

PREDICCIÓN DE LA SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS DE VIVERO MEDIANTE MEDIDAS DE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS PRE Y POST-TRASPLANTE

A. Royo, M. Fernández, L. Gil & J. A. Pardos

Ud. de Anatomía, Fisiología y Genética Forestal. ETSI de Montes. UPM. Ciudad Universitaria s/n. 28040. MADRID.

1. INTRODUCCIÓN

El factor planta es uno de los más importantes en el éxito de una repoblación forestal; para que una plantación tenga éxito hay que seleccionar la especie y tipo de planta adecuados a las condiciones de estación.

La importancia del estado fisiológico de la planta como componente de la "calidad" está aceptada desde hace tiempo (DURYEA 1985). Como el seguimiento de dicho estado puede realizarse tanto en el vivero como en el lugar de plantación, la utilidad y aplicabilidad de los distintos test y medidas debe ser bien definida. En el presente trabajo se describe una experiencia de medición de índices fisiológicos de calidad tanto en vivero como en campo.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Las medidas de laboratorio y el seguimiento en campo se realizaron en plantas de *Pinus halepensis* de una savia cultivadas en tres viveros diferentes (en adelante se denominarán vivero 1, vivero 2 y vivero 3). En los viveros 1 y 2 el cultivo se realizó en bolsa de polietileno de 275 cm³ y en el vivero 3 se emplearon bandejas Forest Pot de 150 cm³.

Las plantas de estos viveros formaban parte de partidas destinadas a los trabajos de repoblación forestal en el Monte nº 46 del C.U.P. de la Provincia de Valencia, dentro del Rincón de Ademuz y en el Término Municipal de Casas Altas. Se realizó un seguimiento en campo de la plantación, para lo que se tomaron dos parcelas, que fueron plantadas entre enero y febrero de 1995 y cuyas características se muestran en la tabla 1; desde abril hasta septiembre de 1995 se realizaron 4 visitas al Monte para la toma de datos. Las parcelas tenían una superficie media de 625 m² y en cada una existía planta de los tres viveros.

Para las mediciones de laboratorio, realizadas a finales de enero de 1995, coincidiendo con la plantación en campo, se tomaron al azar muestras de 100 plantas de cada vivero, dentro de las partidas destinadas a plantación en ese momento.

Las mediciones que se realizaron en laboratorio en cada una de las muestras de los tres viveros fueron las siguientes:

- Parámetros morfológicos: altura de las plantas, diámetro del cuello de la raíz y esbeltez, medidos en 25 plantas por vivero y relación parte aérea/parte radical en peso seco, medida en 15 plantas.

Tabla 1. Caracterización de las parcelas sometidas a seguimiento en el Monte nº 46 del C.U.P. de Valencia.

	Parcela 1	Parcela 2
Altitud media	750 m	
Pendiente (%)	< 5 %	
Orientación	noroeste	suroeste
Preparación del terreno	Banqueta picada a mano sobre antiguos bancales de cultivo.	
Vegetación predominante	Aliagas (<i>Genista scorpius</i>). La competencia con el repoblado es escasa en las parcelas.	
Densidad plantación	1.500 plantas/ha	
Observaciones	Terrenos abancalados para el cultivo, hoy abandonado, de almendros. En la parcela 1 quedan algunos árboles, que ofrecen algo de sombra a la nueva plantación	

- Parámetros fisiológicos:

- **Actividad y regeneración radical:** La actividad de los sistemas radicales se estimó en una muestra de 15 plantas por vivero contabilizando el número y midiendo la longitud de raíces blancas presentes en cada planta; previamente éstas habían sido extraídas de los envases y se había eliminado con agua todo el sustrato que conformaba el cepellón. A continuación, se determinó el Potencial de Regeneración Radical (PRR) según la metodología descrita por FERNÁNDEZ y PARDOS (1995).

- **Resistencia al frío:** Se estimó en una muestra de 10 plantas por vivero mediante el método del aumento de la conductividad eléctrica descrito en MCKAY (1992). La temperatura a que fueron sometidas las raíces fue de -8 °C durante 3h. Con las medidas tomadas se calculó el índice de daño producido por la helada (Id) según GLERUM (1985); este índice se expresa en tanto por ciento y su valor es inversamente proporcional a la resistencia al frío de la planta.

- **Estado hídrico:** para conocer el estatus hídrico de las plantas de cada vivero una muestra de 10 plantas de cada uno fue regada a capacidad de campo; al día siguiente se midió al amanecer el poten-

cial hídrico en acículas con una cámara de presión. Seguidamente las plantas se colocaron en una cámara climatizada a 22 °C, 60% Hr (día) y 15 °C, 80% Hr (noche), con un fotoperíodo de 14h y una radiación de 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. A la semana se midió de nuevo en acículas el potencial hídrico al amanecer, como estimación de la reacción de las plantas ante el estrés por sequía.

- **Nitrógeno foliar:** en una muestra de 15 plantas por vivero se determinó el contenido medio en nitrógeno total por el método Kjeldahl, referido en tanto por ciento al peso seco de acículas.

Durante el seguimiento en campo se tomaron en cada fecha medidas sobre dos parámetros de las condiciones edáficas de las parcelas: la temperatura del suelo, que se midió a 20 cm de profundidad mediante una sonda termométrica, y la humedad del mismo. Esta última se midió con un equipo TDR dotado de una sonda que se introduce verticalmente en el suelo desde la superficie y determina la humedad media (en volumen) de los 15 cm superiores del perfil. Las medidas de temperatura y humedad se tomaron en 15 puntos por parcela.

En las parcelas se midieron además los siguientes parámetros sobre el estado fisiológico de las plantas:

- Supervivencia: se contabilizó el número de plantas muertas de cada vivero, en cada parcela.

- Altura de las plantas: medida con una regla desde el suelo hasta el extremo de las acículas apicales. Se midieron todas las plantas de cada vivero en cada parcela.

- Potencial hídrico al amanecer: medido en brotes laterales del tallo con una cámara de presión, en una muestra de 5 plantas por vivero y parcela.

- Parámetros de intercambio gaseoso: medidos al mediodía (entre las 11h y las 13h) con un IRGA portátil, en un número mínimo de 5 plantas por vivero y parcela. Los parámetros considerados y las unidades en que se presentan son las siguientes:

A: tasa fotosintética neta ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

E: tasa de transpiración neta ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

Gs: conductancia estomática al vapor de agua ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

EUA: eficiencia en el uso del agua = A/E ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mmol H}_2\text{O}^{-1}$).

EIUA: eficiencia intrínseca en el uso del agua = A/Gs ($\text{nmol CO}_2 \cdot \text{mmol H}_2\text{O}^{-1}$).

- Contenido en nitrógeno foliar: se tomaron muestras de acículas en plantas de los tres viveros estudiados, las cuales, conservándolas en frío, se llevaron al laboratorio donde se realizaron las determinaciones con la metodología explicada anteriormente.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1. Medidas en laboratorio

Los resultados de la tabla 2 muestran que las plantas más equilibradas morfológicamente eran las del Vivero 1, con unas dimensiones dentro de las recomendadas habitualmente para esta especie (PEÑUELAS 1995). Las plantas del Vivero 2 eran las de menor desarrollo tanto de la parte aérea (altura baja), como del sistema radical (relación Tallo/Raíz alta). El Vivero 3 tenía las plantas con mayor altura, aunque ésta estaba descompensada con respecto al crecimiento diametral (esbeltez alta); a pesar de ello estas plantas contaban con la relación tallo/raíz más baja.

En los resultados obtenidos del Índice de Daño (tabla 3) se muestra que las plantas más resistentes al frío eran las del Vivero 2 y las menos resistentes las del Vivero 3. Las plantas del Vivero 1 presentaron unos valores muy variables, de entre 0% y el 90%, pudiendo ser esto debido a que las plantas no habían parado completamente su crecimiento en invierno o lo estaban reanudando en el momento de la medición.

El contenido en nitrógeno foliar (tabla 3) muestra diferencias entre viveros, las plantas del Vivero 1 tienen la concentración más alta y las del vivero 3 la más baja, aunque todas están dentro del rango lo normal para la especie y la época del año.

Las plantas del vivero 3 mostraron una resistencia al estrés hídrico muy baja (tabla 3), no pudiendo soportar un ciclo de estrés hídrico de tan sólo 7 días.

Tabla 2. Parámetros morfológicos (media \pm error estándar) de las plantas de los tres viveros presentes.

	Altura (cm)	Diám. cuello raíz (mm)	Tallo/Raíz	Esbeltez
Vivero 1	11,1 \pm 0,3	2,06 \pm 0,08	1,61 \pm 0,07	5,5 \pm 0,3
Vivero 2	9,5 \pm 0,3	2,05 \pm 0,07	2,36 \pm 0,22	4,6 \pm 0,1
Vivero 3	14,5 \pm 0,3	2,09 \pm 0,04	1,25 \pm 0,06	6,9 \pm 0,3

Tabla 3. Valores medios (\pm error estándar) de los parámetros resistencia al frío, estado hídrico de las plantas y nitrógeno foliar.

	Índice de Daño (%)	Nitrógeno foliar (%)	Potencial hídrico al amanecer (bar)	
			1 día	7 días
Vivero 1	40,8 \pm 12,8	1,50	- 8,8 \pm 0,6	-12,5 \pm 0,8
Vivero 2	15,7 \pm 4,7	1,39	- 7,6 \pm 0,3	- 12,4 \pm 2,3
Vivero 3	56,5 \pm 3,3	1,17	- 9,5 \pm 1,1	< -35

Los valores del conteo inicial de raíces blancas (tabla 4) están correlacionados con los del Índice de Daño; las plantas del Vivero 3 eran las más activas en el momento de realizar el ensayo, y las del vivero 2 las menos activas, estando las plantas del Vivero 1 en un punto intermedio. Las plantas de los Viveros 1 y 3 reaccionaron bien al ensayo de regeneración de raíces (PRR); con el Vivero 2 no pudo realizarse el test por avería en el equipo.

2.2. Seguimiento en campo

En este apartado se muestran y analizan los resultados obtenidos en las cuatro visitas realizadas al Monte, los días 26 de abril, 10 de mayo, 6 de julio y 26 de septiembre de 1995.

En los datos de precipitaciones que se muestran en la figura 1 se puede observar el prolongado período de sequía (tres meses) que se produjo tras la plantación en enero de 1995. En los meses de verano las precipita-

ciones, más o menos abundantes, estuvieron siempre por encima de 15 mm.

La humedad del suelo (tabla 5) presentaba unos valores altos en las dos primeras fechas de medición, estando cerca de la saturación que de un 27%, aproximadamente; en las fechas tercera y cuarta por el contrario, la humedad edáfica era baja. Las diferencias de humedad entre parcelas son pequeñas, salvo en la medida del 10 de mayo, aunque siempre la parcela 1 da valores más altos.

En la tabla 6 se observa que la temperatura del suelo en la parcela 2 ha sido superior en todas las fechas de medición a la de la parcela 1, debido probablemente a la orientación menos expuesta de ésta y al ligero sombreado de los almendros existentes. Es muy probable que en superficie las diferencias de temperatura entre parcelas hayan sido todavía mayores que las habidas en profundidad. La temperatura del suelo en las dos primeras fechas era bastante inferior al óptimo para el crecimiento radical (alrededor de 20 °C).

Tabla 4. Resultados (valor medio \pm error estándar) del conteo inicial de puntas de raíces blancas y del ensayo PRR.

	Raíces blancas		PRR	
	Nº	L (cm)	Nº	L (cm)
Vivero 1	8,2 \pm 2,0	2,9 \pm 0,7	29,0 \pm 3,3	33,9 \pm 3,6
Vivero 2	2,8 \pm 0,9	2,3 \pm 0,7	-	-
Vivero 3	15,8 \pm 3,2	14,2 \pm 4,1	50,4 \pm 4,4	65,6 \pm 9,8

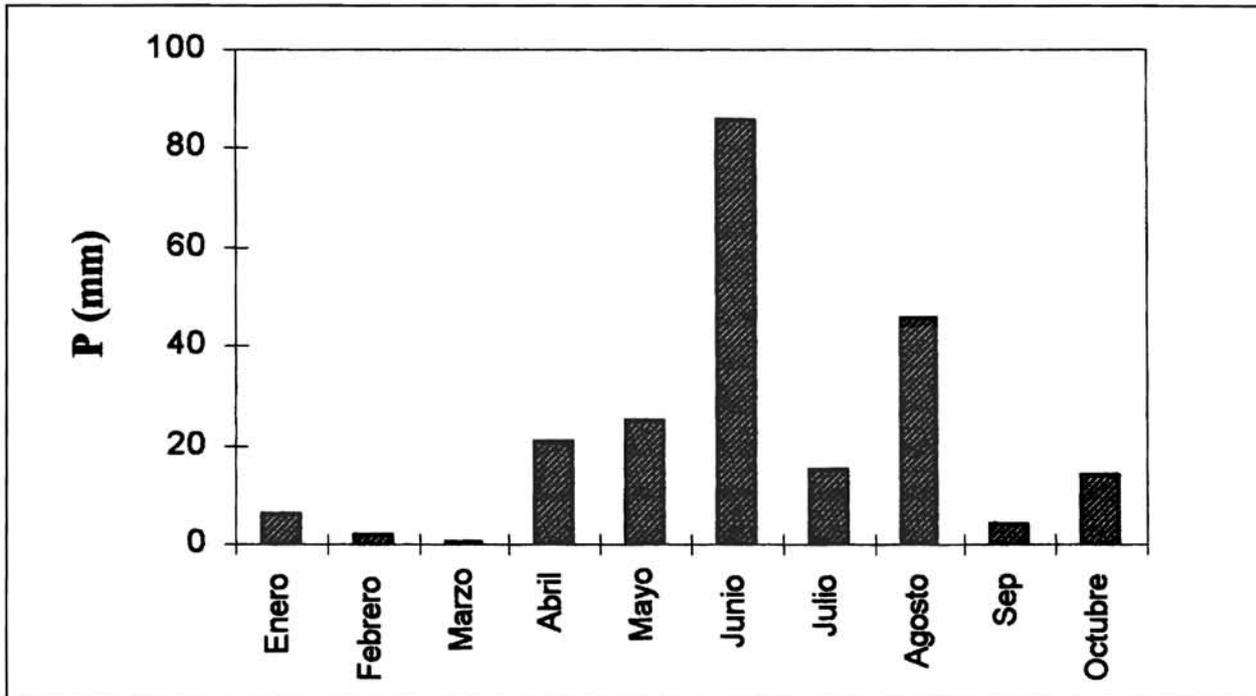


Figura 1.- Precipitaciones medias mensuales en 1995

Tabla 5. Humedad media (\pm error estándar) del suelo en las parcelas, dada en tanto por ciento en volumen en las mediciones con la sonda de superficie.

	26-abril	10-mayo	6-julio	26-septiembre
Parcela 1	21,2 \pm 1,3%	26,7 \pm 0,3%	12,7 \pm 0,7%	8,5 \pm 0,1%
Parcela 2	21,0 \pm 1,3%	22,4 \pm 0,6%	11,1 \pm 0,4%	8,4 \pm 0,2%

El potencial hídrico de las plantas de los tres viveros (tabla 7) en las dos fechas de medida se mantuvo por debajo del umbral de estrés (- 5 bar), indicando el buen estado hídrico de las plantas. Esto podría ser indicativo de que ya en la medición del 8 de mayo las plantas hubieran elongado su sistema radical, mejorando el contacto con el suelo y

posibilitando la absorción de agua fuera del cepellón original, ya que de otro modo, incluso en un suelo bien provisto de agua, las plantas se muestran incapaces de captarla (BURDETT 1990).

En la medición de los parámetros de intercambio gaseoso el día 8 de mayo (tabla 8) aparecen diferencias estadísticamente signifi-

Tabla 6. Temperatura media del suelo ($^{\circ}$ C) en las parcelas a 20 cm de profundidad (\pm error estándar)..

	26-abril	10-mayo	6-julio	26-septiembre
Parcela 1	6,2 \pm 0,2	14,3 \pm 0,1	20,4 \pm 0,1	17,1 \pm 0,2
Parcela 2	7,8 \pm 0,2	14,8 \pm 0,0	20,8 \pm 0,1	17,6 \pm 0,1

Tabla 7. Potencial hídrico de base de las plantas (bar) (media error estándar)

		8-mayo	6-julio
Parcela 1	Vivero 1	- 4,2 ± 0,4	- 3,7 ± 0,4
	Vivero 2	- 4,9 ± 0,3	- 5,2 ± 0,7
	Vivero 3	- 4,3 ± 0,5	- 2,4 ± 0,2

Tabla 8. Valores medios de los parámetros de intercambio gaseoso y separación de grupos homogéneos mediante test de rango múltiple (Scheffe 95%)

	8 - mayo				
	A	E	Gs	EUA	EIUA
Vivero 1	10,64 a	1,22 a	91,56 a	8,84 a	129,76 a
Vivero 2	9,03 ab	1,15 a	92,08 a	8,60 ab	130,92 a
Vivero 3	7,21 b	1,31 a	83,48 a	5,81 b	88,83 a

Los números seguidos por la misma letra, para cada columna, no se diferencian significativamente al 95% de probabilidad.

ficativas entre el Vivero 1 y el 3 en dos variables: la tasa fotosintética neta y la eficiencia en el uso del agua. El Vivero 2 se acerca a los valores de fotosíntesis y de eficiencia del Vivero 1, pero las diferencias con el 3 no son significativas. Los resultados, en valor absoluto, sugieren que las plantas se han recuperado de la sequía sufrida en los tres primeros meses del año 95. Sin embargo, el grado de recuperación en la plantas del Vivero 3 es menor que en los

otros viveros: a pesar de mostrar una tasa fotosintética más baja, la transpiración de las plantas es algo mayor y en consecuencia son menos eficientes en el uso del agua.

En la segunda fecha de medición (tabla 9) no aparecen diferencias significativas para ninguna variable, aunque las tasas fotosintéticas y la eficiencia en el uso del agua son mayores en los viveros 1 y 2.

Los números seguidos por la misma letra,

Tabla 9. Valores medios de los parámetros de intercambio gaseoso y separación de grupos homogéneos mediante test de rango múltiple (Scheffe 95%)

	6 - julio				
	A	E	Gs	EUA	EIUA
Vivero 1	8,03 a	1,93 a	60,74 a	3,38 a	107,14 a
Vivero 2	7,24 b	2,13 a	50,75 a	3,36 a	156,58 a
Vivero 3	6,05 b	1,83 a	53,62 a	2,90 a	112,60 a

Los números seguidos por la misma letra, para cada columna, no se diferencian significativamente al 95% de probabilidad.

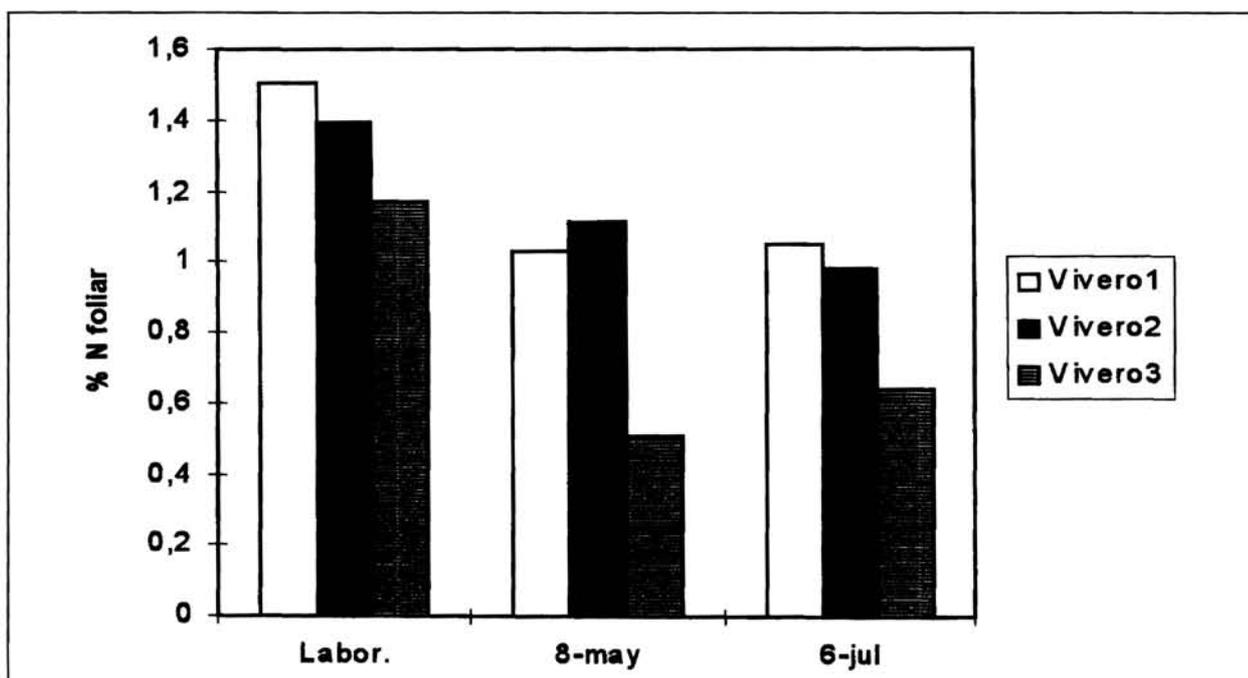


Figura 2. Contenido medio en nitrógeno foliar, referido a peso seco de acículas, de las plantas de los distintos viveros

para cada columna, no se diferencian significativamente al 95% de probabilidad.

El contenido en nitrógeno foliar de las plantas de los tres viveros (figura 2) ha disminuido en las mediciones de campo con respecto a los valores obtenidos en laboratorio. La mayor disminución se ha producido en el Vivero 3, donde la concentración de nitrógeno ha bajado en más de un 50%, situándose muy por debajo del 1%; este resultado se corresponde con el aspecto clorótico que presentaban las plantas en el campo, y es indicativo de una mala situación nutricional de las mismas. Este bajo nivel de nitrógeno, unido a la pobreza del suelo, habrá dificultado los procesos fotosintéticos y el crecimiento de las plantas.

En la tabla 10 se observa que, transcurrido el primer verano tras la plantación, la altura media de las plantas de los tres viveros es similar. Las plantas de los Viveros 1 y 2 son las que han experimentado el mayor crecimiento, y las del Vivero 3 el menor, probablemente en correspondencia con su peor situación nutricional y sus tasas fotosintéticas algo inferiores.

En el conteo de marras a principios del verano (6 de julio, tabla 11) el mayor número de bajas se presentaba en las plantas del Vivero 2 de la parcela 2. Esto fue probablemente debido a que durante la plantación, otra partida de plantas del mismo Vivero que había sufrido una helada previa a su transporte al campo se mezcló con aquéllas. Este

Tabla 10. Altura media de las plantas (cm) de *Pinus halepensis*.

	6 - julio	26 - septiembre	Incremento medio
Vivero 1	10,5 ± 0,4	11,6 ± 0,5	1,2 ± 0,2
Vivero 2	10,2 ± 0,3	11,0 ± 0,4	1,0 ± 0,2
Vivero 3	11,4 ± 0,4	11,6 ± 0,5	0,5 ± 0,1

Tabla 11. Conteo de marras (%) de *Pinus halepensis* según viveros y parcelas.

	Parcela	6 - julio	26-septiembre
Vivero 1	1	0	0
	2	0	6
Vivero 2	1	2	6
	2	25	44
Vivero 3	1	4	4
	2	0	100

hecho incide en la importancia de controlar que la misma planta que se analiza en laboratorio sea la que luego se plante en monte. Tras el verano la situación cambió y fue el Vivero 3 el que presentó un mayor número de marras, seguido del Vivero 2. En el Vivero 1 las marras fueron muy bajas en todo momento. La parcela 2, que según hemos ido viendo presenta unas condiciones microclimáticas más exigentes que la 1, ha sido la que ha marcado las diferencias entre viveros.

A la vista de los resultados de los parámetros fisiológicos medidos en laboratorio, especialmente de la resistencia al frío y del estado hídrico, podía preverse un peor comportamiento en campo de las plantas del Vivero 3, como así ha ocurrido. Hasta el comienzo del verano las cifras de marras (con la excepción ya comentada de las plantas del Vivero 2 en la parcela 2) eran bajas, sin embargo, las plantas del Vivero 3, como se deduce de las medidas de intercambio gaseoso y del contenido en nitrógeno, son las que habían sufrido más la sequía y las posibles heladas y estaban en peores condiciones de afrontar el verano.

4. CONCLUSIONES

Cabe concluir que para *Pinus halepensis* de una savia en envase:

- Las mediciones de parámetros fisiológicos en laboratorio pueden resultar de utilidad para predecir el comportamiento en

campo de una partida de plantas determinada, sin embargo esta predicción se puede ver muy afectada por las condiciones de estación a las que se exponga: si las condiciones son exigentes lo probable es que la predicción funcione, pero si son suaves no se puede pronosticar nada, siendo de todos modos necesaria una mayor investigación sobre estos aspectos. Las mediciones que mayor información aportaron fueron las de resistencia al frío y las de estado hídrico de la planta.

- El establecimiento de la plantación puede ser controlado mediante los parámetros fisiológicos que se han medido: potencial hídrico al amanecer, parámetros de intercambio gaseoso y contenido en nitrógeno foliar.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BURDETT, A.N.; 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. *Can. J. For. Res.* 20: 415-427.

DURYEA, M.L.; ed.1985. *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures and Predictive Abilities of Major Tests*. For. Res. Lab. Oregon State University, Corvallis, Oregon.

FERNÁNDEZ, M & PARDOS, J.A.; 1995. Variación estacional de la actividad radical en procedencias de *Pinus pinaster* Ait. *Silva Lusitana* 3 (2): 131-143.

GLERUM, C.; 1985. *Frost hardiness of coniferous seedlings: principles and applications*. In: *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures and Predictive Abilities of Major Tests*: 107-123. DURYEA, M. L. ed. For. Res. Lab. Oregon State University, Corvallis, Oregon.

MCKAY, H.M.; 1992. Electrolyte leakage

from fine roots of conifer seedlings: a rapid index of plant vitality following cold storage. *Can. J. For. Res.* 22: 1371-1377.

PEÑUELAS, J.; 1995. *Calidad de la planta forestal: normativa y control*. En *Curso de técnicas de producción y parámetros de calidad de planta forestal*. Junta de Castilla y León. Molinos de Duero, Soria.