

Influencia de la localización del vivero sobre la resistencia a la helada y el desarrollo en campo de *Quercus ilex* spp. *ballota* L.

Silvia Mollá Morales^{1,2}; Pedro Villar-Salvador¹, Patricio García-Fayos²; Juan L. Peñuelas Rubira¹

¹ Centro Nacional de Mejora Forestal «El Serranillo», Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente, Apdo. 249, 19004 Guadalajara, serranillo@dgc.nmma.es / jlpenuelas@dgc.nmma.es

² Centro de Investigaciones sobre Desertificación, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Universitat de València y Generalitat Valenciana, Apdo. 46470 Albal, Valencia; patricio.garcia-fayos@uv.es

RESUMEN

El objetivo general de este estudio es analizar la influencia de las características térmicas del otoño y del invierno que se dan en los viveros sobre la resistencia al frío y el vigor de los brinzales de *Quercus ilex* subsp. *ballota*, y su desarrollo en campo. Igualmente, analizar si la presencia de raíces blancas presentes en los cepellones de las plantas que permanecen en el vivero puede ser un indicador del nivel de endurecimiento de las plantas y, por tanto, del momento óptimo de plantación. Para abordar estos objetivos, se cultivaron plántulas de esta especie en dos zonas con inviernos contrastados, el Centro Nacional de Mejora Forestal «El Serranillo», provincia de Guadalajara, y el Centro de Investigación sobre Desertificación (CIDE) situado en Albal, provincia de Valencia. Los resultados obtenidos demostraron que las plantas cultivadas en Guadalajara presentaron una mayor resistencia a la helada y que su proceso de endurecimiento comenzó antes que las de Valencia. Las plantas de Guadalajara también mostraron una mayor capacidad de regeneración de nuevas raíces que las de Valencia. No se encontró ninguna relación entre la resistencia a las heladas y el número de raíces blancas presentes en los cepellones de las plantas que permanecen en el vivero. Finalmente, ambas poblaciones no mostraron diferencias claras de mortandad en el campo pero sí diferencias de crecimiento, especialmente en la plantación de mediados de febrero, realizada 10 días antes de una ola de frío.

Fotos: Revista Montes

INTRODUCCIÓN

En los últimos diez años, el empleo de *Quercus ilex* en las repoblaciones forestales ha experimentado un auge significativo. De tener un papel marginal en el pasado, actualmente constituye la especie más plantada, por delante incluso de *Pinus halepensis*, que es la siguiente especie más utilizada (GÓMEZ-JOVER & JIMÉNEZ, 1997). En comparación con otras especies, sobretudo los pinos, la encina tiene más dificultades de arraigo y crecimiento, especialmente en las plantaciones hechas en zonas con pronunciado estiaje. Descontando las diferencias de resistencia a estrés que existen entre especies, la mayor dificultad de arraigo de la encina puede tener varias causas; desde su introducción en situaciones no aptas o incompatibles con su desarrollo, por ejemplo, en suelos delgados, hasta la falta de unos cuidados post-transplante adecuados. Sin duda, otra posible causa ha podido ser el empleo de plantas de baja calidad (VILLAR-SALVADOR et al., 2001).

Las heladas son uno de los factores importantes en la merma del desarrollo de las repoblaciones. El frío provoca alteraciones fisiológicas en las plantas que reducen su crecimiento y, si es intenso, lesiones en las membranas celulares y estrés hídrico en los tejidos. No todas las especies muestran la misma capacidad de resistir las heladas (LARCHER, 1995). Para afrontarlas, las especies de plantas del mundo templado experimentan un proceso de aclimatación al frío al acercarse la estación fría del año, que corrientemente denominamos endurecimiento. Los estímulos que activan el endurecimiento son la reducción del fotoperiodo y/o la temperatura, lo cual ocurre al final del verano y continúa en el otoño (GREER, 1983; RÜTTEN y SANTA-RIUS, 1988; GREER y ROBINSON, 1995; BOORSE et al., 1998). La aclimatación al frío conlleva una serie de modificaciones fisiológicas como la acumulación de azúcares solubles, ajustes osmóticos y reducciones del potencial hídrico en el que las plantas pierden turgencia, que además de permitir a la planta resistir las heladas tam-

bién incrementa su tolerancia a la sequía (GROSSNICKLE, 1992; LARCHER, 1995). El endurecimiento que experimentan las plantas a las bajas temperaturas es plástico y dentro de una misma especie, los individuos pueden experimentar distintos niveles de endurecimiento en función de las condiciones ambientales en las que se encuentran (GREER y ROBINSON,

1995). Por lo tanto, la calidad funcional de un brinzal y su resistencia a situaciones de estrés podría estar condicionado no solamente por cómo fue cultivado (régimen de fertilización, tipo de envase, etc.), sino también por las condiciones ambientales que experimentó en el vivero durante el otoño-invierno antes de su plantación. Este hecho ha sido constatado en

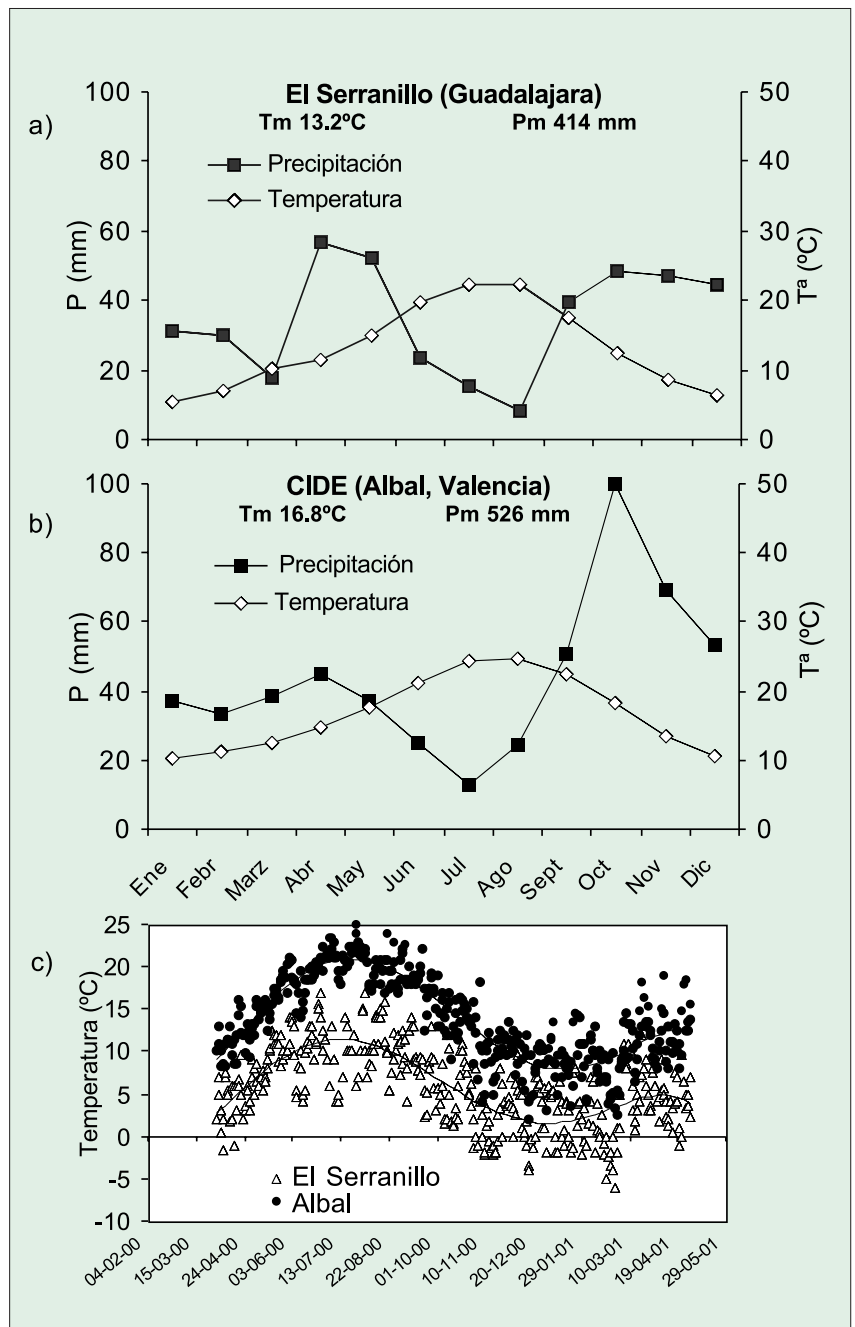


Figura 1.- Gráficos climáticos medios representativos de a) el CNMF «El Serranillo», b) el CIDE (Albal, Valencia) y c) evolución de las temperaturas mínimas durante el periodo de estudio

Pseudotsuga menziesii, de tal forma que las plantas cultivadas en zonas más frías estaban más endurecidas que las cultivadas en viveros litorales (SCHUCH et al., 1989).

En este trabajo se aborda un tema con el que a menudo se ha especulado pero del que existe poca información en especies mediterráneas. En concreto, nos hemos planteado si una parte de las marras observadas en las plantaciones de *Quercus ilex* pueden ser debidas a diferencias en la resistencia a situaciones de estrés de las plantas, como resultado del ambiente

térmico experimentado en el vivero durante el periodo de reposo vegetativo (otoño-invierno). Muchos de los viveros que en España suministran plantas para la reforestación se encuentran próximos a la costa mediterránea o en zonas de inviernos suaves. Pensamos que, aunque las plantas tengan el mismo origen genético y sean cultivadas de modo similar, el ambiente en el que permanecen durante la estación fría puede condicionar su grado de endurecimiento y su vigor y, por tanto, su capacidad arraigo en las plantaciones realizadas en zonas de inviernos fríos.

Los objetivos específicos de este estudio son:

- 1) Estudiar la influencia de la temperatura invernal que se dan en los viveros debido a su localización geográfica sobre la resistencia al frío, vigor y desarrollo en campo de los brinzales de *Quercus ilex*.
- 2) Explorar la posibilidad de emplear las raíces blancas presentes en los cepellones de las plantas que permanecen en el vivero como un indicador del nivel de endurecimiento de las plantas y, por tanto, del momento óptimo de plantación.

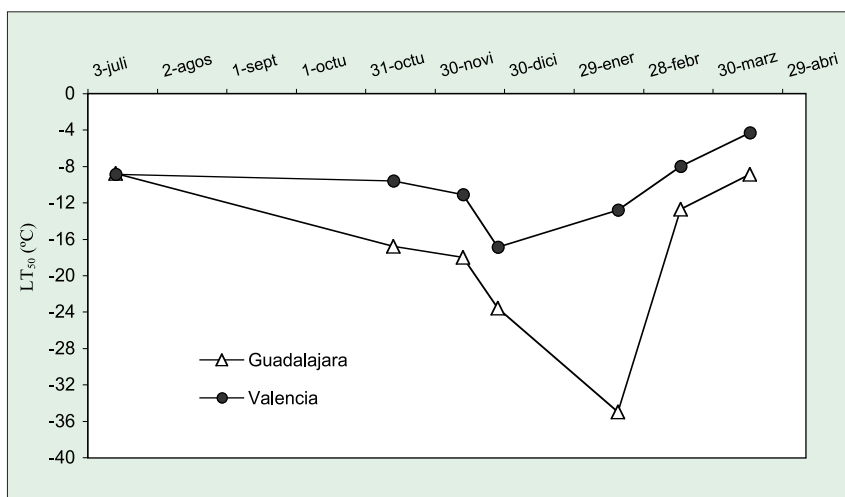


Figura 2.- Variación en el tiempo de la resistencia al frío, medida a través de LT50, de brinzales de *Quercus ilex* subsp. *ballota* cultivados en Valencia y Guadalajara

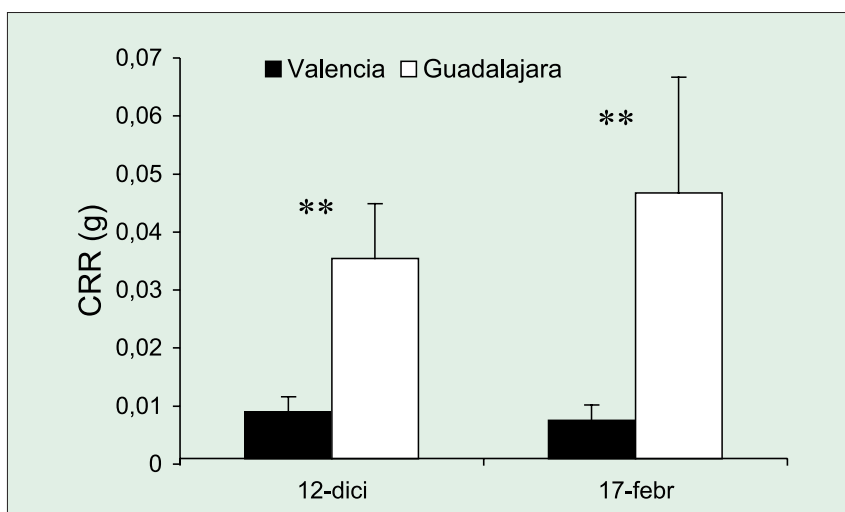


Figura 3.- Diferencias de capacidad de regeneración radical (CRR) entre brinzales de encina cultivados en Valencia y Guadalajara para dos fechas en concreto del periodo de estudio. Las diferencias significativas están indicadas con asteriscos (**: $0.01 \leq p < 0.001$)

MATERIAL Y MÉTODOS

Cultivo de la planta

El cultivo de la planta se realizó en dos zonas con inviernos contrastados. La primera en Guadalajara, en el Centro Nacional de Mejora Forestal «El Serranillo» y la segunda en Albal, provincia de Valencia, en el Centro de Investigaciones sobre la Desertificación (CIDE). La siembra se realizó en marzo de 2000 en «El Serranillo» y las plantas destinadas a ser cultivadas en Valencia, se trasladaron tres días después de la siembra al Centro Nacional de Mejora Genética de Alaquás (DGCONA). Dicho Centro dista del CIDE unos 6 km y en él permanecieron las plantas inicialmente hasta el mes de junio, momento en el que fueron llevadas al CIDE, donde permanecieron cultivadas hasta el final del experimento.

En ambas localidades se emplearon bellotas de la procedencia de La Mancha, estratificadas en turba en las cámaras frigoríficas del vivero Genfora (Cuenca). La siembra se hizo en contenedores de 300 cm³, del tipo Forest Pot[®], con turba rubia fertilizada y no se aportó ninguna fertilización adicional durante todo el cultivo. El riego se mantuvo óptimo a lo largo del cultivo en las dos localidades, con especial celo durante la parte propiamente experimental. En ambas poblaciones, las plantas permanecieron en sitios soleados la mayor parte del día. El tamaño final de la planta y la propor-

ción entre la parte aérea y radical no presentó diferencias significativas entre ambas poblaciones al final del periodo vegetativo (MOLLÁ MORALES, 2002).

Características climáticas de las dos localidades

El Centro Nacional de Mejora Forestal «El Serranillo» se halla a 650 m sobre el nivel del mar, tiene un clima Mediterráneo continental con inviernos duros y veranos secos y cálidos (Figura 1a). La temperatura media anual es 13,2 °C y el periodo seco estival dura entre 3 y 4 meses. La temperatura media de las máximas del mes más cálido es 32,1 °C. En cuanto a las bajas temperaturas, entre los años 1985 y 2000, la temperatura media durante el mes más frío fue 5,6 °C, la media de las mínimas fue -1,2 °C y la temperatura mínima absoluta fue -10,0 °C. El número medio de días al año con heladas es de aproximadamente 70.

El CIDE se encuentra a 10 m sobre el nivel del mar. La temperatura media anual es 16.8 °C y su periodo de sequía estival también varía entre 3 y 4 meses (Figura 1b). Los veranos no son tan cálidos como los de «El Serranillo», siendo la temperatura media de las máximas del mes más cálido de 30 °C y una humedad relativa considerablemente superior. Los inviernos son muy suaves, con una temperatura media en el mes más frío de 11,3 °C y la media de las mínimas de 5 °C. La temperatura mínima absoluta en el periodo registrado (1965-2000) fue -5,8 °C y son escasos los días al año en el que se producen heladas.

En cuanto a las temperaturas durante el periodo de estudio (julio de 2000 a abril de 2001), las mínimas en el CIDE oscilaron entre 2 y 25 °C y no hubo ninguna helada. En cambio, en «El Serranillo», si bien el invierno en el que se hizo este estudio fue más suave de lo habitual, las temperaturas mínimas oscilaron entre -6 y 17 °C y hubo 53 días con heladas (Figura 1c).

Medidas de resistencia al frío

Para cuantificar la resistencia de las plantas a la helada se estimó la

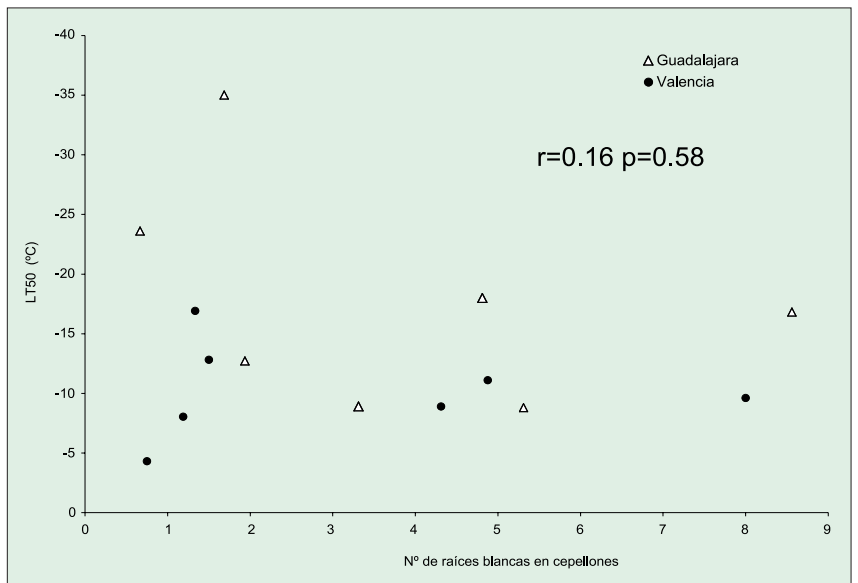


Figura 4.- Relación entre la resistencia a la helada y el número de raíces blancas de más de 1 cm presentes en la periferia de los cepellones de brinzales de Quercus ilex subsp. ballota que permanecen en el vivero

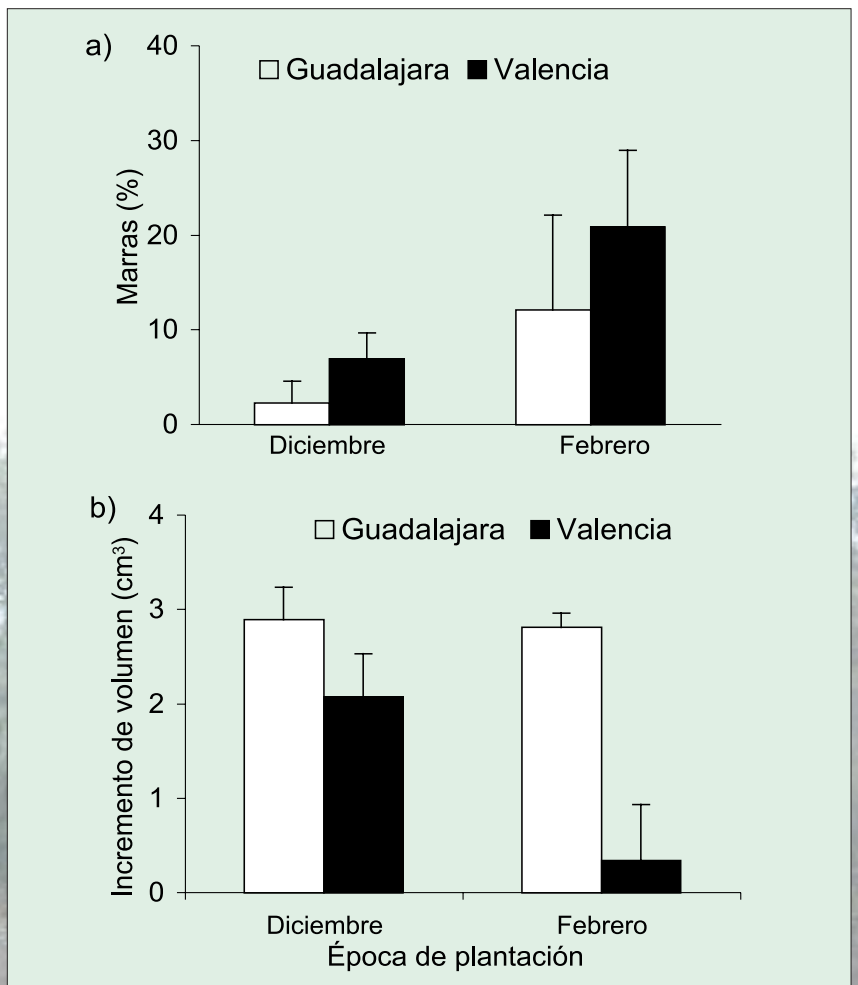


Figura 5.- Porcentaje de marras (a) e incremento de volumen (b) después de un año de brinzales de encina plantados en dos épocas (mediados de diciembre y febrero)



pérdida de integridad funcional de las membranas celulares causada por la congelación. Para ello se empleó el método de liberación de electrolitos (EARNSHAW, 1993). La cantidad de electrolitos o solutos liberados es normalmente proporcional al número de células con membranas celulares dañadas. Las plantas que son resistentes a un factor de estrés, como es la helada, suelen presentar menor daño en la membrana celular que las sensibles y, por tanto, la salida o liberación de electrolitos del interior celular es menor.

En siete fechas, desde julio de 2000 a abril de 2001 (ver Figura 2), se escogieron 24 individuos de cada localidad, ocho de los cuales se sometieron a un ciclo de helada de hasta $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$, otros ocho fueron sometidos a un ciclo de helada de hasta $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ y los ocho restantes a un ciclo de helada de hasta $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$. Todos los ciclos de heladas se realizaron en un congelador dotado de un programador que permitió establecer el ritmo de variación de la temperatura. La velocidad de descenso de la temperatura hasta

la temperatura diana (-6 , -12 y $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$) fue de 3 a 5 $^{\circ}\text{C}$ por hora. Una vez alcanzada dicha temperatura, se mantuvo durante tres horas para posteriormente subirla al mismo ritmo con que descendió. Al concluir un ciclo de helada, se procedió a la medición del porcentaje de liberación de electrolitos en las hojas en el laboratorio. Para ello, se emplearon dos hojas por planta que fueron cortadas en trozos pequeños y, después de su lavado en agua destilada, introducidas en tubos de ensayo con 20ml de agua. La liberación de electrolitos (CE%) se expresa como:

$$CE\% = (CE_i / CE_f) \times 100 \quad \text{donde}$$

CE_i es la conductividad eléctrica de la disolución de agua destilada que baña las hojas, medida 24 horas después de someter la muestra al nivel de estrés seleccionado. CE_f es la conductividad eléctrica de la disolución de agua destilada que baña las hojas medida después de pasar los tubos por el autoclave. El autoclavado produce la destruc-

ción total de las células y CE_f representa, por tanto, la máxima conductividad que puede producir el tejido.

Para cada población y en cada fecha los valores de %CE fueron representados gráficamente en función de la temperatura de helada. De la misma se dedujo la temperatura en la que se produce un nivel de daño equivalente al 50% de liberación de electrolitos (temperatura letal, LT_{50}). Valores elevados (poco negativos) de LT_{50} indican que la planta está poco endurecida. Los valores de LT_{50} inferiores a $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ fueron estimados por interpolación lineal. Los detalles metodológicos de los ciclos de heladas, el procesamiento de las hojas, y la obtención de los valores de LT_{50} pueden ser consultados en MOLLÁ MORALES (2002).

Capacidad de regeneración radical

La capacidad de regeneración radical (CRR) es un test que se utiliza para medir el vigor de las

plantas y según algunos autores también está directamente relacionada con la resistencia al estrés de la planta (BURDETT, 1987). Dicho test mide la capacidad que tiene una planta de producir nuevas raíces al ser situada en unas condiciones concretas.

CRR fue determinado en dos fechas, el 12 de diciembre de 2001 y el 17 de febrero de 2002. En cada fecha, se escogieron al azar 16 plantas de ambas poblaciones y se transplantaron en contenedores Forest-Pot de 3 litros con perlita, un sustrato inerte y que es fácil de eliminar de las raíces a la hora de determinar su peso seco u otros parámetros radicales. Una vez transplantados todos los individuos, se instaló un dispositivo de riego automático por goteo siendo las plantas regadas cada dos días para que no sufriesen en ningún momento estrés hídrico que pudiese perjudicar el desarrollo de las raíces. La disposición de las plantas de las dos poblaciones fue al azar. Al cabo de 21 días, se dio por concluido el test, se extrajeron las plantas de los contenedores y se cortaron todas las raíces que con una longitud superior a 1 cm se proyectaban fuera del cepellón de cultivo. Estas raíces se lavaron bien para quitar cualquier resto de perlita y se secaron en una estufa a 60 °C durante 48 horas, al cabo del cual se determinó su peso seco. La CRR de una planta se definió como el peso seco de todas las raíces nuevas de más de 1 cm de longitud.

Presencia de raíces blancas en los cepellones

Esta variable puede ser una estimación de la actividad fenológica de la planta. Normalmente cuando una planta empieza a desarrollar raíces blancas nos indica que su crecimiento se está activando o ya se está produciendo y, por tanto, que potencialmente dicha planta es más susceptible ante cualquier situación de estrés. Esta variable fue determinada en siete fechas y consistió en el conteo en el vivero del número de raíces blancas de más de 1 cm de longitud que aparecían en el exterior del cepellón. Se emplearon 16 plantas por localidad, seleccionadas aleatoriamente.

Plantación y desarrollo en campo

Se realizaron dos plantaciones, una a principios de diciembre y otra a mediados de febrero en Santorcaz, entre las provincias de Madrid y Guadalajara. La parcela es prácticamente llana, se halla situada a unos 850 metros de altitud y es un campo agrícola abandonado hace más de 10 años. Como preparación del suelo, se efectuó un ahoyado con retroexcavadora y el marco de plantación fue de 2 x 1,5 metros. El diseño experimental consistió en 4 bloques completos al azar. Los tratamientos fueron cuatro, obtenidos de cruzar los factores localidad (Valencia y Guadalajara) y momento de plantación (diciembre y febrero). En cada bloque se plantaron 15 brinzales por tratamiento.

En el mes de marzo de 2001, y antes de que las plantas iniciaran su periodo vegetativo, se midió tanto la altura como el diámetro de todas las plantas de la parcela. En febrero de 2002, se procedió a medir el incremento en altura y diámetro. También se contó el número de marras, si bien no se procedió a confirmarlas hasta la primavera de 2002. En aquellas plantas con una porción de la parte aérea seca, la altura se midió hasta la primera hoja verde. Desde la primera plantación hasta finales de mayo de 2001, se registró la temperatura del aire a la altura de las plantas con un miniregistrador automático.

Análisis de los datos

El análisis estadístico de los resultados obtenidos fue llevado a cabo con el programa informático SPSS v.10.0. Para comparar las dos poblaciones, se empleó el test de la t-Student, cuando los datos se ajustaban a una distribución normal y las varianzas eran homogéneas, o el test U-Mann-Whitney en el caso de que los datos no tuviesen una distribución normal o las varianzas no fuesen homogéneas. Los datos de desarrollo en campo fueron procesados por medio de un análisis de la varianza trifactorial. La relación entre la resistencia a las heladas y el número de raíces blancas se estudió por análisis de correlación lineal.

RESULTADOS

Las mediciones de resistencia al frío revelaron diferencias muy importantes entre las dos localidades (Figura 2). En mitad del verano, ambas poblaciones mostraron la misma sensibilidad al frío al presentar el mismo valor de temperatura letal (LT_{50}). Sin embargo, al principio del otoño se observó una reducción de LT_{50} en la población de Guadalajara, mientras que en la de Valencia se mantuvo en valores semejantes a los del mes de julio. A partir de mediados de noviembre, las dos poblaciones mostraron descensos de LT_{50} en paralelo, manteniendo las plantas de Guadalajara en todo momento valores claramente inferiores a las de Valencia. Ello indica que las plantas cultivadas en Guadalajara son capaces de resistir temperaturas significativamente más bajas que las cultivadas en Valencia. Los brinzales de Valencia alcanzaron su LT_{50} más bajo, alrededor de -17 °C, a final de diciembre. A partir de esta fecha, las encinas de Valencia comenzaron a desendurecerse, alcanzando en abril valores semejantes a los observados en julio. Por el contrario, a final de diciembre las plantas de Guadalajara aún continuaron endureciéndose más, llegando a alcanzar valores de LT_{50} de casi -35 °C en febrero, momento de su mayor nivel de endurecimiento. A partir de esta fecha, las encinas de Guadalajara empezaron a desendurecerse, pero sus valores de LT_{50} se mantuvieron siempre por debajo de los cultivados en Valencia.

La capacidad de regeneración radical fue muy diferente en ambas poblaciones. Fue de cuatro a cinco veces más elevada en las encinas producidas en Guadalajara que en las de Valencia en las dos fechas estudiadas (Figura 3), las cuales coincidieron con el momento de realización de las dos plantaciones.

En lo que respecta al número de raíces blancas en los cepellones de las plantas que permanecen en el vivero y su relación con la resistencia al frío, no se observó ninguna correlación entre ambas variables (Figura 4).

Las marras en campo no presen-

taron diferencias significativas entre poblaciones ($F_{1,9}=2,04$ $p=0,19$), ni entre épocas de plantación ($F_{1,9}=2,35$ $p=0,16$), y tampoco se registró una interacción entre ambos factores ($F_{1,9}=0,0076$ $p=0,93$). No obstante, se observó una tendencia a una mayor mortandad en las plantas cultivadas en Valencia y un mayor número de marras en la plantación de febrero (Figura 5). Esta mayor mortandad en febrero podría estar ligada con una ola de frío que se dio 10 días después de la plantación, produciéndose temperaturas mínimas de alrededor de -10 °C. El resto del invierno las temperaturas fueron más elevadas de lo habitual. Con respecto al crecimiento, las encinas cultivadas en Guadalajara mostraron un crecimiento significativamente mayor que las de Valencia ($F_{1,9}=6,66$ $p=0,029$). No se registró un efecto significativo de la época de plantación en el crecimiento ($F_{1,9}=1,26$ $p=0,29$) ni tampoco una interacción entre ambos factores ($F_{1,9}=1,856$ $p=0,21$).

DISCUSIÓN

Los resultados de daños por helada obtenidos a lo largo de este estudio demuestran que las plantas cultivadas en Guadalajara se endurecen antes y más intensamente que las plantas cultivadas en Valencia y, por lo tanto, son más resistentes a la helada. Resultados semejantes se han observado también en *Pseudotsuga menziesii* (SCHUCH et al., 1989). Estos autores concluyeron que factores como el número de días de helada, la elevación sobre el nivel del mar, las temperaturas máximas y mínimas y las fluctuaciones de las temperaturas diurnas explican las diferencias de endurecimiento encontradas en el abeto de Douglas cultivadas en diferentes viveros de la Columbia Británica (Canadá).

En este estudio, las plantas de Guadalajara han mostrado valores de LT_{50} inferiores a -30 °C, contrastando con las de Valencia que apenas bajaron de -16 °C. Estos datos no coinciden con los obtenidos por LARCHER (1995), que concluyó que una helada de -8 a -10 °C tiene consecuencias catas-

tróficas para los plantones de *Quercus ilex*. Larcher trabajó con una población del Norte de Italia, muy probablemente perteneciente al taxon *Quercus ilex* subsp. *ilex*, mientras que en este trabajo se ha utilizado el taxon *Quercus ilex* subsp. *ballota*. Esta diferencia invita a pensar que quizá en *Quercus ilex* existen diferencias ecotípicas respecto a la resistencia al frío.

Es interesante resaltar que las plantas de Guadalajara comenzaron bastante pronto (en algún momento entre julio y octubre) a experimentar un descenso de LT_{50} , acelerándose en diciembre, mientras que en las de Valencia, no se observa ningún síntoma de endurecimiento hasta mediados de noviembre. Dado que entre las dos poblaciones no existen diferencias apreciables de fotoperiodo (la diferencia de latitud es de tan solo 1°), es muy probable que el adelanto en el comienzo del endurecimiento en Guadalajara sea debido a que en la zona del interior peninsular el descenso de la temperatura en el otoño sea más intenso y rápido que en la costa.

Uno de los objetivos del trabajo era estudiar si el número de raíces blancas presentes en la periferia de los cepellones de las plantas que permanecen en el vivero puede ser un indicador de la resistencia de la planta al frío y, por tanto, una buena señal para ayudar al viverista y al repoblador a decidir el momento idóneo para su plantación. Los resultados han demostrado que no existe correlación entre el número de raíces blancas y la resistencia al frío, lo que indica que la actividad y presencia de raíces blancas es, en gran medida, independiente del estado de endurecimiento de las plantas. Este resultado es coherente con el observado por CORCHERO et al. (2002), quienes concluyeron que las raíces blancas que se observan en los cepellones de las encinas en vivero tampoco informa de la predisposición de su sistema radical a expandirse una vez plantada. Por lo tanto, en la encina no se puede utilizar las raíces blancas de las plantas que permanecen en el vivero como indicador del momento de su mayor resistencia a las heladas.

Los brinzales de las dos poblaciones presentaron importantes diferencias de CRR. La mayor CRR de las encinas de Guadalajara no puede ser atribuida a diferencias de tamaño de las plantas ya que no las hubo (MOLLÁ MORALES, 2002). BURDETT (1987) propuso que CRR predice bien el comportamiento en campo de las plantaciones porque se correlaciona positivamente con el grado de endurecimiento y vigor de las plantas. Así, las plantas menos resistentes y, en consecuencia, de menor CRR son más vulnerables a las condiciones adversas que pueden darse tras la plantación (SIMPSON, 1990). Los resultados obtenidos en este trabajo avalan la hipótesis de Burdett ya que las encinas de Guadalajara tienen mayor resistencia a las heladas pudiéndose concluir que son plantas más vigorosas y que potencialmente tienen más capacidad de enraizar y sobrevivir mejor en campo. Los resultados de las plantaciones en campo efectuadas en este estudio apoyan esta idea. Las plantas de Guadalajara crecieron más que las de Valencia y tendieron a presentar un menor número de marras.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PRÁCTICAS

La ubicación de los viveros y su influencia en los resultados de las actuaciones de reforestación ha sido una de las controversias que más ha preocupado al gestor forestal. En los viveros situados en climas de inviernos suaves, como los del sur y levante, las condiciones ambientales hacen fácil el cultivo y exigen menos infraestructuras. Por ello, en el pasado muchos viveros forestales se localizaron en estos lugares, generando cierto recelo en la adecuación de la planta cultivada en estos viveros cuando el lugar de asiento definitivo eran zonas frías del interior. En este trabajo hemos demostrado que el vigor, crecimiento en campo y la resistencia a la helada de los brinzales de *Quercus ilex* subsp. *ballota* cultivados en el interior es mayor que el de los brinzales cultivados en la costa. Demostramos así, que las condiciones térmicas en el vi-

vero durante el periodo en el que se realizan las plantaciones (otoño e invierno) condicionan muy significativamente la calidad funcional de los brinzales de esta especie. Igualmente, concluimos que no se puede utilizar el número de raíces blancas como indicador de la resistencia de las plantas a las heladas y, por tanto, para decidir el momento más idóneo de plantación. A la vista de estos resultados sugerimos que:

1) Es aconsejable que las plantas destinadas a repoblaciones de zonas del interior, con clima continental, estén cultivadas en viveros también del interior, o por lo menos hayan pasado al menos un periodo previo de aclimatación en un vivero con características climáticas parecidas a las de la zona de repobla-

ción desde por lo menos el otoño (final de septiembre) del año de cultivo.

2) Los viveristas de zonas invernales suaves podrían tratar las plantas destinadas a repoblar zonas del interior con métodos de endurecimiento artificial, por ejemplo por estrés hídrico moderado. En algunas especies boreales se ha visto que esto puede disminuir la susceptibilidad de las plantas a las heladas. Este hecho también se constata en *Pinus pinea* (VILLAR-SALVADOR, no publicado), pero no parece ocurrir en *Pinus halepensis* (PUÉRTOLAS, 2002). Lamentablemente, del resto de especies mediterráneas carecemos de información.

3) Adelantar las plantaciones a periodos en los que las heladas sean poco probables, como se-

ría en el mes de octubre, y dejar que las plantas se autoendurezcan en el campo. Lógicamente ello sólo sería posible en estaciones o en años en los que el suelo tenga humedad suficiente en dichas fechas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Ana Aguado, Directora del Centro Nacional de Mejora Genética de Alaquás (Ministerio de Medio Ambiente) y a su personal por el cuidado del cultivo efectuado en Valencia durante los tres primeros meses. Igualmente, agradecemos a la Escuela Politécnica Superior de Gandía y a la Dra. Rosa Pérez las facilidades dadas para la realización de este trabajo como proyecto fin de carrera. 🌲

- BOORSE, G. C., EWERS, F. W. & DAVIS, S. D. 1998. Response of chaparral shrubs to belowfreezing temperatures: acclimation, ecotypes, seedlings vs. Adults. *American Journal of Botany* 85 (9): 1224-1230.
- BURDETT, A. N. 1987. Understanding root growth capacity: theoretical considerations in assessing planting stock quality by means of root growth tests. *Canadian Journal Forest Research* 17: 768-775.
- CORCHERO DE LA TORRE, S., GOZALO CANO, M., VILLAR SALVADOR, M. & PEÑUELAS RUBIRA J. 2002. Crecimiento radical en campo de *Pinus halepensis* y *Quercus ilex* plantados en diferentes momentos. *Montes* 68: 5-11.
- EARNSHAW, M. J. 1993. Stress indicators: electrolyte leakage. In: Henry, G. A. F. and Grime, J. P. (ed.): *Methods in comparative plant ecology a laboratory manual*. 252 pp. Chapman & Hall (1993) London.
- GÓMEZ-JOVER, F. & JIMÉNEZ, F. J. 1997. *Forestación de Tierras Agrícolas*. 383 pp.. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- GREER, D. H. & ROBINSON, L. A. 1995. Temperature control of the development of frost hardiness in two populations of *Leptospermum scoparium*. *Tree Physiology* 15: 399-404.
- GREER, D. H. 1983. Temperature Regulation of the Development of Frost Hardiness in *Pinus radiata* D. Don. *Australian Journal of Plant Physiology* 10: 539-547.
- GROSSNICKLE, S. C. 1992. Relationship between freezing tolerance and shoot water relations of western red cedar. *Tree Physiology* 11: 229-240.
- LARCHER, W. 1995. *Physiological Plant Ecology. Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*. 506 pp. Ed. Springer.
- MOLLÁ MORALES, S. 2002. *Influencia de la localización del vivero sobre la resistencia a la helada y a la sequía de los brinzales de carrasca (Quercus ilex subsp. ballota)*. Escuela Politécnica Superior de Gandía. Ingeniería Técnica Forestal, U. Politécnica de Valencia. 2002.
- PUÉRTOLAS, J. 2002. Efecto del riego y la fertilización nitrogenada sobre la calidad de planta de *Pinus halepensis* Mill. y su comportamiento en campo. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- RÜTTEN, K. & SANTARIUS, K. A. 1988. Cold acclimation of *Ilex aquifolium* under natural conditions with special regard to the photosynthetic apparatus. *Physiologia Plantarum* 72: 807-815.
- SCHUCH, U.K., DURYEA, M.L., & FUCHIGAMI, L.H. 1989. Dehardening and budburst of Douglas-fir seedlings raised in three Pacific Northwest nurseries. *Canadian Journal Forest Research* 19:198-203.
- SIMPSON, D.G. 1990. Frost hardiness, root growth capacity, and field performance relationships in interior spruce, lodgepole pine, Douglas-fir, and western hemlock seedlings. *Canadian Journal Forest Research* 20: 566-572.
- VILLAR-SALVADOR, 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. Actas del III Congreso Forestal Español, Volumen 3: 770-776. Sociedad Española de Ciencia Forestales.