

# VARIABILIDAD INTRAESPECIFICA DEL CRECIMIENTO Y DE LA SUPERVIVENCIA EN *Pinus nigra* ARN.

Marta Pérez, Fernando del Caño, Maria Regina Chambel y Ricardo Alia

CIFOR-INIA. Carretera de la Coruña, Km 7. 28040 Madrid. spinto@inia.es

## Resumen

En el presente trabajo se muestran los resultados del análisis del crecimiento y la supervivencia de 22 procedencias de *Pinus nigra* Arn en 9 parcelas de ensayo ubicadas en Castilla-Léon. La supervivencia fue, en general, elevada y poco relacionada con la procedencia, lo cual demuestra la elevada adaptación de la especie al rango de condiciones ambientales de los sitios de ensayo. La interacción genotipo x ambiente no resultó significativa para ninguna de las variables estudiadas pero sí el efecto ambiental (sitio) en la respuesta de las procedencias. Las procedencias Solsonés (Lleida) y Ena (Huesca) destacaron por su elevado crecimiento en el conjunto del ensayo; la primera destacó sobre todo en los sitios más desfavorables, mientras que la segunda resultó más estable en el conjunto del ensayo. Los resultados muy dispares obtenidos en parcelas con condiciones climáticas semejantes parecen indicar que el comportamiento de esta especie está fuertemente condicionado por las características edáficas. Estos conocimientos favorecerán la utilización correcta del material forestal de reproducción, lo que permitirá obtener una mejor calidad y producción en futuras repoblaciones.

Palabras clave: pino salgareño, procedencias, adaptación, plasticidad fenotípica, Castilla-Léon.

## INTRODUCCIÓN

El pino salgareño (*Pinus nigra* Arn.) ocupa aproximadamente 350.000 ha de forma natural en España, un área que se encuentra actualmente dividida en 10 regiones de procedencia (CATALAN et al. 1991). Esta es una de las principales especies para reforestación en la región submediterránea europea, ya que tiene un crecimiento inicial bastante rápido, es resistente al viento y moderadamente resistente a la sequía (VIDAKOVIC 1991). Además, es una especie con gran amplitud ecológica, capaz de vivir en condiciones muy diversas (ALLUÉ 1990). De hecho, la superficie repoblada con esta especie en España hasta el año 1986 alcanzaba las 339.975 ha, cifra semejante a su área de distribución natural (MAPA 1986). Sin embargo, la variabilidad intraespecífica en caracteres adaptativos de interés para el uso de esta especie es aún mal conocida en nuestro país. Este aspecto es especialmente relevante en *Pinus nigra*, debido a la existencia de subespecies y variedades reconocidas taxonómicamente, varias de las cuales se han empleado tradicionalmente en reforestación en distintas zonas de España con éxito desigual. En cambio, se han llevado a cabo ensayos de procedencias de *Pinus nigra* Arn. en otros países, como Nueva Zelanda (WILCOX & MILLAR 1975), Estados Unidos (WHEELER et al. 1976) y Francia (ARBEZ & MILLIER 1971), con una presencia de procedencias ibéricas en estos ensayos es muy escasa. Los estudios realizados sobre caracteres morfológicos de acículas (ARBEZ & MILLIER 1971) y contenido de monoterpenos (ARBEZ et al. 1974) han mostrado que el comportamiento de la subespecie *salzmannii*, presente en la Península Ibérica, es bastante homogéneo.

Este trabajo tiene como objetivo profundizar en el conocimiento de la adaptación de diversas procedencias de *Pinus nigra* en ambientes contrastados del norte peninsular, con el fin de definir pautas para una mejor utilización del material forestal de reproducción, garantizando la persistencia y producción de las masas establecidas. Se trata de los primeros resultados obtenidos en España sobre la variación entre procedencias de *Pinus nigra* Arn.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudió el comportamiento de 22 procedencias (10 españolas y 12 extranjeras)

representantes de 4 de las subespecies definidas para esta especie (VIDAKOVIC 1991) en 9 sitios de ensayo ubicados en la mitad norte de España (AGÜNDEZ et al. 1997). Estos sitios de ensayo se encuentran repartidos en 6 localidades (Figura 1), en los términos municipales de La Granja (Segovia), Herrera de Pisuerga (Palencia), Olleros de Pisuerga (Palencia), Rucandio (Burgos), Trespaderne (Burgos), y Sancedo (León). El ensayo se plantó entre 1996 y 1997 (sitios Sancedo 3 y Trespaderne 2), con un diseño en bloques completos al azar. El número de bloques, el número de procedencias, así como el número de individuos por procedencia y bloque varía de un sitio a otro (Tabla 1). Las procedencias representadas varían según la disponibilidad de plantas de cada una de ellas en el momento de la plantación (Tabla 2), sin embargo todas las procedencias españolas, salvo la procedencia 010 (Soria), están representadas en todas las parcelas.

Se analizaron las alturas desde el año 1996 hasta el año 2001 (i.e. en los seis primeros años de vida de las plantas), el diámetro basal en el año 2001 (seis años) y la supervivencia. Se realizó un análisis de la varianza individual de cada sitio de ensayo con el fin de aislar los efectos ambientales de los genéticos y establecer diferencias significativas entre las procedencias españolas y no españolas, así como estudiar la adaptación de dichas procedencias a las localidades de ensayo. Posteriormente para evaluar la existencia de interacción genotipo-ambiente se realizó un análisis de varianza combinado, basado en las medias ajustadas obtenidas en los análisis individuales (WILLIAMS & MATHESON 1994). En este análisis se incluyeron únicamente las procedencias comunes a todos los sitios de ensayo, i.e. las procedencias 1, 3, 71, 72, 73, 81, 82, 83 y 84, todas ellas españolas. Se ajustó un modelo de efectos mixtos, considerando la procedencia como efecto fijo y el sitio de ensayo y la interacción como efectos aleatorios, lo cual permite que las conclusiones obtenidas en este ensayo puedan extrapolarse a toda la zona de estudio. La comparación entre procedencias se efectuó mediante test de separación de medias de Tukey. Todos los análisis se efectuaron con el paquete estadístico SAS (SAS, 1989).

## RESULTADOS

La supervivencia fue muy elevada en todas las parcelas de ensayo, superando el 85 % en todos los casos, salvo en Herrera de Pisuerga. Este sitio de ensayo sufrió numerosas bajas, desapareciendo tres de los siete bloques inicialmente establecidos (los bloques V, VI y VII), sin embargo, esta desaparición no parece deberse a causas naturales, ya que contrasta con una supervivencia del 88 % en los restantes bloques. Por este motivo, en los análisis posteriores solo se consideraron los bloques I a IV de este sitio. Únicamente se verificaron diferencias significativas entre procedencias para la supervivencia en Sancedo 2.

Los mayores crecimientos tanto en altura como en diámetro tuvieron lugar en los sitios de ensayo de Sancedo (León), donde se producen las condiciones climáticas más favorables, tanto en precipitaciones anuales y estivales mayores, como en temperaturas más suaves. Seguidamente se encuentra el sitio de La Granja de San Idelfonso (Segovia). Los sitios de ensayo de Herrera de Pisuerga (Palencia), Rucandio (Burgos) y La Rebolleda (Palencia) se encuentran en una posición intermedia. Hay que señalar que el sitio de La Rebolleda mostró bastantes daños de procesionaria que han podido condicionar los resultados obtenidos. Por último, con crecimientos más bajos, destacaron los dos sitios de Trespaderne (Figura 2). Estos últimos sufrieron daños reiterados por corzos, lo cual ha condicionado negativamente el crecimiento de las plantas.

Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) o altamente significativas ( $p < 0.001$ ) debidas a la procedencia en todas variables de crecimiento analizadas, excepto en los sitios Herrera y Rucandio. En el sitio de Herrera no se encontraron diferencias significativas entre procedencias en ningún caso, lo cual se puede deber a la reducción del número de grados de libertad debida al escaso número de bloques analizados. En el sitio de Rucandio también se observó un nivel de significación muy bajo para la procedencia, en este caso probablemente debido a la gran heterogeneidad del terreno, que no coincide con el diseño de los bloques.

La interacción genotipo-ambiente no resultó ser significativa para ninguna de las variables estudiadas. De las procedencias españolas, la 1 (Ena, Huesca) y la 3 (Solsonés, Lleida) han destacado en todos los sitios de ensayo, mientras que las demás han obtenido valores intermedios y muy próximos entre sí (Tabla 3). La procedencia 1 destaca sobretudo en aquellos ensayos donde se producen los menores crecimientos medios, La Rebolleda, Trespaderne1 y Trespaderne2, y

únicamente mostró un crecimiento mediocre en altura en el ensayo de La Granja, localidad donde se producen las menores precipitaciones anuales y estivales. La procedencia 3 demostró ser muy estable, presentando crecimientos por debajo de la anterior en los mejores sitios, pero obteniendo la mejor media en el conjunto de los sitios. Las procedencias francesas ensayadas, aunque no se pudieron incluir en el análisis de la interacción por estar representadas sólo en algunos de los sitios de ensayo y no siempre en los mismos, presentaron mayor plasticidad fenotípica para el crecimiento en altura que las procedencias españolas. Obtuvieron sistemáticamente los mayores crecimientos en altura en los sitios favorables y están entre las de menor crecimiento en los sitios desfavorables. Sin embargo, en cuanto al crecimiento en diámetro, estas procedencias presentan crecimientos escasos en todos los casos. La procedencia griega, la rumana y la única de las italianas que se encuentra representada en más de un sitio, presentaron en general una baja adaptabilidad a las condiciones del ensayo, encontrándose siempre entre las de menor crecimiento.

## CONCLUSIONES

La especie en su conjunto presenta una elevada plasticidad fenotípica (respuesta a distintos ambientes), sin embargo no se encontraron diferencias entre las procedencias Ibéricas para esta característica. Las procedencias 1 (Ena, Huesca) y 3 (Solsonés, Lleida) demostraron ser las mejor adaptadas a las condiciones del ensayo, siendo la primera especialmente indicada para zonas más desfavorables y la segunda más estable en su crecimiento y menos influenciada por las condiciones del medio. Las procedencias francesas han mostrado crecimientos superiores en altura en condiciones favorables, pero son muy plásticas y su crecimiento en diámetro es siempre reducido, por lo que su utilización en repoblaciones en Castilla y León no parece presentar ventajas. La procedencia 407 (Villeta Berrea, Italia), la procedencia 601 (Rumania) y la procedencia 405 (Milea, Grecia), han mostrado crecimientos muy bajos en todas las localidades en que se han ensayado por lo que no se recomienda su uso frente a procedencias nacionales. El pino salgareño parece una especie que se encuentra más limitada por las condiciones edáficas que por el clima, a juzgar por los comportamientos muy diferentes observados ante condiciones climáticas semejantes.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha financiado por el convenio ICONA-INIA CC93-195 “Mejora Genética de Coníferas: elección de masas selectas” y por el convenio DGB-INIA CC03-048 sobre desarrollo del RD 289/03 sobre comercialización de material forestal de reproducción.

## Bibliografía

- AGÚNDEZ, D.; R.M. GALERA & R. ALIA; 1997. *Instalación de un ensayo de procedencias de Pinus nigra Arn.* IRATI 97 Montes del futuro: respuestas ante un mundo en cambio. II Congreso Forestal Hispano-Luso, Pamplona.
- ALLUÉ, J.L.; 1990. *Atlas Fitoclimático de España.* Madrid, INIA. Ministerio de Agricultura.
- ARBEZ, M.; C. BERNARD-DAGAN & C. FILLON; 1974. Variabilité intraspécifique des monoterpènes de *Pinus nigra Arn.* Bilan des premiers résultats. *Annales des Sciences Forestières* 31: 57-70.
- ARBEZ, M. & C. MILLIER; 1971. Contribution a l'étude de la variabilité géographique de *Pinus nigra Arn.* *Annales des Sciences Forestières* 28: 23-49.
- CATALAN, G.; P. GIL; R. GALERA; S. MARTÍN; D. AGÚNDEZ & R. ALÍA; 1991. *Las regiones de procedencia de Pinus sylvestris L. y Pinus nigra Arn subsp. salzmanii (Dunal) Franco en España.* Madrid, ICONA.
- MAPA; 1986. *Anuario de Estadística Agraria.* Madrid, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- VIDAKOVIC, M.; 1991. *Conifers: Morphology and variation.* Zagreb, Croatia.
- WHEELER, N.; H. KRIEBEL; C. LEE; R. READ & J. WRIGHT; 1976. 15-year performance of European black pine in provenance tests in North Central United States. *Silvae Genetica* 25:

1-6.

WILCOX, D. & J. MILLAR; 1975. *Pinus nigra* provenance variation and selection in New Zeland. *Silvae genetica* 24: 132-140.

WILLIAMS, E.R. & A.C. MATHESON; 1994. *Experimental Design and Analysis for use in Tree Improvement*. Melbourn, Australia, CSIRO.

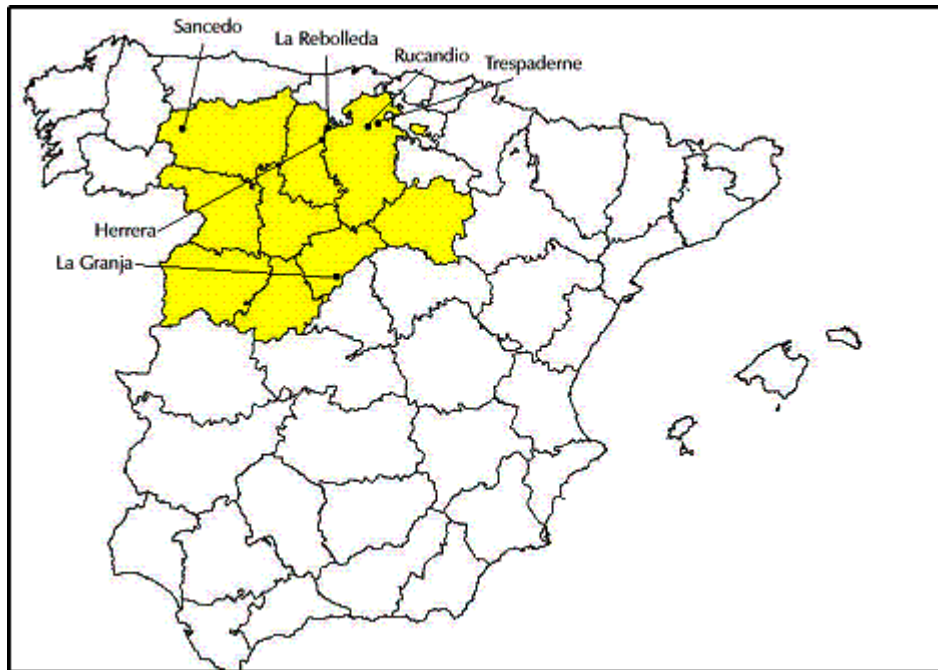


Figura 1: Localización de los sitios de ensayo en Castilla-León

Tabla 1. Diseño de los sitios de ensayo.

Sitio	Código	Localización	Nº procedencias (española/extranjera)	Nº bloques	Nº árboles por parcela
LA GRANJA	GRA	Segovia	8/10	5	4
HERRERA	HER	Palencia	9/0	7	4
LA REBOLLEDA	REB	Palencia	10/7	10	4
RUCANDIO	RUC	Burgos	9/2	7	8
SANCEDO1	SAN	León	9/1	7	8
SANCEDO2	SA2	León	10/6	10	4
SANCEDO3	SA3	León	10/4	10	4
TRESPADERNE1	TRE	Burgos	10/6	15	4
TRESPADERNE2	TR2	Burgos	10/3	9	4

Tabla 2. Procedencias presentes en cada sitio de ensayo.

Código	Localización	País	GRA	HER	REB	RUC	TRE	SAN
001ENA	Ena	España	x	x	x	x	x	x
003SOLS	Solsonés	España	x	x	x	x	x	x
071CUE	Cuenca	España	x	x	x	x	x	x
072PAL	Palancares	España	x	x	x	x	x	x
073CAD	Cadorzos	España	x	x	x	x	x	x
081PAT	Paterna	España	x	x	x	x	x	x
082NAV	Navahondona	España	x	x	x	x	x	x
083CAZ	Cazorla	España	x	x	x	x	x	x
084HUE	Huescar	España	x	x	x	x	x	x
010SOR	Soria	España			x		x	x
150GAG	Gagnieres	Francia	x					

204LBAR	Les Barres III	Francia			x		
302NOC	Noceta	Francia	x		x		x
303SOR	Sorba	Francia	x				
304GHI	Ghisoni	Francia					
305		Francia			x		x
306		Francia			x		x
201GRA	Grancia	Itália	x				
202MAT	Machia	Itália	x				
407VIB	Villeta Berrea	Itália	x		x		x
402PAB	Parabluberg	Austria	x			x	
405MIL	Milea	Grecia	x		x		x
601RUM	Rumania	Rumania	x		x	x	x

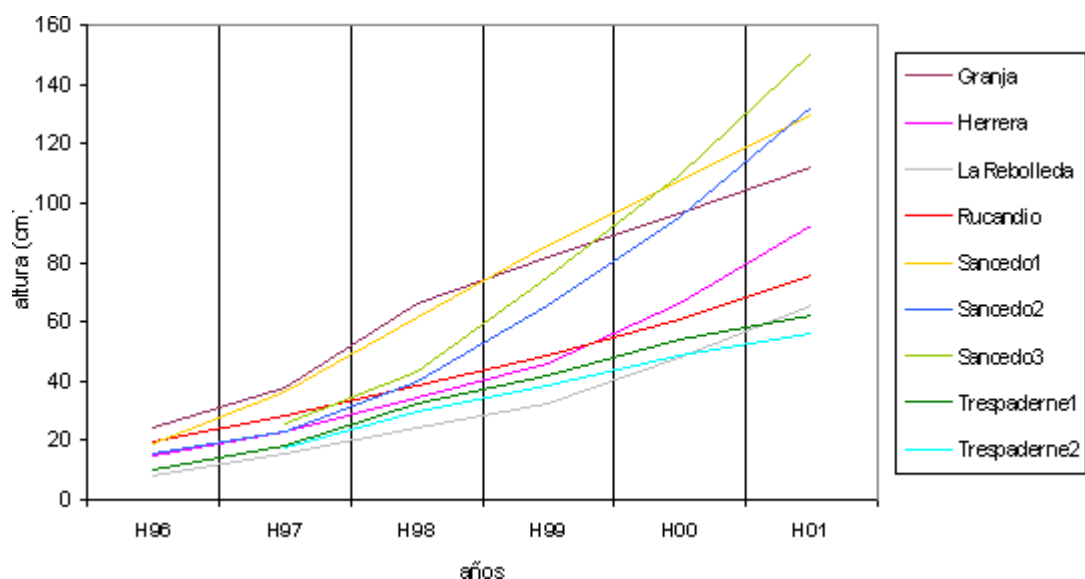


Figura 2. Evolución de la altura media por sitio de ensayo. No se han considerado las alturas del año 1996 en SA3 y TR2 ya que estos sitios fueron instalados en marzo de 1997.

Tabla 3. Resultados de los test de separación de medias de Tukey. Las procedencias unidas por la misma línea vertical no presentan diferencias estadísticamente significativas ( $\alpha = 0.05$ )

H01				DB			
Procedencia	Media			Procedencia	Media		
3 Solsonés (LLE)	104,7			3 Solsonés (LLE)	33,5		
1 Ena (HU)	100,0			1 Ena (HU)	32,9		
72 Los Palancares (CU)	96,8			71 Cuenca (CU)	31,7		
71 Cuenca (CU)	96,8			72 Los Palancares (CU)	31,7		
73 Los Cadorzos (CU)	96,4			84 Huescar (GRA)	31,4		
84 Huescar (GRA)	92,3			81 Paterna de Madera (AB)	31,4		
82 Navahondona (JA)	90,9			73 Los Cadorzos (CU)	31,2		
83 Cazorla-Alcaraz (JA)	89,8			82 Navahondona (JA)	30,5		
81 Paterna de Madera (AB)	89,3			83 Cazorla-Alcaraz (JA)	30,2		

