

## Comparación del desarrollo de ocho especies mediterráneas durante su primer año en campo y su relación con los parámetros funcionales de las plantas

Susana Domínguez Lerena, Gema Murias, Nieves Herrero Sierra, Juan L. Peñuelas Rubira

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)

### Resumen

En este ensayo se ha estudiado el comportamiento durante su primer año de campo de ocho especies mediterráneas, cultivadas bajo las mismas condiciones de cultivo de vivero: *Atriplex halimus*, *Arbutus unedo*, *Pistacia lentiscus*, *Pistacia terebinthus*, *Quercus coccifera*, *Quercus faginea*, *Retama sphaerocarpa* y *Pinus halepensis*. Se han realizado mediciones de potencial hídrico, crecimiento y supervivencia en campo que se han relacionado con algunos parámetros funcionales de las plantas en vivero, con el objetivo de conocer cuáles son las distintas estrategias de comportamiento de las especies durante su primer año en campo. Los resultados alcanzados indican que las especies con mayores tasas de crecimiento y supervivencia son aquellas que desarrollan más rápidamente raíces nuevas, presentan mayor cantidad de P, Ca y K en sus tejidos e invierten más en su parte aérea con respecto a su parte radical. Se demuestra finalmente que son especies pioneras, con menor densidad de madera y, por tanto, con una estrategia de mantenimiento a corto plazo.

P.C.: reforestación, crecimiento, supervivencia, especies mediterráneas, PRR,

### Summary

In this test we have studied the behavior, during their first year after planting, of eight mediterranean species grown under the same conditions in nurseries. These are: *Atriplex halimus*, *Arbutus unedo*, *Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera*, *Quercus faginea*, *Retama sphaerocarpa* and *Pinus halepensis*. Measures of water potential, growth and survival have been made related to functional parameters of plants measured at the nursery in order to find out the different strategies of behavior of the species during their first year of planting. The results obtained showed that the species which have reached the highest growth and survival are those which have rooted sooner and have higher quantities of P, Ca and K in their tissues and have also developed larger aerial parts than root parts. This shows that these particular species have lower wood density and therefore have a shorter survival strategy.

K.W.: reforestation, growth, survival, mediterranean species, RGP

### Introducción

Las repoblaciones llevadas a cabo en nuestro territorio están muchas veces alejadas de la potencialidad arbórea y arbustiva mediterránea. Las especies más utilizadas en estas repoblaciones suelen ser pinos y encinas. Por ello, la mayor parte de los estudios y ensayos llevados a cabo, tanto en vivero como en campo, tienen como protagonistas a estas especies, por

lo que se tiene bastante experiencia sobre su comportamiento. Sin embargo, existen otras especies muy adecuadas para el entorno mediterráneo de las que apenas se conoce su manejo y desarrollo tanto en vivero como en campo.

En este ensayo se ha pretendido conocer un poco más sobre otras especies, durante su primer año de campo, pues la mayoría de la mortalidad de las plantas mediterráneas tiene lugar en el primer año de vida de la planta (LLORET, 1999).

El objetivo final es conocer mejor las estrategias de estas especies, en vivero y en campo, ya que entender bien la fisiología, caracteres adaptativos y la respuesta al estrés hídrico nos ayudará a seleccionar más apropiadamente las especies adecuadas para cada sitio concreto (RANNEY, 1990).

## **Material y métodos**

### *A) Fase de Vivero*

Las especies ensayadas fueron: *Arbutus unedo*, *Atriplex halimus*, *Ceratonia siliqua*, *Myrtus communis*, *Pinus halepensis*, *Pistacia lentiscus*, *Pistacia terebinthus*, *Quercus coccifera*, *Quercus faginea*, *Retama sphaerocarpa* y *Tetraclinis articulata*

El cultivo de vivero fue realizado en el Centro Nacional de Mejora Forestal “El Serranillo”. Todas las especies fueron cultivadas en envases Forest Pot 300, con un volumen de 300 cc y una densidad de 422 plantas/m<sup>2</sup>. Para *Pinus halepensis* se utilizó el envase Arnabat 54/200, de 250 cc reales de capacidad y 333 plantas/m<sup>2</sup>. El semillado tuvo lugar en diciembre de 1996. El sustrato de cultivo utilizado fue turba rubia fertilizada. Teniendo en cuenta que el sustrato se encontraba fertilizado, se aportó únicamente dos fertilizaciones de apoyo, una en junio y otra en agosto de 1997, siendo la cantidad total de macronutrientes recibido por planta a lo largo de todo el cultivo de 55'3 mg de nitrógeno, 26'2 mg de fósforo y 59'3 mg de potasio. En total se cultivaron 300 plantas por especie. En diciembre de 1997 se consideró finalizado el cultivo, y se evaluaron distintos parámetros morfológicos y funcionales en 20 plantas por especie, escogidas al azar: altura (desde la inserción de los cotiledones hasta la base de la yema terminal), diámetro (a la altura de la inserción de los cotiledones), pesos secos de partes aérea y radical, concentración, tanto en la parte aérea como en la radical, de: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Con estos datos, junto con los de pesos secos de las partes aéreas y radicales se calculó su contenido total. Al final del cultivo, se realizó un test de potencial de regeneración de raíces (PRR) en 15 plantas/especie, según metodología descrita en Villar-Salvador (1999), recogiendo los siguientes datos: nº raíces nuevas (superiores a 1cm), longitud total, superficie total y media y pesos secos de las raíces nuevas.

### *B) Fase de campo*

En febrero de 1998 las plantas obtenidas en el vivero fueron puestas en campo en los terrenos del CNMF El Serranillo (Guadalajara), que se encuentra a una altitud de 650 m, bajo un clima mediterráneo seco, una precipitación media de 400 mm y una temperatura media de 14°C. La preparación del suelo consistió en un subsolado lineal. El dispositivo estadístico fue

completamente aleatorizado, con 5 repeticiones de 25 plantas. Se realizaron mediciones de potencial hídrico al alba ( $\Psi_a$ ) y al mediodía ( $\Psi_{min}$ ) en cuatro momentos: primeros de marzo, mediados de marzo, abril y julio, en todas las especies excepto en *Pistacia terebinthus*. Al año de la plantación se midió: supervivencia y crecimiento en altura y diámetro de todas las plantas y peso seco de la parte aérea en una muestra de 5 plantas/especie. Con dichos pesos se calculó la tasa de crecimiento relativo (TCR) como  $(\ln \text{ peso}_2 - \ln \text{ peso}_1)/t_2 - t_1$

## Resultados y discusión

No se observaron (Tabla 1) diferencias apreciables de supervivencia, pero sí de crecimiento. TCR representa la eficiencia de la planta en producir nuevo material. En nuestros resultados se observan diferencias importantes entre especies, como así se ha observado en otros estudios (CORNELISSEN, 1996; HUNT, 1978). Las especies que mayor TCR obtuvieron han sido *A. halimus*, *R. sphaerocarpa* y *P. halepensis*, mientras que las que menos rápidamente crecieron fueron: *Q. faginea*, *P. terebinthus* y *A. unedo*. Obtuvieron crecimientos intermedios *Q. coccifera* y *P. lentiscus*. *A. halimus* es la única planta C4 de las estudiadas y es conocido como dichas especies son fotosintéticamente más eficientes, siendo capaces, incluso, de desarrollar altas tasas de crecimiento durante el periodo estival (HODGKINSON, 1978).

Los resultados de potencial hídrico (Tabla-1) nos muestran que todas las especies se recuperaron hídricamente durante la noche y experimentaron los valores más bajos en el mes de verano. El valor más bajo de  $\Psi_a$  fue el de *A. halimus* y *Q. faginea*, mientras que los valores más negativos de  $\Psi_{min}$  fueron para *Q. coccifera* y *P. lentiscus*. No obstante, comparando estos resultados con los aportados por otros autores con estas mismas especies (ORSHAN, 1972; HODGKINSON, 1978; LANSAC, 1994; NOITSAKIS, 1990) observamos que las plantas no sufrieron apenas estrés. El estado hídrico de la retama a lo largo de las cuatro toma de datos se mantuvo siempre alto y uniforme, coincidiendo estos resultados con otros trabajos previos (LANSAC, 1994). Los valores más negativos de *A. halimus*, sobre todo de su potencial base, son semejantes a los obtenidos en otros trabajos (HODGKINSON, 1978;). Esta especie es capaz de crecer más eficazmente que otras especies a pesar de tener un potencial hídrico más negativo que ellas. Esto puede ser debido a la alta concentración de K que esta especie poseía en sus tejidos (MURIAS, 1998) en el momento de la plantación, que permitiría un potencial osmótico muy bajo y, por tanto, una mayor turgencia que otras especies en situaciones de déficit hídrico. El potasio es un elemento que influye en la regulación osmótica, manteniendo la turgencia y controlando la apertura estomática (VAN STEENIS, 1999; BRADBURY, 1977; TIMMER, 1991).

Se han encontrado relaciones estadísticamente significativas entre el potencial de regeneración de raíces, nº de raíces y longitud total de raíces nuevas, y el crecimiento de las plantas y la supervivencia en campo en su primer año, como muestra los gráficos 1 y 2. De forma que, las especies que más han crecido y mejores supervivencias han obtenido son potencialmente capaces de emitir más número de raíces nuevas y más largas. Aunque el PRR nos informa sobre la supervivencia potencial de las plantas bajo condiciones óptimas (FOLK, 1997; MOHAMMED, 1997), al igual que los resultados obtenidos por otros autores, en este ensayo se comprueba como el test de PRR es también un indicador del vigor y supervivencia de las plantas en plantación (RITCHIE, 1980).

A pesar de recibir la misma cantidad de fertilizante, se han presentado diferencias en la concentración de nutrientes en los tejidos de las distintas especies (MURIAS, 1998). Esta diferencia de concentración de nutrientes puede ser atribuida a caracteres genéticos (RICHARDS, 1973), de hecho se ha visto que las especies con mayor concentración de nutrientes en su semilla, han presentado mayor concentración de nutrientes en sus tejidos (datos no mostrados). La concentración P, N y Ca en los tejidos radicales se ha relacionado significativamente con el incremento de altura, diámetro y biomasa, así las especies con mayor concentración de estos elementos han conseguido un mayor crecimiento en campo. También se ha encontrado una relación significativa entre el contenido total de potasio en los tejidos de la parte aérea y la supervivencia de la planta en campo (gráfico-3). A pesar de las escasas diferencias entre la supervivencia de las distintas especies, esta relación parece demostrar que las especies con más contenido de potasio en sus tejidos, a la salida de vivero, consiguen mayores supervivencias durante su primer año en campo. Como hemos dicho antes, el potasio es un elemento que interviene en los mecanismos de resistencia al estrés hídrico, e incluso algunos autores relacionan los contenidos altos de potasio con una mejor economía hídrica y supervivencia (INGESTAD, 1979).

Todas las relaciones de las variables morfológicas de vivero con las variables de desarrollo en campo (incrementos de altura, diámetro y supervivencia) indican que las plantas con mayor tamaño de su parte aérea, con respecto a su parte radical, obtienen mejores desarrollos en campo (gráficos 4 y 5). Estos resultados no coinciden con algunos autores que afirman que en ecosistemas mediterráneos las plantas adultas tienen ratios parte radical/parte aérea más altos (HILBERT & CANADELL, 1995; LLORET, 1999), porque esos ratios pueden suponer una ventaja para la supervivencia de las plantas en ambientes secos y pobres en nutrientes (GEDROC et al., 1996), ya que los sistemas radicales más grandes pueden alcanzar niveles de suelo más profundos, con más agua durante el verano (CANADELL & ZEDLER, 1995). Sin embargo, otros autores como Jurado & Westoby (1992) no han encontrado relaciones significativas entre supervivencia y ratios parte radical/parte aérea, mientras que Seva y col. (1996) han comprobado que las plantas más grandes en sus partes aéreas han sobrevivido mejor en ambientes secos. A pesar de que está claro que la profundidad del sistema radical es una característica esencial de los esclerófilos mediterráneos (JEFFREY, 1987), se ha comprobado que existe una variabilidad en la profundidad de los sistemas radicales entre especies (HELLMER et al., 1955), que condicionan el estado hídrico de las plantas en sus diferentes estados de desarrollo (SARUWATARI & DAVIS, 1989). Sin embargo, otros autores (DAVIS & MOONEY, 1986) ponen en cuestión este argumento. Para intentar aclarar el porqué de los resultados obtenidos, realizamos regresiones con datos de densidad de madera, tomados de Villar-Salvador (2000), y datos de crecimiento y supervivencia en campo de las distintas especies, encontrándose relaciones significativas entre estas variables (gráfico-6), de manera que las especies con tejidos más densos sobreviven y crecen menos que aquellas con menor densidad. Este resultado, junto con el encontrado anteriormente, sugieren que la estrategia más favorable para sobrevivir y crecer más deprisa es aquella que implica una menor inversión en tejidos a corto plazo.

Tabla1.- RESULTADOS DE CAMPO

	%S	IH	ID	IPSA	TCR	$\Psi_{a1}$	$\Psi_{a2}$	$\Psi_{a3}$	$\Psi_{a4}$	$\Psi_{min1}$	$\Psi_{min2}$	$\Psi_{min3}$	$\Psi_{min4}$
<i>A.halimus</i>	100	56,6	27,9	1190	0,265		-1,12	-0,8	-1,46	-2,14	-2,58	-1,78	-2,6
<i>Q.coccifera</i>	95	13,7	2,01	7,73	0,073	-0,5	-0,97	-0,98	-0,68	-2,96	-2,2	-2,18	-2,8
<i>Q.faginea</i>	89,2	11,8	2,1	1,186	0,032	-0,9	-1,02	-1,3	-0,94	-2,5	-2,68	-1,8	-2,7
<i>P.halepensis</i>	100	26,1	6,2	62,14	0,145	-0,9	-0,88	-0,54	-0,68	-1,58	-1,52	-1,44	-1,98
<i>P.lentiscus</i>	99,2	16,6	3,89	12,84	0,076	-0,66	-0,78	-0,74	-0,68	-1,44	-1,78	-1,5	-2,9
<i>R.sphaerocarpa</i>	97,6	34	2,99	87,11	0,201	-0,42	-0,88	-0,67	-0,6	-2,04	-1,74	-1,22	-1,15
<i>A.unedo</i>	100	11,1	2,94	6,34	0,048	-0,24	-0,54	-0,82	-0,78	-1,62	-1,24	-1,68	-2,55
<i>P.terebinthus</i>	95,6	16,2	3,47	2,31	0,035								

S: supervivencia; IH: incremento de altura en cm.; ID: incremento de diámetro en mm.; IPSA: incremento de peso sec de parte aérea; momento 1: primeros de marzo; 2: mediados de marzo; 3: abril; 4: julio



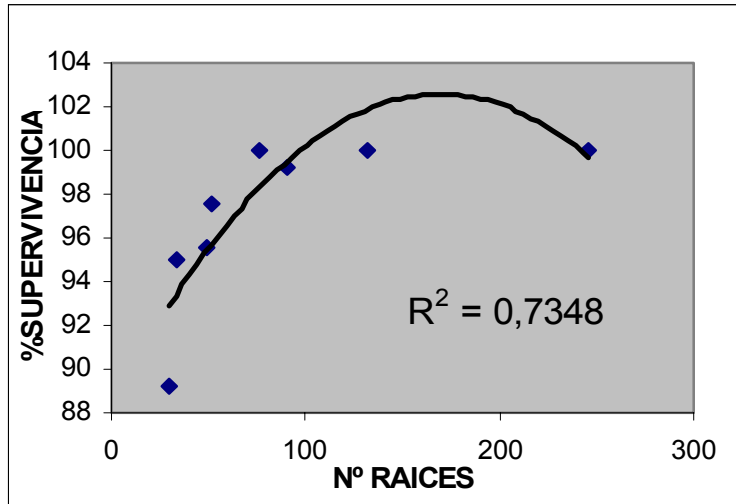


Gráfico 1.- relación entre el número de raíces nuevas producidas en el PCR con la supervivencia de la planta el primer año

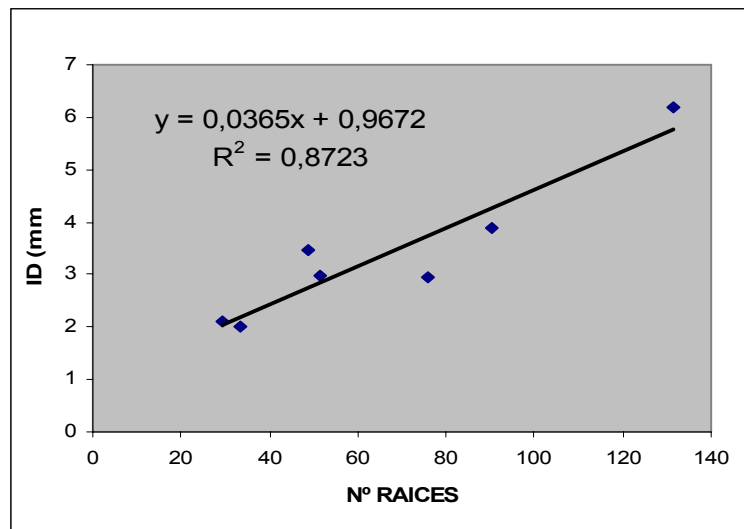


Gráfico 2.- Relación entre el número de raíces nuevas producidas en el PCR y el incremento de diámetro (ID) el primer año en campo

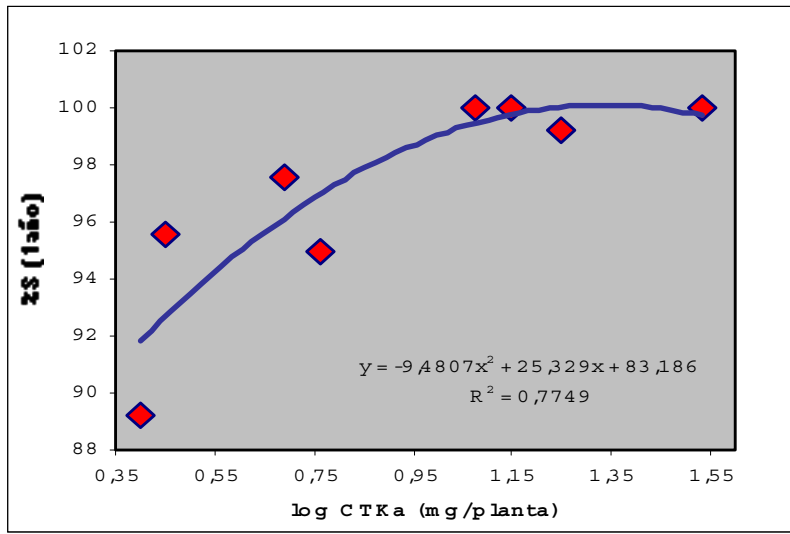


Gráfico 3.- Relación entre contenido total de potasio y el tanto por ciento de supervivencia en campo el primer año

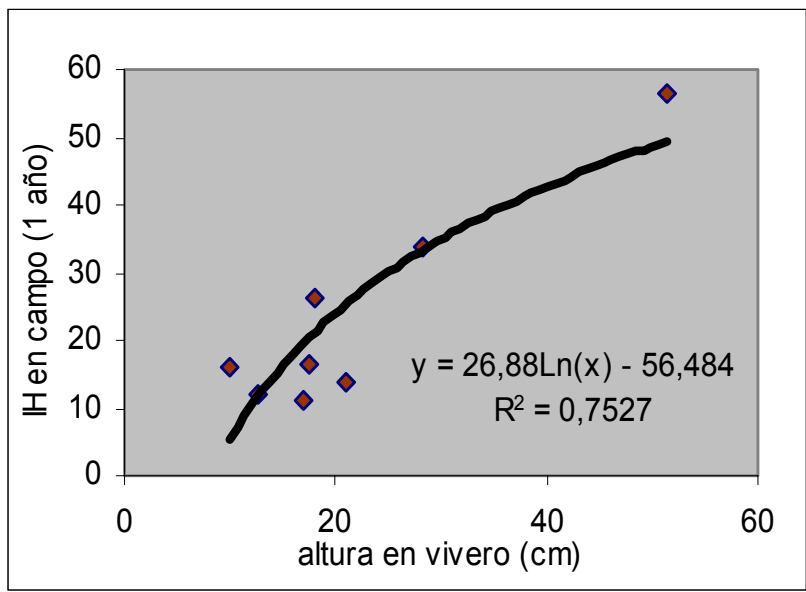


Gráfico 4.- Relación entre la altura de vivero y el incremento de altura en campo durante el primer año



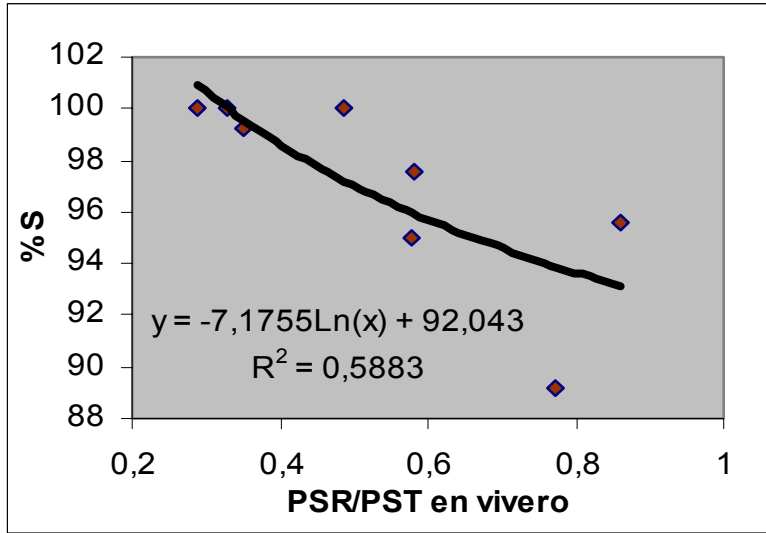


Gráfico 5.- Relación entre la relación biomasa radical/biomasa total con respecto a la supervivencia de la planta en campo

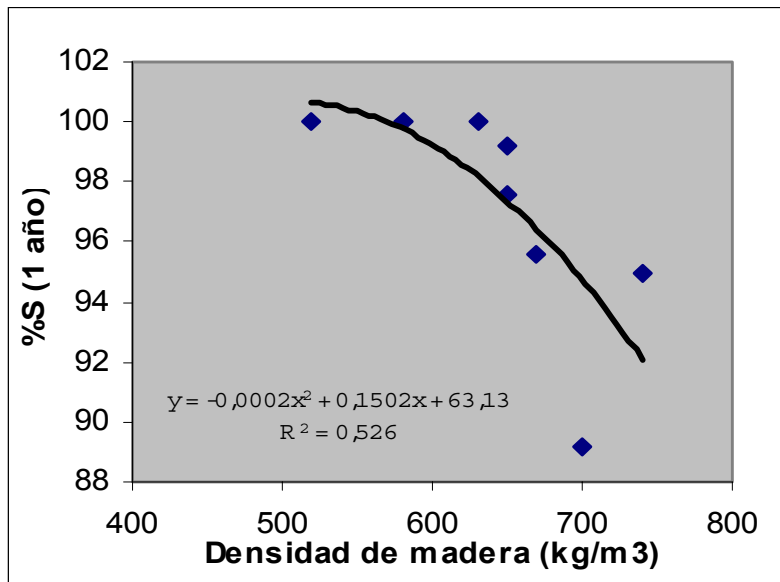


Gráfico 6.- Relación entre la densidad de la madera de cada especie y la supervivencia de la planta en su primer año de campo

## Conclusiones

Las especies que sobreviven y crecen más deprisa en campo se caracterizan por: desarrollar un mayor número de raíces inicialmente, concentrar mayor cantidad de nutrientes en sus tejidos radicales, tener mayor cantidad de potasio en sus tejidos de la parte aérea lo que probablemente influye en una mejor economía hídrica, un mayor desarrollo de su parte aérea con respecto a la radical e invertir en tejidos de menor densidad, lo que supone menos coste de producción y mantenimiento. En general, características de especies más pioneras en la escala de la sucesión, con una estrategia de mantenimiento a corto plazo.

Finalmente, se recomienda la utilización de especies pioneras, como *Atriplex halimus*, *Retama sphaerocarpa* y *Pinus halepensis*, cuando se necesite una mayor rapidez en la restauración de terrenos.

## Bibliografía

- BRADBURY, I.K y MALCOLM, D.C. (1977). *The effect of phosphorus and potassium on transpiration, leaf diffusive resistance and water use efficiency in Sitka spruce seedlings*. J. Appl. Ecol., 14, 631.
- CANADELL, J. y ZEDLER, P.H (1995). *Underground structures of woody plants in Mediterranean ecosystems of Australia, California and Chile*. In Ecology and Biogeography of Mediterranean ecosystems in Chile, California and Australia. Pp. 177-210.
- CATARINO, F.M.; CORREIA, O.A.; WEBB, E. y DAVID, M. (1981). *Morphological and Physiological response of the mediterranean evergreen sclerophyll, Ceratonia siliqua, to different light intensities*. In components of productivity of med. Climate regions.
- CORNELISSEN, J.H.C.; CASTRO-DIEZ, P. y HUNT, R. (1996). *Seedling growth, allocation and leaf attributes in a wide range of woody plants species and types*. Journal of Ecology: 755-765.
- DAVIS, S.D. y MOONEY, H.A. (1986). *Tissue water relations of four co-occurring chaparral shrubs*. Oecologia 70: 527-535.
- FOLK, R.S. y GROSSNICKLE, S.C. (1997). *Determining field performance potential with the use of limiting environmental conditions*. NEW FOREST 13: 121-138.
- GEDROC, J.J; McCONNUGHAY, K.D.M. y COLEMAN, J.S. (1996). *Plasticity in root/shoot partitioning: optimal, ontogenetic, or both?*. Functional Ecology 10 44-50.
- HELLMERS, H.; HORTON, J.S.; JUHREN, G. y O'KEEFE, J. (1955). *Root systems of some plants in Southern California*. Ecology 52: 869-875.
- HILBERT, D.W. y CANADELL, J. (1995). *Biomass partitioning and resource allocation of plants from mediterranean type ecosystems: possible responses to elevated atmospheric CO<sub>2</sub>*.

- Global change and Mediterranean type ecosystems. Pp. 76-101.
- HODGKINSON, K.C.; JOHNSON, P.S. y NORTON, B.E. (1978). *Influence of summer rainfall on root and shoot growth of a cold winter desert shrub, Atriplex confertifolia*. *Oecologia*, 34: 353-362.
- INGESTAD, T. (1979). *Mineral nutrient requirements of Pinus sylvestris and Picea abies seedlings*. *Physiol. Plant.* 45: 373-380.
- JEFFREY, D.W. (1987). *Plants and water*. In *Soil Plant relationship*, pp. 50-62.
- JURADO, E. y WESTOBY, M. (1992). *Seedling growth in relation to seed size among species of arid Australia*. *Journal of Ecology* 80: 407-416.
- LANSAC, A.R.; ZABALLOS, J.P. y MARTIN, A. (1994). *Seasonal water potential changes and proline accumulation in mediterranean shrubland species*. *Vegetatio*, 113: 141-154.
- LLORET, F.; CASANOVAS, C. y PEÑUELAS, J. (1999). *Seedling survival of Mediterranean shrubland species in relation to root:shoot ratio, seed size and water and nitrogen use*. *Functional Ecology* 13: 210-216.
- MOHAMMED, G.H. (1997). *Making the grade. A synopsis*. *New Forest*, 13: 3-6.
- MURIAS, G. (1998). *Estudio de plantas de diferentes especies mediterráneas forestales en vivero. Arquitectura radical, potencial de regeneración de raíces y análisis de nutrientes*. Proyecto Fin de Carrera. E.U.I.T.F. Univ. Polit. Madrid.
- NOITSAKIS, B. y TSIIOUVARAS, C. (1990). *Seasonal changes in components of leaf water potential and leaf area growth rate in kermes oak*. *Acta oecologica* 11: 419-427.
- ORSHAN, G. (1972). *Morphological and physiological plasticity in relation to drought*. *Proc. Int. Wildland Shrub Biol. and utilisation*. Utah State University. Pp. 245-254.
- RANNEY, T.G.; WHITLOW, T.H. y BASSUK, N.L. (1990) *Responses of five temperate deciduous tree species to water stress*. *Tree physiology* 6: 439-448.
- RICHARDS, N.A.; LEAF, A.L. y BICKELHAUPT, D.H. (1973). *Growth and Nutrient uptake of coniferous seedlings: comparison among 10 species at various seedbed densities*. *Plant and Soil* 38: 125-143.
- RITCHIE, G.A. y DUNLAP, J.R. (1980). *Root growth potential: its development and expression in forest tree seedlings*. *New Zealand Journal of Forestry Science* 10: 218-248.
- SARUWATARI, M.W. y DAVIS, S.D. (1989). *Tissue water relations of three chaparral shrub species after wildfire*. *Oecologia* 80: 303-308.
- SEVA, J.P.; VALDECANTOS, A.; VILAGROSA, A.; CORTINA, J.; BELLOT y VALLEJO, V.R. (1996). *Seedling morphology and survival in some mediterranean tree and shrub*

- species*. Int. Conf. Medit. Desertification. Crete-Hellas.
- TIMMER, V.R. (1991). *Interpretation of seedlings analysis and visual symptoms in mineral nutrition of conifer seedlings*. In Mineral Nutrition of Conifer Seedlings. CRC Press. Ed. R. Van den Driessche.
- VAN STEENIS, E. (1999). *Forest seedling nutrition trends*. National Proceedings: Forest & Conservation Nursery Association.
- VILLAR, P.; OCAÑA, L.; PEÑUELAS, J.L. y CARRASCO, I.; (1999). *Effect o water stress conditioning on the water relations, root growth capacity and the nitrogen and non-structural carbohydrate concentration of Pinus halepensis M. seedlings*. Annal. For. Sci. 56: 459-465.
- VILLAR SALVADOR, P. (2000). *Estrategias ecológicas y funcionales del xilema en plantas leñosas mediterráneas*. Tesis Doctoral. Departamento de Biología Vegetal. Universitat de València.