



Foto 1.- Aspecto de las raíces formadas en *Quercus ilex* pertenecientes a la plantación de final de diciembre de 1997 y extraídas a mediados de marzo de 1998

Silvia Corchero de la Torre¹;
 María Gozalo Cano²; Pedro Villar
 Salvador^{3,4} y Juan Peñuelas Rubira⁵
^{1, 2, 3, 5} Centro Nacional de Mejora Fo-
 restal «El Serranillo», Dirección Ge-
 neral de Conservación de la Naturaleza,
 Ministerio de Medio Ambiente
⁴ Departamento de Ecología, Facultad
 de Ciencias, Universidad de Alcalá

CRECIMIENTO RADICAL EN CAMPO DE *Pinus halepensis* y *Quercus ilex* PLANTADOS EN DIFERENTES MOMENTOS

RESUMEN

El objetivo de este trabajo ha sido analizar la evolución del desarrollo de las raíces de los brinzales de *Quercus ilex* y *Pinus halepensis* plantados en cuatro momentos distintos dentro del periodo de plantación. Dichos momentos han sido: final de octubre y de diciembre y mediados de febrero y de marzo. En ambas especies, el crecimiento radical se ralentizó significativamente por debajo de 10°C. En el caso de la encina, prácticamente se detuvo entre mediados de diciembre y final de enero. En las plantaciones más tempranas (final de octubre y de diciembre) el crecimiento ocurrido en los meses más fríos sólo supuso como máximo un 15% del observado al llegar la época seca. La mayor parte del crecimiento radical en todas las plantaciones de ambas especies tuvo lugar en los meses de marzo y abril. Al llegar el periodo seco, la plantación de marzo en ambas especies produjo menos raíces que las restantes. En *P. halepensis*, la plantación de final de diciembre tendió a producir más raíces que las restantes, mientras que en *Q. ilex* no se observaron diferencias de desarrollo entre la plantación de final de octubre y la de mediados de febrero, que tendieron a producir más raíces que la realizada a final de diciembre. En *Q. ilex*, el crecimiento de las raíces aéreas tendió a ralentizarse al comenzar el de la parte aérea, mientras que en *P. halepensis* este fenómeno no se observó. La velocidad de crecimiento de las raíces de *P. halepensis* en campo se correlacionó positivamente con el número de raíces blancas de las plantas que permanecen en un vivero cercano. Dicha relación no se observó en *Q. ilex*.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de un sistema radical extenso con el que las plantas puedan abastecerse de agua es una condición imprescindible para que se puedan instalar (AUSSENAC y NOUR, 1986) y sobrevivir a la sequía del primer verano, el período más crítico para el establecimiento de las plantaciones mediterráneas. Una idea muy extendida en el sector forestal es que para que las plantas produzcan un sistema radical suficientemente desarrollado en las repoblaciones realizadas en clima mediterráneo, es recomendable que las plantaciones sean realizadas lo antes posible dentro de la época húmeda del año. Esto permitiría que los brinzales dispusieran de más tiempo para desarrollar una cantidad suficiente de raíz antes de que la sequía estival inhiba su crecimiento. Sin embargo, en zonas mediterráneas con otoños e inviernos fríos, las plantaciones tempranas (otoñales) quizás no tengan por qué desarrollar más raíces que las tardías (final del invierno comienzos de la primavera). El crecimiento de las raíces podría ralentizarse e incluso detenerse debido a las bajas temperaturas. En este sentido, RIEDACKER (1986) observó una ausencia de crecimiento radical durante el final del otoño y el invierno en plantaciones argelinas de *Pinus halepensis*, lo que atribuyó a la reducción de la temperatura. La sensibilidad del crecimiento de las raíces varía enormemente entre especies. Algunas especies de *Abies*, *Acer saccharinum* y *Pseudotsuga menziesii* detienen su desarrollo a 5°C (LOPUSHINSKY y MAX, 1990 ; LYR y HOFFMAN, 1967) mientras que otras como *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris* y *Pinus radiata* lo hacen a 10-12°C (ANDERSEN *et al.*, 1986; SUTTON, 1989).

La permanencia de las plantas durante un periodo largo de tiempo sin producir raíces después de su plantación podría hacerlas más vulnerable a estreses post-transplante, enfermedades, predación o, simplemente, que sufran una merma de su calidad funcional como consecuencia de la pérdida de nutrientes (VAN DEN DRIESSCHE, 1983; CORCHERO, 1998; GOZA-

LO, 1998). Esta pérdida de nutrientes probablemente también ocurra en las plantas que permanecen en vivero pero, en dicho caso, este problema podría ser solucionado manteniendo los regímenes de fertilización durante el invierno.

En comparación con las plantaciones tempranas, las realizadas más tardíamente, al final del invierno o principios de la primavera, no encontrarían tantas limitaciones térmicas para el desarrollo radical. Además, los días son más largos y las plantas reciben más radiación fotosintéticamente activa por lo que deben de presentar una mayor capacidad fotosintética y, en consecuencia, un aumento de crecimiento de las raíces (VAN DEN DRIESSCHE, 1987). Sin embargo, las plantaciones tardías pueden tener un importante inconveniente. En aquellas zonas de primavera temprana y/o seca el crecimiento de las raíces puede inhibirse por la pronta aparición del estrés hídrico. A este inconveniente debe sumarse el hecho de que, en algunas especies, el crecimiento de las raíces puede verse frenado al comenzar el crecimiento de la parte aérea. Ello es debido a una competencia entre ambas partes por los recursos disponibles (REICH *et al.*, 1980).

Por todo lo expuesto, si queremos maximizar el desarrollo radical de las plantaciones efectuadas en diferentes climas, es fundamental conocer el ritmo de crecimiento de las raíces de las especies empleadas en la restauración forestal y, sobre todo, cómo dichos ritmos son modulados por los factores ambientales. Esta información que resulta básica es, sin embargo, prácticamente inexistente para especies mediterráneas.

El objetivo de este trabajo ha consistido en estudiar la evolución del crecimiento de las raíces de *Pinus halepensis* y *Quercus ilex* plantados en cuatro momentos a lo largo del periodo de plantación en una zona del interior de la Península Ibérica de inviernos fríos. Además, se ha analizado si existe alguna relación entre la formación de raíces blancas en los cepellones de las plantas que permanecen en vivero y la velocidad de crecimiento

de las raíces de los brinzales en el campo. Si dicha relación existe, se dispondría de una herramienta muy eficaz para establecer los momentos en los que el crecimiento de las raíces en campo va ser elevado con tan sólo observar la evolución de la actividad radical de las plantas que permanecen en el vivero.

3.- MATERIAL Y MÉTODOS

3.1.- Diseño experimental

El estudio se llevó a cabo en una parcela del Centro Nacional de Mejora Forestal «El Serranillo» en Guadalajara, entre octubre de 1997 y mayo de 1998. La parcela está situada a 635 m de altura sobre el nivel del mar, siendo la temperatura y la precipitación total anual media de la zona de 13.4°C y 400 mm, respectivamente.

Se establecieron cuatro fechas de plantación: 30 de octubre, 30 de diciembre, 13 de febrero y 16 de marzo. En cada una de estas fechas se plantó suficiente número de brinzales para realizar una extracción de ocho plantas por especie cada quince días hasta el final del periodo de estudio, a principios de mayo. En dicha fecha se habían realizado 12 extracciones de la plantación de octubre, ocho de la de final de diciembre, cinco de la de mediados de febrero y tres extracciones de la plantación de mediados de marzo.

Se utilizaron brinzales de una savia cultivados en envases Forest-Pot 300® con turba rubia sin fertilizar. Las procedencias utilizadas fueron: La Mancha para *Q. ilex* y Levante para *P. halepensis*. El pino fue cultivado en el Centro Nacional de Mejora Forestal «El Serranillo» y cada planta fue fertilizada con un total de 27, 50.9 y 63.5 mg de N, P y K, respectivamente. La encina fue cultivada en el vivero de Genforsa (Cuenca) sin ningún aporte nutricional.

Con objeto de facilitar la extracción y estudio de las raíces, los brinzales fueron plantados en grandes macetas troncocónicas de plástico rígido, de 35 l de volumen y 35 cm de profundidad. En cada

maceta se plantaron dos brinzales. Para evitar el entrelazado de sus sistemas radicales se instaló una plancha de plástico vertical en mitad del contenedor, estableciendo así dos volúmenes independientes. Las macetas se introdujeron en hoyos que fueron previamente abiertos con una barrena helicoidal mecánica, quedando el borde superior de las macetas elevado unos 3 cm sobre el nivel del suelo. La tierra que se obtuvo del ahoyado fue empleada en el trasplante de los brinzales en las macetas.

El diseño espacial del experimento consistió en cuatro bloques completos con las fechas de extracción dispuestas al azar. En cada fecha de extracción, se sacaron cuatro macetas por especie (una por repetición, ocho plantas por especie). Las plantas fueron extraídas de las macetas aplicando agua a baja presión, lavando cuidadosamente la tierra de las raíces.

3.2.- Variables analizadas

- *Sistemas radicales*

De cada una de las plantas extraídas se cortaron todas las raíces generadas desde su colocación en campo, es decir, todas las raíces emitidas desde el cepellón (Foto 1).

Se determinaron la longitud y la masa seca total de estas raíces, así como la profundidad máxima alcanzada por las mismas. Este último parámetro se determinó como la máxima longitud vertical de las raíces, medida desde la parte inferior del cepellón. La longitud de las raíces se midió con un analizador de imágenes. Para la medida de su masa, las raíces fueron previamente secadas a 55°C en una estufa de ventilación forzada durante 48 horas. Con los datos de masa radical, se calculó la velocidad de crecimiento radical (mg día^{-1}) como el incremento de masa entre dos periodos de muestreo.

Los individuos que no fueron empleados en las distintas plantaciones, permanecieron en el vivero que es contiguo a la parcela de plantación. Con la misma periodicidad que las extracciones de campo, se realizó un seguimiento del número de raíces blancas mayores

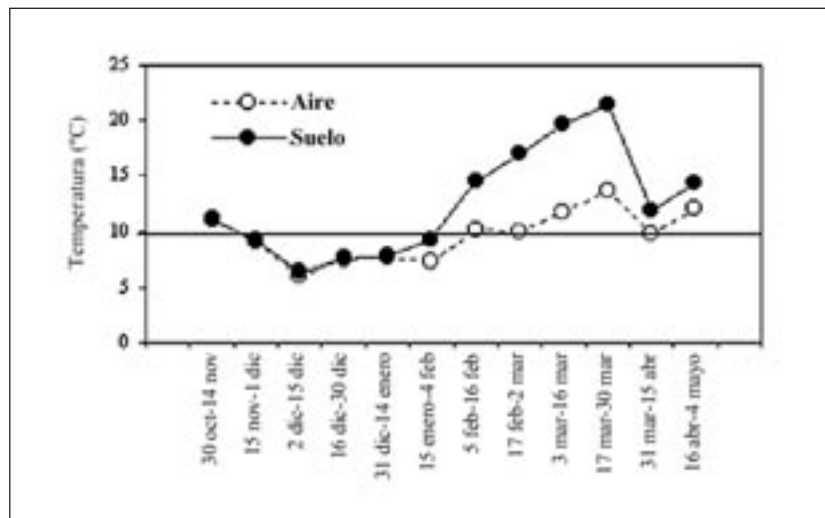


Figura 1.- Evolución de la temperatura media del aire y del suelo durante el periodo de estudio

de 1 cm, observadas en la periferia de los cepellones de 30 individuos elegidos aleatoriamente. Esta medida aportó información acerca de la actividad radical en el vivero.

- *Tallos*

Inmediatamente después de cada plantación, se marcaron las ocho plantas de cada especie que iban a permanecer en el campo hasta la última extracción (principios de mayo). En cada fecha de extracción, dichas plantas fueron medidas en altura y diámetro.

- *Microclima en la parcela*

Durante todo el período de estudio y paralelamente al seguimiento del crecimiento de las raíces y de los tallos, se realizó un seguimiento de la temperatura del aire y del suelo con unos miniregistradores automáticos. La sonda de temperatura de aire quedó a la altura de las plantas (20 cm) mientras que la del suelo fue enterrada 15 cm.

3.3.- Análisis de los datos

La diferencia de desarrollo radical en una fecha determinada entre los distintos momentos de planta-

ción fue analizada por análisis de la varianza (ANOVA), siendo la fecha de plantación y el bloque los factores considerados. En los ANOVA significativos, la comparación múltiple de medias se efectuó con el test de la menor diferencia significativa (LSD). La relación entre la velocidad de crecimiento radical en el campo y el número de raíces blancas presentes en las plantas de vivero fue estudiada por análisis de correlación lineal.

4. - RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- Evolución del microclima durante el ensayo

La temperatura media del aire durante todo el periodo estuvo comprendida entre los 0.9°C, registrados el 25 de enero, y los 18°C, alcanzados el 25 de abril. Hasta el mes de febrero la temperatura media del aire permaneció por debajo de 10°C. La temperatura máxima absoluta del aire osciló entre 4.6 y 30.7°C, mientras que la mínima absoluta estuvo comprendida entre -4.4°C, medida en diciembre, y 10.5°C registrada en abril. En general, las temperaturas del aire más bajas se alcanzaron en los meses de diciembre y enero, mientras que las más altas se registraron en marzo (Figura 1).

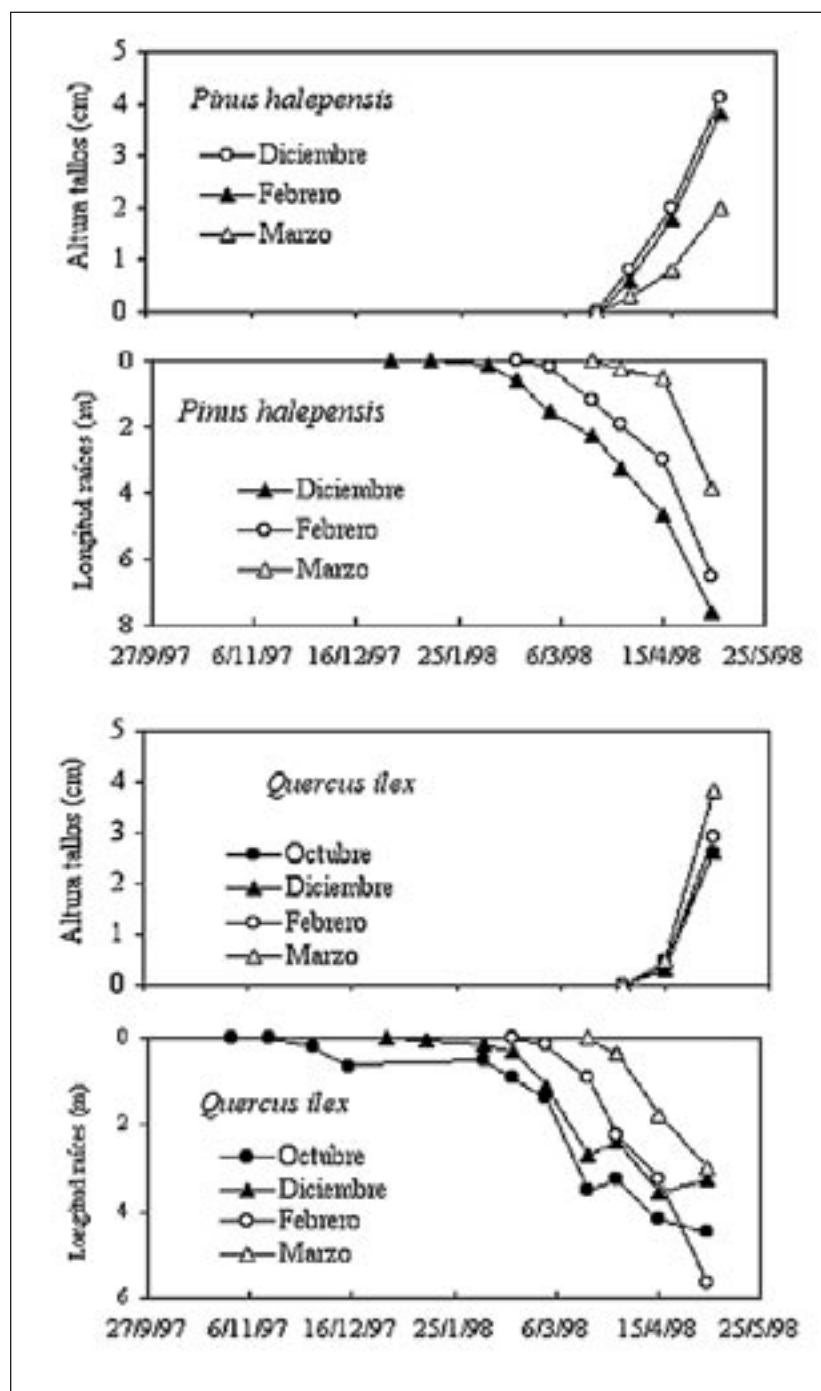


Figura 2.- Evolución de la altura acumulada de los tallos y de la longitud total acumulada de las raíces de *Pinus halepensis* y de *Quercus ilex* correspondiente a las plantaciones realizadas a final de octubre, final de diciembre, mediados de febrero y mediados de marzo

Hasta el mes de febrero, la temperatura media del suelo en la parcela, estuvo comprendida entre 5 y 10°C. A principios de dicho mes, comenzó a ascender llegando a alcanzar 21.4°C en marzo (Figura 1).

La temperatura media de las mínimas del suelo no descendió de 5.4°C, dato registrado durante la primera quincena de diciembre, mientras que las medias de las máximas oscilaron entre 7.2°C y

23.1°C. En ninguna ocasión la temperatura edáfica a 15 cm de profundidad descendió de 0°C y, en contadas ocasiones, bajó de 5°C. Hasta mediados de enero, las temperaturas del aire y del suelo no presentaron diferencias. Posteriormente el suelo se calentó más deprisa que el aire, coincidiendo dicho momento con un incremento global de la radiación y el cese de la lluvia (datos no mostrados).

Desde el 1 de octubre hasta el final del experimento, la parcela recibió 408 mm de precipitación. El 83% de la misma cayó entre noviembre y febrero, mientras que entre la segunda quincena de febrero y el final de marzo sólo se registraron 0.9 mm. La precipitación media anual en la zona es de aproximadamente 400 mm, lo que indica que el periodo de estudio fue un poco más lluvioso de lo habitual.

4.2.- Evolución del crecimiento de las raíces y de los tallos

En este trabajo, solamente se muestran los datos de las plantaciones de octubre de *Q. ilex*, ya que las de *P. halepensis* sufrieron un serio deterioro debido a una inundación que afectó a la parcela el 27 de diciembre de 1997. A diferencia de los pinos, las encinas aparentemente no experimentaron en general daños, eliminándose, no obstante, del estudio los pocos ejemplares deteriorados o con mal aspecto.

La plantación de octubre de *Q. ilex* mantuvo una producción reducida de nuevas raíces a lo largo del otoño y comienzos del invierno. Entre mediados de diciembre y comienzos de febrero, el crecimiento prácticamente se anuló (Figura 2). En la plantación de diciembre de ambas especies, la formación de nuevas raíces también fue muy baja hasta comienzos de febrero. El período de bajo crecimiento de las raíces en ambas especies coincidió, al igual que en otras especies del mundo templado (ANDERSEN *et al.*, 1986; SUTTON, 1989; LOPUSHINSKY y MAX, 1990), con la temperatura del aire y el suelo por debajo de 10°C.

Al incrementarse la temperatura

del aire y la del suelo por encima de 10°C, a principios de febrero, la producción de raíces de la plantación de octubre de *Q. ilex* y la de diciembre de ambas especies se incrementó rápidamente (Figura 2). A diferencia de las plantaciones más tempranas, la formación de nuevas raíces en las plantaciones más tardías de ambas especies se incrementó rápidamente nada más transplantarse en el campo, siendo muy breve o no existiendo un periodo inicial de bajo crecimiento radical. Así, es interesante destacar que la cantidad de raíz formada un mes después de la plantación por las encinas plantadas a mediados de febrero, fue equivalente a la cantidad de raíz producida por las de la plantación de final de octubre durante los tres primeros meses después de su plantación (de noviembre a final de enero.)

En la plantación de octubre de encina, el crecimiento radical registrado desde el momento de la plantación hasta comienzos de febrero sólo supuso el 15% del total medido al final del estudio (Figura 3), mientras que en la plantación de diciembre la contribución del crecimiento del mes de enero fue de tan sólo el 4.6%. En el caso del pino carrasco, la producción de raíz en enero supuso solamente un 2.2% del total determinado en mayo. Las dos plantaciones más tempranas de encina (octubre y diciembre) produjeron cerca del 50% de su producción final de raíces durante el mes de marzo, mientras que la de mediados de febrero tuvo su máximo de producción en abril. En el caso de *P. halepensis*, las tres primeras plantaciones tuvieron su mayor producción de raíces en abril, especialmente en su segunda quincena.

Los pinos brotaron antes que las encinas, empezando a lo largo de la primera quincena de marzo en las plantaciones de diciembre y febrero (Figura 2), mientras que los brinzales plantados a mediados de marzo mostraban ya claros indicios de comienzo de elongación de los tallos en el momento de su plantación. El crecimiento de los tallos en *Q. ilex* comenzó en la primera quincena de abril. En esta especie y en dicha época, las

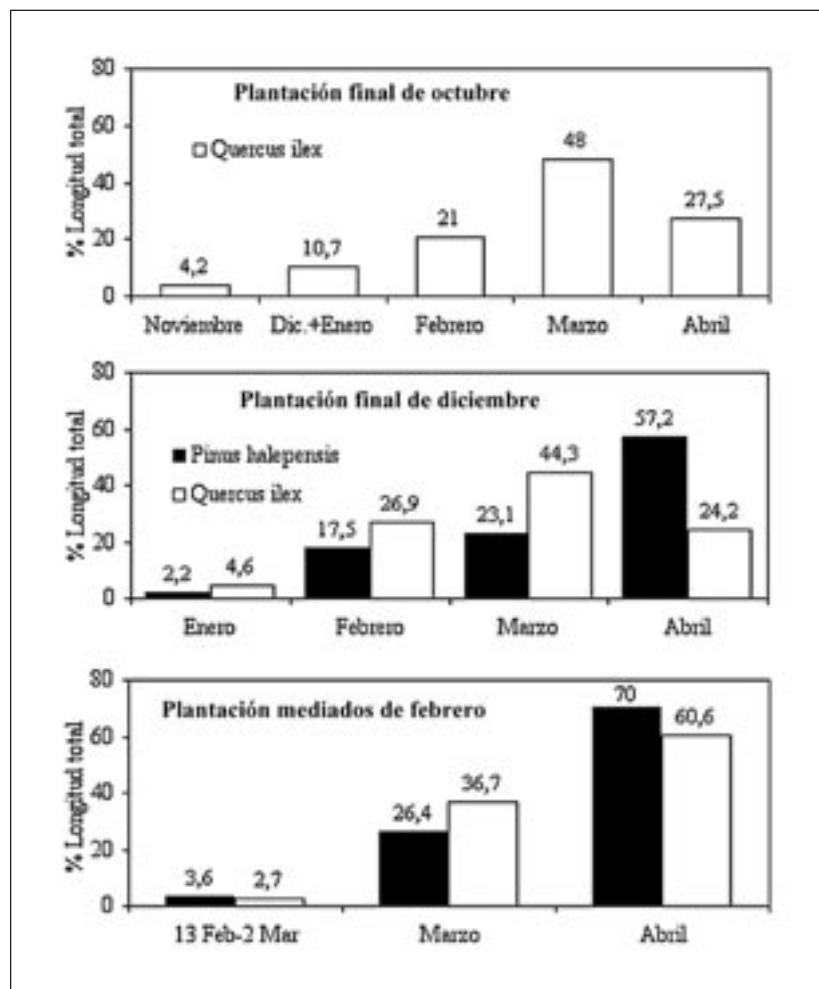


Figura 3.- Contribución de cada mes (en términos relativos) al crecimiento total en longitud de las raíces medido a comienzos de mayo de las plantaciones realizadas a final de octubre y de diciembre y a mediados de febrero en *Pinus halepensis* y *Quercus ilex*

plantaciones hechas en octubre, diciembre y marzo exhibieron una ralentización del crecimiento radical al producirse la elongación de los tallos. Este resultado coincide con lo observado en otras especies del género *Quercus*, que minimizan el solapamiento del crecimiento del tallo y de la raíz (RIEDACKER, 1976 ; REICH *et al.*, 1980), probablemente por un conflicto entre ambas partes por el uso de los carbohidratos producidos en la fotosíntesis. En el caso de *P. halepensis*, no pareció existir una interferencia en el crecimiento de ambas partes, a tenor de la coincidencia entre la rápida velocidad de crecimiento radical y un activo crecimiento de los tallos observado en las tres plantaciones

a finales del periodo de estudio (Figura 2). Un resultado semejante también se puede deducir de los datos de RIEDACKER (1986) en plantaciones de pino carrasco en Argelia. Este diferente patrón de funcionamiento de ambas especies sugiere que las plantaciones demasiado tardías de encina podrían tener problemas de insuficiente desarrollo radical, no solamente por haber sido plantadas más tarde, sino también porque el comienzo del crecimiento de los tallos puede ralentizar el de las raíces. En las especies de *Quercus*, el crecimiento de la parte aérea y la radical fluctúa en el tiempo controlado por ritmos endógenos, pero el crecimiento de ambas partes no tiende a solaparse. Así, en

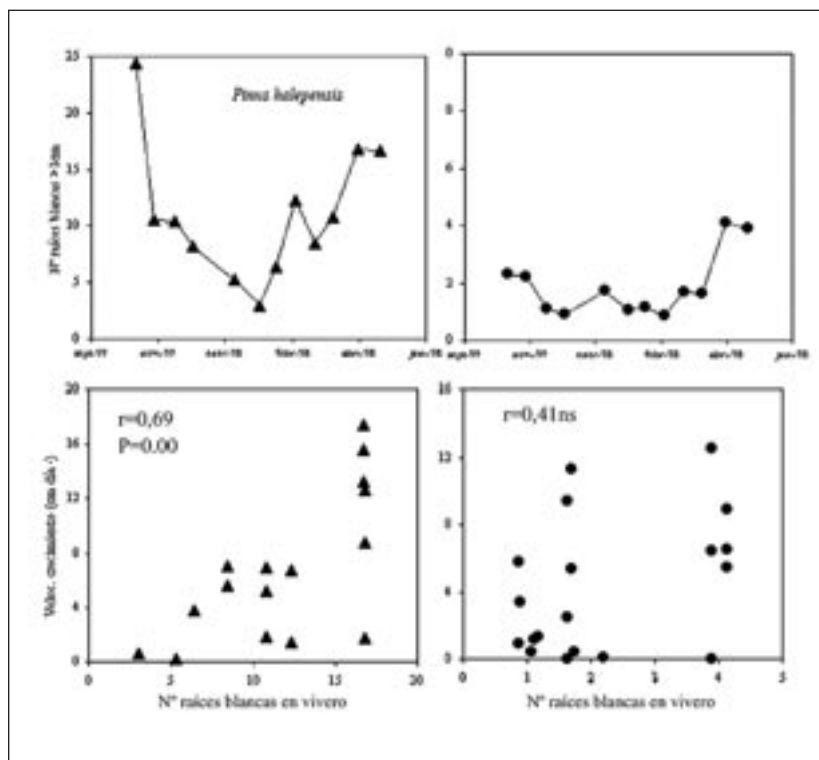


Figura 4.- Evolución del número de raíces blancas en los brinzales de *Pinus halepensis* y *Quercus ilex* que permanecen en el vivero a lo largo del periodo de estudio y su relación con la velocidad de crecimiento radical de los individuos plantados en campo ebrero en *Pinus halepensis* y *Quercus ilex*

Tabla 1.- Longitud, masa y profundidad del sistema radical a principios de mayo en brinzales de *Quercus ilex* y *Pinus halepensis* plantados en diferentes momentos (media \pm 1 error estándar). Las medias en una variable con la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$)

FECHA PLANTACIÓN	LONGITUD (cm)	PESO SECO (mg)	PROFUNDIDAD (cm)
<i>Quercus ilex</i>			
OCTUBRE	448 \pm 154 ab	297 \pm 108 a	21,2 \pm 4,6 a
DICIEMBRE	324 \pm 101 b	308 \pm 69 a	21,7 \pm 1,3 a
FEBRERO	564 \pm 83 a	307 \pm 72 a	21,4 \pm 3,6 a
MARZO	299 \pm 41 b	154 \pm 30 a	15,7 \pm 2,4 a
<i>Pinus halepensis</i>			
DICIEMBRE	761 \pm 111 a	585 \pm 111 a	27,4 \pm 5,9 a
FEBRERO	651 \pm 75 a	372 \pm 47 a	22,4 \pm 0,9 a
MARZO	384 \pm 68 b	218 \pm 37 b	16,1 \pm 2,5 a

Quercus alba, el periodo de bajo crecimiento radical asociado con el crecimiento de los tallos oscila entre 20 y 25 días (REICH et al, 1980). Según esto, se podría hipotetizar que cuando cesara el creci-

miento de la parte aérea de las encinas y se retomara con vigor el de las raíces, la disponibilidad de agua en el suelo podría no ser ya la más adecuada para el crecimiento de la raíz. Como conse-

cuencia, al llegar el verano las plantas podrían no tener un desarrollo suficiente de su sistema radical. En *P. halepensis*, ambos crecimientos no se interfieren, con lo que las raíces podrían crecer durante más tiempo bajo condiciones óptimas de disponibilidad de agua en el suelo.

4.3.- Desarrollo de las raíces al final del periodo de estudio en función de la fecha de plantación

Pinus halepensis produjo mayor cantidad de raíces que *Q. ilex*. En ambas especies, pero especialmente en *P. halepensis*, la plantación de marzo presentó menor desarrollo radical que las restantes fechas de plantación (Tabla 1). No se registraron diferencias significativas entre fechas de plantación en la profundidad radical, si bien se observó una tendencia de la plantación de marzo a desarrollar raíces menos profundas.

En *P. halepensis*, el mayor crecimiento de raíces lo experimentaron los brinzales de la plantación de finales de diciembre, si bien las diferencias de longitud y masa con la plantación de febrero no fueron estadísticamente significativas.

De las cuatro plantaciones de *Q. ilex*, la de febrero presentó el mayor desarrollo radical, aunque las diferencias con la de octubre no fueron estadísticamente significativas. En la encina, la plantación de diciembre y marzo presentaron desarrollos semejantes al final del periodo de estudio.

4.4.- Relación entre la velocidad de crecimiento radical en campo y el número de raíces blancas en vivero

El número de raíces blancas en las plantas que permanecieron en el vivero fue mayor en *P. halepensis* que en *Q. ilex* (Figura 4). En la encina, la actividad radical en vivero se mantuvo prácticamente anulada desde el comienzo del estudio hasta la primera quincena de abril, periodo en el que empezó a observarse un mayor número de raíces blancas en los cepellones. En el pi-

no, el número de raíces blancas se redujo continuamente hasta principios de febrero, momento en el que la actividad radical de los cepellones se incrementó hasta el final del estudio.

En *P. halepensis*, se observó una relación positiva y muy significativa entre el número de raíces blancas en vivero y la velocidad de crecimiento radical de los brinzales plantados en campo (Figura 4). Esta relación no se encontró en la encina. La relación observada en *P. halepensis*, junto con la medición de la temperatura edáfica, constituyen herramientas interesantes para decidir el momento de la plantación de esta especie y maximizar el desarrollo radical, siempre que las condiciones de humedad del suelo no sean limitantes para el desarrollo de la planta. La utilidad de esta relación se ceñiría a los viveros situados cerca o bajo condiciones climáticas semejantes al de la zona de re-vegetación.

5.- CONCLUSIONES

Se ha comprobado que el desarrollo radical en ambas especies es muy reducido cuando la temperatura del suelo, en especial, y la del aire, es inferior a 10°C. Esto se traduce en una baja velocidad de crecimiento radical, a veces incluso nula, durante los meses de diciembre y enero en las condiciones de este estudio. La contribución relativa del crecimiento ocurrido en los meses más fríos al crecimiento total final no supera el 15%. En *Q. ilex*, las plantaciones más tempranas (final de octubre y de diciembre) no desarrollan más raíces que las hechas en mitad del invierno (mediados de febrero). En *P. halepensis*, existe una tendencia a que la plantación de final de diciembre, presente un mayor desarrollo radical al arribar el periodo de sequía.

Finalmente, solamente en *P. halepensis* existe una relación positiva entre el número de raíces blancas emitido por las plantas que permanecen en el vivero y la velocidad de crecimiento radical de los individuos de la misma pobla-

ción plantados en un campo próximo. Esto, por tanto, puede ser una herramienta muy útil para decidir el momento apropiado de plantación de esta especie, siempre que la zona de plantación tenga un termoclima semejante a la del vivero.

A la luz de los resultados de este trabajo recomendamos que, para maximizar la producción de raíces de las plantaciones realizadas en las zonas del interior de la Península Ibérica con inviernos fríos:

- 1) No se deben de realizar plantaciones de ambas especies más tarde de marzo
- 2) En situaciones de tempero, las plantaciones de *Q. ilex* deberían ser llevadas a cabo a mediados del invierno. Por estudios en curso, sabemos que en esa época es cuando la resistencia de la encina a las heladas y a estrés hídrico es máxima. La calidad de la planta que permanezca en el vivero hasta dichas fechas deberá ser mantenida probablemente siguiendo con un programa de fertilización, si bien este tema es poco conocido y debe ser objeto de futuros trabajos.
- 3) En cuanto a *Pinus halepensis*, y teniendo en cuenta la carencia de datos de plantaciones muy tempranas, sugerimos que las plantaciones sean efectuadas a finales del otoño. ■

BIBLIOGRAFÍA

ANDERSEN, C.P.; E.I. SUCOFF & R.K. DIXON; 1986. Effects of root zone temperature on root initiation and elongation in red pine seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 16: 696-700.

AUSSENAC, G. & E. NOUR; 1986. Évolution du potentiel hydrique et du système racinaire de jeunes plants de cèdre, pin laricio de Corse et pin noir plantés à l'automne et au printemps. *Annales des Sciences Forestières* 43: 1-14.

CORCHERO DE LA TORRE, S.; 1998. *Estudio del ritmo de crecimiento en campo de las nuevas raíces en brinzales de Quercus ilex a lo largo de la temporada de plantación: Bases para establecer los momentos óptimos de plantación*. Proyecto Fin de Carrera, EUIT Forestal, Universidad Politécnica de Madrid.

GOZALO CANO, M. 1998. *Estudio del ritmo de crecimiento en campo de las nuevas raíces en brinzales de Pinus halepensis a lo largo de la temporada de plantación: Bases para establecer los momentos óptimos de plantación*. Proyecto Fin de Carrera, EUIT Forestal, Universidad Politécnica de Madrid.

LOPUSHINSKY, W. & T.A. MAX 1990. Effect of soil temperature on root and shoot growth and on budburst timing in conifer seedlings transplants. *New Forests* 4: 107-124.

LYR, H. & G. HOFFMAN 1967. Growth rates and growth periodicity of tree roots. *International review of forest research*. 2: 181-226.

RIEDACKER, A. 1976. Rythmes de croissance et de régénération des racines des végétaux ligneux. *Annales des Sciences Forestières* 33: 109-138.

RIEDACKER, A. 1986. Production et plantation des plants à racines nues ou en conteneurs. *Revue Forestière Française* 38: 226-236.

REICH, P.; R.O. TESKEY; P.S. JOHNSON & T.M. HINCKLEY 1980. Periodic root and shoot growth in oak. *Forest Science* 26 :590-598.

SUTTON, R.F. 1989. Form and development of conifer root systems. *Commonwealth Agric. Bur. Oxford Tech. Communications*. 7: 39-42.

VAN DEN DRIESSCHE, R. 1983. Growth, survival, and physiology of Douglas-fir seedlings following root wrenching and fertilization. *Canadian Journal of Forest Research* 13: 270-278.

VAN DEN DRIESSCHE, R. 1987. Importance of current photosynthate to new root growth in planted conifer seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 17: 776-782.