

## DIAGNÓSTICO MORFOLÓGICO Y NUTRICIONAL DE *Pinus pinaster* Ait. PRODUCIDO EN VIVERO EN CLIMA CONTINENTAL Y LLUVIOSO

Francisco J. Lario<sup>1,\*</sup>, Beatriz Omil<sup>2</sup>, Agustín Merino<sup>2</sup> y Luis Ocaña<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Vivero de Maceda, Dirección Técnica, Empresa de Transformación Agraria SA, Ctra. Maceda-Valdrey km 2, 32708 Maceda-Ourense. \* Correo electrónico: flario@tragsa.es

<sup>2</sup> Departamento de Edafología y Química Agrícola, Escuela Politécnica Superior de Lugo, Universidad de Santiago de Compostela, 27002 Lugo.

<sup>3</sup> Dirección Adjunta de I+D+i, Empresa de Transformación Agraria SA, C/ Cristobal Bordiú 19-21 6ºD, 28003 Madrid.

### Resumen

Se valoró cómo influye la fertilización en vivero en la nutrición y el crecimiento de brinzales de *Pinus pinaster* Ait. El objetivo principal fue determinar el óptimo de fertilización de brinzales cultivados en vivero, a través del diagnóstico del estado morfológico y nutricional. Un lote de plantas de región de procedencia Noroeste Litoral se sometió a 5 regímenes de fertilización diferentes, con un rango de 18 a 165 mg de Nitrógeno (N) por planta. Al final del cultivo se determinó la biomasa, la morfología y el contenido de nutrientes en tejido. Para las plantas procedentes de los 5 programas de fertilización se establecieron 2 momentos de finalización de cultivo (otoño e invierno) representando dos posibles momentos de despacho. Los distintos programas de fertilización en vivero tuvieron una influencia importante sobre la nutrición y el crecimiento de la planta. Se detectó el estado de suficiencia, según el modelo nutricional de SALIFU & TIMMER (2003), entre las aplicaciones acumuladas de 60 a 101 mg de N en el despacho de otoño, y de 74 a 123 mg de N en el despacho de invierno.

Palabras clave: calidad, comercialización, forestal, Nitrógeno, planta.

### INTRODUCCIÓN

Diferentes estudios muestran la influencia de la fertilización en vivero previa a la instalación de la planta en campo (LUIS *et al.*, 2009; SALIFU *et al.*, 2005; FRAYSSE & CREMIERE, 1998).

TIMMER en 1997 (citado en SALIFU & TIMMER, 2003), propuso un modelo conceptual de carga de nutrientes o estado nutricional de la planta en función del nutriente disponible con el fin de racionalizar la aplicación de fertilizantes en el cultivo de planta. En este modelo se predice, además, la relación con el desarrollo de la planta, y el estado nutricional se determina en función de la concentración y del contenido en tejido.

SALIFU & TIMMER (2003) utilizaron por primera vez un modelo para determinar dosis óptimas de aplicación de nutrientes para un plantel específico, en concreto de *Picea mariana*. Esto permitió establecer como aplicación óptima de nitrógeno (N) la de 64 mg de N/planta, presentando síntomas de toxicidad con aplicaciones de 80 mg de N/planta. Las aplicaciones tradicionales variaban de 30 a 64 mg de N/planta.

En el presente trabajo se evalúa la calidad de la planta de *Pinus pinaster* en los momentos de final de cultivo en función de su estado morfológico y fisiológico, en concreto del contenido nutricional de la planta, con el objetivo principal de determinar el óptimo de fertilización del cultivo en vivero.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Para este trabajo se instaló un ensayo de cultivo de 10 programas de fertilización, 5 de finalización en otoño y 5 continuación de los anteriores y finalización en invierno. El ensayo se estructuró en bloques completos al azar de 4 bloques que incluían los 5 programas posibles de fertilización simultáneos. Las fertilizaciones a ensayar se decidieron tomando como referencia la habitual utilizada en la producción comercial de despacho de otoño, 75 mg de N total por planta, y, con el objetivo de testar desde ausencia hasta exceso de aporte, se programaron fertilizaciones que suponían el 0, 50, 100, 150 y 200 por cien de la fertilización comercial. Para tener un valor preciso del aporte realmente realizado, ya que se suponían variaciones

entre lo programado y lo realmente aportado, se registraron los aportes de fertilizante a partir de la pesada de las bandejas de cultivo antes y después del fertirriego y el contenido de nutrientes de las soluciones de fertilización. Se calcularon los aportes de fertilización acumulados hasta el despacho de otoño en el día 110 de cultivo: 18, 28, 60, 101 y 138 mg de N en el ensayo y 76 mg de N en el cultivo comercial, y hasta el despacho de invierno en el día 228 de cultivo: 22, 56, 74, 123 y 165 mg de N en el ensayo y 76 mg de N en el cultivo comercial. Estos últimos se usaron para identificar los cultivos de invierno y sus respectivos de otoño. La fertilización se hizo al mismo tiempo que la irrigación por inundación en piscinas diseñadas para este fin. El cultivo estaba aislado de los eventos de lluvia por una cubierta transparente instalada para tal fin. No se instalaron paredes para evitar el efecto invernadero no deseado. Cada plot lo componían 300 alvéolos de los que se irían sacando las plantas para los distintos test. El ensayo se realizó en el vivero de Tragsa en Maceda (Ourense). Las condiciones climáticas corresponden a un subtipo fitoclimático VI(V), sequías estivales poco frecuentes superadas por el riego del cultivo, precipitación anual media de 1730 mm, 2 meses de heladas seguras y 6 meses de helada probable, temperatura media de 9,9 °C y media anual de oscilación térmica diaria de 11,4 °C. La siembra se realizó el 19 de julio de 2007, con semilla de *Pinus pinaster* Ait. de la región de procedencia Noroeste Litoral. El cultivo se realizó en envase @Fores Pot 200 de 200 cc y sustrato turba-vermiculita 80:20 (turba rubia B0 gruesa, sin fertilizar de la marca Pindstrup™ y vermiculita exfoliada grado 2 Verlite®). Todos los riegos tenían como objetivo saturar la capacidad de campo del sustrato. El aporte relativo N-P-K para cada cultivo mantuvo el equilibrio 150-60-150, conseguido con los fertilizantes comerciales Universol®Blue 3:2:3 Scotts, Universol®Basis 1:5:9 Scotts, Nitrato de Calcio de GrowHow®Kemira, Fosfato monopotásico Krista™ MKP, Sulfato de Magnesio de GrowHow®Kemira y Quelato de Hierro Ferrato-MGS®(EDDHMA). Se utilizó ácido nítrico agrícola para corregir el pH del sustrato y mantenerlo en niveles próximos a 7. Paralelamente al ensayo se llevó a cabo un cultivo comercial de las mismas

características y fertirrigación comercial por aspersión y expuesto a la precipitación natural del sitio. En este último caso la estrategia de fertirrigación fue a demanda con menor aporte y más frecuencia en los aportes que en el ensayo.

El cultivo comercial tuvo una cadencia de aportes centrados en el verano, se fertilizó desde el día 35 al 105 de cultivo, y en el cultivo de ensayo los aportes se centraron al comienzo del otoño, desde el día 63 al 105 de cultivo antes del despacho de otoño y se fertilizó en 2 ocasiones más antes del despacho de invierno.

Tras la germinación en invernadero durante 3 semanas el ensayo y el cultivo comercial se trasladaron a una zona de condiciones exteriores, donde permanecieron hasta el final del cultivo. La temperatura y humedad medias diarias del aire varió entre -3,4 y 26,3 °C, y 28,0 y 92,9 %, respectivamente. Además, se registraron valores absolutos de -9 a 39 °C de temperatura ambiente, y 3 a 94 % de humedad relativa en el aire.

Al finalizar cada cultivo se registró el estado de desarrollo de la planta (altura (h) y diámetro (d)) y se recogieron muestras por fracciones de planta, (parte aérea y raíz, y acículas, tallo y raíz en otoño e invierno, respectivamente) para determinar biomasa seca y concentración y contenido de N.

Para la determinación de la biomasa, las fracciones de planta se secaron en estufa de marca MEMMERT a 70 °C durante el tiempo necesario para que el peso de una muestra de ellas no variara en medidas de días sucesivos. Para la caracterización morfológica se utilizaron 48 plantas divididas en 4 repeticiones para cada uno de los 12 tratamientos, 5 programas de fertilización de ensayo y 1 programa de fertilización comercial para cada una de las 2 épocas de despacho.

Para la determinación de nutrientes las fracciones de planta se agruparon por repetición de ensayo y por plot de muestreo en el cultivo comercial. Cada muestra analizada estaba formada por fracciones de 12 plantas. La concentración de nutrientes por fracción se determinó mediante digestión en HNO<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y posterior determinación en equipo ICP (Perkin-Elmer, Optima 4300DV), con la excepción de N y P. La determinación de N y S se realizó mediante autoanalizador LECO.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los valores medios de los parámetros morfológicos y nutricionales de las plantas en función del aporte de N.

*Pinus pinaster* creció más cuanto más se fertilizó haciéndolo en gran medida gracias al crecimiento de la parte aérea, como pudo comprobar OLIET et al. (1999) en *Pinus halepensis*. *Pinus pinaster* no sólo aumentó la fracción de biomasa radical respecto del total de la planta al reducir el recurso nutritivo del sustrato, como en el trabajo de CLIMENT et al. (2011), sino que presentó la máxima biomasa radical con la aplicación de 28 mg de N para un despacho de otoño y de 56 mg de N para un despacho de invierno, y aplicaciones fertilizantes superiores redujeron la biomasa radical a un valor constante similar al de la planta sin fertilizar. Sin embargo, *Pinus halepensis* dedicó más fracción de biomasa a las raíces que *Pinus pinaster* en iguales condiciones de cultivo (CLIMENT et al., 2011) y mantuvo la biomasa radical constante independientemente de la fertilización a partir de 31 mg de N (OLJET et al., 1999). Asumiendo que en condiciones de campo restricciones por causa de la ausencia de agua implican también restricciones nutricionales por la menor incorporación de la solución agua-nutrientes, *Pinus pinaster* combinaría una estrategia de evitación de la sequía-inanición en ambientes mediterráneos, a través de la producción de más raíces y por tanto de la exploración de horizontes del suelo más profundos y húmedos, y una estrategia de uso eficiente del agua al priorizar el crecimiento en la parte aérea en aquellos ambientes donde el recurso agua-nutrientes está asegurado y la competencia herbácea por la luz pasa a ser importante para el éxito de la especie. Esto explica el mayor carácter estenoico de *Pinus pinaster* frente a *Pinus halepensis*, demostrado por la mayor capacidad del primero a ocupar parte de los hábitats de otras especies del género en España (GANDULLO Y SÁNCHEZ, 1994).

La reducción del contenido de N en raíz en el programa de fertilización de mayor aporte del despacho de invierno podría ser una primera manifestación de toxicidad, a la vista de que no se ven reducidos los contenidos de N en tallo ni acículas, y de que para el conjunto de la planta no se detecta ninguna disminución de contenido

de N sino un valor constante en los mayores programas de fertilización. Sin embargo, SALIFU & JACOBS (2006) encontraron para *Quercus rubra* que la disminución del contenido de N en las fertilizaciones tóxicas, las que reducían dicho contenido para el conjunto de la planta, se producían por una disminución del contenido de N en la parte aérea, permaneciendo el contenido de N de la parte radical similar en todo el rango de aplicación de fertilizante ensayado, de ninguna fertilización a fertilización tóxica. La distinta distribución temporal de la aplicación de fertilizante en ambos ensayos podría ser una explicación. Por un lado, la fertilización en el estudio de SALIFU & JACOBS (2006) estuvo más centrada en el periodo vegetativo y la del presente trabajo lo estuvo al final del periodo vegetativo y comienzos del otoño. Por otro lado, puede estar sucediendo que el crecimiento de la raíz de *Pinus pinaster* sea más intenso al final del periodo vegetativo, en cuyo momento el crecimiento de la parte aérea se ralentizaría, como en *Pinus sylvestris* (LIVONEN et al., 2001), y *Fraxinus pennsylvanica*, *Quercus coccinea*, *Corylus colurna* y *Syringa reticulata* cuyas máximas tasas de crecimiento radical se produjeron al final del periodo vegetativo o inicios del otoño perdurando hasta más tarde que el crecimiento del tallo (HARRIS et al., 1995). Por todo ello, cabe pensar que los nutrientes en el consumo de lujo se dirigen a los órganos que tienen mayor crecimiento en el momento de la asimilación del nutriente.

Otra manifestación del efecto de la distribución temporal de la fertilización fue la encontrada entre la planta de cultivo comercial que se fertilizó en verano y creció mucho más,  $1007 \pm 176$  mg/planta, que la planta que más creció de ensayo  $839 \pm 128$  mg/planta, valores en el despacho de otoño. Puesto que plantas más grandes a la salida del vivero crecerían más tras su plantación en campo (VILLAR-SALVADOR et al., 2012) concentrar las fertilizaciones en el periodo vegetativo mejoraría la calidad de la planta a igualdad de condiciones nutricionales de cultivo, puesto que también crecerían más las plantas más fertilizadas en vivero (VILLAR-SALVADOR et al., 2012).

Los valores de concentración en planta alcanzaron y superaron el 3,56 y 3,22 % con aplicaciones a partir de 60 y 74 mg de N por planta, aplicaciones asimilables al aporte comercial, y llegando hasta el 4,25 y

4,30 % en los programas de máximo aporte de 138 y 165 mg de N por planta en otoño e invierno, respectivamente. Sin embargo, los valores de concentración de N en planta encontrados en bibliografía para *Pinus pinaster* son 1,55 % con la aplicación de 62 mg de N por planta, tras cultivo realizado desde comienzos de junio a diciembre y con aplicación de fertilizante de liberación lenta (FRAYSSE & CREMIERE, 1998), y de 0,95 a 1,12 % en acículas de árboles adultos en plantaciones juveniles gallegas (EIMIL et al., en prensa). Estos valores fueron

corroborados por los encontrados en la planta comercial analizada en este trabajo que fue de 1,51 % de N por planta. El aumento de la concentración de N en el ensayo más allá de los valores habituales fue probablemente favorecido por la época de fertilización utilizada: al final del periodo vegetativo y durante el comienzo del otoño, periodo en que el crecimiento se ralentizaría y la asimilación de N se podría estar traduciendo en gran medida en almacenaje reflejándose en aumento de la concentración.

	promedio	mg de N aportado					
	sig. diferencia desvest cuenta	18	28	60	101	138	76 com
otoño	bm planta (mg/planta)	579 a 89 48	701 b 136 48	734 b 125 48	839 c 128 48	845 c 189 48	1007 c 176 48
	N cont planta (mg/planta)	5,9 a 0,4 4*	11,9 b 1,5 4*	26,1 c 2,5 4*	37,0 d 2,6 4*	36,0 d 6,1 4*	15,3 d 2,1 4*
	N conc planta (%)	1,02 a 0,04 4*	1,69 b 0,08 4*	3,56 c 0,14 4*	4,41 d 0,16 4*	4,25 e 0,09 4*	1,51 e 0,13 4*
otoño	h (cm)	5,3 a 0,9 48	6,3 b 0,8 48	6,3 b 0,9 48	7,5 c 1,2 48	7,7 c 1,3 48	8,2 c 1,1 48
	d (mm)	1,6 a 0,1 48	1,7 b 0,2 48	1,6 ab 0,1 48	1,9 d 0,2 48	1,8 c 0,2 48	2,0 c 0,2 48
	esbeltez (cm/mm)	3,3 a 0,6 48	3,7 b 0,5 48	3,9 bc 0,5 48	4 c 0,7 48	4,3 d 0,7 48	4,1 d 0,6 48
	bm aérea (mg/planta)	308 a 52 48	390 b 75 48	451 c 76 48	566 d 80 48	574 d 119 48	576 d 102 48
	bm radical (mg/planta)	270 a 46 48	311 b 72 48	284 a 57 48	273 a 61 48	271 a 78 48	431 a 91 48
	bm aérea/bm radical (0/1) (log)	1,1 a 0,2 48	1,3 b 0,2 48	1,6 c 0,3 48	2,2 d 0,5 48	2,2 d 0,5 48	1,4 d 0,2 48
	bm aérea/bm planta (0/1)	0,53 a 0,1 48	0,55 b 0,1 48	0,68 c 0,1 48	0,61 d 0,1 48	0,67 d 0,1 48	0,57 d 0,1 48

	promedio	mg de N aportado					
	sig. diferencia desvest cuenta	22	56	74	123	165	76 com
invierno	bm planta (mg/planta)	850 a 124 48	1102 b 136 46	1453 c 210 48	1684 d 261 48	1615 d 365 48	1471 d 260 46
	N cont planta (mg/planta)	9,9 a 0,6 4*	16,0 b 1,3 4*	46,8 c 2,1 4*	68,3 d 2,3 4*	69,6 d 5,2 4*	18,4 d 3,1 4*
	N conc planta (%)	1,15 a 0,03 4*	1,45 b 0,16 4*	3,22 c 0,10 4*	4,07 d 0,13 4*	4,30 e 0,18 4*	1,25 e 0,04 4*
invierno	h (cm)	6,1 a 0,7 48	6,7 b 0,9 48	7,4 c 1,2 48	8,6 d 1 48	9,3 e 1,3 48	9,2 e 1 48
	d (mm)	1,6 a 0,2 48	1,7 a 0,2 48	2,4 b 0,4 48	2,4 b 0,4 48	2,5 b 0,4 48	2,3 b 0,2 48
	esbeltez (cm/mm)	3,8 bc 0,5 48	3,9 c 0,6 48	3,2 a 0,6 48	3,6 b 0,8 48	3,8 bc 0,5 48	4,1 bc 0,4 48
	bm aérea (mg/planta)	470 a 74 47	675 b 92 46	1074 c 157 46	1304 d 209 47	1280 d 292 43	911 d 142 46
	bm radical (mg/planta)	380 b 74 47	427 c 79 46	379 b 90 46	378 b 75 47	335 a 94 43	560 a 156 46
	bm aérea/bm radical (0/1)	1,3 a 0,3 47	1,6 b 0,3 46	2,9 c 0,6 46	3,4 d 0,5 46	3,9 e 0,7 43	1,7 e 0,5 46
	bm aérea/ bm planta (0/1)	0,55 a 0,05 47	0,61 b 0,05 46	0,74 c 0,04 46	0,77 d 0,03 47	0,79 e 0,03 43	0,6 e 0,1 46
	bm acículas (mg/planta)	404 a 66 47	590 b 85 46	906 c 133 46	1083 d 173 47	1053 d 236 43	759 d 120 46
	bm tallo (mg/planta) (KW)	66 a 12 47	88 b 17 44	163 c 34 45	222 d 47 47	227 d 66 43	152 d 31 46
	N conc acículas (%)	1,29 a 0,03 4*	1,52 b 0,05 4*	3,51 c 0,17 4*	4,40 d 0,19 4*	4,60 e 0,20 4*	1,33 e 0,08 4*
	N cont acículas (mg/planta)	5,2 a 0,3 4*	8,9 b 0,6 4*	31,7 c 1,5 4*	47,4 d 1,9 4*	48,5 d 3,6 4*	10,0 d 0,8 4*

Tabla 1 (continuación)

	promedio	mg de N aportado					
		22	56	74	123	165	76 com
sig. diferencia desvest cuenta							
invierno	N conc tallo (%)	0,83 a 0,05 4*	1,17 a 0,06 4*	3,68 b 0,32 4*	4,15 c 0,26 4*	4,55 d 0,21 4*	1,09 d 0,11 4*
	N cont tallo (mg/planta)	0,55 a 0,03 4*	1,58 b 0,08 4*	5,97 c 0,46 4*	9,19 d 0,87 4*	10,40 e 0,88 4*	1,64 e 0,10 4*
	N conc radical (%)	1,06 a 0,04 4*	1,28 b 0,10 4*	2,41 c 0,06 4*	3,10 d 0,21 4*	3,15 e 0,09 4*	1,20 e 0,05 4*
	N cont radical (mg)	4,0 a 0,3 4*	5,5 b 0,3 4*	9,1 c 0,8 4*	11,7 e 0,5 4*	10,6 d 1,4 4*	6,7 d 1,0 4*
	bm acícula/bm planta (0/1)	0,47 a 0,05 47	0,54 b 0,05 46	0,63 c 0,04 47	0,64 d 0,03 48	0,66 d 0,04 47	0,51 d 0,09 46
	bm tallo/bm planta (0/1)	0,08 a 0,01 47	0,08 a 0,02 46	0,12 b 0,03 47	0,13 c 0,02 48	0,14 c 0,02 47	0,10 c 0,03 46

**Tabla 1.** Estado de la planta para cada programa de fertilización y época de despacho. Test de Rangos Múltiples LSD con el 5 % de confianza para un modelo de bloques completos al azar según programas de fertilización y repetición como efectos principales. Letras distintas indican diferencias significativas entre programas de fertilización, siendo las letras precedentes del abecedario valores más bajos. Si no se indica los residuos de la ANOVA eran normales, independientes y presentaban homocedasticidad; (log) se transformaron logarítmicamente los datos para conseguir la normalidad y homocedasticidad de los residuos de la ANOVA; (KW) ante la ausencia de cumplimiento de las hipótesis de la ANOVA se realizó un test de medianas para la comparación múltiple de tratamientos; \* 4 data from 12 individual seedlings. Abreviaturas: bm, biomasa; h, altura, N conc, concentración de Nitrógeno, N cont, contenido de Nitrógeno; QDI, índice de calidad de Dickson; com, cultivo comercial.

El diámetro de la planta cultivada en vivero aumentó con la fertilización, especialmente en el despacho de otoño, mientras que en el de invierno este efecto se diluía igualándose los diámetros de los tres mayores programas de fertilización. La densificación de la parte aérea del cultivo podría explicar este efecto del mismo modo que evidencias de la reducción del diámetro en el cuello de la planta con el aumento de la densidad del cultivo de *Pseudotsuga menziessii* fueron encontradas por TIMMIS & TANAKA (1976).

SALIFU & JACOBS (2006) determinaron que el estado de suficiencia se conseguía para *Quercus rubra* a partir de una aplicación de 25 mg de N por planta y periodo vegetativo, y el de toxicidad a partir de la aplicación de 100 mg de N por planta y periodo vegetativo. SALIFU & TIMMER (2003), detectaron para *Picea mariana* la máxima producción de biomasa se alcanzaba en el estado de suficiencia con una aplicación de 30 mg de N por planta y un estado óptimo de carga nutricional con valores de 64 mg de N por planta y periodo vegetativo. Estos valores son inferiores a los encontrados para *Pinus pinaster* para el

que se detectó el estado de suficiencia con aplicaciones entre 60 y 101 mg de N por planta y periodo vegetativo para cultivos de despacho en otoño, y entre 74 y 123 mg de N por planta y periodo vegetativo para cultivos de despacho en invierno. En nuestro trabajo no se detectaron estados de toxicidad, y por tanto óptimos, puesto que no se observaron reducciones en el contenido de N por planta en las máximas aplicaciones. Sin embargo, la reducción del contenido de N en raíz con el aporte de 165 mg de N en el despacho de invierno, apuntaría a la existencia de unos primeros síntomas en este sentido. No obstante, los aportes ensayados ya suponen referencias para cargar nutricionalmente a la planta en los siguientes cultivos comerciales. Con la carga nutricional de consumo de lujo ensayada el contenido de N llegó a un 137 % en otoño y a un 148 % en invierno respecto al estado de suficiencia, valores similares a los encontrados en SALIFU & TIMMER (2003), que asegurarían mejores comportamientos en campo (FRAYSSE & CREMIERE, 1998; LUIS et al., 2009; SALIFU et al., 2005).

La carga nutricional con la que se podría cultivar comercialmente en vivero *Pinus pinaster* diferenciarían éstas de otras plantas de menor calidad cultivadas con programas tradicionales de fertilización. Campañas de divulgación de este tipo de información acompañando a la planta de vivero cargada nutricionalmente podrían mejorar la rentabilidad de la producción viverística al aumentar la confianza del repoblador garantizando los resultados de la planta en las repoblaciones.

### Agradecimientos

Este trabajo se realizó con la colaboración del equipo de producción, laboratorio y campo del Vivero en Maceda de la Dirección Técnica y de la Dirección Adjunta de I+D+i del Grupo Tragsa, y con la co-financiación del programa INTERREG IIIB SUDOE a través del proyecto DEFOR (SO2/1.3/F64) y del Ministerio de Innovación y Ciencia dentro del proyecto Restauración y Gestión Forestal-Bosques del Futuro (PSS-310000-2009-20).

### BIBLIOGRAFÍA

- ALLUÉ, J.L.; 1990. *Atlas fitoclimático de España- Taxonomías*. INIA. Ministerio de Agricultura. Madrid
- CLIMENT, J.; CHAMBEL, M.R.; PARDOS, M.; LARIO, F. & VILLAR-SALVADOR, P.; 2011. Biomass allocation and foliage heteroblasty in hard pine species respond differentially to reduction in rooting volume. *Eur. J. Forest Res.* 130(5):841-850.
- DICKSON, A.; LEAF, A. & HOSNER, J.F.; 1960. *Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries*. *The Forestry Chronicle*. Downloaded from pubs.cif-ifc.org by University Of New Brunswick - Harriet Irving Library on 07/29/11
- EIMIL, C.; SÁNCHEZ, F.; PÉREZ, C.; RODRÍGUEZ, R.; ÁLVAREZ, E.; TOVAL, G.; DÍAZ, R. Y MENÉNDEZ, M.; 2013. Evaluación de estado nutricional e índice de sitio en repoblados de pino pinaster atlántico: efecto del sustrato geológico. *En: C. Martínez-Ruiz, F.J. Lario y B. Fernández-Santos (eds.), Avances en la restauración de sistemas forestales. Técnicas de implantación: 129-135*. AEET-SECF. Madrid.
- FRAYSSE, J.Y. & CREMIERE, L.; 1998. Nursery factors influencing containerized *Pinus pinaster* seedlings' initial growth. *Silva Fennica* 32(3).
- GONZÁLEZ, M.E.; DONOSO, C. Y ESCOBAR, B.; 1996. Efecto de distintos regímenes de manejo radicular en el crecimiento de plantas de raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl) Oerst.) 1-0 a raíz desnuda. *Bosque* 17(1):29-41.
- FERNÁNDEZ, M.; MARCOS, C.; TAPIAS, R.; RUIZ, F. & LÓPEZ, G.; 2007. Nursery fertilisation affects the frost-tolerance and plant quality of *Eucalyptus globulus* Labill. Cuttings. *Ann. For. Sci.* 64: 865-873.
- GANDULLO, J.M. Y SÁNCHEZ, O. 1994 *Estaciones ecológicas de los pinares españoles Colección Técnica*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Icona. Madrid
- GROSSNICKLE, S.C.; 2012. Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forest.* 43:711-738.
- KONTUNEN-SOPPELA, S.; 2001. *Dehydrins in Scots pine tissues: responses to annual rhythm, low temperature and nitrogen*. Oulu University Press, Oulu, Finland, 22p, URL: <http://hersules.oulu.fi/isbn9514259114>
- LIVONEN, S.; RIKALA, R. & VAPAAVOURI, E.; 2001. Seasonal root growth of Scots pine seedlings in relation to shoot phenology, carbohydrate status, and nutrient supply. *Can. J. Forest Res.* 31(9): 1569-1578.
- LUIS, V.C.; PUÉRTOLAS, J.; CLIMENT, J.; PETERS, J.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, M.; MORALES, D. & JIMÉNEZ, M.S.; 2009. Nursery fertilization enhances survival and physiological status in Canary Island pine (*Pinus canariensis*) seedlings planted in a semiarid

- environment. *Eur J. Forest Res.* 128: 221-229.
- OLIET, J.A.; SEGURA, M.L.; MARTÍN, F.; BLANCO, E.; SERRADA, R.; LÓPEZ-ARIAS, M. Y ARTERO, F.; 1999. Los fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de planta forestal de vivero. Efecto de dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus halepensis* Mill. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 8: 207-228.
- OLIET, J.A.; VALDECANTOS, A.; PUÉRTOLAS, J. & TRUBAT, R.; 2006. Influencia del estado nutricional y el contenido en carbohidratos en el establecimiento de las plantaciones. *En: J. CORTINA, J.L. PEÑUELAS, J. PUÉRTOLAS, R. SAVÉ, Y A. VILAGROSA (eds.), Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos: 89-117.* Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- ROYO, A.; FERNÁNDEZ, M.; GIL, L. & PARDOS, J.A.; 2003. Assessing the hardiness of aleppo pine, maritime pine, and holm oak seedlings by electrolyte leakage and water potential methods. *Tree Planters' Notes* 50 (1): 38-43.
- SALIFU, K.F. & TIMMER, V.R.; 2003. Optimizing nitrogen loading of *Picea mariana* seedlings during nursery culture. *Can. J. For. Res.* 33: 1287-1294.
- SALIFU, K.F.; JACOBS, D.F. & BIRGE, Z.; 2005. Maximizing nutrient storage in nursery culture to promote retranslocation and growth of outplanted seedlings. In: S.J. Colombo (comp.), *The Thin Green Line: A symposium on the state of the art in reforestation proceedings: 86-91.* Thunder Bay, ON. 26-28 July 2005.
- SALIFU, K.F. & JACOBS, D.F.; 2006. Characterizing fertility targets and multi-element interactions in nursery culture of *Quercus rubra* seedlings. *Ann. For. Sci.* 63: 231-237.
- TIMMIS, R. & TANAKA, Y.; 1976. Effects of container density and plant water stress on growth and cold hardiness of Douglas-fir seedlings. *Forest Sci.* 22/(2): 167-172.
- VILLAR-SALVADOR, P.; PUÉRTOLAS, J.; CUESTA, B.; PEÑUELAS, J.L.; USCOLA, M.; HEREDIA-GUERRERO, N. & BENAYAS, J.M.R.; 2012. Increase in size and nitrogen concentration enhances seedling survival in Mediterranean plantations. Insights from an ecophysiological conceptual model of plant survival. *New Forest.* 43: 755-770.

