

COMPORTAMIENTO DE PROCEDENCIAS DE *Pinus halepensis* Mill. EN TRES LOCALIDADES ESPAÑOLAS

M.A. PRADA⁽¹⁾; M.R. CHAMBEL⁽²⁾; M. ROLDÁN⁽³⁾; L.GIL⁽¹⁾

⁽¹⁾Unidad de Anatomía, Fisiología y Genética Forestal, ETSIM, Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid.

⁽²⁾Departamento de Mejora Genética y Biotecnología, INIA. P.O. 8111, 28080 Madrid.

⁽³⁾Dirección General de Recursos Forestales. Consellería de Medio Ambiente. Generalitat Valenciana.

RESUMEN

En el presente trabajo se muestran los resultados obtenidos al analizar el comportamiento de 56 procedencias de *Pinus halepensis* en tres localidades españolas. Los caracteres medidos son altura total y diámetro en la base a los 4 años y número de ciclos promedio por año. El análisis efectuado permite afirmar que, de manera general, existen diferencias significativas entre procedencias para la altura total y, con un menor nivel, para el número de ciclos. Las procedencias con mejor desarrollo en las tres localidades son las extranjeras europeas; dentro de las españolas no se ha encontrado un patrón de variación geográfica clara, destacando dentro de las mejores y más estables algunas poblaciones catalanas y baleares. Como claramente inferiores en todos los ensayos resultan las procedencias tunecinas y de Maestrazgo-Los Serranos.

P.C.: *Pinus halepensis*, procedencias, variación genética

SUMMARY

This work presents the results of a study on the performance of 56 provenances of *Pinus halepensis*, evaluated in three sites, two years after plantation. The traits considered are total height, diameter at ground level and average number of growth cycles. The analysis performed showed the existence of significant differences between provenances for total height and average number of growth cycles. The Greek, Italian and French provenances presented the best growth in all sites. It was not possible to find a geographic pattern of variation among the Spanish provenances. Some of the provenances from Cataluña and Islas Baleares were among the best and the most stable ones. The provenances from Tunisia and Maestrazgo-Los Serranos presented the slowest growth in all sites.

K.W.: *Pinus halepensis*, provenance, genetic variation

INTRODUCCIÓN:

El pino carrasco, *Pinus halepensis*, es una de las especies arbóreas más representativas del medio mediterráneo en particular en el sector occidental pero también se la puede encontrar en diversos puntos de la zona oriental, y ocupa más de 3.5 millones de ha (Quezel, 1986). Su plasticidad es remarcable puesto que es capaz de vegetar sobre sustratos de características muy variadas y está presente en gran parte de las variantes bioclimáticas mediterráneas, siendo la especie arbórea encontrada en las condiciones más hostiles. Esta rusticidad hace que sea ampliamente utilizada en las repoblaciones para la restauración de cubiertas forestales con fines protectores. Una de las singularidades de esta especie es su particular patrón de crecimiento, puesto que es capaz de dar lugar a la formación y elongación de más de un ciclo en un mismo período anual si las condiciones ambientales son favorables. La posibilidad de manifestar policiclismo hace que el pino carrasco sea una especie particularmente sensible al ambiente (Oliver & Larson, 1996), mostrando una alta plasticidad fenotípica.

Con vistas a profundizar en el estudio de la variabilidad genética de la especie y conocer el grado adaptación de sus poblaciones a diferentes ambientes, en el año 1998 se instalaron seis ensayos de procedencias, localizados en diversos puntos de la España mediterránea. En dicha red se encuentran representadas 56 poblaciones, cubriendo gran parte del área de distribución de la especie. En el presente trabajo se reflejan los resultados obtenidos en tres de los ensayos, en los que se ha caracterizado el comportamiento de las procedencias para los parámetros de altura total y diámetro en la base a los 4 años y número de ciclos promedio por año.

MATERIAL Y MÉTODOS:

En los ensayos se encuentran representadas 43 procedencias del área natural española -una de ellas de lote comercial-, 3 procedentes de repoblación de origen desconocido y 10 extranjeras, concretamente de 4 de Grecia, 1 de Francia, 3 de Italia y 2 de Túnez (Tabla 5). Las localidades en las que se sitúan los tres ensayos analizados en la presente comunicación son: Arganda del Rey (Madrid), Cucalón (Castellón) y Ademuz (Valencia), cuyas características ecológicas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Características ecológicas de las localidades

	Arganda del Rey (M)	Cucalón (CS)	Ademuz (V)
altitud (m)	618	600	850
precipitación (mm)	428	501	431
temperatura media (°C)	13.8	15.8	16.2
fitoclima (Allué, 1990)	IV ₃	IV ₄ /IV(VI) ₂	VI(IV) ₁

Los ensayos siguen un diseño de filas y columnas con cuatro repeticiones, cada una de ellas con 8 x 7 parcelas. Las parcelas consisten en 4 árboles dispuestos en fila con un espaciamiento de 2,5m con una distancia de 2,5m entre filas. Cabe mencionar que en el ensayo de Ademuz, las marras han hecho disminuir notablemente el número de árboles debido al ataque de *Vesperus xatarti* cuando los árboles contaban con dos savias; de hecho, la procedencia 202 (Vega de Valdetronco, Valladolid) ha desaparecido de este ensayo. Los caracteres medidos a los 4 años han sido los siguientes: altura total (ht), diámetro en la base (diam) y número de ciclos total; este último parámetro se ha dividido por 3 y se ha analizado como número de ciclos formado cada año (cic). No se presentan los resultados obtenidos para cic en el ensayo de Ademuz debido a que, por el escaso desarrollo de los árboles, muchos de ellos presentaban aún patrón de crecimiento libre.

Se ha efectuado el análisis de cada una de las variables para cada uno de los ensayos, considerando como fijos los efectos procedencia y bloque y aleatorios a la fila dentro de bloque y la columna dentro de bloque. La estimación de las diferencias entre procedencias se efectuó mediante el método de mínimos cuadrados generalizados, previa predicción de los componentes de la varianza de los efectos aleatorios por máxima verosimilitud restringida.

En el análisis del conjunto de los ensayos, se ha utilizado el modelo lineal de efectos fijos más sencillo, teniendo en cuenta solamente los efectos procedencia y localidad; para ello se utilizó el valor estimado por procedencia en cada uno de los ensayos. Para la determinar la significación de la interacción procedencia * ensayo, se utilizaron los cuadrados medios de los residuos obtenidos en los análisis individuales (Williams & Matheson, 1994). Se han efectuado test de medias SNK con los valores genotípicos por procedencia y ensayo, excluyendo a la procedencia 202, ausente en Ademuz. Asimismo, el comportamiento de las procedencias en el conjunto de los ensayos para la altura total – carácter en el que se han encontrado mayores diferencias- se ha analizado mediante el método no paramétrico de consistencia de comportamiento basado en la valoración simultánea del rango genotípico promedio de cada procedencia y su desviación típica para el conjunto de las localidades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en las mediciones y los análisis individuales de cada ensayo se muestran en las Tablas 2 y 3. Para la altura total a los 4 años (ht) las procedencias son significativas en todos los ensayos, aunque hay que destacar el menor nivel de significación obtenido en Ademuz. En el caso del diámetro en la base, las procedencias muestran diferencias solo en Arganda. En cuanto al número de ciclos formado por año, existen diferencias altamente significativas entre las procedencias tanto en Arganda como en Cucalón.

Tabla 2. Valores promedio y desviaciones típicas para la altura total y el diámetro en la base a los 4 años y el número de ciclos por año en las tres localidades analizadas

	altura total (cm)		diámetro (cm)		n° ciclos/año	
	prom.	σ	prom.	σ	prom.	σ
Arganda	158,1	21,0	45,7	7,1	3,4	0,4
Cucalón	105,9	19,8	30,9	6,4	2,5	0,4
Ademuz	35,4	9,0	9,0	2,3	-	-

Tabla 3. Significación de los efectos procedencia y bloque y predicción de los componentes de la varianza para los efectos aleatorios.

		procedencia			repetición			fila(b)	col(b)	residuo
		gl	F	p	gl	F	p	$\sigma^2_{f(b)}$	$\sigma^2_{c(b)}$	σ^2_e
Arganda	ht	55	2,64	<,0001	3	0,69	0,5693	3,3419	38,7134	297,47
	diam	55	1,74	0,0071	3	1,28	0,3032	0,7787	3,8026	39,8457
	cic	55	2,19	<,0001	3	0,49	0,6905	0,0000	0,0088	0,1047
Cucalón	ht	55	3,02	<,0001	3	3,66	0,0264	11,6358	8,0830	239,26
	diam	55	1,33	0,1004	3	1,78	0,1773	1,7818	6,1044	31,9351
	cic	55	3,22	<,0001	3	1,09	0,3711	0,0343	0,0000	0,0690
Ademuz	ht	54	1,70	0,0116	3	1,44	0,2569	5,3371	12,9504	52,6995
	diam	54	1,07	0,3837	3	8,38	0,0006	0,1923	0,9721	3,0318

Estos resultados son los esperados si tenemos en cuenta el diferente desarrollo alcanzado en cada ensayo; así, Ademuz es una localidad con características ecológicas marcadamente continentales y límites para la especie, en donde el crecimiento en altura promedio ha sido de solo 35,4 cm; en el extremo opuesto, el ensayo situado en Arganda, sobre terreno de clara vocación agrícola, ha alcanzado un desarrollo promedio de 158,1 cm, por lo que las diferencias entre procedencias son más acusadas en esta última localidad, siendo Cucalón un caso intermedio. La menor diferencia entre procedencias para el crecimiento en diámetro es, lógicamente, fruto de la escasa variación de la magnitud de este carácter en la etapa de crecimiento juvenil. El policiclismo responde de manera similar a la altura, dada la correlación positiva entre número de ciclos por año y elongación anual en pino carrasco (Prada, 2000), obteniéndose mayores valores en Arganda que en Cucalón. La eficiencia de las repeticiones en el control de la variación local resulta muy baja, aunque se estiman diferencias significativas para la altura total en Cucalón.

El análisis combinado de los ensayos se muestra en la Tabla 4. Como era de esperar, el efecto de la localidad es significativo para todos los rasgos analizados dada la peculiar plasticidad fenotípica de la especie. En el caso de la procedencia las mayores diferencias se estiman para la altura total, seguido del policiclismo, mientras que para el diámetro en la base no se obtienen diferencias, todo ello acorde con los resultados de los análisis individuales. La significación de la interacción localidad por procedencia para todos los caracteres analizados está indicando la presencia de interacción cuantitativa o cambio de rangos de las procedencias entre localidades.

Tabla 4. Análisis de varianza conjunto

	fv	gl	CM	F	p
ht	Localidad	2	210662,8001	2453,65	<,0001
	Procedencia	55	266,1829	3,10	<,0001
	loc*proc	109	85,8570	1,75	<,0001
	Residuo	384	49,1191		
diam	Localidad	2	18961,2874	2022,80	<,0001
	Procedencia	55	13,1406	1,40	0,0682
	loc*proc	109	9,3738	1,50	0,0028
	Residuo	384	6,2344		
cic	Localidad	1	24,8851	594,14	<,0001
	Procedencia	55	0,0917	2,19	<,0021
	loc*proc	55	0,0419	1,93	0,0004
	Residuo	256	0,0217		

Los valores genotípicos promedio para cada procedencia se muestran en la Tabla 5, junto con los resultados de los test de medias; los grupos establecidos por dichos test reflejan las significaciones

obtenidas en los análisis de varianza, encontrándose mayores diferencias en el caso de la altura total seguido del número de ciclos y obteniéndose un solo grupo para el diámetro. En el caso del policiclismo la mayor parte de las procedencias presentan un comportamiento similar, aunque se observa cierta tendencia de los orígenes griegos a formar un mayor número de ciclos; a su vez, las procedencias con policiclismo menos marcado resultan ser la 111 del litoral levantino, una población mallorquina –182- y la 61 de Monegros. En el caso del análisis efectuado para la altura total, la Figura 2 muestra de manera más detallada el comportamiento de las procedencias en el conjunto de los ensayos.

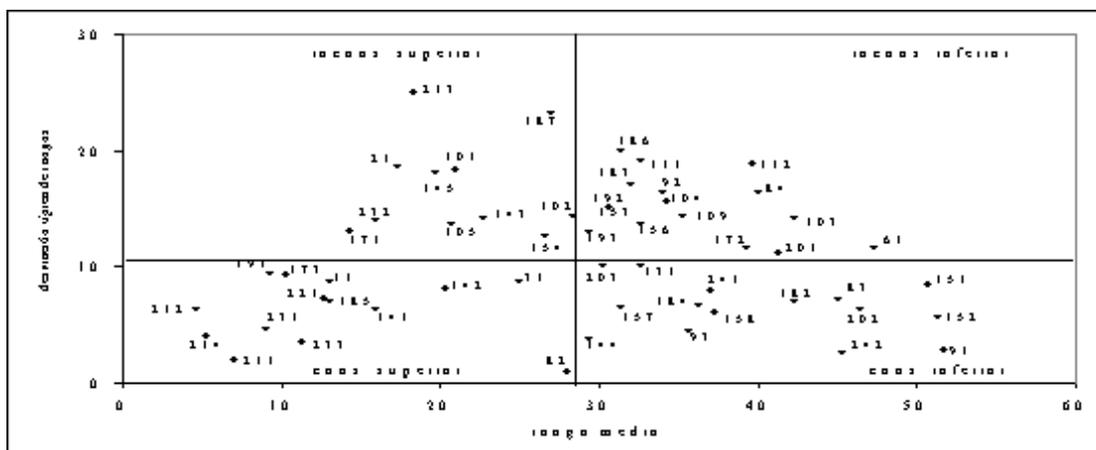


Figura 2. Consistencia de las procedencias para la altura total en las tres localidades

Tabla 5. Valores promedio estimados para el conjunto de las localidades y resultados de los test de medias

Región de procedencia	T. Municipal	procedencia	Altura total (cm)	diámetro (cm)	nº ciclos/año	
1. Alta Cataluña	Cabanellas	11	110,130	abcde	29,744	3,0264 abc
2. Cataluña litoral	Tivisa	21	103,860	abcdef	29,157	2,7954 abc
3. Cataluña interior	San Salvador de Guardiola	31	100,053	abcdef	29,465	2,8665 abc
6. Monegros-Dep. Ebro	Zuera	61	82,760	def	27,368	2,5710 bc
8. Alcarria	Valdeconcha	82	99,150	abcdef	29,552	3,0361 abc
	Alcantud	83	91,983	bcdef	27,897	2,9630 abc
	Colmenar de Oreja	84	88,940	bcdef	26,302	2,8356 abc
9. Maestrazgo-Los Serranos	Cirat	91	86,347	cdef	24,410	2,7224 abc
	Tuéjar	92	94,513	bcdef	26,889	2,9486 abc
	Enguidanos	93	95,590	bcdef	29,825	2,8123 abc
10. Levante Interior	Tibi	101	100,993	abcdef	28,184	3,0235 abc
	Altura	102	100,357	abcdef	32,340	3,2190 abc
	Villa de ves	103	92,033	bcdef	27,726	2,9737 abc
	Jarafuel	104	94,453	bcdef	26,344	2,8022 abc
	Bicorp	105	102,283	abcdef	29,239	2,9497 abc
	lote comercial	109	93,397	bcdef	26,995	2,8643 abc
11. Litoral levantino	Benicasim	111	92,243	bcdef	23,007	2,4509 c
	Gilet	112	93,290	bcdef	25,325	2,8492 abc
13. Sudeste	Villajoyosa	131	97,773	abcdef	26,435	2,9056 abc
14. Bética septentrional	Ricote	141	104,393	abcdef	31,487	3,1807 abc
	Monovar	142	103,573	abcdef	30,428	2,9734 abc
	Monovar	143	100,857	abcdef	27,853	2,9841 abc
	Paterna	144	98,870	abcdef	28,746	3,1239 abc
	Abaran	145	102,197	abcdef	27,925	2,8257 abc
15. Bética meridional	Quentar	151	78,733	f	28,355	2,7084 abc
	Benamaurel	152	81,823	ef	26,101	2,6939 abc
	Velez Blanco	153	100,023	abcdef	28,452	2,8352 abc
	Santiago de la Espada	154	100,860	abcdef	29,824	3,0633 abc
	Quesada	156	96,027	bcdef	29,443	2,9310 abc

	Lorca	157	97,493	abcdef	28,925	2,8001	abc
	Alhama de Murcia	158	93,970	bcdef	27,479	2,8354	abc
17. Sur	Lenteji	171	113,937	abcd	30,944	3,2060	abc
	Carratraca	172	93,980	bcdef	27,854	3,0159	abc
	Frigiliana	173	111,970	abcde	31,874	3,1055	abc
18. Mallorca-Menorca	Palma de Mallorca	182	90,630	bcdef	24,281	2,5841	bc
	Ses Salines	183	97,573	abcdef	27,572	2,9827	abc
	Alcudia	184	97,190	abcdef	26,776	3,0585	abc
	Son Marti	185	108,910	abcdef	28,563	3,0242	abc
	Alcotx	186	99,393	abcdef	30,415	3,0181	abc
	Atalix	187	103,663	abcdef	28,012	2,9614	abc
19. Pitiusas	Cala d'hort	191	111,790	abcde	28,646	3,0096	abc
	Ses Salines	192	99,160	abcdef	26,633	2,7500	abc
	Ses Salandres	193	98,527	abcdef	24,751	2,7048	abc
Valladolid	Valbuena de Duero	201	94,960	bcdef	30,276	2,8849	abc
	Vega de Valdetronco	202	119,280	-	40,111	2,7699	-
	Villavieja de Tordesilla	203	96,290	bcdef	29,458	2,8949	abc
Grecia	Istaia-eyboia	211	116,003	abc	30,466	3,4264	ab
	Amfilohia	212	126,360	a	32,679	3,4213	ab
	Tatoi-attica	213	108,570	abcdef	28,669	3,5341	a
	Kassandra	214	119,660	ab	31,189	3,3438	abc
Francia	Gemenos	221	107,830	abcdef	27,770	3,0044	abc
Italia	Litorale Tarantino	231	112,213	abcde	32,194	3,1479	abc
	Gargano Marzini	232	112,197	abcde	29,669	3,3027	abc
	Gargano Monte Pucci	233	112,437	abcde	29,444	3,1781	abc
Túnez	Thala	241	94,783	bcdef	30,861	3,1701	abc
	Tabarka	242	90,240	bcdef	27,470	2,9807	abc

En términos generales se observa una clara superioridad de las procedencias extranjeras europeas –211 a 233-, que forman un grupo relativamente homogéneo salvo quizás por la dispersión de los rangos de una de ellas –213-. Las dos tunecinas -241 y 242- presentan bajos crecimientos en altura en todas las localidades. En cuanto a las procedencias españolas, la descripción resulta algo más compleja. En líneas generales, cabe destacar el crecimiento de las procedencias catalanas –11, 31 y 21-, en particular las dos primeras, que se muestran dentro del grupo de las superiores en todos los ensayos. Los resultados obtenidos para los orígenes baleares resultan muy heterogéneos; así, destacan la 191 y la 185, mientras que el resto de las poblaciones de estas dos regiones se comportan de manera muy diversa en los ensayos, o próximas o generalmente inferiores al promedio. Las poblaciones de la Bética septentrional –141 a 145- se encuentran, con mayor o menor consistencia, dentro del grupo de las superiores, excepto la número 144. Destacan también dos poblaciones del sur –171 y 173- como de buen crecimiento en altura general, desviándose de ellas la número 172 con peores crecimientos. Las procedencias –101 a 105 y el lote comercial 109- del levante interior, algunas superiores a la media y otras inferiores, muestran inconsistencia en sus rangos al variar de posición de un ensayo a otro; esto podría estar indicando una alta interacción genotipo x ambiente para esta región de procedencia. Lo mismo ocurre con las del Litoral levantino, aunque éstas se muestran claramente inferiores. Resultan muy difíciles de agrupar las poblaciones de la Alcarria –82 a 84- y la Bética meridional –151 a 158-, ya que algunas se muestran muy estables mientras que otras no; no obstante, en ningún caso destacan por sus buenos crecimientos: en algún caso se muestran algo superiores al promedio y en la mayoría inferiores. Por último, las procedencias de Maestrazgo-Los Serranos –91 a 93-, la de Monegros –61- y las de origen repoblado –201 a 203- presentan posiciones en la parte inferior de la escala todas las localidades.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten afirmar que existen diferencias significativas entre procedencias para el crecimiento en altura y el número de ciclos formados por año. La marcada variación de crecimiento entre localidades muestra la gran plasticidad fenotípica del pino carrasco, fruto de su particular patrón de crecimiento, cuyo conocimiento deberá profundizarse. A pesar de tratarse de una evaluación precoz, las poblaciones griegas, francesas e italianas ensayadas podrían resultar interesantes a la hora de elegir el origen de las semillas para repoblaciones, tanto por su crecimiento, como por su relativa estabilidad. No se ha observado hasta la fecha un patrón de

variación geográfico claro en el comportamiento de las procedencias españolas para la altura total, pero existen diferencias que deben de estudiarse con más detalle.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a Carmen Oribe por la ayuda proporcionada en la medición de los ensayos. M.R. Chambel disfruta de una beca predoctoral de la Agencia Española de Cooperación. Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto FAIR-CT95-0097.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLUÉ ANDRADE, J.L.; (1990). *Atlas fitoclimático de España*. INIA. Madrid, 233pp.
- OLIVER, CH.D. & LARSON, B.C.; (1996). *Forest Stand Dynamics*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- PRADA, M.A.; (1999). *Mejora genética de Pinus halepensis Mill. en la Comunidad Valenciana*. Tesis Doctoral. ETSIM-UPM. 156 pp.
- QUEZEL, P.; (1986). Les pins du groupe "halepensis". Ecologie, végétation, ecophysiologie. *En: Le pin d'alep et le pin brutia dans la sylviculture mediterraneenne*. Seminaire 1985. Options Mediterraneenes CIHEAM 86/1, Paris. 209 pp.
- WILLIAMS; E.R. & MATHESON, A.C.; (1994). *Experimental design and analysis for use in tree improvement*. CSIRO, Melbourne. 169 pp.