea y subterránea de una planta implica que crezcan manteniendo una proporción ideal entre ambos componentes en función de factores genéticos, ontogénicos y ambientales. Así en plantas desequilibradas en uno u otro sentido, la inversión de carbono se destinará a aquellos órganos cuya distribución de biomasa no sea la óptima con respecto al total de biomasa y al ambiente de crecimiento (REICH, 2002). Esto explicaría que la disminución de la relación R/T fuese mayor en grupos con mayor desproporción del sistema radical (RPC y MPC) especialmente en el interior del pinar donde el coste de mantener las raíces se ve limitado por el menor aporte de carbohidratos. Por tanto, dado que la proporción entre la parte aérea y subterránea varía en función de los recursos disponibles, es lógico que la modificación de la alometría inicial haya sido distinta según el ambiente de crecimiento, es decir, que el reequilibrio de RPC y MPC haya sido más evidente bajo el pinar no aclarado, y el de los grupos RSL y MSL en el matorral.

Aunque el crecimiento durante este primer año en campo ha sido mayor en las plantas de mayor tamaño inicial, el crecimiento relativo fue mayor en las plantas más pequeñas. Este hecho ha sido adscrito a una mayor proporción de superficie fotosintética frente a no fotosintética en plantas de menor talla, expresada en el índice LAR, que indica la superficie foliar de una planta con respecto a su biomasa (MESSIER & NIKINMAA, 2000) y de nuevo refleja una tendencia al reequilibrio de los órganos de la planta.

En años con precipitaciones importantes hacia el final del verano la alometría del material vegetal puede ser menos relevante. Sin embargo la plantación de individuos de *Quercus* en contenedores profundos asegura el abastecimiento hídrico cuando la parte aérea no presenta un desarrollo excesivo, reduce la inversión de biomasa en raíces y favorece el crecimiento de la parte aérea durante el periodo vegetativo. En plantas de buena calidad, en las que la parte aérea está muy desarrollada, el elevado número de yemas genera un exceso de superficie foliar que puede comprometer el estado hídrico al año siguiente, sobre todo en zonas poco iluminadas donde la inversión de carbono en raíces es menor.

## Agradecimientos

A Jesús Alonso y María del Carmen del Rey por su colaboración en el trabajo de campo. Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación de la Consejería de Educación y la Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Regional de la Comunidad de Madrid y del Fondo Social Europeo.

## BIBLIOGRAFÍA

- CHAAR, H.; COLIN, F. & COLLET, C.; 1997. Effects of environmental factors on the shoot development of *Quercus petraea* seedlings – A methodological approach. *For. Ecol. Manage.* 97: 119-131.
- CHEN, H.Y.H.; KLINKA, K. & KAYAHARA, G.J.; 1996. Effects of light on growth, crown architecture, and specific leaf area for naturally established *Pinus contorta* and *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* saplings. *Can. J. For. Res.* 26: 1149-1157.
- HODGES, J.D. & GARDINER, E.S.; 1993. Ecology and physiology of oak regeneration. In: D. Loftis, C.E. McGee, (eds.), *Oak regeneration: serious problems, practical recommendations; Symposium Proceedings 1992 September 8-10; Knoxville, TN. Gen. Tech. Rep. SE-84: 54-65.* Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station.
- JOBIDON, R.; CHARETTE, L. & BERNIER P.Y.; 1998. Initial size and competing vegetation effects on water stress and growth of *Picea mariana* (Mill.) BSP seedlings planted in three

different environments. *For. Ecol. Manage.* 103: 293-305.

MESSIER, C. & NIKINMAA, E.; 2000. Effects of light availability and sapling size on the growth, biomass allocation, and crown morphology of understory sugar maple, yellow birch, and beech. *Ecoscience* 7: 345-356.

NICOLINI, E.; BARTHÉLÉMY, D. & HEURET, P.; 2000. Influence de la densité du couvert forestier sur le développement architectural de jeunes chênes sessiles, *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. (Fagaceae), en régénération forestière. *Can. J. Bot.* 78: 1531-1544.

PUÉRTOLAS, J.; ALONSO, J.; GIL, L. & PARDOS J.A.; 2004. Efecto del estado nutricional y el tamaño de la planta sobre el comportamiento en campo de *Pinus halepensis* en dos lugares de plantación. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 17: 87-92.

REICH, P.; 2002. Optimality in Acclimation and Adaptation or the “Emperor’s New Clothes”? In: Y. Waisel, A. Eshel & L. Kafkafi (eds.), *Plant Roots – The Hidden Half*: 205-220. Marcel Dekker. New York, USA.

VALLADARES, F. & PEARCY, R.W.; 2002. Drought can be more critical in the shade than in the sun: a field study of carbon gain and photo-inhibition in a Californian shrub during a dry El Niño year. *Plant Cell Environ.* 25: 749-759.

VAN HEES, A.F.M. & CLERKX, A.P.P.M.; 2003. Shading and root-shoot relations in saplings of silver birch, pedunculate oak and beech. *For. Ecol. Manage.* 176: 439-448.

WILSON, K.B. & HANSON P.J.; 2003. Deciduous Hardwood Photosynthesis: Species Differences, Temporal Patterns, and Responses to Soil-Water Deficits. In: P. Hanson & S. Wullschleger (eds.), *North American Temperate Deciduous Forest Responses to Changing Precipitation Regimes*: 35-47. Springer-Verlag. New York, USA.

## TABLAS

	Claro	Pinar aclarado	Control
Densidad (pies ha <sup>-1</sup> )	0	800	1067
A.B. (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	0	53,6	65,8
GSF (%)	47,4 ± 6,2	23,6 ± 1,0	19,3 ± 0,7
Hum. 10 cm suelo (%)	12,8 ± 0,9	16,4 ± 0,6	13,1 ± 0,8
Hum. 60 cm suelo (%)	14,2 ± 1,4	19,7 ± 1,4	10,4 ± 0,8
T <sub>mmax</sub> aire (°C)	26,3 ± 0,4	23,9 ± 0,4	23,7 ± 0,4
DPV <sub>mmax</sub> (KPa)	1,91 ± 0,07	1,64 ± 0,05	1,63 ± 0,06

**Tabla 1.** Características de los tres ambientes de plantación: densidad, área basimétrica, factor de disponibilidad de luz (GSF), humedad del suelo a 10 y 60 cm de profundidad, temperatura media de las máximas diarias, y déficit de la presión de vapor medio de los valores máximos diarios en el periodo estival de 2004

	RSL	MSL	RPL	MPL	RSC	MSC	RPC	MPC
P.S. tallo (g)	2,24 ± 0,34	1,19 ± 0,15	2,29 ± 0,41	1,56 ± 0,24	0,59 ± 0,14	0,58 ± 0,17	0,68 ± 0,13	0,44 ± 0,07
P.S. raíz>2mm (g)	4,64 ± 0,59	5,15 ± 0,37	5,68 ± 1,15	7,29 ± 0,72	2,42 ± 0,94	3,06 ± 0,94	2,68 ± 0,86	3,58 ± 1,06
P.S. raíz<2mm (g)	1,35 ± 0,26	1,26 ± 0,31	2,88 ± 0,40	2,19 ± 0,41	0,37 ± 0,12	0,68 ± 0,21	1,86 ± 0,50	0,93 ± 0,18
N tallo (%)	0,70 ± 0,05	1,00 ± 0,10	0,85 ± 0,06	0,77 ± 0,11	1,63 ± 0,24	1,61 ± 0,2	1,09 ± 0,14	1,18 ± 0,07
N raíz>2mm (%)	0,55 ± 0,22	0,91 ± 0,20	0,83 ± 0,15	0,72 ± 0,09	2,78 ± 0,70	1,75 ± 0,33	1,50 ± 0,43	1,27 ± 0,26
N raíz<2mm (%)	0,77 ± 0,03	1,13 ± 0,21	1,18 ± 0,20	0,84 ± 0,04	2,16 ± 0,59	1,50 ± 0,26	1,40 ± 0,22	1,24 ± 0,10

**Tabla 2.** Atributos morfológicos y fisiológicos analizados en cada tratamiento antes de la plantación (n = 5)

Ambiente	Tallo largo				Tallo corto				p
	Envase corto		Envase largo		Envase corto		Envase largo		
	RSL	MSL	RLL	MLL	RSC	MSC	RLC	MLC	
Claro A	0,14	0,11	0,21	0,18	0,14	0,16	0,33	0,13	n.s.
P aclarado B	0,16	0,14	0,11	0,16	0,20	0,17	0,16	0,18	n.s.
Control A	0,23	0,21	0,20	0,16	0,26	0,18	0,34	0,19	n.s.
Claro A	0,93	1,06	1,21	0,84	0,8	0,78	0,75	0,69	n.s.
P aclarado B	0,59 b	0,67 b	0,72 ab	0,86 a	0,75 ab	0,72 ab	0,5 c	0,47 c	***

Control B 0,54 b 0,66 b 0,97 a 0,5 bc 0,67 b 0,52 b 0,53 b 0,33 c \*\*\*

**Tabla 3.** Potencial hídrico antes de amanecer (-MPa) de los brinzales de cada grupo según el ambiente de plantación el 22 de junio (parte superior de la tabla) y 7 de septiembre (parte inferior) de 2004. Letras diferentes minúsculas y mayúsculas indican diferencias significativas entre grupos morfológicos y ambientes respectivamente (test de Tukey)

Ambiente	Variable	Tallo largo				Tallo corto				p-valor
		Envase corto		Envase largo		Envase corto		Envase largo		
		RSL	MSL	RPL	MPL	RSC	MSC	RPC	MPC	
Claro	Calt (cm) A	8,04	7,51	10,45	8,28	8,95	6,58	11,76	7,49	n.s.
	Cd (mm) A	0,28	0,43	0,55	0,36	0,53	0,40	0,51	0,30	n.s.
	Calt rel A	0,44 a	0,56 a	0,66 a	0,56 a	1,25 ab	0,95 ab	1,75 b	1,24 ab	***
	Cd rel A	0,06	0,09	0,09	0,07	0,13	0,11	0,14	0,08	n.s.
	Ne A	20,3	21,0	25,2	18,1	12,6	11,6	13,7	15,5	n.s.
	Le (cm) A	1,3	1,0	1,2	1,1	1,2	1,0	1,3	1,0	n.s.
	N ramas A	3,0	2,9	2,9	2,4	1,4	1,0	1,8	1,4	n.s.
	SFT (cm <sup>2</sup> )	287,7 ab	284,5 ab	313,6 a	229,8 ab	182,4 ab	140,4 b	200,6 ab	179,8 ab	**
P aclarado	Calt (cm) B	9,7 ab	12,82 ab	15,4 a	10,78 ab	6,32 b	11,42 ab	14,22 ab	11,47 ab	*
	Cd (mm) B	0,33	0,13	0,31	0,23	0,42	0,20	0,40	0,22	n.s.
	Calt rel AB	0,83 a	1,03 ab	0,85 a	0,86 a	0,93 a	1,65 ab	2,00 b	1,53 ab	**
	Cd rel B	0,06	0,03	0,05	0,05	0,13	0,04	0,10	0,07	n.s.
	Ne B	12,6	14,7	13,5	11,9	5,7	9,0	13,9	10,1	n.s.
	Le (cm) B	1,3	1,9	1,6	1,8	1,4	1,9	1,7	1,6	n.s.
	N ramas B	1,0	1,9	1,0	1,2	0,6	0,6	0,9	0,6	n.s.
	SFT (cm <sup>2</sup> )	251,5 bc	258,6 bc	356,3 c	233,9 bc	117,6 a	177,6 ab	212,1 abc	209,2 abc	**
Control	Calt (cm) B	16,01 ab	13,89 ab	19,41 b	12,01 ab	7,73 a	10,97 ab	9,18 a	10,44 ab	**
	Cd (mm) C	0,08	0,15	0,06	0,10	0,11	0,06	0,13	0,10	n.s.
	Calt rel B	1,07	1,28	1,34	0,90	1,14	1,69	1,64	2,06	n.s.
	Cd rel C	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	n.s.
	Ne B	17,2 bcd	17,9 cd	19,3 d	13,8 abcd	9,6 abc	9,9 abc	8,4 a	9,1 ab	***
	Le (cm) B	1,4	1,7	1,7	1,5	1,2	1,6	1,3	1,7	n.s.
	N ramas B	1,0	1,9	1,3	1,4	0,7	0,4	0,6	0,7	n.s.
	SFT (cm <sup>2</sup> )	240,8 bc	284,9 c	312,3 c	241,9 bc	99,1 a	140,2 a	111, ab	118,5 a	***

**Tabla 4.** Valores medios de las variables relacionadas con el crecimiento de los brinzales de cada grupo según el ambiente de plantación. Letras diferentes minúsculas y mayúsculas indican diferencias significativas entre grupos morfológicos y ambientes respectivamente (test de Tukey)

	Mayo 04		Octubre 04				
	Claro	Δ	P aclarado	Δ	Control	Δ	
<b>RSL</b>	2,75	3,44	0,7	2,34	-0,4	2,30	-0,5
<b>RPL</b>	3,93	4,02	0,1	2,75	-1,2	2,73	-1,2
<b>RSC</b>	4,25	5,57	1,3	3,54	-0,7	2,50	-1,7
<b>RPC</b>	6,23	3,86	-2,4	3,84	-2,4	2,86	-3,4
<b>MSL</b>	5,63	5,54	-0,1	3,67	-2,0	3,00	-2,6
<b>MPL</b>	6,35	4,30	-2,0	4,11	-2,2	4,06	-2,3
<b>MSC</b>	7,66	8,11	0,4	5,29	-2,4	3,33	-4,3
<b>MPC</b>	9,97	6,58	-3,4	5,28	-4,7	2,61	-7,4
<i>St Dev</i>	2,29	1,59		1,06		0,56	

**Tabla 5.** Proporción R/T en una muestra de cada grupo morfológico realizada antes de la plantación (mayo 04; n = 5) y al final del periodo vegetativo (octubre 04; n = 3). Se indica la variación de la proporción R/T en cada ambiente de plantación, así como la desviación estándar entre los grupos