

## Desarrollo en campo, arquitectura radical y estado hídrico siete años después de la plantación de brinzales de *Pinus pinaster* cultivados en diferentes tipos de contenedor

Pedro Villar Salvador<sup>1</sup>, Sonia Garrachón Merino<sup>2</sup>, Susana Domínguez Lerena<sup>1</sup>, Juan L. Peñuelas Rubira<sup>1</sup>, Rafael Serrada Hierro<sup>2</sup>, Luis Ocaña Bueno<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro Nacional de Mejora Forestal “El Serranillo”, Ministerio de Medio Ambiente, Apdo. 249, 19080 Guadalajara. España [serranillo@dgcn.mma.es](mailto:serranillo@dgcn.mma.es)

<sup>2</sup> EUIT Forestal, Univ. Politécnica Madrid, Avda. Ramiro de Maeztu s/n. 28040 (Madrid) Tel:913367659 [serrada@forestales.upm.es](mailto:serrada@forestales.upm.es)

<sup>3</sup> Tragsa C/ Maldonado 58, Madrid, Tel. 91 396 36 97 [locana@tragsa.es](mailto:locana@tragsa.es)

### Resumen

El objetivo de este trabajo ha sido analizar el desarrollo en campo y la arquitectura del sistema radical siete años después de la plantación de *Pinus pinaster* cultivado en seis contenedores: Root Trainer (RT), WM, Paper Pot 615 con repicado químico, Super Leach Frondosa (SLF), Super Leach Conífera (SLC) y Vapo. No se encontraron diferencias significativas de supervivencia aunque sí de crecimiento entre contenedores. Las plantas cultivadas en SLC fueron las que experimentaron mayor crecimiento, mientras que las producidas en PP615rq, las que menos. La arquitectura radical, medida en la proximidad del cepellón, no mostró diferencias significativas entre envases. Solamente la proporción entre la superficie transversal de raíces y la superficie transversal del fuste medido en el cuello de la raíz ( $S_T/S_F$ ) mostró diferencias entre envases. Las proporciones más alta fueron observadas entre las plantas cultivadas en Vapo, mientras que las crecidas en RT fueron las que mostraron los valores más reducidos. El estado hídrico de las plantas, medido en mitad del verano, no difirió entre contenedores. El crecimiento de la parte aérea no se correlacionó con ninguna variable del sistema radical. Tampoco se ha encontrado ninguna relación del crecimiento y la arquitectura radical de *P. pinaster* siete años después de la plantación con el volumen del contenedor en el que fueron cultivados en vivero.

P.C.: crecimiento, deformación radical, mortandad, pino rodeno, repoblación

### Summary

This study addressed the field performance and root structure seven years after out-planting of *Pinus pinaster* trees grown in the nursery in six different containers. Studied containers were Root Trainer (RT), WM, Paper Pot 615 with chemical pruning, Super Leach Frondosa (SLF), Super Leach Conifer (SLC) and Vapo. Growth but not survival showed significant differences among containers. None of the root structure variables, measured near the former plug, but the ratio of the total transversal root surface to stem transversal area at root collar ( $S_T/S_F$ ), presented any significant difference between containers. Thus, plants cultivated in Vapo exhibited the highest  $S_T/S_F$  whereas those grown in RT showed the lowest. Water potential measured in mid summer did not differ among treatments. Shoot growth in *Pinus pinaster* showed no correlation with root structure. Similarly, field growth and root structure seven years after out-planting in *P. pinaster* did not correlate with container volume.

KW: container, Mediterranean, *Pinus pinaster*, root growth, root deformation, reforestation

## Introducción

El volumen del contenedor puede determinar positivamente la supervivencia y el crecimiento después de la plantación (ROMERO *et al.*, 1986; DOMÍNGUEZ-LERENA, 2000). A medida que aumenta el volumen de enraizamiento se incrementa tanto el crecimiento de los tallos como el de las raíces (LANDIS *et al.*, 1990) y disminuye la densidad del sistema radical (masa radical/volumen). Una mayor densidad de raíces implica sistemas radicales más aglomerados que en envases de sección circular y/o con carencias de estructuras antiespiralizantes, se agravan con la formación de raíces reviradas. En envases de sección cuadrangular y con costillas longitudinales, la formación de raíces reviradas es más difícil. Sin embargo, es muy frecuente que en ellos las raíces principales descendan pegadas a las paredes del envase, concentrándose en el fondo de los envases las zonas de crecimiento de las raíces. Esta conformación radical, la alta densidad de raíces y la presencia de raíces reviradas ha sido asociada con una menor capacidad de producción de raíces en campo, sobre todo de laterales y a una arquitectura muy diferenciada de la de las plantas regeneradas por semillado directo (GRENE, 1978; LINDGREN y ÖRLANDER, 1978; HALTER & CHANWAY, 1993). El tipo de envase también puede influir en el desarrollo de las raíces en campo (GRENE, 1978). Un menor grado de desarrollo del sistema radical puede disminuir la estabilidad estructural (LINDGREN y ÖRLANDER, 1978; LINDSTRÖM y RUNE, 2000) y el crecimiento de los árboles (HALTER & CHANWAY, 1993).

El objetivo de este trabajo es comparar el desarrollo (mortalidad y crecimiento) en el campo de brinzales de *Pinus pinea* cultivados en diferentes tipos de envases. Igualmente, se ha analizado la arquitectura radical de dichas plantas con el fin de examinar si se relaciona con las posibles diferencias de desarrollo en campo.

## Material y métodos

Se han estudiado seis tipos de envase de diferentes volúmenes (Tabla 1). El semillado se realizó en primavera de 1992, siendo el sustrato utilizado una mezcla de turba (80%) y vermiculita (20%). A cada tratamiento se le aportó la misma cantidad de fertilizante y riego. La región de procedencia de las semillas fue Meseta Castellana. En otoño de 1992 se realizó la plantación en Uceda (Guadalajara), que se encuentra a una altitud de 850 m, bajo un clima mediterráneo templado subhúmedo, con una precipitación media de 600 mm y una temperatura media de 13°C. Los suelos son alfisoles e inceptisoles, con texturas franco-arcillo-arenosas. Se establecieron dos parcelas muy próximas entre sí. La primera se situó en un antiguo campo agrícola abandonado (parcela agrícola) prácticamente llano. La otra fue situada en una ladera con orientación NW y una pendiente de ~15% (parcela forestal). La preparación del suelo consistió en un acaballonado con vertedera forestal. En cada parcela, el diseño espacial consistió en tres repeticiones por tratamiento y 15 plantas por repetición.

En la primavera de 1999 se midió la altura y el diámetro de los individuos de los distintos tratamientos y se contabilizó el número de individuos muertos. En agosto de 1999 se determinó el potencial hídrico en cuatro momentos de un día concreto. Se muestrearon seis individuos de la parcela forestal, representativos de la media de tamaño de cada tratamiento. En otoño de ese año, 12 individuos (6 en cada parcela) representativos del tamaño medio de cada tratamiento fueron arrancados de raíz con una retroexcavadora. Las variables estudiadas y los detalles de su obtención están recogidos en SERRADA *et al.*(2001) y VILLAR-SALVADOR *et al.*(2001).

Los datos fueron analizados por análisis de la varianza (ANOVA). En el caso de las mediciones de arquitectura radical y masa de los árboles, la unidad muestral fue el individuo y para la supervivencia la repetición. Para estas variables la ANOVA realizada fue de dos vía (factores contenedor y parcela). El potencial hídrico fue analizado por una ANOVA de medidas repetidas.

## Resultados

No se encontraron diferencia de supervivencia ligadas a los contenedores, pero sí a las parcelas, siendo mayor en la forestal que en la agrícola (Tabla 1). El crecimiento de la parte aérea estuvo influido por el tipo contenedor pero no por la parcela. Así, las plantas cultivadas en PP615rq fueron las que menos crecieron, mientras que las producidas en SLC y SLF presentaron los mayores crecimientos. Los restantes envases presentaron valores intermedios. El estado hídrico en mitad del verano ( $\Psi$ ) sólo fue medido en la parcela forestal y no se hallaron diferencias significativas entre contenedores.

En cuanto a la arquitectura radical,  $S_L$ ,  $S_B$  y la simetría radial no presentaron diferencias significativas entre contenedores (Tabla 1). En cambio,  $S_T/S_F$  sí presentó diferencias ligadas al envase. En concreto, Vapo presentó valores significativamente más elevados ( $\sim 1$ ) que los restantes envases, los cuales no difirieron entre sí y cuyos valores de  $S_T/S_F$  oscilaron entre 0,50 y 0,74. Las plantas crecidas en la parcela agrícola presentaron un mayor desarrollo de las raíces laterales ( $S_L$ ) que las plantadas en la forestal (datos no mostrados). El resto de variables relacionadas con el sistema radical, no presentaron diferencias entre parcelas.

En ninguna de las variables estudiadas se halló una interacción significativa entre el factor contenedor y la parcela.

El crecimiento de los brinzales de *P. pinaster* en campo no se relacionó significativamente con ninguna de las variables de la arquitectura radical (Figura 1). Tampoco se encontró ninguna relación entre el volumen del envase y la arquitectura radical (Figura 2).

## Discusión

La supervivencia de *P. pinaster* después de siete años no estuvo determinada por el tipo de contenedor empleado en su cultivo. Sin embargo, sí existieron diferencias de crecimiento en campo relacionadas con la clase de envase, aunque no tuvieron nada que ver con su volumen ni con ningún parámetro de la arquitectura radical, tal como sí ocurre en *Pinus pinea* (DOMÍNGUEZ-LERENA *et al.*, 2000; VILLAR-SALVADOR *et al.*, 2001). Así, las plantas cultivadas en PP615rq que es un envase de 424 ml fueron las que menos crecieron, mientras que las cultivadas en SLC, que es un envase de un volumen pequeño, son las que más crecieron.

Tabla 1.- Supervivencia, crecimiento en masa de la parte aérea, potencial hídrico ( $\Psi$ ) y arquitectura radical de plantas de *Pinus pinaster* siete años después de la plantación y cultivados en diferentes contenedores. En las variables con un efecto significativo de los contenedores ( $P \leq 0,05$ ), las medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.  $S_L$ = superficie transversal de raíces laterales;  $S_B$ = superficie transversal de raíces pivotantes;  $S_T/S_F$ = relación entre la superficie transversal total de raíces y la superficie transversal del fuste.

Contenedor (volumen, ml)	Superviv. (%)	Inc.masa aérea (kg)	$\Psi$ (MPa)	$S_L$ (cm <sup>2</sup> )	$S_B$ (cm <sup>2</sup> )	$S_T/S_F$	Índice de Simetría
SLC (123)	53,2	2,01 a	-1,63	7,17	2,55	0,66 b	3,08
Vapo (200)	27,7	1,67 ab	-1,59	7,34	3,73	0,97 a	4,09
SLF (235)	60,8	1,77 a	-1,74	5,87	3,12	0,66 b	3,54
RT (350)	40,8	1,71 ab	-1,68	5,50	1,52	0,50 b	3,44
PP615rq (424)	35,3	1,05 b	-1,69	3,96	2,66	0,70 ab	3,55
WM (500)	44,5	1,63 ab	-1,68	6,33	2,49	0,74 ab	3,98
$F_{\text{contenedor}}$	1,39 $P=0,26$	2,69 $P=0,03$	0,46 $P=0,80$	1,96 $P=0,1$	0,85 $P=0,52$	4,81 $P=0,00$	0,74 $P=0,60$
$F_{\text{parcela}}$	12,2 $P=0,002$	2,58 $P=0,11$		4,72 $P=0,03$	1,79 $P=0,19$	0,04 $P=0,83$	1,03 $P=0,31$

Tampoco se han hallado diferencias de desarrollo de las raíces, tanto laterales como basales, y de simetría radial entre envases. Solamente la proporción  $S_T/S_F$ , que es una estima de la eficiencia de abastecimiento de las raíces al tallo, fue significativamente más alta en las plantas cultivadas en Vapo. Las plantas derivadas de siembra directa y las cultivadas a raíz desnuda presentan  $S_T/S_F$  más elevadas que las plantas cultivadas en contenedores (LINDGREN y ÖRLANDER, 1978; LINDSTRÖM y RUNE, 2000). Así, el resultado observado en Vapo quizás sea debido a que este sistema de cultivo es, en cierta medida, un híbrido entre la producción de planta a raíz desnuda y el cultivo en contenedor. Tendría las ventajas de la raíz desnuda en que la conformación de las raíces contenidas en el cepellón cortado y las relaciones alométricas con el tallo serían muy parecidas al de una siembra directa en campo. Las plantas producidas en Vapo, deberían también de tener sistemas radicales con una simetría radical más alta que la de los restantes envases, al carecer de las limitaciones de las paredes del envase que constriñen el desarrollo lateral equilibrado de las raíces. En esta misma línea argumental, también habría sido razonable esperar que las plantas cultivadas en PP615rq manifestaran sistema radicales más simétricos y con mayor desarrollo de  $S_L$  como consecuencia del efecto positivo del repicado químico (BURDETT, *et al.*, 1983; ROMERO *et al.*, 1986). Sin embargo, ni las plantas producidas por el sistema de cultivo Vapo ni las producidas en PP615rq mostraron sistemas radicales significativamente más simétricos. PP615rq tampoco presentó valores de  $S_L$  significativamente mayores que el de los restantes envases; más bien tendió a presentarlos más bajos. Determinadas formas de preparación del suelo, como es el subsolado, podrían condicionar la simetría radical al crear

zonas del suelo de diferente compactación, anulando las posibles diferencias de simetría ligadas a los envases. La inexistencia de diferencias de simetría radical en este estudio no parece, sin embargo, achacable al método de preparación del suelo ya que éste consistió en un acaballonado. Quizá haya existido otro tipo de limitaciones edáficas (pedregosidad) que expliquen los resultados, o bien simplemente que los contenedores estudiados no inducen diferencias de simetría en *P. pinaster*.

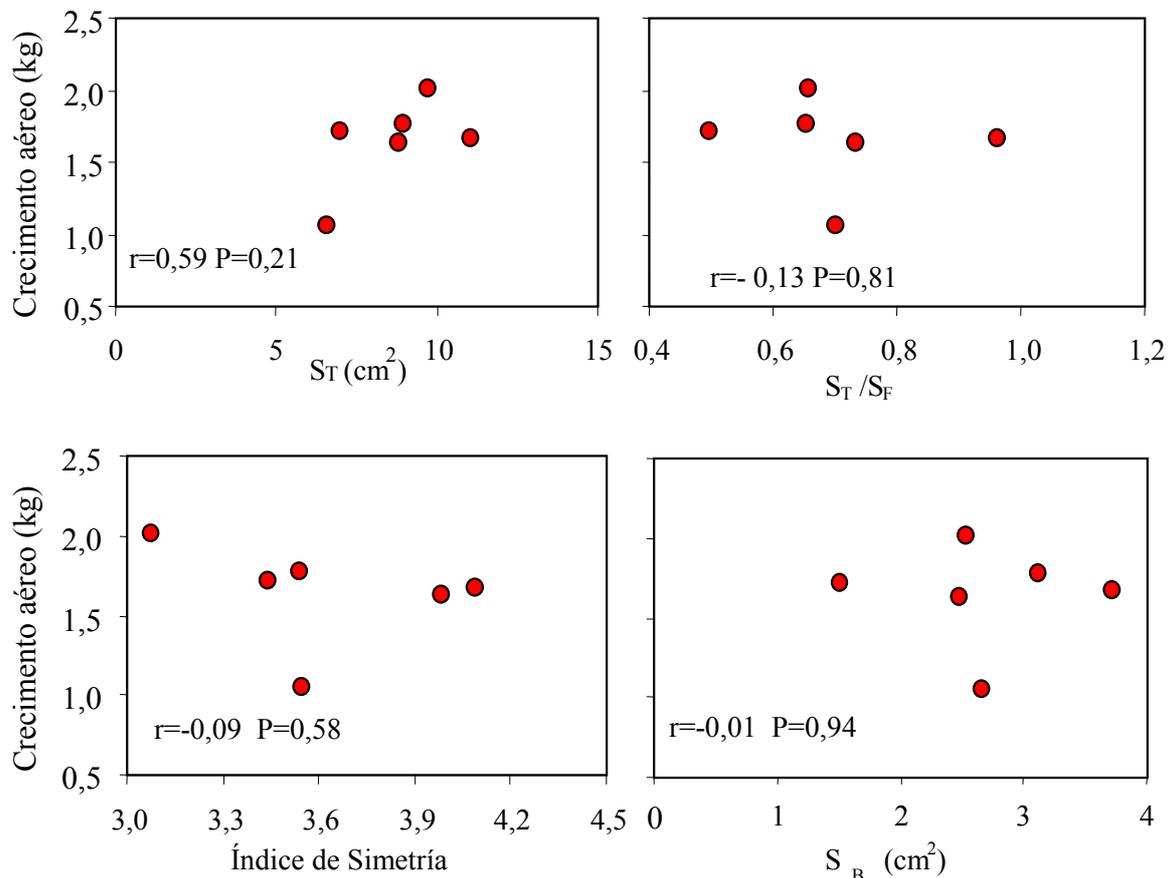


Figura 1.- Relación del crecimiento de plantas de *P. pinaster* con  $S_T$ ,  $S_T/S_F$ , Índice de simetría y  $S_B$ . Abreviaturas como en Tabla 1

$S_L$  fue mayor en la parcela agrícola que en la forestal, lo cual se puede atribuir a diferencias edáficas entre ambas parcelas, pues el suelo de la parcela agrícola (parcela llana) tiene mayor contenido en nitrógeno en el horizonte superficial y menor permeabilidad en horizontes intermedios que el de la parcela forestal (en pendiente) (datos no mostrados). Las diferencias de desarrollo de las raíces laterales entre ambas parcelas no se reflejaron, en cambio, en diferencias de crecimiento de las partes aéreas, pero sí de supervivencia, siendo mayor en la parcela forestal. Este resultado podría deberse al efecto de las malas hierbas, las cuales no fueron controladas en este experimento, siendo más abundantes en la parcela agrícola que en la forestal. Las malas hierbas limitan el desarrollo de las plantaciones forestales en campos agrícolas (PEÑUELAS *et al.*, 1996). En este experimento, pensamos que la vegetación herbácea adventicia podría haber condicionado el desarrollo de *P. pinaster* más intensamente durante las primeras etapas en la parcela agrícola que en la forestal, induciendo una mayor mortandad.

En conclusión, el volumen del contenedor no ha tenido ninguna influencia sobre el crecimiento y la supervivencia de *P. pinaster*, ni sobre su arquitectura radical. Los resultados de este trabajo y los presentados en VILLAR-SALVADOR *et al.* (2001) indican que la respuesta de las especies a los contenedores no sigue el mismo patrón. Como ejemplo ilustrativo, en *P. pinea* los individuos cultivados en PP615rq presentaron muy buenos resultados en campo, mientras que los de *P. pinaster* fueron los que presentaron los crecimientos más reducidos.

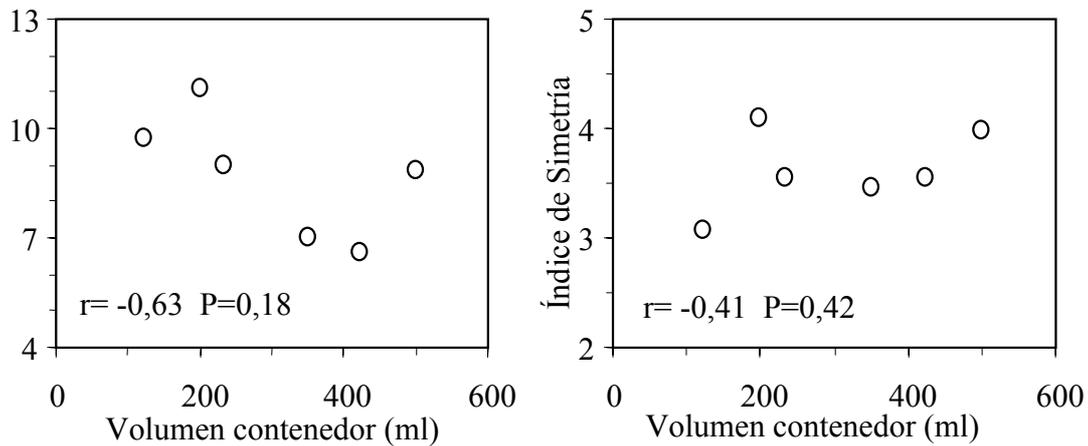


Figura 2.- Relación de la superficie total de raíces ( $S_T$ ) y  $S_T/S_F$  con el volumen del envase en el que crecieron las plantas en vivero.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido co-financiado por fondos propios de la DGCONA y del proyecto “Estudio de los efectos diferidos de las deformaciones radicales producidas en el cultivo de plantas forestales sobre pies de masas repobladas” INIA-CICYT: FOA97-1651. La realización de este trabajo por S. Garrachón ha sido posible gracias a una beca del INIA.

### Bibliografía

- BURDETT, A.N.; SIMPSON, D.G. y THOMPSON, C.F. (1983). *Root development and plantation establishment success*. Plant and Soil 71: 103-110
- DOMÍNGUEZ-LERENA, S.; CARRASCO, I.; HERRERO, N.; OCAÑA, L.; NICOLÁS, J.L. y PEÑUELAS, J.L. (2000). *Las características de los contenedores influyen en la supervivencia y crecimiento de las plantas de Pinus pinea en campo*. Actas del 1er Simposio del pino piñonero, Tomo 1. pp. 203-209.
- GRENE, S. (1978). *Root deformations reduce root growth and stability*. Proceedings of the Root form of Planted Trees Symposium. pp: 150-155. BC Ministry Forests, Can. For. Serv.
- HALTER, M.R. y CHANWAY, C.P. (1993). *Growth and root morphology of planted and naturally-regenerated Douglas fir and Lodgepole pine*. Ann. Sci. For. 50: 71-77

- LANDIS, T.D.; TINUS, R.W.; MCDONALD, S.E. y BARNETT, J.P. (1990) *Containers and growing media*. Vol 2. In: The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbook 674. Washington, DC. USDA For. Serv. 88 pp
- LINGREN, O. y ÖRLANDER, G. (1978). *A study on root development and stability of 6 to 7 year old container plants*. Proceedings of the Root form of Planted Trees Symposium. pp: 142-144. BC Ministry of Forests, Can. For. Serv..
- LINDSTRÖM, A. y RUNE, G. (1999). *Root deformation in plantations of container-grown Scots pine trees: effects on root growth, tree stability and stem straightness*. Plant and Soil 217: 31-39.
- NICHOLS, T.J. y ALM, A.A. (1983). *Root development of container-reared, nursery-grown, and naturally regenerated pine seedlings*. Canadian Journal of Forest Research 13: 239-245.
- PEÑUELAS, J.L.; OCAÑA, L.; DOMÍNGUEZ-LERENA, S. y RENILLA, I. (1996). *Experiencias sobre el control de la competencia herbácea en repoblaciones de terrenos agrícolas abandonados*. Montes 45: 30-36.
- ROMERO, A.E.; RYDER, J.; FISHER, J.T. y MEXAL, J.G. (1986) *Root system modification of container stock for arid land plantings*. Forest Ecology and Management 16: 281-290
- SERRADA, R.; VILLAR SALVADOR, P.; DOMÍNGUEZ LERENA, S.; GARRACHÓN, S. y SERRADA, M. (2001). *Propuesta de metodología para estudios sobre morfología radical arbórea*. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 467-472.
- VILLAR SALVADOR, P.; GARRACHÓN, S.; DOMÍNGUEZ LERENA, S.; PEÑUELAS, J.L.; SERRADA, R. y OCAÑA, L. (2001). *Desarrollo en campo, arquitectura radical y estado hídrico seis años después de la plantación de brinzales de Pinus pinea cultivados en diferentes tipos de contenedor*. Actas del III Congreso Forestal Español Mesa 3: 791-796.