

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y RESPUESTA EN CAMPO DE DOS ESPECIES DE MATORRAL MEDITERRÁNEO

CARLOS J. CEACERO¹, RAFAEL M^a NAVARRO¹ Y ANTONIO D. DEL CAMPO²,

RESUMEN

La diversificación de las repoblaciones forestales con especies no tradicionales como aquellas propias del matorral mediterráneo se topa frecuentemente con resultados inciertos debido al desconocimiento del repoblador sobre el tipo de planta a emplear y la capacidad de respuesta de ésta frente al establecimiento. Un primer paso en cualquier programa de mejora de la calidad de planta y del establecimiento es la evaluación del material actualmente comercializado, para, a partir de ahí, realizar diagnósticos y/o ajustes sobre el mismo. En este trabajo, se ha estudiado la calidad de planta y su respuesta en campo para distintos lotes comerciales de *Lavandula stoechas* L. y *Pistacia lentiscus* L. producidos en diferentes viveros y bajo diferentes técnicas de cultivo. La calidad de planta fue evaluada mediante atributos morfológicos y el contraste de su respuesta se evaluó a través de la supervivencia y crecimiento antes y después del primer verano. Los resultados indican importantes diferencias en la calidad de planta según los lotes, acordes con el vivero y/o el régimen de cultivo practicado. Igualmente, se observaron diferencias significativas para la respuesta al establecimiento en ambas especies según su calidad morfológica, destacando la correlación negativa del cociente PA/PR con la supervivencia en los dos casos. Estos resultados permiten al repoblador definir con mejor criterio la calidad de planta adecuada para unas condiciones de estación similares a las de este estudio.

Palabras clave: *Lavandula stoechas* L., *Pistacia lentiscus* L., supervivencia, calidad planta.

SUMMARY

The diversification of reforestations through new non traditional shrubland species as those from Mediterranean maquia, have led to an uncertainty of performance due to the lack of seedling standards for those species and field performance patterns. Any improvement program on seedling quality and establishment needs to begin with an evaluation of current stock being produced in order to evaluate it and/or to adjust its quality condition. This paper presents the results from a field establishment trial of eight commercial stocktypes of *Lavandula stoechas* L. and *Pistacia lentiscus* L as a function of their seedling quality and nursery growing regime. Seedling quality was studied through morphological attributes and field performance was measured on

¹ Departamento de Ingeniería Forestal, E.T.S.I.A.M. Universidad de Córdoba. Avd. Menéndez Pidal, s/n (14080-Córdoba). E-mail: ir1nacer@uco.es

² Dep. Ing. Hidráulica y Medio Ambiente. E.P.S.Gandía – Universidad Politécnica de Valencia. Carretera Nazaret-Oliva s/n (46730 – Gandía). E-mail: ancanga@dihma.upv.es.

Recibido: 08/09/2004.

Aceptado: 08/04/2005.

survival and relative growth rate, both before and after the first summer. Results show important stocktype variation according to the nursery and growing regime practiced. Statistical differences were obtained for morphology and field performance in both species, standing out the negative correlation of shoot:root ratio with survival. These results allow us to have a better understanding of seedling quality standards for planting on sites like the one studied here.

Key words: *Lavandula stoechas* L., *Pistacia lentiscus* L., seedling quality, field performance, ecosystem restoration

INTRODUCCIÓN

Las particulares condiciones imperantes en los ambientes mediterráneos confieren a la repoblación forestal una importancia manifiesta como práctica de restauración a gran escala. En este sentido, es conveniente considerar repoblaciones pluriespecíficas que ayuden a incentivar el uso múltiple del monte y combatir los factores que propician la agresividad de los agentes perturbadores, siendo las especies arbustivas y subarbustivas propias de estos biomas las más empleadas en la potenciación de esta diversidad. No obstante, a diferencia de otras especies más tradicionales, tales como pinos o fagáceas, éstas se caracterizan por un menor grado de conocimiento sobre (1) su cultivo en vivero (DOMÍNGUEZ-LERENA, *et al.*, 2001a), (2) la calidad funcional que deben presentar y (3) los principales aspectos ecológicos de su establecimiento y por tanto de su respuesta en campo. Esto ha llevado a que los resultados de éxito en repoblaciones con estas especies sean muy variables de acuerdo a la propia especie, pero también según tipos y calidades de planta utilizados (NAVARRO *et al.*, 2001; PADILLA *et al.*, 2004; TRUBAT *et al.*, 2004), por lo que sería necesario establecer unos patrones generales de calidad para las distintas especies que vengan respaldados por un buen comportamiento en campo.

Una planta de calidad es aquella capaz de responder satisfactoriamente al establecimiento en campo, lo cual se cuantifica en términos de supervivencia y crecimiento o adecuación al uso (DURYEA, 1985). En el ámbito mediterráneo el objetivo de calidad velará fundamental-

mente por una adecuada respuesta ante la degradación del medio, la aridez y la variabilidad térmica. La respuesta del brinzal al establecimiento es función de una multitud de factores, entre ellos las condiciones de cultivo en vivero, que afectan a las características funcionales y estructurales (fenotipo) de la planta y determinan en qué medida ésta se encuentra adaptada, tanto al estrés de trasplante del vivero al monte, como a las condiciones ambientales de la estación de plantación (BURDETT, 1990).

Una de las clasificaciones de calidad más aceptadas por diversos autores (DURYEA, 1985; MATTSSON, 1997; NAVARRO *et al.*, 1998) es la propuesta por RITCHIE (1984). Este autor establece dos tipos de atributos, los materiales (caracteres morfológicos y fisiológicos) y los de respuesta (miden la respuesta de la planta bajo unas condiciones particulares de ensayo). Entre los más comúnmente empleados se citan la altura, diámetro del cuello de la raíz y la información correspondiente a biomasa (pesos secos aéreo y radical) para los morfológicos; el potencial hídrico (Ψ), análisis nutricional y el contenido de carbohidratos, en lo que se refiere a las condiciones fisiológicas, o el potencial de regeneración radical para los de respuesta bajo unas condiciones controladas de ensayo (MATTSON, 1997; PUTTONEN, 1997).

El estudio de la importancia de los atributos morfológicos sobre la respuesta postrasplante es sin duda la materia que mayor atención ha recibido en este campo de trabajo, principalmente la altura y el diámetro. Así, son muy

abundantes los trabajos que han obtenido buenas relaciones con la supervivencia y el crecimiento tanto en un sentido positivo como negativo (THOMPSON, 1985; TUTTLE *et al.*, 1988; MEXAL y LANDIS, 1990; LONG y CARRIER, 1993; DEY y PARKER, 1997). Trabajos clásicos se ven continuados con una renovada atención en los últimos años (PUTTONEN, 1997; SOUTH, 2000; NOLAND *et al.*, 2001) gracias siempre a la facilidad de determinación de este tipo de atributos y a su carácter no destructivo, muy importante en el estudio de la respuesta en campo. Lo cierto es que en unas condiciones de producción generales establecidas para la especie y con una investigación de base sobre la que fundamentar el cultivo en vivero, esta idea puede tener una aplicación directa. Algunos de los atributos morfológicos como la relación PA/PR tienen un significado fisiológico directo en el proceso crítico del trasplante (BURDETT, 1990) y su importancia ha sido destacada en varios trabajos (PUTTONEN, 1997; SOUTH, 2000). No obstante, su eficacia como atributo de evaluación de calidad también ha sido cuestionada (BERNIER *et al.*, 1995) cuando la planta es cultivada en contenedor, ya que en estas condiciones favorables (sustrato aireado, humedecido, templado y rico en nutrientes) se favorece el crecimiento radical por encima de las necesidades estrictamente fisiológicas de la planta.

La caracterización de la respuesta en supervivencia puede abordarse mediante el contraste directo de marras en momentos puntuales, mientras que el estudio del crecimiento de la planta puede analizarse a distintos niveles (CHIARELLO *et al.*, 1989). Un primer nivel haría referencia a los cambios en morfología o biomasa de la planta con el tiempo y un segundo nivel trataría sobre su alometría, esto es, la distribución de asimilados entre las distintas partes de la planta. El parámetro fundamental para el análisis de crecimientos es la tasa de crecimiento relativo (CHIARELLO *et al.*, 1989), que permite comparar el crecimiento producido con independencia del tamaño inicial de las plantas que son comparadas. Por su parte, el análisis de la alometría permite observar los mecanismos de ajuste de la planta ante

los desequilibrios en los recursos disponibles, de modo que el vegetal ubicará más biomasa en los órganos que adquieren en mayor proporción el recurso más limitante (POORTER y NAGEL, 2000).

Las características de calidad que deben presentar las distintas especies mediterráneas han sido parcialmente tratadas en la bibliografía (CORTINA *et al.*, 1997; ONCINIS *et al.*, 1997; VILLAR *et al.*, 2001; DEL CAMPO, 2002; DEL CAMPO y NAVARRO, 2004a,b), observándose una desigual atención entre aquellas especies consideradas principales o secundarias en repoblación y aquellas de matorral, normalmente consideradas accesorias.

Los estudios sobre cultivo en vivero de matorral (BRU y DESCALZO, 1998; PARRA y NAVARRO, 2000; DOMÍNGUEZ-LERENA *et al.*, 2001a), así como su respuesta en repoblaciones forestales (CORTINA *et al.*, 1997; DOMÍNGUEZ-LERENA *et al.*, 2001b; MOROTE *et al.*, 2001; NAVARRO *et al.*, 2001; RUBIO *et al.*, 2001; VILAGROSA *et al.*, 2001; PADILLA *et al.*, 2004; TRUBAT *et al.*, 2004) muestran diferencias importantes en ésta según las especies estudiadas, tratamientos ensayados, condiciones de estación, etc., lo que evidencia la dificultad para hacer indicaciones sobre estándares de calidad genéricos por las correlaciones múltiples entre atributos y estos factores. Así, para mejorar de una manera significativa los resultados en plantación es preciso establecer un programa de mejora de calidad (BURDETT, 1983) que permita definir un tipo de planta (o estándar de calidad) para un determinado rango de condiciones ecológicas. Esto requiere, por un lado, la determinación de este estándar mediante ensayos de plantación que evalúen la aptitud del material actual y con ello la del régimen de cultivo practicado, y por otro, un mayor conocimiento sobre como cultivar estas especies en el vivero a fin de promocionar en el brinzal esas determinadas dotaciones de calidad funcional; todo ello contemplado desde la óptica de las condiciones actuales de producción de planta en vivero (NAVARRO *et al.*, 1998).

El uso de especies de matorral (con alto potencial de cobertura del suelo) en repoblaciones, puede ser muy útil para la lucha contra los actuales problemas de degradación de los ecosistemas (erosión, desertización, biodiversidad, etc.) en estos ambientes. Es por ello, que el objetivo propuesto en este trabajo ha sido evaluar la respuesta en campo de varios lotes comerciales de lentisco y lavanda producidos en distintos viveros en función de su calidad morfológica. Con ello se pretende estudiar el valor predictivo de estos atributos para estas especies y por tanto la posibilidad de establecer unos rangos de variación mínimos que sirvan al repoblador como un primer filtro para tomar decisiones adecuadas a la hora de la elección del material forestal de reproducción. Igualmente, se considera la posibilidad de que el viverista disponga de unos valores de referencia que le sirvan para modelar la planta producida.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

Las especies estudiadas han sido el cantueso o lavanda (*Lavandula stoechas*) con tres lotes diferentes y el lentisco (*Pistacia lentiscus*) con 5 lotes (Tabla 1). La unidad básica de trabajo fue el lote, entendiendo como tal una partida de planta de la misma especie que es cultivada de forma homogénea. Los lotes de lavanda fueron producidos en distintos viveros de la provincia de Sevilla mientras que los de lentisco provenían de viveros de Albacete, Granada, Almería y Sevilla (Tabla 1). Las campañas de producción son 1998-00 para los lotes de dos savias y 1999-00 para los de una. Entre los lotes seleccionados existe una amplia variación en el tipo de planta producida similar a la que puede encontrar en el mercado un repoblador.

Diseño experimental

El estudio de la respuesta en campo se estableció mediante un diseño de bloques completos

al azar, con tres bloques en los que estaban representadas todas las especies y lotes analizados. El tamaño muestral empleado fue de 30 brinzales por lote (240 plantas en total) que quedaron distribuidos aleatoriamente en los tres bloques a razón de 10 plantas por bloque. La parcela de contraste se situó en la provincia de Sevilla (T.M. de Aznalcázar), en una zona de relieve poco pronunciado (pendiente = 7,5%) sobre Fluvisoles calcáreos dedicados previamente a cultivos agrícolas y bioclima Termomediterráneo subhúmedo, con temperatura media anual de 17,9 °C y precipitación media de 729,3 mm.

La plantación de la parcela se realizó entre el 12 y el 13 de diciembre de 2000 previo laboreo del terreno con apero agrícola y apertura manual de hoyos de 40 x 40 x 40 cm y con un marco de plantación de 1 x 1 metros. No se realizaron labores de mantenimiento a la plantación.

Mediciones o parámetros determinados

Cada uno de los lotes seleccionados fue sometido a una caracterización morfológica coincidente con el momento en que se da por concluido el cultivo de la planta en vivero (octubre a noviembre del 2000). Esta caracterización se llevó a cabo mediante la selección de una muestra representativa del lote (ubicada en un bloque de control), sobre la que se realizaron las distintas determinaciones. Los atributos morfológicos determinados fueron la altura (H, medida con regla graduada, cm) y el diámetro en la base del tallo (D, medido con calibre digital, mm) sobre una muestra de 150 plantas. Se determinó también la biomasa seca aérea (PSA, g) y radical (PSR, g) sobre una muestra de 15 plantas retiradas al azar del bloque de control. Estas plantas fueron lavadas para eliminar el sustrato y demás sustancias como restos de cal; seguidamente fueron separadas en raíz y parte aérea, introducidas en sobres de papel etiquetados y secadas en estufa a 65 °C durante 48 horas y finalmente pesadas (balanza de precisión Mettler; máx: 310 g; mín: 0,002; e=10 mg; d=1 mg). Con estos atributos se determinaron tres

| Especie | Lote | Número de savias | Vivero cultivo | Envase | | |
|---------------------------|----------------------|------------------|----------------|----------------|------------------------|-------------|
| | | | | Tipo | Vol (cm ³) | Altura (cm) |
| <i>Lavandula stoechas</i> | LAST-AB230 1+0(EN) | 1 | SE-2 | Arnabat 35A | 230 | 13,5 |
| | LAST-AB230 2+0 | 2 | SE-1 | Arnabat 35A | 230 | 13,5 |
| | LAST-CE400 1+0 | 1 | SE-1 | CETAP Extra | 400 | 19,5 |
| <i>Pistacia lentiscus</i> | PILE-AB230 2+0 | 2 | AL | Arnabat 35A | 230 | 13,5 |
| | PILE-CE210 2+0 | 2 | SE-1 | CETAP 28A | 210 | 12 |
| | PILE-FP300 1+0 (SN) | 1 | SE-3 | Forest Pot 300 | 300 | 19 |
| | PILE-FP300 1+0 (FFI) | 1 | AB | Forest Pot 300 | 300 | 19 |
| | PILE-PL210 1+0 | 1 | GR | Plasnor 210 | 210 | 15 |

Tabla 1. Información de partida para los lotes estudiados. Vivero de cultivo: SE-1 Sevilla-1, SE-2 Sevilla-2, SE-3 Sevilla-3, AL-Almería, AB-Albacete, GR-Granada.

Table 1. General information for the lots studied. Nursery: SE-1 Sevilla-1, SE-2 Sevilla-2, SE-3 Sevilla-3, AL-Almería, AB-Albacete, GR-Granada.

índices morfológicos de uso común en las determinaciones de calidad: esbeltez (H/D, cm/mm), cociente entre peso seco aéreo y radical (PSA/PSR, g/g) e índice de calidad de Dickson (QI = PST/ ((H/DCR)+(PSA/PSR)), siendo PST la suma de los pesos secos aéreo y radical). Finalmente, se utilizó también como atributo de calidad el coeficiente alométrico b_1 , obtenido para cada lote de la expresión general de distribución de la biomasa (ver apartado análisis de los datos).

Por su parte, la evaluación de la respuesta al establecimiento se desarrolló en dos fechas, una pre-estival el 16/04/01 (indicativa del arraigo tras el shock postrastplante) y otra post-estival el 01/10/01. El análisis de supervivencia se realizó mediante el contraste directo del estado (viva o muerta) de cada brinjal en los diferentes controles programados. Por su parte, la respuesta en crecimiento se evaluó mediante las tasas de crecimiento relativo (TCR), que se obtuvieron mediante la siguiente expresión:

$$TCR = \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \right] \int_{W_1}^{W_2} d(\ln W) = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$$

donde W hace referencia a una medida de la biomasa, que en este caso se corresponde con

las variables altura (H), diámetro al cuello de la raíz (DCR). La altura y diámetro, aunque no son medidas estrictas de biomasa, también suelen utilizarse en el cómputo de la TCR (BONFIL, 1998). Los subíndices 1 y 2 se corresponden con una medición final (2) y una inicial (1). La unidad de tiempo escogida para el cálculo del denominador es la semana, tal y como proponen algunos autores (CHIARIELLO *et al.*, 1989). Al operar con la tasa de crecimiento relativo por semana para cada una de las seis variables consideradas, se evitan los problemas de diferencias de tamaño entre unas plantas y otras.

Análisis de los datos

El tratamiento estadístico de los datos requirió diversos análisis. Se empleó el análisis general de la varianza (ANOVA) para el contraste de las diferencias morfológicas y de crecimientos (TCR) entre los distintos lotes de una misma especie, comprobándose el cumplimiento de las exigencias que requiere la prueba (transformando los datos en caso de heterocedasticidad). Los patrones de distribución de biomasa aérea y radical entre los distintos lotes de cada especie se analizaron siguiendo el modelo general: $\ln y = b_0 + b_1 \ln x$, donde las variables

x e y hacen referencia al PSA y PSR respectivamente, y el coeficiente de pendiente (b_1), representa el cambio relativo en la alometría entre lotes (MONSERUD Y MARSHALL, 1999; MÜLLER *et al.*, 2000). En este caso, para la detección de diferencias significativas, se realizó un análisis de la covarianza (ANCOVA), comúnmente empleado en estudios alométricos (MÜLLER *et al.*, 2000).

En el caso de la supervivencia se utilizó la prueba chi-cuadrado aplicada a un análisis de contingencia para estudiar la mayor o menor asociación de esta variable respuesta con los tratamientos; la hipótesis nula contrastada fue que las variables *tratamiento (lote)* y *supervivencia* fuesen independientes. Esta hipótesis nula fue rechazada al nivel de significación de 0,05. En los casos en los que el estadístico *chi-cuadrado* mostró la existencia de dependencia estadística de las dos variables, la magnitud de ésta fue evaluada a través del coeficiente de contingencia que mide el grado de asociación entre ellas (para un intervalo definido, cuanto más se aproxime el valor del coeficiente de contingencia al límite superior, mayor será la dependencia entre las dos variables estudiadas y viceversa).

Para estudiar posibles relaciones entre atributos de calidad y la respuesta en campo se determinaron las correlaciones entre ellos a través del coeficiente de correlación de Pearson para variables cuantitativas (TCR) y a través del coeficiente de correlación de Spearman para la variable no paramétrica (supervivencia) ($\alpha \leq 0,05$). Los procedimientos estadísticos mencionados se han llevado a cabo con el paquete estadístico SPSS v10.1.

RESULTADOS

Caracterización morfológica final

Los resultados obtenidos para *Lavandula stoechas* muestran la existencia de diferencias significativas entre lotes para el total de atributos

morfológicos contrastados (Tabla 2). Para la altura, el diámetro del cuello de la raíz y la esbeltez destaca el lote LAST-AB230 2+0 que presentó los valores medios más elevados, aunque esto no supuso valores más altos para la biomasa. Respecto de los índices PA/PR (1,80) y QI (0,63) los valores más elevados se obtienen para LAST-AB230 1+0 como consecuencia de su elevado peso seco aéreo y su menor peso seco radical (Tabla 2).

En lentisco vuelve a resaltar la heterogeneidad de la varianza, sobre todo en las variables con mayor número de datos (H, D y H/D), por lo que fue necesaria su transformación. Los ANOVAS realizados manifestaron alta significación para el conjunto de atributos e índices morfológicos (Tabla 2). En este caso destacaron los lotes PILE-FP300 1+0 (SN) (H=27,31cm y DCR=4,65 mm) y PILE-CE210 2+0 que lo hizo para biomasa. Los índices PA/PR y QI sufrieron un comportamiento desigual (Tabla 2).

En cuanto a los resultados de la relación alométrica entre biomasa radical y aérea, los ANCOVA realizados mostraron diferencias en ambas especies en función de los lotes, (Tablas 3 y 4). Sin embargo, los diferentes test de comparaciones múltiples efectuados no mostraron significación alguna para la pendiente (o coeficiente) alométrica (b_1) en ninguna de las especies. Esta circunstancia pudo deberse al tamaño de muestra disponible (15 individuos por lote) o bien a la considerable variabilidad intralotes respecto del tamaño de muestra manejado.

Pese a ello, se puede observar que para ambas especies la pauta seguida por la mayoría de lotes establece un valor de la pendiente alométrica inferior a 1, salvo para LAST-AB230 1+0(EN) y PILE-FP300 1+0 (FFI) que fueron los únicos que superaron dicho valor con $b_1=1,436$ y $b_1=1,322$ respectivamente.

Repuesta en campo

Los resultados de los análisis de contingencia para la evaluación de la supervivencia de los brinzales en campo se muestran en la Tabla 5.

| Especie | Lote | H (cm) | D (mm) | H/D (cm/mm) | PSA(g) | PSR(g) | PST(g) | PSA/PS R (g/g) | QI |
|----------|----------------------|------------|----------|-------------|-----------|-----------|----------|----------------|-----------|
| Lavanda | LAST -CE400 1+0 | 26,2±6,9b | 1,7±0,4b | 15,9±5,1b | 1,3±0,4b | 1,8±0,4b | 3,2±0,7c | 0,7±0,3b | 0,2±0,1b |
| | LAST-AB230 1+0 | 24,0±7,9b | 3,7±0,5a | 6,3±1,8c | 3,1±1,1a | 2,4±1,8b | 5,5±2,7b | 1,8±0,9a | 0,6±0,3a |
| | LAST-AB230 2+0 | 55,0±12,5a | 3,4±4,6a | 18,5±5,1a | 3,5±1,3a | 3,8±1,3a | 7,3±2,1a | 0,9±0,5b | 0,4±0,1b |
| Lentisco | PILE CE-210 2+0 | 26,5±8,1a | 4,0±1,2b | 6,9±2,5a | 4,2±1,7a | 2,9±1,1a | 7,1±2,3a | 1,5±0,4b | 1,0±0,5a |
| | PILE-AB230 2+0 | 23,6±5,3b | 4,2±0,7b | 5,7±1,5bc | 3,1±0,9ab | 0,6±0,2bc | 3,7±1,0b | 5,0±2,1a | 0,3±0,1bc |
| | PILE-FP300 1+0 (SN) | 27,3±9,3a | 4,6±1,0a | 6,0±2,1b | 1,9±0,6c | 2,2±1,0a | 4,1±1,3b | 0,9±0,2c | 0,6±0,2a |
| | PILE-FP300 1+0 (FFI) | 19,4±3,6c | 3,4±0,6c | 5,2±1,7cd | 2,3±1,3bc | 0,6±0,4c | 2,9±1,6b | 5,3±3,8a | 0,2±0,1c |
| | PILE-PL210 1+0 | 16,3±3,9d | 3,4±0,6c | 4,7±0,9 | 2,0±0,7bc | 1,0±0,3b | 3,0±1,0b | 1,9±0,4b | 0,4±0,1b |

Tabla 2. Resultados de caracterización morfológica de los lotes de *L. stoechas* y *P. lentiscus* (H: altura; D: diámetro; PSA=Peso seco aéreo; PSR=Peso seco radical; PST=Peso seco total; Qi = Índice de Dickson). Letras iguales indican pertenencia al mismo subconjunto según el test de Tukey a un nivel de significación del 0,05.

Table 2. Results from the morphological characterization of *L. stoechas* and *P. lentiscus* lots (H: height; D: diameter; PSA= shoot dry weight; PSR=root dry weight; PST=whole plant dry weight; Qi= Dickson quality index). Different letters show significant differences at 0,05 level (Tukey test).

En el control pre-estival no se detectaron dependencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (lote) y la supervivencia para ninguna de las dos especies. Sin embargo, para lentisco en la evaluación post-estival, sí se encontró dependencia estadística ($P < 0,05$), cuya magnitud se definió en función

del coeficiente de contingencia-post = 0,369. La Figura 1 recoge los valores medios de la supervivencia para los lotes contrastados.

En general, la supervivencia de brinzales tras la etapa crítica estival disminuyó para el conjunto de especies y lotes. Sin embargo, este

| Fase cultivo | Fuente | Suma cuadrados tipo III | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|---------------------------|------------------|-------------------------|---|------------------|--------|------|
| <i>Lavandula stoechas</i> | Modelo corregido | 6,062(a) | 3 | 2,021 | 8,394 | ,000 |
| | Intrcepto | 2,269 | 1 | 2,269 | 9,426 | ,004 |
| | LOTE * lnPSA | 6,062 | 3 | 2,021 | 8,394 | ,000 |
| | Error | 9,870 | 41 | ,241 | | |
| | Total | 47,374 | 45 | | | |
| | Total corregido | 15,933 | 44 | | | |
| | | | a $R^2 = ,380$ (R^2 ajustado = ,335) | | | |
| <i>Pistacia lentiscus</i> | Modelo corregido | 37,936(a) | 5 | 7,587 | 21,144 | ,000 |
| | Intrcepto | 13,620 | 1 | 13,620 | 37,958 | ,000 |
| | LOTE * lnPSA | 37,936 | 5 | 7,587 | 21,144 | ,000 |
| | Error | 25,836 | 72 | ,359 | | |
| | Total | 63,925 | 78 | | | |
| | Total corregido | 63,772 | 77 | | | |
| | | | a $R^2 = ,595$ (R^2 ajustado = ,567) | | | |

Tabla 3. Resultados del ANCOVA sobre lnPSR para los distintos lotes de lavanda y lentisco.

Table 3. Results from the ANCOVA analysis on lnPSR for the different lots of *Lavandula stoechas* and *Pistacia lentiscus*.

| <i>Especie</i> | Lote | Coefficientes del modelo | | | |
|---------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------|
| | | b₀ | sd(b₀) | b₁ | sd (b₁) |
| <i>Lavandula stoechas</i> | LAST-CE400 1+0 | 0,54 | 0,07 | 0,223 | 0,155 |
| | LAST-AB230 1+0(EN) | -0,92 | 0,42 | 1,436 | 0,368 |
| | LAST-AB230 2+0 | 0,92 | 0,24 | 0,320 | 0,192 |
| <i>Pistacia lentiscus</i> | PILE-CE210 2+0 | 0,35 | 0,36 | 0,473 | 0,250 |
| | PILE-AB230 2+0 | -0,89 | 0,30 | 0,413 | 0,267 |
| | PILE-FP300 1+0 (SN) | 0,40 | 0,20 | 0,523 | 0,293 |
| | PILE-FP300 1+0 (FFI) | -1,73 | 0,19 | 1,322 | 0,198 |
| | PILE-PL210 1+0 | -0,42 | 0,10 | 0,626 | 0,138 |

Tabla 4. Parámetros del modelo de distribución de biomasa $\ln PSR = b_0 + b_1 \ln PSA$ para los diferentes lotes de *Lavandula stoechas* y *Pistacia lentiscus*. b_0 = constante; b_1 = Pendiente alométrica, sd=desviación estándar.

Table 4. Biomass distribution model parameters ($\ln PSR = b_0 + b_1 \ln PSA$) for the different lots of *Lavandula stoechas* and *Pistacia lentiscus*. b_0 = constant; b_1 = allometric slope, sd=standard deviation.

| Especie | Supervivencia Pre-estival (16/04/01) | | | Supervivencia Post-estival (01/10/01) | | |
|---------------------------|---|----------------|---------------------------|--|----------------|---------------------------|
| | Chi-cuadrado | p-valor | Coef. Contingencia | Chi-cuadrado | p-valor | Coef. Contingencia |
| <i>Lavandula stoechas</i> | 1,731 | 0,421 | 0,137 | 1,777 | 0,411 | 0,139 |
| <i>Pistacia lentiscus</i> | 6,262 | 0,180 | 0,200 | 23,643 | 0,000 | 0,369 |

Tabla 5. Resultados análisis de contingencia para la supervivencia. Intervalo del coeficiente de contingencia: 0 - 0,707.

Table 5. Contingence analysis results for seedling survival. Contingence coefficient interval: 0 - 0,707.

descenso fue proporcionalmente menor para lavanda, que ya en el control pre-estival había sufrido una importante disminución, manifestando una cierta dificultad al establecimiento inicial. En el caso del lentisco, los descensos durante el verano fueron mucho mayores, destacando los lotes PILE-FP300 1+0 (FFI) ($\text{Supv.}_{\text{post}} = 36,6\%$) y PILE-AB230 2+0 ($\text{Supv.}_{\text{post}} = 23,3\%$) que registraron la menor tasa de supervivencia tras la etapa estival.

En lo que se refiere a crecimientos, las tasas de crecimiento relativo mostraron diferencias significativas para el crecimiento en altura y diámetro en lentisco, mientras lavanda las obtuvo exclusivamente para la altura (Figuras 2 y 3). En cuanto a su magnitud, el crecimiento relativo en altura, presentó tasas tanto positivas como negativas para ambas especies. Por el contrario, el crecimiento diametral se mantuvo siempre con signo positivo.

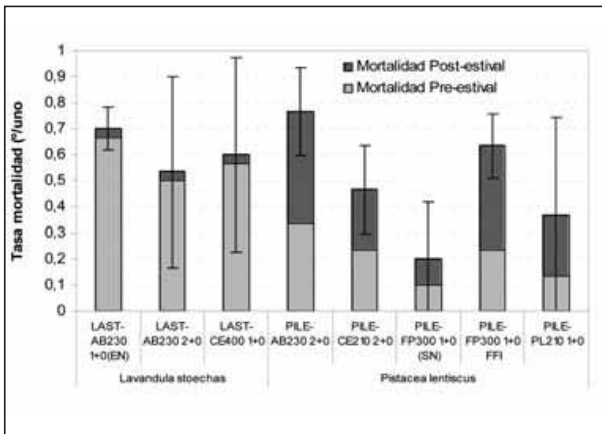


Figura 1 - Tasa de mortalidad (%/uno) según especies, lotes y momento de medición. Las barras de error representan la desviación estándar.

Figure 1 - Mortality rate (%/one) for the species, lots and time of measuring. Error bars indicate standard deviation.

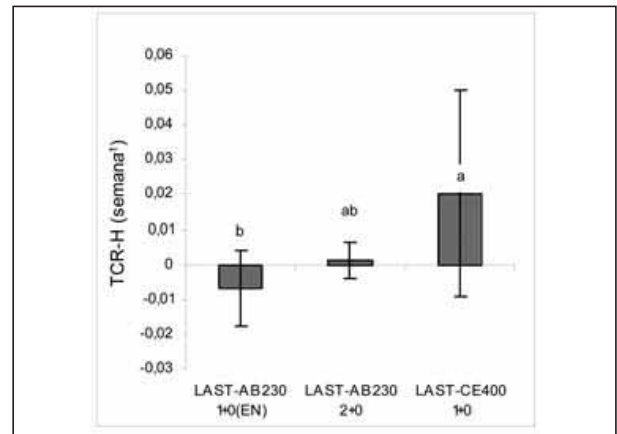


Figura 2 - Respuesta en crecimiento (TCR=Tasa crecimiento relativo semanal) para los tres lotes de lavanda estudiados. Las barras de error representan la desviación estándar.

Figure 2 - Growing performance (TCR=weekly relative growth rate) for the three *Lavandula stoechas* lots. Error bars indicate standard deviation.

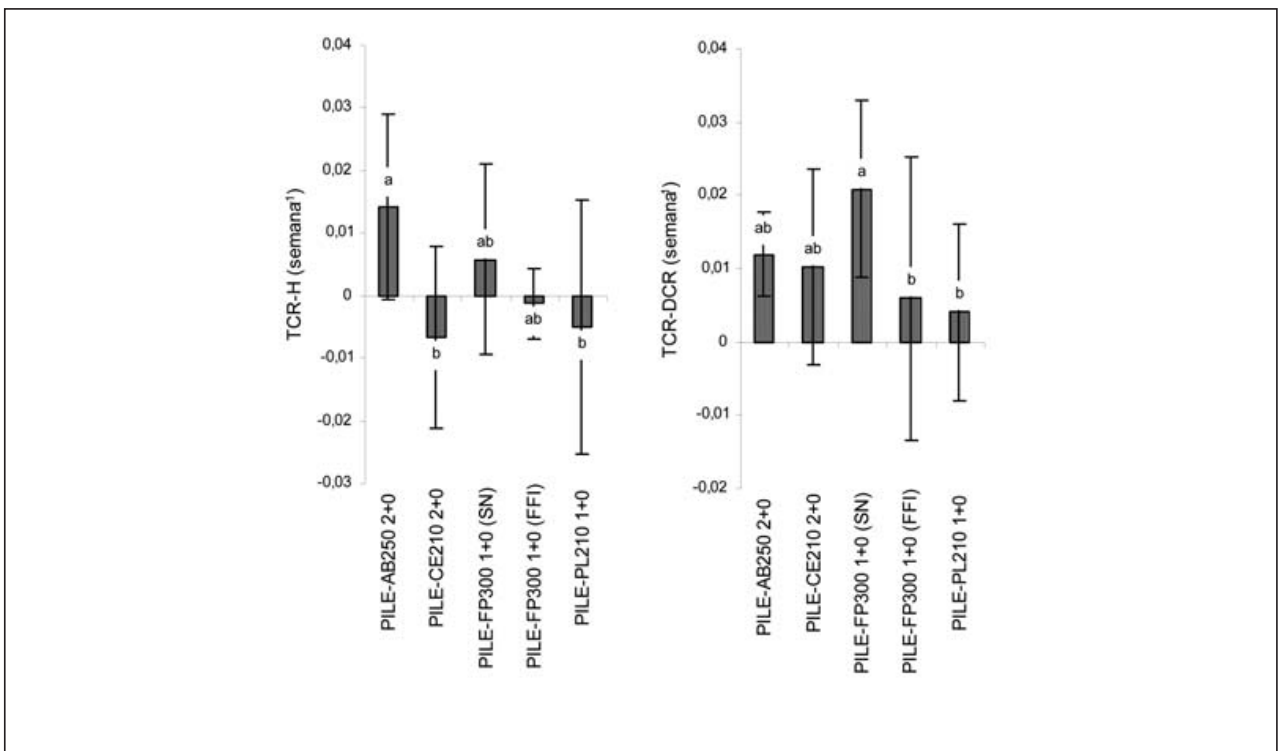


Figura 3 - Respuesta en crecimiento. TCR=Tasa crecimiento relativo semanal en altura (TCR-H) y en diámetro del cuello de la raíz (TCR-DCR) para los lotes de lentisco estudiados. Las barras de error representan la desviación estándar.

Figure 3 - Growing performance (TCR=weekly relative growth rate for height (H) and root collar diameter (DCR) for the five *Pistacia lentiscus* lots studied. Error bars indicate standard deviation.

En lavanda se observó un gran desarrollo de LAST-CE400 1+0 (TCR-H>0,02) en contraposición con LAST-AB230 1+0(EN), que sufrió un incremento negativo (TCR-H = -0,006). La magnitud de las barras de error (desviación

típica) manifestó una mayor cuantía para el lote con mayor desarrollo (LAST-CE400 1+0).

El lentisco mostró significación tanto para altura como para diámetro, aunque no se observa-

| Especie | Respuesta | H (cm) | D (mm) | H/D (cm/m) | PSA (g) | PSR (g) | PST (g) | b1 | PA/PR | Qi |
|---------------------------|-------------|--------|---------------------|------------|----------------------|---------------------|---------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| <i>Lavandula stoechas</i> | Superv-pre | 0,118 | -0,055 | 0,158 | -0,093 | 0,275 | 0,140 | <i>-0,458*</i> | <i>-0,446*</i> | -0,078 |
| | Superv-post | 0,149 | -0,066 | 0,195 | -0,186 | 0,094 | -0,022 | <i>-0,339</i> | <i>-0,329</i> | -0,142 |
| | TCR-H | -0,133 | -0,316 | 0,049 | -0,234 | -0,316 | -0,316 | -0,322 | -0,020 | -0,329 |
| | TCR-DCR | -0,023 | -0,071 | -0,015 | 0,068 | -0,133 | -0,042 | 0,218 | 0,358 | 0,010 |
| <i>Pistacia lentiscus</i> | Superv-pre | -0,006 | -0,109 | 0,094 | <i>-0,246</i> | 0,079 | -0,089 | 0,119 | <i>-0,261</i> | -0,053 |
| | Superv-post | 0,076 | 0,019 | 0,026 | <i>-0,269</i> | <i>0,288</i> | -0,008 | 0,183 | <i>-0,483*</i> | 0,208 |
| | TCR-H | 0,218 | 0,164 | 0,089 | 0,100 | 0,094 | 0,122 | -0,115 | -0,072 | 0,061 |
| | TCR-DCR | 0,196 | <i>0,230</i> | 0,056 | 0,022 | <i>0,343</i> | 0,225 | -0,161 | <i>-0,352</i> | <i>0,280</i> |

Tabla 6. Matriz de correlación respuesta-morfología (PSA=Peso seco aéreo; PSR=Peso seco radical; PST=Peso seco total; Qi = Índice de Dickson). Los valores mostrados corresponden al coeficiente de correlación (r) bien de Pearson o Spearman (variable supervivencia). Datos en cursiva indican correlación significativa al nivel 0,05 y datos en cursiva con asterisco indican correlación significativa al nivel 0,01.

Table 6. Seedling performance - morphology correlation matrix (PSA=aerial dry weight; PSR=root dry weight; PST = whole plant dry weight; Qi= Dickson quality index). Italic numbers show significant correlation at 0,05 level. Italic numbers with * show significant correlation at 0,01 level.

ron claros patrones de comportamiento entre ambas respuestas para un mismo lote. La variabilidad intra-lotes fue en general elevada para las dos variables. Destacaron los notables desarrollos en diámetro comparativamente hablando con los registrados en altura, donde determinados lotes presentaron tasas de crecimiento negativas. De esta manera se constató una pauta estival inversa para el desarrollo diámetro-altura en PILE-CE210 2+0, PILE-FP300 1+0 (FFI) y PILE-PL210 1+0. Individualmente destacaron PILE-AB230 2+0 (TCR-H=0,014) en altura y PILE-FP300 1+0 (SN) (TCR-DCR=0,02) en diámetro.

Las correlaciones entre los atributos morfológicos de calidad y la respuesta en campo de los brinzales se presentan en la matriz resumida de la Tabla 6. La lavanda presentó correlaciones significativas ($P < 0,01$) entre la supervivencia pre-estival con el coeficiente alométrico b1 y el cociente PA/PR (Spearman= -0,46 y -0,45 respectivamente), conservando su significación al nivel establecido ($P < 0,05$) para la supervivencia post-estival (Spearman= -0,34 y

-0,33 respectivamente). Las variables de crecimiento no presentaron correlaciones significativas con ningún atributo morfológico.

En el caso de los lotes de lentisco, la supervivencia apareció más correlacionada de nuevo con el atributo PSA/PSR, en particular tras el verano (Spearman= -0,26), aunque también parece relacionada negativamente con el peso seco aéreo y positivamente con el peso seco radical (Tabla 6). En cuanto a las variables de crecimiento, sólo el crecimiento en diámetro presentó correlaciones significativas positivas con el diámetro inicial, y con las variables de peso seco radical y el índice PSA/PSR, que volvió a ser la variable más correlacionada (Pearson=-0,35).

DISCUSIÓN

La diversidad de resultados en la caracterización morfológica de las dos especies según los lotes estudiados, evidencia que los regímenes

de cultivo empleados en los distintos viveros afectan directamente a la calidad de planta. Esto pone de manifiesto la elevada variabilidad morfológica en el material forestal de reproducción con la que el repoblador ha de enfrentarse cuando tiene que utilizar alguna de estas dos especies. Este hecho ya ha sido puesto de manifiesto para otras especies mediterráneas comercializadas con destino a repoblaciones (VILLAR *et al.*, 2001; DEL CAMPO, 2002). En lavanda, la superioridad del lote de dos savias LAST-AB230 2+0 detectada para la mayoría de atributos, es debida a la extensión de su periodo de producción (calendario de cultivo más dilatado en el tiempo) a dos años. En este, sentido, la influencia del envase (fundamentalmente su volumen) no habría sido muy determinante para la limitación de su desarrollo. Sin embargo, sí que es destacable en este lote, la mayor desviación típica para gran parte de sus atributos morfológicos, lo que aumenta aún más la heterogeneidad de la muestra. Esto se debe a una mayor percepción de las variaciones a medida que el cultivo gana en desarrollo, al ponerse de manifiesto con mayor intensidad los caracteres genéticos (procedencias de semilla), así como los relativos a manejo del cultivo (DEL CAMPO, 2002).

En lentisco destaca, con carácter general, el lote PILE-CE210 2+0 por sus mayores dimensiones, aunque los resultados obtenidos son algo inferiores a los observados en otras experiencias con esta misma especie (VILAGROSA, 2002). En este caso se vuelve a poner de manifiesto la influencia de la duración del calendario (2 savias), aunque en esta especie las condiciones del régimen de cultivo pueden haber tenido un papel más importante. Así, el lote de una savia PILE-FP300 1+0 (SN), también mostró una morfología elevada pero debido en este caso al régimen de fertilización del vivero de origen, caracterizado por adición de fertilizante de liberación controlada en el sustrato (17-9-8 dosis de $1\text{g/l}_{\text{sustrato}}$), hecho que no ocurre en el lote PILE-CE210 2+0, donde únicamente se parte de una turba con fertilización de base y un agua de riego con cierto contenido en nitratos (aprox 50 mg/l). TRUBAT *et al.* (2004) obtuvieron las mayores dimensiones

morfológicas en lentisco fertilizado con este mismo sistema aunque a dosis mayores (2,5 $\text{g/l}_{\text{sustrato}}$). En el resto de lotes, se vuelve a detectar la elevada variabilidad de la calidad morfológica, especialmente para los de periodo de cultivo más extenso. Hay que destacar que el lote PILE-PL210 1+0 fue el más próximo en morfología (altura, esbeltez, PSR y PSA/PSR) a la planta obtenida por DOMÍNGUEZ-LERENA *et al.* (2001a) para unas condiciones de cultivo establecidas como estándares para la especie. La planta obtenida por estos autores bajo estas condiciones sobrevivió en más de un 99% en su contraste en campo (DOMÍNGUEZ-LERENA *et al.*, 2001b). También TRUBAT *et al.* (2004) obtuvo porcentajes altos de supervivencia para un tratamiento con altura y diámetro muy similar al de PILE-PL210 1+0. No obstante, nuestros resultados no han coincidido en este sentido

Los patrones de distribución de biomasa aérea - biomasa radical mostraron dependencia respecto del régimen de cultivo (lote) en las especies analizadas, aunque los coeficientes alométricos no discreparon lo suficiente como para ser empleados como atributo de calidad. Se observa una pauta general de disminución en la asignación de recursos a las raíces e incremento en la asignación correspondiente a tallo y hojas durante el periodo de cultivo ($b_1 < 1$). Sin embargo, se detectan dos excepciones ($b_1 > 1$) (LAST-AB230 1+0(EN) y PILE-FP300 1+0 (FFI) que podrían orientar sobre las técnicas de cultivo a emplear para corregir las deficiencias en biomasa radical así como los desequilibrios parte aérea - parte radical observados (POORTER y NAGEL, 2000).

Para lavanda, la importante dificultad mostrada al establecimiento inicial pudo justificarse en términos de disponibilidad hídrica, ya que se trata del factor con mayor influencia sobre el establecimiento de los brinzales en la mayoría de las situaciones (BURDETT, 1990). Sin embargo, la precipitación recogida durante el periodo diciembre-abril fue de 351 mm, lo que parece ser suficiente, por lo que la importancia de este factor en la reducida tasa de supervivencia pre-estival sería en principio escasa. No

obstante, la demanda hídrica del ambiente (ET₀: 702 mm) se puede considerar alta, lo que apoya la tesis del déficit hídrico.

Otro aspecto que puede haber influido parcialmente en la elevada mortalidad, sobre todo de lavanda, es el tipo de preparación del terreno, ya que al tratarse de un ahoyado manual remueve poco volumen de suelo y ello puede obstaculizar el desarrollo radical (BERNIER, 1995; BOCIO *et al.*, 2001). No obstante, durante el establecimiento de las parcelas no se observó ningún indicio de suela de labor y, aunque ésta existiese, la profundidad de los hoyos de plantación excedió los 18 cm que separan al horizonte Ap del A/B, donde debería aparecer la capa compactada. Por otra parte, algunos autores (BOCIO *et al.*, 2001) señalan que el laboreo agrícola remueve una superficie muy elevada de terreno, lo que provocaría un aumento de la evaporación del agua del suelo, favoreciendo su desecación en un intervalo muy corto de tiempo. Es corriente que entre preparaciones manuales y mecanizadas, se obtengan las mayores supervivencias en las labores más intensas del suelo, por lo que puede pensarse que la preparación mecánica de las parcelas hubiera aumentado la tasa de supervivencia. También la proporción de partículas finas del suelo (limos finos + arcillas) ha sido correlacionada negativamente con la supervivencia en varias especies mediterráneas (VILAGROSA *et al.*, 1997, 2001), lo que también podría haber afectado los resultados, aunque los suelos de la parcela presentan una textura equilibrada según los análisis disponibles. Finalmente, el reciente uso agrícola del terreno, favoreció la proliferación de herbáceas que ejercen una dura competencia con los brinzales establecidos. La ausencia de labores de mantenimiento a la plantación ha podido influir negativamente sobre la respuesta en supervivencia observada. Respecto a esta circunstancia, algunos ensayos (LÓPEZ, *et al.*, 2001) constatan la mejora experimentada por la supervivencia y el crecimiento de las plántulas establecidas, cuando se someten a tratamientos como la escarda en los primeros años de plantación.

Con lo anterior, se pone de manifiesto que la supervivencia ha estado muy condicionada por el factor hídrico desde el momento de plantación, dado que el valor pre-estival se ha mostrado bastante sensible, sobre todo en lavanda. En este sentido, destaca para esta especie, la correlación negativa de b_1 y PSA/PSR con la supervivencia, ya que en este periodo la capacidad de ajuste morfológico de la planta es menor (para el verano, la planta cuenta ya con un periodo vegetativo sobre el cual ha podido adecuar sus condiciones morfo-fisiológicas a las condiciones de estación), y por tanto la relación entre parte absorbente y transpirante es más crítica; de hecho, el coeficiente de correlación obtenido fue menor tras el verano. En ambientes mediterráneos la asignación de recursos hacia el sistema radical es un factor esencial que determina de manera importante la supervivencia de una especie (LLORET *et al.* 1999; PALIWAL y KANNAN, 1999) por lo que una mayor proporción de biomasa radical puede relacionarse con un mayor contenido de carbohidratos de reserva, aunque este hecho no se ha podido documentar. Según estos resultados, las relaciones morfológicas entre parte aérea y radical pueden ser determinantes en la calidad de lavanda, independientemente de su condición fisiológica, tal y como se ha comprobado en otras especies mediterráneas como el algarrobo (DEL CAMPO, 2002)

El razonamiento anterior, también es válido para explicar la respuesta en crecimiento de lavanda, ya que el lote con menor biomasa y relación PSA/PSR creció más en campo dada su mayor facilidad de ajuste a las nuevas condiciones de estación. Los lotes con una calidad más discrepante respecto a las condiciones de estación y establecimiento han mostrado limitaciones del crecimiento en altura (incluso reducciones) como mecanismo de adaptación a las nuevas condiciones. La reducción de la superficie transpirante es un mecanismo de evitación de la desecación que se presenta con relativa frecuencia en especies mediterráneas (VILAGROSA *et al.*, 2001; DEL CAMPO, 2002).

En cuanto a lentisco, la heterogeneidad de la respuesta observada en la supervivencia es una pauta bastante común en la literatura consultada sobre esta especie. De esta manera, VILAGROSA (2002) obtenía supervivencias que variaban entre el 100 y 15% para distintos emplazamientos de la Comunidad Valenciana y TRUBAT *et al.* (2004), presentan rangos que van desde el 81 hasta el 50% de supervivencia según distintos tratamientos de fertilización. Por su parte, MOROTE *et al.* (2001) en Castilla la Mancha y PADILLA *et al.* (2004) en el semiárido almeriense, presentan supervivencias que oscilan entre el 10 y el 62,5 % en el primer caso y del 42% en la segunda localización. Los factores que han afectado a la supervivencia serían los ya discutidos para lavanda, observándose los mayores incrementos de mortandad durante el verano. Aunque se acepta que las marras se producen durante el primer año de implantación en campo, la positiva respuesta observada para los lotes PILE-FP300 1+0 (SN) y PILE-PL210 1+0 tras el primer periodo estival, podría verse reducida en años posteriores, como señala VILAGROSA (2002) para ambientes con importante variabilidad climática.

Al igual que en lavanda, existen relaciones de la supervivencia con la calidad de planta, apreciándose una correlación negativa de la supervivencia con b_1 y PSA/PSR, que tendrían idéntico sentido que en aquella especie. TRUBAT *et al.* (2004) también obtuvieron mayores mortalidades asociadas a la planta de mayor altura y diámetro. Sin embargo, VILAGROSA (2002) no la detectó en sus ensayos con lentisco para la Comunidad Valenciana. Tras estas contradicciones aparentes puede encontrarse la calidad fisiológica de la planta, que no ha sido evaluada en este trabajo.

La respuesta en crecimiento fue en este caso considerablemente más significativa que para lavanda, encontrándose diferencias tanto en altura como en diámetro. Con carácter general, todos los lotes desarrollaron prioritariamente el diámetro frente a la altura, lo que evidencia la prioridad de la planta por la asignación de los recursos de la fotosíntesis hacia aquellas partes que limitarían la capaci-

dad de desarrollo total, en este caso el sistema radical por la insuficiente disponibilidad hídrica propia de la etapa estival. Esta circunstancia vendría apoyada por la aparición de la mejor correlación (negativa) para el índice de equilibrio biomasa área/biomasa radical, PSA/PSR. Por tanto, la limitación del desarrollo de la parte aérea y la priorización del desarrollo radical (sumidero de mayor demanda en condiciones de limitación hídrica) refleja una clara estrategia de adaptación de los brinzales a las particulares condiciones imperantes en el ámbito mediterráneo. Esta capacidad de desarrollo radical indica una similitud con la de las plantas establecidas naturalmente y es indicativa de especies con un establecimiento rápido (BURDETT, 1990). No obstante, existen resultados que muestran la independencia del crecimiento en diámetro en campo respecto a los tratamientos ensayados tanto para esta especie como para otras afines (VILAGROSA *et al.*, 2001).

CONCLUSIONES

El análisis superficial de los regímenes de cultivo empleados para estas dos especies en distintos viveros productores ha puesto de manifiesto la falta de uniformidad en los mismos y con ello la existencia de una variación importante en la calidad del material disponible. La duración del cultivo se ha mostrado como un factor fundamental para el control de la morfología y calidad final de ambas especies, ya que la tendencia generalizada fue a la disminución en la asignación de recursos a las raíces y un incremento en la asignación correspondiente a tallo y hojas durante el cultivo ($b_1 < 1$), aunque hubo sus excepciones. Esto debe llevar al viverista a controlar el excesivo desarrollo de la parte aérea, bien mediante la reducción efectiva del calendario de cultivo (en viveros ubicados en zonas más templadas), bien mediante el control del riego y la fertilización. En este sentido, un aspecto interesante a estudiar en ambas especies sería la respuesta a podas aéreas en vivero a realizar durante el mes de septiembre.

Esta elevada variabilidad de la calidad del material se ha trasladado a la respuesta en campo en forma de diferentes tasas de supervivencia para lentisco o de crecimiento para las dos especies. En este sentido, dado que el factor hídrico fue determinante para el establecimiento de los brinzales, la falta de adecuación de las proporciones de la planta en vivero frente a la nueva situación en campo, supuso la necesidad de un ajuste morfofisiológico (priorizando el desarrollo radical en perjuicio del aéreo) como estrategia de adaptación a las nue-

vas condiciones de estación. Este hecho pudo ser realizado con mayor éxito por las plantas con mejor relación PSA/PSR de partida, sobre todo en lavanda. Así, en base a los resultados aquí obtenidos, se puede diagnosticar, de manera provisional, que la planta tipo para ambas especies deberá tener una relación entre peso seco aéreo y radical próxima a uno. No obstante, son precisos estudios adicionales al presente que incluyan además la caracterización fisiológica del material, de forma que ésta pueda complementar a la morfología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNIER, P.Y.; LAMHAMEDI, M.S.; SIMPSON, D.G. 1995. Shoot:root ratio is of limited use in evaluating quality of container conifer stock. *Tree Planters' Notes*, 46(3): 102-106.
- BONFIL, C. 1998. The effects of seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae). *American Journal of Botany* 85(1): 79-87.
- BOCIO, I.; DE SIMÓN, E.; NAVARRO, F.B.; RIPOLL, M.A. 2001. Efectos de diferentes efectos de preparación del suelo en la forestación de tierras agrarias. En: III Congreso Forestal Español. Junta Andalucía (C.M.A.); S.E.C.F. (Ed.). Granada, 25-28 Sep. Mesa 3: 317-322.
- BRU, S.; DESCALZO, S. 1998. Estudio sobre el cultivo en vivero de especies mediterráneas. Diputación de Valencia.
- BURDETT, A.N. 1983. Quality control in the production of Forest planting stock. *The Forestry Chronicle*, June, 1983: 133-138.
- BURDETT, A.N. 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. *Canadian Journal of Forest Research*, 20: 415-427.
- CORTINA, J.; VALDECANTOS, A.; SEVA, J.P.; VILAGROSA, A.; BELLOT, J.; VALLEJO, V.R. 1997. Relación tamaño supervivencia de especies arbustivas y arbóreas mediterráneas producidas en vivero. Actas II Congreso Forestal Español. Mesa 3: 159-164.
- CHIARELLO, N.R.; MOONEY, H.A.; WILLIAMS, K. 1989. Growth, carbon allocation and cost of plant tissues. In: Pearcy, R.W. *et al.* (eds.). *Plant Physiological Ecology. Field methods and instrumentation*. Chapman & Hall. pp: 327-365.
- DEL CAMPO, A.D. 2002. Régimen de cultivo, desarrollo en vivero, calidad de planta y respuesta al establecimiento en cuatro especies de frondosas mediterráneas. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. 294 pp.
- DEL CAMPO, A.D.; NAVARRO, R.M. 2004a Calidad de lotes comerciales de encina (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.). Evaluación de su respuesta en campo. Reunión del Grupo de repoblaciones forestales CEMACAM-Murcia 17-19 de Noviembre 2003-Sociedad Española de Ciencias Forestales, 17: 35-42
- DEL CAMPO, A.D.; NAVARRO, R.M. 2004b Calidad de lotes comerciales de acebuche (*Olea europaea* var. *sylvestris* Brot.). Evaluación de su respuesta en campo. Reunión del Grupo de repoblaciones forestales CEMACAM-Murcia 17-19 de Noviembre 2003-Sociedad Española de Ciencias Forestales, 17: 43-49
- DEY, D.C.; PARKER, W.C. 1997. Morphological indicators of stock quality and field performance of red oak (*Quercus rubra* L.) seedlings underplanted in a central Ontario shelterwood. *New Forests*, 14: 145-156.

- DOMINGUEZ-LERENA, S.; MURRIAS, G.; HERRERO SIERRA, N. Y PEÑUELAS RUBIRA, J.L. 2001a. Cultivo de once especies mediterráneas en vivero: implicaciones Prácticas. *Revista Ecología*, 15: 213-223
- DOMINGUEZ-LERENA, S.; MURRIAS, G.; HERRERO, N. Y PEÑUELAS, J.L. 2001b. Comparación del desarrollo de ocho especies mediterráneas durante su primer año en campo y su relación con los parámetros funcionales de las plantas. En: III Congreso Forestal Español. Junta Andalucía (C.M.A.); S.E.C.F. (Ed.). Granada, 25-28 Sep. Mesa 3: 75-81.
- DURYEA, M.L. (ed.) 1985. *Proceedings: Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major test*. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis. 143 pp.
- LONG, A.J.; CARRIER, B.D. 1993. Effects of douglas-fir 2+0 seedling morphology on field performance. *New forests*, 7: 19-32.
- LOPEZ, J.A.; MARTINEZ, J.J.; OROZCO, E.; FERRANDIS, P.; SELVA, M. 2001. Evaluación de técnicas de forestación con encinas y arbustos en terrenos agrícolas de la Mancha, España. En: III Congreso Forestal Español. J Andalucía, S.E.C.F. (Ed.). Granada, 25-28 Sep. Mesa 3: 143-149.
- LLORET, F.; CASANOVAS, C.; 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.
- MATTSSON, A. 1997. Predicting field performance using seedling quality assessment. *New Forests*, 13: 227-252.
- MEXAL, J.G.; LANDIS, T.D. 1990. Target seedling concepts: height and diameter. In: Rose, R.; *et al.*, (eds.). *Target seedling symposium: Proceedings, combined meeting of the western forest nursery associations*. Roseburg, OR. GTR: RM-200. USDA Forest Service pp: 17-34.
- MOROTE, A.; OROZCO, E.; JORDÁN, E.; LOPEZ, F.; HERRANZ, J.M.; MARTINEZ, J.J. 2001. Evaluación mediante parámetros morfobiométricos de ocho especies autóctonas de matorral empleadas en la forestación de terrenos agrícolas en la Mancha. En: III Congreso Forestal Español. Junta Andalucía (C.M.A.); S.E.C.F. (Ed.). Granada, 25-28 Sep. Mesa 3: 619-625.
- MONSERUD, R.A., MARSHALL, J.D. 1999. Allometric crown relations in three northern Idaho conifer species. *Canadian Journal of Forest Research*, 29: 521-535.
- MÜLLER, I.; SCHMID, B.; WEINER, J. 2000. The effect of nutrient availability on biomass allocation patterns in 27 species of herbaceous plant. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. Vol.3/2. pp:115-127.
- NAVARRO, R.M.; DEL CAMPO, A.; ALEJANO, R.; ALVAREZ, L. 1998. Caracterización de calidad final de planta de encina (*Quercus ilex* L), alcornoque (*Q. suber* L), algarrobo (*Ceratonia siliqua* L), acebuche (*Olea europaea* L. var. *sylvestris*), en cinco viveros de Andalucía. *Consejería Agricultura y Pesca, J. Andalucía. Inf. Técnicas* 53/98. 60 pp.
- NAVARRO, R.M.; SAIZ, J.L.; DEL CAMPO, A.D.; CHECA, R.; ALVAREZ, A. 2001. Sistema de control de calidad de repoblaciones forestales: la obra de restauración del río Guadiamar. En: III Congreso Forestal Español. J. Andalucía, S.E.C.F. (Ed.). Granada, 25-28 Sep. Mesa 3: 817-823.
- NOLAND, T.L.; MOHAMMED, G.H.; WAGNER, R.G. 2001. Morphological characteristics associated with tolerance to competition from herbaceous vegetation for seedlings of jack pine, black spruce and white pine. *New Forests*, 21: 199-215.
- ONCINS, J.; LEITE, C.; CHABEL, M.R.; ALMEIDA, M.H.; FABIAO, A.; CHAVES, M. 1997. Ensayo de producción de *Quercus suber* L. en vivero: criterios para la evaluación de la calidad de las plantas. En: *Actas del II Congreso Forestal Español*. Mesa III: 473-478.
- PADILLA, F.M.; PUGNAIRE, F.I.; MARÍN, R.; HERVÁS, M. y ORTEGA, R. 2004. El uso de especies arbustivas para la restauración de la cubierta vegetal en ambientes semiáridos. Reunión del Grupo de repoblaciones forestales CEMACAM-Murcia 17-19 de Noviembre 2003-Sociedad Española de Ciencias Forestales, 17: 103-107.

- PALIWAL, K.; KANNAN, D. 1999. Growth and nutritional characteristics of four woody species under nursery conditions and growth after transplantation in semi-arid field conditions at Madurai, India. *Journal of arid environments*, 43:133-141.
- 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: 4-10.
- POORTER, H.; NAGEL, O. 2000. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27: 595-607.
- PUTTONEN, P. 1997. Looking for the "silver bullet"- can one test do it all?. *New Forests*, 13: 9-27.
- RITCHIE, G.A. 1984. Assessing seedling quality. In: Duryea, ML & Landis, TD (eds). *Forest nursery manual: production of bareroot seedlings*. The Hague: Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk publishers, for forest research laboratory, Oregon State University, Corvallis, OR, pp:243-259
- RUBIO, E.; VILAGROSA, A.; CORTINA, J.; BELLOT, J. 2001. Modificaciones morfológicas en plantones de *Pistacia lentiscus* y *Quercus rotundifolia* como consecuencia del endurecimiento hídrico en vivero. Efectos sobre supervivencia y crecimiento en campo. En: III Congreso Forestal Español. Junta Andalucía (C.M.A.); S.E.C.F. (Ed.). Granada, 25-28 Sep. Mesa 3: 527-532.
- SOUTH, D.B. 2000. Planting morphologically improved pine seedlings to increase survival and growth. *Forestry and Wildlife Research Series N° 1*. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University, Alabama. 12pp.
- THOMPSON, B.E. 1985. Seedling morphological evaluation. What can you tell by looking. In: Duryea, M.L. (ed.). *Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major test*. Forest Research Laboratory. OSU, pp: 59-70.
- TRUBAT, R.; CORTINA, J. y VILAGROSA, A. 2004. Estado nutricional y establecimiento de especies leñosas en ambiente semiárido. Reunión del Grupo de repoblaciones forestales CEMA-CAM-Murcia 17-19 de Noviembre 2003- Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, 17: 245-251.
- TUTTLE, C.L.; SOUTH, D.B.; GOLDEN, M.S.; MELDAHL, R.S. 1988. Initial *Pinus taeda* seedling height relationships with early survival and growth. *Canadian Journal of Forest Science*, 18: 867-871.
- VILAGROSA, A. 2002. Estrategias de resistencia al déficit hídrico en *Pistacia lentiscus* L. y *Quercus coccifera* L. Implicaciones en la repoblación forestal. Tesis doctoral. Universidad de Alicante. 223 pp.
- VILAGROSA, A.; SEVA, J.P.; VALDECANTOS, A.; CORTINA, J.; ALLOZA, J.A.; SERRASOLSAS, I.; DIEGO, V.; ABRIL, M.; FERRÁN, A.; BELLOT, J.; VALLEJO, V.R. 1997. Plantaciones para la restauración forestal en la Comunidad Valenciana. En: Vallejo, V.R. (ed.). *La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana*. CEAM, Valencia. pp: 435-556.
- VILAGROSA, A.; CATURLA, R.N.; HERNANDEZ, N.; CORTINA, J.; BELLOT, J. y VALLEJO, V.R. 2001. Reforestación en ambiente semiárido del sureste peninsular. Resultados de las investigaciones desarrolladas para optimizar la supervivencia y el crecimiento de especies autóctonas. En: III Congreso Forestal Español. J. Andalucía, S.E.C.F. (Ed.). Granada, 25-28 Sep. Mesa 3: 213-219.
- VILLAR, P.; PLANELLES, R.; ENRÍQUEZ, E.; PEÑUELAS, J.; ZAZO, J. 2001. Influencia de la fertilización y el sombreado en el vivero sobre la calidad de la planta de *Quercus ilex* L. y su desarrollo en campo. En: III Congreso Forestal Español. J. Andalucía, S.E.C.F. (Ed.). Granada, 25-28 Sep. Mesa 3: 770-776.