

EFECTO DE LA CALIDAD DE PLANTA, EL PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN Y LA FECHA DE PLANTACIÓN EN EL CRECIMIENTO RADICAL DE *PINUS PINEA* L.

Guillermo Palacios Rodríguez¹, Rafael M^a Navarro Cerrillo¹ y Antonio del Campo García²

¹ E.T.S. Ingenieros Agrónomos y de Montes. Dpto. Ingeniería Rural. Apdo. 3048. 14080-CÓRDOBA (España). Correo electrónico: g52parog@uco.es; ir1nacer@uco.es

² Dep. Ing. Hidráulica y Medio Ambiente. EPSG. UPV. Crta. Nazaret-Oliva s/n. 46730-GRAO DE GANDÍA (Valencia, España)

Resumen

En este ensayo se analiza el efecto combinado de la calidad de planta, el procedimiento de preparación y la fecha de plantación en una repoblación forestal de *Pinus pinea* L., sobre el desarrollo radical de los brinzales, medido en términos de longitud total de raíz y superficie de contacto. La planta utilizada corresponde a dos lotes de calidades consideradas buena y deficiente, y la plantación se realizó sobre un terreno subsolado y ahoyado manualmente, en tres fechas diferentes a lo largo del periodo normal de plantación. Se han encontrado diferencias significativas en cuanto al desarrollo radical experimentado por los tratamientos, siendo explicada significativamente la longitud total de raíz por la calidad de planta, y la superficie de contacto por la calidad de planta y el procedimiento de preparación del terreno realizado.

Palabras clave: *Pino piñonero, Desarrollo radical, Repoblaciones, Establecimiento*

INTRODUCCIÓN

El éxito de una repoblación forestal viene condicionado por la combinación de varios factores entre los que destacan, desde el punto de vista de la ejecución, la calidad de la planta, el procedimiento de preparación y la fecha de plantación. La investigación en repoblaciones ha tendido a considerar de forma independiente estos tres factores; sin embargo, la repoblación debe ser vista como un proceso donde interactúan varios factores y no como una serie de pasos independientes. En el ámbito mediterráneo, se han realizado notables avances en la investigación en calidad de planta (SECF, 2001), y en

menor medida se han realizado trabajos de investigación relacionados con el efecto de las preparaciones (QUEREJETA *et al.*, 2001; CASTILLO *et al.*, 2001; RUIZ *et al.*, 2001; BOCIO *et al.*, 2001) y la fecha de plantación (ROYO *et al.*, 2000) en la supervivencia inicial.

Sin embargo, existe un importante déficit de investigación sobre el efecto combinado de los factores previamente indicados (NAVARRO Y PALACIOS, 2004). En otros ámbitos ecológicos la investigación ha sido algo más abundante (WOOD, 1990; PITT *et al.*, 1999; PAYANDEH, 1996). En un trabajo de revisión, SOUTH *et al.* (2001) proponen una serie de modelos teóricos del efecto combinado de la calidad de planta y el

tipo de preparación. En general, se ha observado, que el procedimiento de preparación sólo parece mejorar la supervivencia cuando la calidad de la planta es deficiente.

Estudios recientes (NAVARRO Y PALACIOS, 2004) muestran cómo la supervivencia se ve afectada por el efecto combinado de la fecha de plantación, los procedimientos de preparación de terreno y la calidad de planta. Este efecto ha de ser considerado desde el punto de vista de la interacción entre factores y no su consideración de manera independiente.

Siguiendo el mismo criterio se analiza en este estudio el efecto combinado de la fecha de plantación, los procedimientos de preparación de terreno y la calidad de planta, sobre el desarrollo radical de brinzales de una repoblación de *Pinus pinea* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

La planta utilizada en este ensayo procede de dos viveros, localizados en entornos ecológicos similares, y corresponde a planta utilizada frecuentemente en repoblaciones forestales en Andalucía. El primer lote de planta, considerada de calidad buena, se ha cultivado en envases termoformados Plasnor de un solo uso de 350 cc de volumen y 19 cm de altura. El substrato utilizado fue una mezcla de turba rubia y turba negra (Pinstub), en una proporción de 2:1 en volumen. En cuanto a la fertilización, se utilizó un abono de liberación lenta tipo Floramin. El segundo lote de planta, considerada de calidad deficiente, se ha cultivado en envase rígido tipo Arnabat de 200 cc de volumen y 17 cm de altura, con subs-

trato de turba rubia (Kekila D1K2), que incorpora 1 kg de fertilizante por m³ de turba. En el vivero se realizó fertirrigación con una cadencia mensual. Los atributos morfológicos de la planta al final del cultivo se resumen en la tabla 1.

La parcela de ensayo se encuentra en el monte “Madroñalejo” (Término Municipal de Aznalcollar-Sevilla), con un fitoclima IV₃, Mediterráneo genuino cálido seco (ALLUE, 1990), y una precipitación media de 650 mm.año⁻¹ y una precipitación estival de 30-35 mm de junio a septiembre. La plantación se encuentra situada en una ladera con orientación sur y una pendiente media del 30%.

El diseño experimental de la parcela está realizado para evaluar la respuesta de la plantación en supervivencia y crecimiento, por lo que se ha realizado un ensayo multifactorial que comprende un factor aleatorio: calidad de planta (2 niveles), y tres factores fijos: procedimiento de preparación (2 niveles), fecha de plantación (3 niveles) y bloque (4 niveles). La parcela experimental se ha dividido en cuatro bloques completos al azar con 12 tratamientos. La unidad experimental está formada por 12 líneas de 25 plantas, que se disponen en filas paralelas siguiendo las curvas de nivel, a una distancia entre plantas adyacentes de 1,5 m y una separación entre filas de 2 m. Como resultado, se dispone de 300 plantas por bloque y 1200 plantas en la parcela.

Las labores de preparación del terreno para la plantación consistieron en un subsolado con *ripper* de dos vástagos de 60 cm de profundidad con tractor oruga de 120 C.V. dejando un espacio entre las líneas de subsolado de 2 m, y un ahoyado manual de 40x40x40 cm. La plantación se

Atributos de calidad	Lote <i>calidad deficiente</i>	Lote <i>buen calidad</i>
Altura (cm.)	18,36 ± 0,40	30,92 ± 0,42
∅ cuello de la raíz (mm)	4,30 ± 0,08	4,81 ± 0,11
Peso seco foliar (g)	1,82 ± 0,08	2,12 ± 0,08
Peso seco aéreo (g)	2,50 ± 0,10	3,22 ± 0,12
Peso seco radical (g)	1,36 ± 0,06	1,45 ± 0,05
Relación PA/PR (g.g ⁻¹)	1,86 ± 0,04	2,24 ± 0,06
Esbeltz (cm.mm ⁻¹)	4,30 ± 0,11	6,49 ± 0,15
Índice de Dickson	0,64 ± 0,03	0,54 ± 0,02

Tabla 1. Atributos morfológicos de lotes empleados en el ensayo. Los valores representan la media ± error estándar.

llevo a cabo en tres fechas diferentes, una plantación temprana en el mes de noviembre de 2001, una plantación intermedia en enero de 2002 y una plantación tardía en marzo de 2002. En cada una de las plantaciones se establecieron 400 plantas, 200 por vivero, de las cuales 100 se colocaron en subsolado y otras 100 en ahoyado manual. La primera medición de la supervivencia (incluida en este trabajo) se realizó en octubre de 2002, recogiendo además datos de altura, diámetro, arquitectura radical, así como variables de los estados fisiológicos de la planta (datos no incluidos).

Transcurrido un año tras la plantación se procedió a la extracción completa del sistema radical de 4 plantas por tratamiento, cuyos atri-

butos morfológicos fueron analizados con el programa de análisis de raíces WinRhizo, junto con un análisis de la varianza (ANOVA) de tres factores para las variables estudiadas. El análisis estadístico de los datos se realizó con el paquete estadístico SPSS 13.0.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos para la variable *longitud total* de raíz muestran cómo tan sólo la calidad de planta ha resultado estadísticamente significativa tras el ANOVA realizado (Tabla 2). Éste hecho se observa en la figura 1 dónde la dife-

	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	681569,763(a)	10	68156,976	2,364	0,044
Intercepción	13372985,242	1	13372985,242	463,917	0,000
PLANTACIÓN	27506,702	2	13753,351	0,477	0,627
PREPARACIÓN	23252,563	1	23252,563	0,807	0,379
VIVERO	357302,373	1	357302,373	12,395	0,002
PREPARACIÓN * PLANTACIÓN	62936,101	2	31468,050	1,092	0,353
VIVERO * PLANTACIÓN	22207,872	2	11103,936	0,385	0,685
VIVERO * PREPARACIÓN	20730,060	1	20730,060	0,719	0,406
VIVERO * PREPARACIÓN * PLANTACIÓN	108374,058	1	108374,058	3,760	0,065
Error	634176,811	22	28826,219		
Total	16004887,044	33			
Total corregido	1315746,575	32			

Tabla 2. Resultados del ANOVA multifactorial: preparación, fecha y lote, para la variable longitud total de raíz. Los valores significativos se han marcado en negrita. (a) $R^2 = 0,518$ (R^2 ajustada = 0,299)

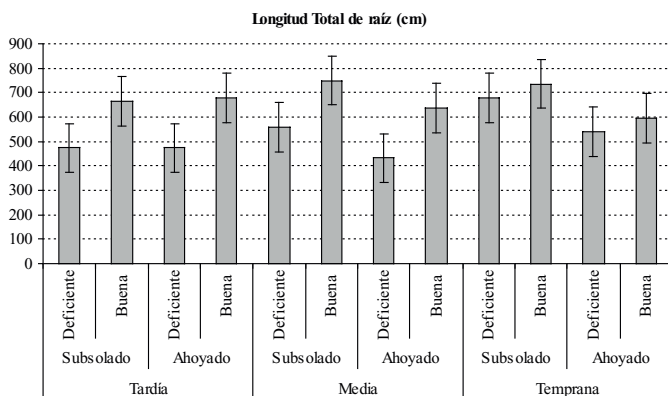


Figura 1. Longitud total de raíz (cm) de pino piñonero en función de la fecha de plantación, el procedimiento de preparación y la calidad de planta. Los valores representan la media \pm error estándar

rencia entre planta de buena calidad y de calidad deficiente resulta evidente. Del mismo modo se observa una diferencia entre la planta situada en ahoyado y aquella que se ubicó sobre subsolado, resultando esta diferencia más significativa en el caso de las plantaciones media y temprana, es decir, en aquellas condiciones menos limitantes desde el punto de vista de la fecha de plantación.

En relación a la variable *superficie de contacto*, además de resultar estadísticamente significativo el factor de la calidad de planta, también el procedimiento de preparación del terreno presentó una influencia significativa sobre la superficie de contacto radical (Tabla 3), tras el ANOVA realizado. Los resultados obtenidos fue-

ron similares a los de longitud total de raíz. De este modo, los lotes de calidad buena mostraron una mayor superficie de contacto de la raíz con el suelo (Figura 2). De nuevo en este caso, las diferencias según el procedimiento de preparación del terreno resultaron más evidentes para las fechas de plantación más favorables desde el punto de vista de desarrollo y supervivencia de las plantas, es decir, las fechas temprana y media.

DISCUSION

La calidad de planta ha sido el factor más importante en el desarrollo radical transcurrido

	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	140826,475(a)	10	14082,648	2,958	0,016
Intercepción	1880124,164	1	1880124,164	394,896	0,000
PLANTACIÓN	2199,493	2	1099,747	0,231	0,796
PREPARACIÓN	23041,328	1	23041,328	4,840	0,039
VIVERO	53748,261	1	53748,261	11,289	0,003
PREPARACIÓN * PLANTACIÓN	28156,989	2	14078,495	2,957	0,073
VIVERO * PLANTACIÓN	1860,996	2	930,498	0,195	0,824
VIVERO * PREPARACIÓN	708,364	1	708,364	0,149	0,703
VIVERO * PREPARACIÓN * PLANTACIÓN	24009,656	1	24009,656	5,043	0,035
Error	104743,275	22	4761,058		
Total	2327662,361	33			
Total corregido	245569,751	32			

Tabla 3. Resultados del ANOVA multifactorial: preparación, fecha y lote, para la variable superficie de contacto. Los valores significativos se han marcado en negrita (a) $r^2 = 0,573$ (r^2 ajustada = 0,380)

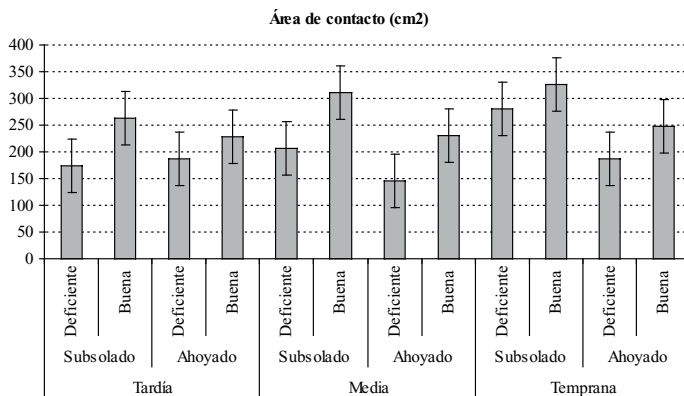


Figura 2. Área de contacto de raíz (cm²) de pino piñonero en función de la fecha de plantación, el procedimiento de preparación y la calidad de planta. Los valores representan la media ± error estándar

un año tras la plantación, junto con el factor del procedimiento de preparación empleado. Por su parte, la fecha de plantación parece no tener tanta influencia en relación al desarrollo radicular experimentado por los brinzales.

El desarrollo de las plantas en términos de crecimiento viene determinado, en gran medida, por la evolución de las condiciones climáticas después del establecimiento. El análisis de los datos de precipitación (datos no incluidos), indican que el suministro hídrico ha sido adecuado para la primera y segunda fecha de plantación. Por esta razón se han observado ciertas diferencias relacionadas con la fecha de plantación de modo que los brinzales introducidos en la fecha más desfavorable (fecha tardía) mostraron desarrollos radiculares menores. El hecho de que la variable fecha de plantación no resultara estadísticamente significativa puede deberse al tamaño de la muestra, lo que limita la potencia del test ANOVA.

En relación a la calidad de planta como factor de mayor influencia en el desarrollo radicular de las plántulas tras su primer año tras la plantación, son numerosos los estudios que le otorgan un papel principal en el desarrollo inicial de las plantas tras su establecimiento en campo (APHALO & RIKALA, 2003). Por su parte, resulta también evidente el efecto que las preparaciones más intensas aportan el desarrollo inicial de los brinzales. De este modo, y coincidiendo con estudios anteriores (RUIZ et al., 2001; BOCIO et al., 2001), preparaciones más intensas proporcionan a las plántulas condiciones edáficas que favorecen el desarrollo de las raíces, lo que resulta de vital importancia de cara a la supervivencia final de las repoblaciones (NAVARRO Y PALACIOS, 2004).

Como conclusión podemos afirmar que la calidad de planta resulta ser un factor de gran importancia de cara al desarrollo radicular de los brinzales en los primeros momentos tras el establecimiento en campo. Del mismo modo, se ha observado una importante influencia de los tratamientos de preparación del terreno realizados, favoreciendo mayores desarrollos radiculares aquellas preparaciones más intensas. El efecto de la fecha de plantación no resultó estadísticamente significativo, si bien los resultados obtenidos revelan una cierta influencia de este factor sobre el desarrollo de las raíces, por lo que no

debe ser desestimado a la hora de planificar una repoblación forestal.

BIBLIOGRAFÍA

- APHALO, P. & RIKALA, R.; 2003. Field performance of silver-birch planting-stock grown at different spacing and in containers of different volume. *New Forests* 25: 93-108.
- BOCIO PERALTA, I.; DE SIMÓN NAVARRETE, E.; NAVARRO REYES, F.B. Y RIPOLL MORALES, M.A.; 2001. Efectos de diferentes procedimientos de preparación del suelo en la forestación de tierras agrarias. *En: SECF-Junta de Andalucía (eds.), III Congreso Forestal Español. Montes para la sociedad del nuevo milenio II: 317-322.* Gráficas Coria. Sevilla.
- CASTILLO, V.; QUEREJETA, J.I. Y ALBADALEJO, J.J. 2001. Disponibilidad hídrica en repoblaciones de *Pinus halepensis* Mill. en medios semiáridos: efectos de los métodos de preparación del suelo. *En: SECF-Junta de Andalucía (eds.), III Congreso Forestal Español. Montes para la sociedad del nuevo milenio II: 94-99.* Gráficas Coria. Sevilla.
- QUEREJETA, J.I.; ROLDÁN, A.; ALBALADEJO, J. Y CASTILLO, V.; 2001. Soil water availability improved by site preparation in a *Pinus halepensis* afforestation under semiarid climate. *Forest Ecol. Manage.* 149: 115-128
- NAVARRO, R.M. Y PALACIOS, G.; 2004. Efecto de la calidad de planta, el procedimiento de preparación y la fecha de plantación en la supervivencia de una repoblación de *Pinus pinea* L. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 17.: 199-204.
- PAYANDEH, B.; 1996. Growth and survival functions for three planted species in northern Ontario. *North. J. Appl. For.* 13: 19-23.
- PITT, D.G.; KRISHKA, C.S.; BELL, F.W. & LEHEL, A.; 1999. Five-year performance of three conifer stock types on fine sandy loam soils treated with hexazinone. *North. J. Appl. For.* 16: 72-81.
- ROYO, A.; GIL, L. Y PARDOS, J.A.; 2000. Efecto de la fecha de plantación sobre la supervivencia y el crecimiento del pino carrasco. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 10: 57-62.
- RUIZ, F.; SORIA, F. Y TOVAL, G.; 2001. Ensayos de preparación del terreno para el estableci-

- miento de masas clonales de *Eucalyptus globulus* (Labill.) en distintos suelos de la provincia de Huelva. En: SECF-Junta de Andalucía (eds.), *III Congreso Forestal Español. Montes para la sociedad del nuevo milenio II*: 117-124. Gráficas Coria. Sevilla.
- SECF-JUNTA DE ANDALUCÍA; 2001. *III Congreso Forestal Español. Montes para la sociedad del nuevo milenio. Mesa 3: Mejora genética, viveros y repoblaciones*. Gráficas Coria. Sevilla.
- SOUTH, D.B.; ROSE, R.W. & MCNABB, K.L.; 2001. Nursery and site preparation interaction research in the United States. *New Forests* 22: 43-58.
- WOOD, J.E.; 1990. Black spruce and jack pine plantation performance in boreal Ontario: 10 year results. *North. J. Appl. For.* 7: 175-179.