

## CULTIVO DE ONCE ESPECIES MEDITERRÁNEAS EN VIVERO. IMPLICACIONES PRÁCTICAS

SUSANA DOMÍNGUEZ-LERENA\*, GEMA MURRIAS\*, NIEVES HERRERO\* Y JUAN L. PEÑUELAS \*

### RESUMEN

Se han cultivado las siguientes especies mediterráneas en vivero bajo las mismas condiciones de cultivo: *Arbutus unedo*, *Atriplex halimus*, *Ceratonia siliqua*, *Myrtus communis*, *Pinus halepensis*, *Pistacia lentiscus*, *Pistacia terebinthus*, *Quercus coccifera*, *Quercus faginea*, *Retama sphaerocarpa* y *Tetraclinis articulata*. Al final del cultivo se han tomado medidas morfológicas cuantitativas (altura, diámetro y pesos secos) y cualitativas (aspecto y desarrollo de la planta, tipo y características del sistema radical), medidas de desarrollo (potencial de crecimiento radical) y de nutrientes (concentración y contenido total de N, P y K), con el objetivo de iniciar una base de datos sobre cultivo de especies mediterráneas que ayude a aumentar el conocimiento de estas especies tanto en su manejo en campo como en vivero.

**Palabras clave:** especies mediterráneas, cultivo de vivero, potencial de crecimiento radical, nutrientes.

### SUMMARY

In this study, we have reported data on the average characteristic of the seedlings of eleven Mediterranean species, *Arbutus unedo*, *Atriplex halimus*, *Ceratonia siliqua*, *Myrtus communis*, *Pinus halepensis*, *Pistacia lentiscus*, *Pistacia terebinthus*, *Quercus coccifera*, *Quercus faginea*, *Retama sphaerocarpa* and *Tetraclinis articulata*, grown in the nursery under the same conditions. This information is part of a database that is under construction about their suitable cultivation in the nursery. At the end of the growing season, in November, several morphological (height, diameter, and shoot and root dry weight) and physiological (root growth potential and tissue N, P and K concentration) traits were determined. Several qualitative features as the type and colour of root system or the presence of symbiosis were also considered.

**Key words:** mediterranean species, crop, root growth potential, nutrients concentration.

### INTRODUCCIÓN

La mayor parte de las investigaciones sobre técnicas y materiales de producción viverística en nuestro país, se han centrado principalmente en las especies hortícolas y ornamentales (BRU & DES-CALZO 1998) y, dentro del ámbito forestal en espe-

cies del género *Pinus* y *Quercus* (PEÑUELAS & OCAÑA 1996), ya que han sido las mayoritariamente empleadas en las repoblaciones llevadas a cabo dentro de la Península Ibérica. Las especies del género *Pinus*, debido a su amplia distribución y masiva utilización, cuentan gran número de ensayos de cultivo de planta, sobre todo en América

\* Centro Nacional de Mejora Forestal El Serranillo. Ctra. Fontanar, km 2. 19004 Guadalajara. e-mail: serranillo@dgc.n.mma.es

Recibido: 16/05/01.

Aceptado: 02/10/01.

del Norte y países centroeuropeos, en los que se contrastan diferentes técnicas de mejora de la producción: fertilización, envases, sustratos, manejo del agua..., todas ellas encaminadas a la obtención de planta de calidad. Gracias a estas experiencias, contamos con una base de datos muy amplia y continuamente enriquecida que nos permite llegar a conocer cuáles son los parámetros más importantes en la producción de planta en estas especies, que se encuentran directamente implicados en su desarrollo posterior en campo.

A nivel general, se ha comprobado que la morfología, el tamaño y la cantidad de nutrientes en los tejidos de la planta cultivada en vivero tienen una influencia directa en la supervivencia y crecimiento de la planta en campo (THOMPSON 1985; ROSE 1990; ROSE 1995), siendo los rangos de tamaño de planta y cantidad de nutrientes más adecuados característicos y concretos para cada una de las especies estudiadas.

Aunque en los últimos años se ha incrementado la diversidad de especies a introducir en las repoblaciones o restauraciones de terrenos en el entorno mediterráneo, todavía no se dispone de datos sobre los rangos adecuados para la mayoría de las especies, ya que se han realizado pocos estudios sobre el cultivo en vivero de especies propias mediterráneas (MARTÍNEZ *et al.* 1997; BRU & DESCALZO 1998; PARRA 2000). Muchos restauradores piden más variedad de especies cultivadas, pero aprender a cultivar o propagar muchas de ellas resulta un reto importante y difícil. Algunas de estas especies, presentan grados de letargo en sus semillas, que exigen pesados y largos pretratamientos antes de conseguir que éstas germinen. Otras, tienen características propias que hacen de su cultivo algo singular, como la simbiosis entre raíces y hongos o bacterias. En aquellas que no presentan estas características, simplemente conocer el sustrato, envase o fertilización más adecuada para su cultivo, implica ya, en sí, otro grado de dificultad.

Este conocimiento es necesario para conseguir un adecuado manejo de las especies en vivero, de forma que se garantice la obtención de planta de calidad. La calidad de la planta forestal es uno de los factores más importantes que condiciona el éxito de la plantación (PEÑUELAS & OCAÑA 1996).

Planta de calidad equivale a capacidad de arraigo, lo que muchas veces se ve dificultado en la región mediterránea por sus especiales características: sequías prolongadas, alta insolación, irregular distribución de las precipitaciones y, a menudo, fuerte capacidad erosiva de las lluvias; a esto hay que añadir, en algunos casos, la presencia de suelos muy pobres y esqueléticos. La reforestación de terrenos agrícolas abandonados, fomentado por las ayudas concedidas por la Unión Europea, ha presentado un nuevo problema añadido a los anteriores. En estos terrenos las hierbas ejercen una fuerte competencia con la planta forestal, lo que influye de forma importante en su crecimiento y supervivencia (PEÑUELAS 1996).

Las dificultades que todas estas características ocasionan sobre el crecimiento y supervivencia de las plantas a instalar, justifican, por sí solas, la necesidad de una mayor investigación en la producción en vivero de planta de calidad, en un mayor número de especies vegetales mediterráneas, con el fin de conseguir reforestaciones más biodiversas con un buen nivel de adaptación y una óptima supervivencia en campo.

En este trabajo, se comparan once especies mediterráneas bajo el mismo tipo de cultivo de vivero, mediante un estudio descriptivo de sus variables morfológicas, fisiológicas y de comportamiento. Con ello se pretende contribuir a mejorar el conocimiento que se tiene de estas especies en la fase de vivero, de forma que sirva para iniciar una base de datos sobre cultivo de planta de calidad de especies mediterráneas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las especies estudiadas han sido: *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 ml y una densidad de 422 plantas/m<sup>2</sup>. Para *Pinus halepensis* se utilizó el envase Arnabat 54/200, de 250 ml

reales de capacidad y 333 plantas/m<sup>2</sup>. El semillado tuvo lugar en el invernadero en diciembre de 1996. A algunas de las especies se le realizó un tratamiento pregerminativo a las semillas, que fueron los siguientes:

- *A. unedo*, *P. lentiscus*, *P. terebinthus* y *M. communis*: se envolvieron en papel humedecido con agua destilada y fungicida y se colocaron dentro de un recipiente cerrado en el frigorífico durante 15 días. La semilla de *P. terebinthus* se escarificó previamente durante 3 minutos.
- *A. balimus*: inmersión en agua fría durante 48 horas (ZULUETA 1986).
- *C. siliqua*: se realizaron dos tipos de pretratamientos de la semilla, inmersión en agua caliente y en refresco carbonatado de cola, ambos durante 15 días.
- *R. sphaerocarpa*: escaldado de minuto y medio, 24 horas antes del semillado.

La planta fue sacada al área sombreada en abril de 1997. El sustrato de cultivo utilizado fue turba rubia fertilizada. Teniendo en cuenta que el sustrato se encontraba fertilizado, se aportaron únicamente dos fertilizaciones de apoyo, una en junio y otra en agosto de 1997, siendo la cantidad total de macronutrientes aportados por planta a lo largo de todo el cultivo de: 62,5 mg de nitrógeno, 26,2 mg de fósforo y 59,3 mg de potasio. En total se cultivaron 300 plantas por especie. Las dosis de riego y aplicación de fungicidas fueron las mismas para todas las especies. Se aplicaron riegos cada 2-3 días y los fungicidas «Captan» y «Thiram» cada 15 días, complementado durante el verano con «Benomilo». 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 de nutrientes. También, fueron

valorados otros atributos morfológicos cualitativos como: capacidad de colonización del cepellón, color de las raíces, presencia o ausencia de raíz principal y cantidad de raíces secundarias. Se valoraron los siguientes ratios morfológicos: relación peso seco aéreo/peso seco radical (PSA/PSR) y peso seco radical/peso seco total (PSR/PST).

Al final del cultivo, se realizó un test de potencial de crecimiento radical (PCR) en 15 plantas/especie, que consistió en cultivar las plantas en invernadero durante un período de 28 días en contenedores de 3 litros rellenos de perlita y en condiciones ideales de riego, humedad y temperatura (MURIAS 1998). Al final del período se recogieron los siguientes datos: número de raíces nuevas (superiores a 1 cm), longitud total, superficie total y pesos secos de las raíces nuevas.

Asimismo, con objeto de conocer visualmente la arquitectura radical natural de cada una de las especies, se realizaron semillados en rizotrones (contenedores de 1 m de largo x 30 cm de ancho x 2 cm de espesor, con caras de plástico opaco menos una que es transparente, por la que se puede observar el desarrollo de las raíces; se colocan inclinados un ángulo de 30° con la vertical y con la cara transparente hacia el suelo), de 3 plantas por especie.

Se valoró la eficiencia en la asimilación de nutrientes a través de un índice definido como: contenido total medio del nutriente al final del cultivo (parte aérea + parte radical) / cantidad total de fertilizante aportado en todo el cultivo por planta.

Se realizó un análisis descriptivo y exploratorio de los datos de morfología y análisis de nutrientes. Las diferencias entre especies, con respecto a las variables de comportamiento (test PCR) fueron valoradas mediante Análisis de la Varianza, previa comprobación de las hipótesis de normalidad, homocedasticidad e independencia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se puede comprobar los tratamientos pregerminativos realizados y el tiempo tardado en la emergencia para cada una de las especies.

TABLA 1  
 RESULTADOS DE LOS TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS Y TIEMPO TARDADO EN LA EMERGENCIA DE LAS PLANTAS DE CADA UNA DE LAS ESPECIES

Especies	Fecha de siembra	Fecha de emergencia	% emergencia	N.º semillas/alveolo
<i>A. unedo</i>	30/12/96	3/2/97	100	2-3
<i>A. halimus</i>	13/12/96	6/1/97	100	2-3
<i>C. siliqua</i>	27/12/96	3/2/97	35	2
	(agua)			
	19/12/96	27/1/97	78	2
	(cola)			
<i>M. communis</i>	3/12/96	17/2/97	100	4-5
<i>P. halepensis</i>	30/12/96	15/1/97	83	4
<i>P. lentiscus</i>	13/12/96	3/2/97	80	5-6
<i>P. terebinthus</i>	13/12/96	10/2/97	10	5-6
<i>Q. coccifera</i>	4/12/96	27/1/97	70	1-2
<i>Q. faginea</i>	3/12/96	27/1/97	85	1
<i>R. sphaerocarpa</i>	28/12/96	27/1/97	99	4
<i>T. articulata</i>	19/12/96	27/1/97	27	3-4

La emergencia de *Arbutus unedo* se ve dificultada por la gran cantidad de impurezas que, a menudo, acompañan a la semilla, siendo ambas del mismo tamaño, por lo que resulta muy costoso y a veces prácticamente imposible separarlas. Si utilizamos en siembra directa un lote con una pureza baja, al mismo tiempo que la semilla está comenzando a absorber el agua para germinar, comienzan a proliferar hongos sobre las impurezas (puesto que la mayor parte son restos de los azúcares del fruto) por lo que la semilla puede resultar invadida. Por lo tanto, es posible recurrir a la siembra en semillero o incluso directa, cuando la semilla está prácticamente limpia y, cuando no sea así, es más indicado someterla al pretratamiento de humidificación lenta en frío (5 °C) sin medio (PSM) durante 15 días, realizado en este ensayo. De esta forma, la semilla se hincha y es posible distinguir las impurezas. Con este método y colocando, aproximadamente, de 2 a 3 semillas por alveolo, se ha conseguido el 100% de emergencia en los alveolos.

Aunque las semillas de *Atriplex halimus* no presentan problemas de germinación, con el método de inmersión en agua fría durante 48 horas se ha conseguido homogeneizar las nascencias y reducir su umbral.

*Ceratonia siliqua*, posee una semilla con una cubierta dura que es preciso ablandar. Con los

dos métodos probados: escaldado y posterior inmersión en agua 24 horas e inmersión en una bebida carbonatada, se obtuvieron umbrales prácticamente idénticos: 37 y 38 días, sin embargo, a igualdad de dosis de semillas por alveolo, la inmersión en refresco carbonatado obtuvo patentemente mejor emergencia (78%), que la inmersión en agua (35%).

El pretratamiento realizado al *Myrtus communis*, con 4 semillas por alveolo, ha conseguido emergencias del 100%. *Pinus halepensis*, *Quercus coccifera* y *Quercus faginea* obtuvieron porcentajes de emergencia considerados normales para estas especies, para las dosis de semillas por alveolo empleadas (CATALÁN 1985).

Los resultados alcanzados por *Pistacia lentiscus* y *Pistacia terebinthus* son muy diferentes. Ambas especies poseen generalmente un gran porcentaje de semillas partenocárpicas que, a primera vista, parecen completas, pero que no podrán llegar a germinar en ningún caso por carecer de las estructuras necesarias. Se ha establecido, por pruebas realizadas (VERDU & GARCÍA FAYOS 1995) que esa incapacidad para la germinación coincide con determinados colores. Así es preferible semillar sólo las negruzcas de *P. lentiscus* y las azuladas de *P. terebinthus*. En los dos casos mejora la germinación con una inmersión en agua durante 24 horas. No obstante, la elevada cantidad de semi-

llas vanas de estas especies, sobre todo de *P. terebinthus*, ha condicionado los resultados de emergencia encontrados.

La temperatura y el tiempo de exposición son dos de las variables del escaldado de *Retama sphaerocarpa* que hay que fijar mediante pruebas, ya que muchas veces varía con la cosecha y con la procedencia. En ensayos realizados con diferentes procedencias de esta especie, se ha comprobado cómo cada una de ellas responde de forma diferente al tiempo y a la temperatura del escaldado (datos propios no publicados). El escaldado realizado en este ensayo ha sido el adecuado, pues los resultados de emergencia obtenidos se encuentran dentro de los normales para esta especie.

*Tetraclinis articulata* no precisa pretratamiento alguno para germinar. En el ensayo que nos ocupa se obtuvieron emergencias muy bajas, quizás por la baja calidad del lote utilizado, o por las temperaturas del período de germinación, ya que *Tetraclinis* responde mejor a temperaturas algo

más elevadas (20 °C), con las que consigue germinaciones de alrededor del 60-70% (datos propios no publicados).

En la tabla 2 se observa que, a pesar de que todas las especies fueron cultivadas en el mismo tipo de envase y con las mismas condiciones de cultivo, cada una de ellas desarrolla diferentes tamaños y morfologías al final del cultivo. *A. halimus* alcanza una altura media de más de medio metro mientras que *C. siliqua* apenas llega a los 7 cm. La relación H/D se toma como un índice de calidad de la planta que nos ayuda a detectar posibles ahilamientos en la planta (excesivo crecimiento en altura con respecto al diámetro). Thompson (1985) considera que los valores de este índice superiores a 6 son inadecuados, pues la planta puede sufrir daños por el viento, sequía o frío. *A. halimus* y *R. sphaerocarpa* superan ampliamente este valor dado. En el caso de *Atriplex*, se ha constatado visualmente el decaimiento y curvamiento del tallo debido a la excesiva altura, por lo que

TABLA 2  
MEDIAS DE CADA UNA DE LAS VARIABLES MORFOLÓGICAS DE LAS DISTINTAS ESPECIES, JUNTO CON EL COEFICIENTE DE VARIACIÓN EN TANTO POR CIENTO.

	H	D	PSA	PSR	NR	H/D	PST	PSR/PST	PSA/PSR
<i>A. unedo</i>	16,9 (24,8)	2,98 (15,3)	3,07 (34,6)	1,21 (31,0)	0	5,63 (16,8)	4,28 (32,8)	0,29 (12,9)	2,54 (19,4)
<i>A. halimus</i>	51,4 (17,6)	3,48 (14,0)	2,69 (24,4)	1,30 (19,9)	0	14,8 (13,3)	3,99 (20,4)	0,33 (16,0)	2,05 (25,9)
<i>C. siliqua</i>	6,8 (28,4)	2,88 (12,4)	0,90 (27,1)	0,81 (33,4)	9,4 (13,9)	2,17 (26,9)	1,74 (28,1)	0,47 (10,5)	1,08 (21,9)
<i>M. communis</i>	21,4 (24,4)	3,82 (17,5)	2,09 (29,7)	1,35 (26,0)	7,6 (41,0)	5,63 (20,8)	3,47 (27,2)	0,40 (10,0)	1,52 (15,9)
<i>P. halepensis</i>	17,5 (8,4)	3,00 (11,4)	2,29 (22,4)	2,21 (25,3)	10,2 (20,5)	6,11 (13,4)	4,50 (23,6)	0,49 (3,3)	1,05 (6,5)
<i>P. lentiscus</i>	17,4 (13,3)	4,20 (11,6)	2,67 (27,8)	1,42 (26,4)	25,2 (14,2)	4,16 (12,4)	4,09 (23,2)	0,35 (18,1)	1,95 (28,1)
<i>P. terebinthus</i>	9,9 (24,9)	3,12 (11,7)	1,30 (28,3)	2,51 (19,3)	0	3,16 (20,2)	3,80 (18,7)	0,66 (3,2)	0,52 (23,4)
<i>Q. coccifera</i>	21,1 (17,6)	3,75 (17,5)	1,75 (20,1)	2,46 (25,2)	2 (95,5)	5,84 (27,8)	4,22 (20,9)	0,58 (8,8)	0,74 (21,1)
<i>Q. faginea</i>	11,5 (31,2)	3,71 (22,9)	1,09 (24,9)	4,09 (40,3)	0	3,11 (50,6)	5,18 (35,5)	0,79 (8,1)	0,27 (40,0)
<i>R. sphaerocarpa</i>	26,5 (22,4)	2,52 (16,9)	0,74 (41,4)	1,05 (34,3)	6,8 (38,9)	10,6 (29,8)	1,79 (36,0)	0,58 (8,2)	0,73 (19,6)
<i>T. articulata</i>	15,3 (9,9)	2,79 (12,6)	1,46 (19,0)	1,37 (21,2)	16,2 (17,8)	5,41 (12,9)	2,83 (18,7)	0,48 (8,2)	1,04 (17,4)

H: altura (cm);

D: diámetro (mm);

PSA: peso seco de parte aérea (g);

PSR: peso seco radical (g);

PST: peso seco total (g);

NR: n.º ramificaciones

se hace patente la conveniencia de cultivar esta especie bajo densidades de cultivo más bajas, ya que la densidad de cultivo es una de las variables que más directamente se encuentran relacionadas con el índice de esbeltez de la planta (TIMMIS & TANAKA 1976). Las demás especies ensayadas no presentaron síntomas de este tipo, ni superaron el valor aconsejado.

Los datos más bajos de biomasa aérea y radical fueron para *C. siliqua* y *R. sphaerocarpa*. Las especies que más cantidad de biomasa desarrollaron fueron *A. unedo* y *A. balimus* en la parte aérea y *Q. faginea* en parte radical.

Las escasas dimensiones de planta de *C. siliqua* pueden estar motivadas, bien por el escaso período de crecimiento del que ha dispuesto esta especie en las condiciones climáticas de Guadalajara, bien por necesidad de una mayor fertilización con respecto al volumen del envase en el que ha sido cultivada.

El ratio PSA/PSR de una planta cultivada, se toma como un índice de calidad, que indica la relación de equilibrio entre la parte aérea y la radical. Algunos investigadores (SOUTH *et al.* 1985) lo consideran muy importante para el establecimiento de coníferas especialmente en las regiones semiáridas y áridas, aunque no todos están de acuerdo con esto (SUTTON 1980). Otros afirman que las plantas con PSA/PSR bajos se desarrollan mejor en campo (MCGILRRAY & BARNETT 1982). No obstante, hay que tener en cuenta que se trata de una relación específica, pudiendo variar los rangos óptimos para cada una de las especies (ROMERO, 1986), también es importante resaltar que la mayor parte de los ensayos y datos publicados se refieren a coníferas y especies boreales. En ensayos realizados en el CNMF «El Serranillo», con especies mediterráneas del género *Pinus* y *Quercus*, se ha comprobado que los rangos óptimos de PSA/PSR varían entre especies y que, dentro del rango de cada una de ellas, las plantas con mayores valores de PSA/PSR consiguen mejores resultados en campo. La valoración de este índice en este ensayo, en el que se cultivan diferentes especies bajo las mismas condiciones de cultivo, además de ser meramente descriptiva, nos ayuda a comprender el uso específico de los recursos y las diferentes

estrategias utilizadas. En los resultados (tabla II), se comprueba la diversidad de ratios PSA/PSR encontrados para las distintas especies, los cuales presentan tres grupos definidos:

- PSA/PSR < 1: *P. terebinthus*, *Q. coccifera*, *Q. faginea* y *R. sphaerocarpa*.
- PSA/PSR = 1: *C. siliqua*, *P. halepensis* y *T. articulata*.
- PSA/PSR = 2: *A. unedo*, *A. balimus* y *P. lentiscus*.
- *M. communis* se encontraría entre el grupo 1 y el 2.

En el grupo primero se encontrarían las especies que conceden mayor importancia al desarrollo de la parte radical con respecto a la aérea. Las especies del grupo segundo, desarrollan biomasa aérea y radicales equilibradas, mientras que en las del grupo tercero se favorece en mayor medida el crecimiento de la parte aérea frente a la radical.

Las especies que más biomasa radical producen con respecto a la total (PSR/PST) son *R. sphaerocarpa*, *P. terebinthus*, *Q. faginea* y *Q. coccifera*.

Por lo que respecta a las variables cualitativas medidas (tabla 3), se observa que, en general y

TABLA 3  
DATOS MEDIOS DE LAS VARIABLES  
CUALITATIVAS MEDIDAS EN LOS CEPELLONES.

Especies	Colonización	Color	Raíces secundarias
<i>A. unedo</i>	2	Marrón crema	3
<i>A. balimus</i>	3	Amarillo-naranja	3
<i>C. siliqua</i>	1	Negro	1
<i>M. communis</i>	2	Marrón claro	3
<i>P. halepensis</i>	3	Marrón	3
<i>P. lentiscus</i>	3	Marrón oscuro	3
<i>P. terebinthus</i>	3	Negro	3
<i>Q. coccifera</i>	2	Marrón	2
<i>Q. faginea</i>	2	Marrón	3
<i>R. sphaerocarpa</i>	2	Amarillo	2
		blanquecino	
<i>T. articulata</i>	2	Burdeos	2

Escala de colonización:

- 1 = Cepellón poco colonizado, se desmorona con facilidad.
- 3 = Cepellón muy colonizado, no se desmorona.

Escala de Raíces Secundarias:

- 1 = Pocas ramificaciones.
- 3 = Muchas ramificaciones.

con algunas excepciones que a continuación comentaremos, los valores de colonización del cepellón fueron aceptables. Los mayores niveles de colonización fueron para las especies *P. halepensis*, *P. terebinthus*, *P. lentiscus* y *A. halimus*. El valor más bajo correspondió a *C. siliqua* que no fue capaz de colonizar con sus raíces todo el contenedor. Este resultado combinado con los obtenidos en la tabla 2, nos indican que el cultivo de esta especie no ha sido el adecuado, quizá necesite un contenedor menos profundo, de mayor boca y de menor volumen o, como hemos mencionado anteriormente, unos niveles más altos de fertilización.

Resulta interesante destacar el color negro de las raíces característico de *C. siliqua*, *P. lentiscus* y *P. terebinthus* (foto 1). Para algunas especies, como las del género *Pinus* o *Quercus*, el color negro y brillante lleva implicado la presencia de hongos, en concreto del género *Fusarium*, que atacan de forma muy virulenta a la planta consiguiendo en poco tiempo la muerte de ésta.

El número, la superficie y longitud total de raíces nuevas generadas en el PCR (tabla 4) obtenido por *A. halimus* fue significativa y considerablemente superior a todas las demás especies. *P. halepensis* y *P. lentiscus* fueron también especies que desarrollaron valores de estas variables significativamente mayores a las demás especies. *C. siliqua* obtuvo los valores más bajos en todas las variables del PCR. El test de PCR es un indicador de la calidad de la

planta a la vez que un buen predictor de la supervivencia y crecimiento de las plantas en campo (BURDETT 1983; RITCHIE 1980; RITCHIE 1985; MATTSO 1991; SIMPSON 1994; SIMPSON 1995).

Es de destacar que, aunque ha habido diferencias en la cantidad y longitud de las raíces producidas, no hubo diferencias en su biomasa radical (PSRn). Estos resultados indican la variedad de estrategias de desarrollo radical que siguen las distintas especies. Hay especies que desarrollan muchas raíces pero muy finas, como *A. halimus* (foto 8), mientras que otras desarrollan menor número de raíces pero más gruesas, como es el caso de *Q. faginea* (foto 9) y *Q. coccifera*. Teniendo en cuenta la estrecha relación positiva que existe ( $r^2 = 0,89$ ) entre el número de raíces y la superficie total, se puede hipotetizar que las especies con mayor número de raíces y menor grosor de éstas, tendrán mayor superficie de captación de agua y nutrientes que aquellas que desarrollen menos raíces, aunque éstas sean más gruesas.

A pesar de recibir todas las especies la misma cantidad de fertilizante, se han presentado diferencias en la concentración de nutrientes en los tejidos de las distintas especies (figura 1). Así se puede observar cómo las especies caducifolias, *Q. faginea* y *P. terebinthus*, fueron las que mayor cantidad de N concentraron en sus tejidos de la parte aérea. Los valores más altos de magnesio y potasio fueron para *A. halimus*, mientras que los de fósforo correspondieron a *P. halepensis*. En la parte radical, *A. halimus* obtuvo la mayor cantidad de N, Mg y K, mientras que *C. siliqua* consiguió los valores más altos de Ca y K. Por otra parte, es interesante destacar el comportamiento diferente entre la parte aérea y la radical entre las distintas especies. Por ejemplo, la concentración de N de la parte aérea es en todas las especies mayor que en la parte radical, excepto en el caso de *A. halimus*. Esta diferencia de concentración de nutrientes puede ser atribuida a caracteres genéticos (RICHARDS 1973), de forma que cada especie asimila de forma distinta la misma cantidad de fertilizante.

En la tabla 5 se puede observar la eficiencia en la asimilación del fertilizante aportado para cada una de las especies. La especie que más eficiente resulta en la asimilación de nutrientes es *A. halimus*,

TABLA 4  
DATOS MEDIOS DEL TEST DE PCR. LETRAS  
DIFERENTES INDICAN DIFERENCIAS  
SIGNIFICATIVAS SEGÚN EL TEST DE  
SCHEFFÉ (P = 0,05).

Especies	N.º Raíces	PSRn	Sup. total	Long. total
<i>A. unedo</i>	82,3 bcd	0,056 a	22,6 bcde	244,7 bcd
<i>A. halimus</i>	246,2 a	0,113 a	48,6 a	613,1 a
<i>C. siliqua</i>	20,3 d	0,052 a	8,7 e	67,3 e
<i>M. communis</i>	44,7 cd	0,118 a	10,6 de	98,9 de
<i>P. halepensis</i>	131,6 b	0,158 a	41,9 ab	364,3 b
<i>P. lentiscus</i>	90,1 bc	0,115 a	35,1 ab	290,7 bc
<i>P. terebinthus</i>	48,7 cd	0,044 a	13,2 cde	133,4 cde
<i>Q. coccifera</i>	33,5 cd	0,048 a	9,9 cde	97,7 de
<i>Q. faginea</i>	29,3 cd	0,043 a	8,7 de	94,7 de
<i>R. sphaerocarpa</i>	51,5 cd	0,058 a	23,8 bc	193,9 bcde
<i>T. articulata</i>	48,5 cd	0,083 a	15,8 cde	144,7 cde

PSRn: Peso seco de raíces nuevas en g; longitud en cm; superficie en cm<sup>2</sup>.

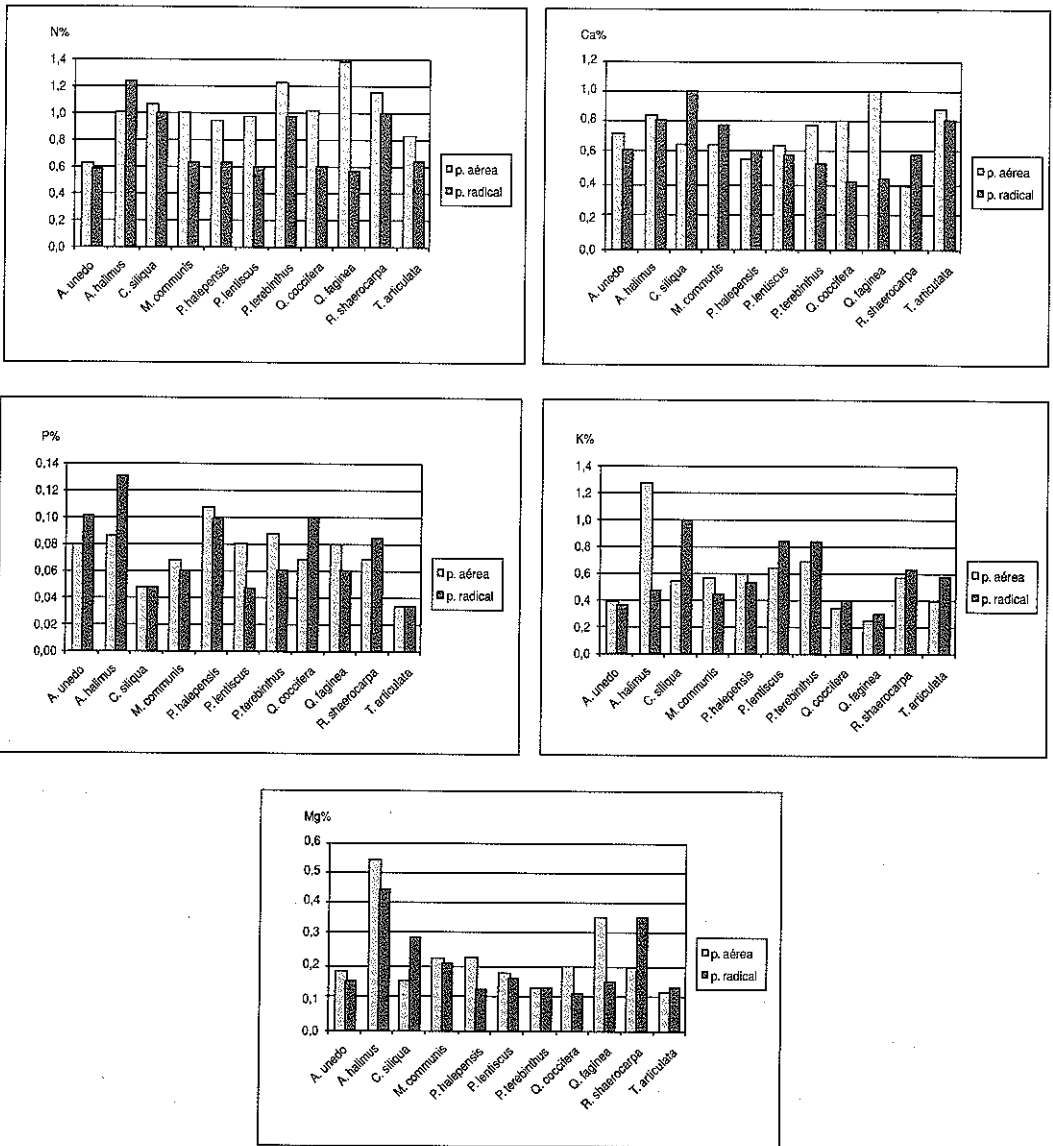


Fig. 1. Datos de concentración de nutrientes en tejidos en parte aérea y radical, al final del cultivo para cada una de las especies. %N: concentración de nitrógeno; %Ca: concentración de calcio; %Mg: concentración de magnesio; %K: concentración de potasio; %P: concentración de fósforo.

seguida de *P. halepensis* y *P. lentiscus*, por el contrario, los menos eficientes son *C. siliqua*, *R. sphaerocarpa* y *T. articulata*. Es de destacar el poco nivel de asimilación conseguido por la retama, que podría ser debido a la ausencia de nódulos en sus

raíces. En ensayos de nodulación llevados a cabo con esta especie en el CNMF «El Serranillo», se ha comprobado que las plantas noduladas han conseguido un 60% más de asimilación de N que las plantas sin nodular (VALLADARES *et al.* 2001).



TABLA 5  
ASIMILACIÓN MEDIA POR PLANTA, DE LOS DIFERENTES NUTRIENTES, POR PARTE DE LAS DISTINTAS ESPECIES, EN FUNCIÓN DE LA CANTIDAD DE FERTILIZANTE APORTADO.

Especies	Asimilación de N (%)	Asimilación de P (%)	Asimilación de K (%)
<i>A. unedo</i>	43	14	28
<i>A. balimus</i>	69	16	68
<i>C. siliqua</i>	29	3	22
<i>M. communis</i>	47	9	30
<i>P. halepensis</i>	57	18	43
<i>P. lentiscus</i>	55	11	50
<i>P. terbinthus</i>	46	7	39
<i>Q. coccifera</i>	52	14	26
<i>Q. faginea</i>	59	12	26
<i>R. sphaerocarpha</i>	34	6	20
<i>T. articulata</i>	34	3	23

N: nitrógeno; K: potasio; P: fósforo.

Los resultados de concentración de nutrientes encontrados para las distintas especies ensayadas indican que de los valores que se toman como ideales (tabla 6) para especies de coníferas, no son adecuados para la mayoría de las especies ensayadas. Algunas de ellas se encuentran muy por debajo en N y P o muy por encima en Mg y K que los valores considerados como adecuados. Este hecho refuerza la necesidad de construir una base de datos de vivero y campo con nuestras principales especies mediterráneas.

De la observación visual del sistema radical (fotos 3 a la 7) podemos sacar las siguientes conclusiones:

- Las especies que más profundizaron y presentaron una raíz más claramente pivotante, fueron *P. halepensis* y *Q. faginea*, aunque con ligeras diferencias. La raíz del quejigo fue mucho más gruesa que la del pino y las raíces secundarias del pino supusieron un 20% de la biomasa radical, frente a un 10% del quejigo. *Q. coccifera* también desarrolló gran longitud del sistema radical, aunque con raíces secundarias menos numerosas que el quejigo pero de mayor longitud (la raíz principal midió 1 metro y las dos secundarias 65 y 71 cm respectivamente).
- Las restantes especies mostraron comportamientos diferentes a las especies anteriores. *A. balimus* (foto 5) y *M. communis* (foto 4) desarrollaron raíces muy fibrosas y ramifica-

TABLA 6  
VALORES ÓPTIMOS DE CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES PARA CONÍFERAS (ROSE, 1990)

Nutrientes	Valores
% N	1,5-2,5
% P	0,18-0,3
% K	0,45-0,8
% Ca	0,1-0,2
% Mg	0,15-0,4

das, presentes únicamente en los centímetros superiores del suelo, sin presentar una raíz principal patente. Sin embargo, *R. sphaerocarpha* presentó una raíz principal ramificada desde los primeros centímetros del suelo (foto 3). No se ha detectado, al menos en esta experiencia y en los primeros estadios de desarrollo, el profundo sistema radical de esta especie que han comprobado en campo algunos autores (KUMMEROW 1981; PUIGDEFABREGAS *et al.* 1996).

## CONCLUSIONES

- Ha quedado patente la diferencia de comportamiento y asimilación de nutrientes de las distintas especies, lo que justifica la necesidad de un estudio por separado del cultivo en vivero de cada una de ellas. De los resultados alcanzados en este estudio se aconseja lo siguiente:
  - Es necesario sembrar semilla de *A. unedo* de la máxima pureza si se realiza siembra directa, en caso contrario es necesario un pretratamiento de humidificación que consiga distinguir las impurezas. Aunque el contenedor empleado en esta especie se ha mostrado adecuado, puede admitir contenedores de mayor boca que permitan un desarrollo mayor de la parte aérea.
  - En las semillas de *A. balimus* conviene realizar un tratamiento previo de inmersión en agua para homogeneizar las nascencias y bajar el umbral germinativo. También se recomienda el cultivo en contenedores con menor densidad para evitar el crecimiento excesivo en altura de esta especie.

- El pretratamiento de escaldado e inmersión en refresco carbonatado ha resultado el más conveniente para la semilla de *C. siliqua*. La baja capacidad de crecimiento y la escasa asimilación de nutrientes manifiestan lo inadecuado de este tipo de cultivo para esta especie. Probablemente sea necesario utilizar mayores densidades de cultivo y niveles más elevados de fertilización.
- Para las especies *Q. faginea* y *Q. coccifera* se recomienda contenedores profundos que potencien el sistema radical pivotante de estas especies.
- Se ha manifestado la alta capacidad de asimilación de nutrientes y de potencial desarrollo de raíces de *A. balimus*, *P. halepensis* y *P. lentiscus*.
- Los datos presentados de relaciones morfológicas, fisiológicas y nutricionales pueden ser considerados aceptables para cada una de las especies y aportan una información valiosa a la base de datos de cultivo de vivero, que sobre estas especies es necesario elaborar. No obstante se precisa de una mayor investigación, tanto en vivero como en campo, para conseguir elaborar rangos de calidad de planta en morfología y cantidad de nutrientes, para cada una de estas especies.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRU, S. & DESCALZO, S. 1998. Estudio sobre el cultivo en vivero de especies mediterráneas. Diputación de Valencia.
- BURDETT, A. N., SIMPSON, D. G. & THOMPSON, C. F. 1983. Root development and plantation establishment success. *Plant & Soil* 71: 103-110.
- CATALÁN, G. 1985. Semillas de árboles y arbustos forestales. Monografía n.º 17. ICONA-MAPA.
- DE ZULUETA, J. 1986. Reproducción de algunas especies de interés para la mejora pastoral del monte mediterráneo. Simposio sobre genética forestal. Lourizan.
- KUMMEROW, J. 1981. Structure of roots and root systems. En: *Ecosystems of the world*, vol. 11. Mediterranean type shrublands, pp. 269-288. Elsevier Scientific. Amsterdam.
- MARTÍNEZ, J. J., OROZCO, E., SELVA, M., GONZÁLEZ, A., SÁNCHEZ, J. M. & GIL ALBERT, J. 1997. Obtención de planta de *Coryaria myrtiliflora* en vivero. Posibilidades de utilización en repoblaciones forestales. II Congreso Forestal Español. Pamplona. Sociedad Española de Ciencias Forestales.
- MCGILVRAY, J. M. & BARNETT, J. P. 1982. Relating seedling morphology to field performance of containerized southern pines. En: *Proceedings of the southern containerized Forest Tree Seedling Conference*. 25-27. August, pp. 39-46.
- MATTSSON, A. 1991. Root growth capacity and field performance of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings. *Scand. J. For. Res.* 6: 105-112.
- 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. Forestal. Universidad Politécnica de Madrid.
- PARRA, R. & NAVARRO, R. 2000. Descripción del cultivo y calidad final de planta de *Retama sphaerocarpa*, *Cistus ladanifer*, *Cytisus scoparius* y *Spartium junceum* destinada a trabajos de restauración de carreteras. *Revista Monte Bravo*. Septiembre, pp. 4-10.
- PEÑUELAS, J. L. & OCAÑA, L. 1996. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Ed. Mundi Prensa. MAPA.

- PEÑUELAS, J. L., OCAÑA, L., DOMÍNGUEZ, S. & RENILLA, I. 1996. Experiencias sobre el control de la competencia herbácea en terrenos agrícolas abandonados. Resultados de tres años en campo. *Montes* n.º 45: 30-36.
- PUIGDEFABREGAS, J., ALONSO, J.M., DELGADO, L., DOMINGO, F., CUETO, M., GUTIÉRREZ, L., LÁZARO, R., NICOLAU, J.M., SÁNCHEZ, G., SOLÉ, A., TORRENTO, J.R., VIDAL, S., AGUILERA, C., BRENNER, A.J., CLARK, S.C. & INCOLL, L.D. 1995. Interactions of soil and vegetation along a catena in semiarid Spain. En: *Mediterranean desertification and land use*. Wiley. Nueva York.
- RICHARDS, N.A., LEAF, A.L. & 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. & DUNLAP, J. R. 1980. Root growth potential: its development and expression in forest tree seedlings. *N.Z.J. For. Sci.* 10 (1): 218-248.
- RITCHIE, G.A., 1985. Root growth potential: principles, procedures, and predictive ability. En: *Proceedings Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major test*. Oregon State University, pp. 93-106.
- ROMERO, A.E., RYDER, J., FISHER, J.T. & MEXAL, J.G. 1986. Root system modification of container stock for arid land plantings. *Forest Ecology and Management* 16: 281-290.
- ROSE, R. 1990. The target seedling concept. En: *Target Seedling Symposium. Proceedings, combined meeting of the western forest Associations*. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.
- SIMPSON, D.G., THOMPSON, C.F. & SUTHERLAND, C.D. 1994. Field performance potential of interior spruce seedlings: effect of stress treatments and prediction by root growth potential and needle conductance. *Can. J. For. Res.* V. 24, pp. 576-586.
- SIMPSON, D.G. & VISE, A. 1995. Planting stock performance: site and RGP effects. *The Forestry Chronicle* 71: 739-742.
- SOUTH, D.B., BOYER, J.N. & BOSCH, L. 1985. Survival and growth of loblolly pine as influenced by seedling grade: 13 years results. *South J. Appl. For.* 9: 76-81.
- SUTTON, R.F. 1980. Root system morphogenesis. *N. J. For. Sci.* 10: 264-292.
- THOMPSON, B.E. 1985. Seedling morphological evaluation. What you can tell by looking. *Proceedings: Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major test*. October 16-18. Forest Research Laboratory, Oregon State University.
- TIMMIS, R. & TANAKA, Y. 1976. Effects of container density and plant water stress on growth and cold hardiness of Douglas-fir seedlings. *Forest Science* 22 (2): 167-172.
- VALLADARES, F., VILLAR-SALVADOR, P., DOMÍNGUEZ LERENA, S., FERNÁNDEZ-PASCUAL, M., PEÑUELAS, J.L. & PUGNAIRE, F. 2001. Enhancing the early performance of the leguminous shrub *Retama sphaerocarpa*: fertilization versus *Rhizobium* inoculation. *Plant & Soil* (en evaluación).
- VERDU, M. & GARCÍA FAYOS, P. 1995. Dispersión y predación predispersiva de semillas de *Pistacia lentiscus*. *Studia Oecologica* 12: 213-220.