

ENSAYO DE PROCEDENCIAS ESPAÑOLAS Y ALEMANAS DE *PINUS SYLVESTRIS* L.: COMPORTAMIENTO EN VIVERO Y SUPERVIVENCIA EN MONTE (*)

DOLORES AGÚNDEZ ¹, R. ALÍA ¹, R. STEPHAN ², L. GIL ³ y J. A. PARDOS

RESUMEN

El presente trabajo ofrece los primeros resultados de un ensayo de procedencias de pino silvestre iniciado en 1987. Un total de 16 procedencias españolas y 7 alemanas se instalaron en dos viveros, situados en Valsaín (España) y Grosshansdorf (Alemania), y en parcelas de ensayo en monte. Para la comparación de las distintas poblaciones, se han analizado caracteres relacionados con la germinación, el comportamiento en vivero y la supervivencia en las parcelas de monte.

Los resultados obtenidos demuestran la existencia de diferencias entre las procedencias españolas y las alemanas. En relación con la emergencia de las plántulas, existe un desfase entre ambos grupos. Las ibéricas, en el vivero de Valsaín, son más tempranas, más homogéneas, presentan porcentajes de emergencia mayores y su mortalidad durante el primer año es menor que la de las poblaciones alemanas.

En los dos viveros, las procedencias españolas tienen mayor crecimiento durante el primer año, pero a partir del segundo son superadas por las alemanas. Dentro de los orígenes españoles, las procedencias del Sistema Central tienen un crecimiento similar al grupo centroeuropeo. En Valsaín, las procedencias alemanas son más precoces en el inicio del crecimiento que las ibéricas.

Las procedencias españolas son más susceptibles al ataque de *Lophodermium seeditiosum*. El daño producido por el hongo y una fuerte sequía en el año de instalación han dado lugar a la alta mortalidad de las parcelas situadas en Alemania. En España, la supervivencia durante el primer año tras la plantación es del 80% de media. Actualmente existe una red de 7 parcelas de ensayo de procedencias de *Pinus sylvestris* L. en España.

INTRODUCCION

Pinus sylvestris L. presenta el área de distribución más extensa de todas las especies del género *Pinus*. Se encuentra de forma natural desde el Oeste de Asia al Sur de la Península Ibérica. En España y en Alemania es una especie de gran importancia forestal como consecuencia de la superficie ocupada y de su uso en los programas de repoblación (PARDOS y STEPHAN, 1988).

Los estudios realizados sobre la variación de *Pinus sylvestris* L. en caracteres morfológicos, adaptación al medio y producción han llevado al reconocimiento de numerosas variedades (PRAVDIN, 1964; PRZYBYLSKI *et al.*, 1976; RUBY y WRIGHT, 1976). En Alemania, GAUSSEN (1960) reconoce siete variedades de pino silvestre. En la revisión del género *Pinus*, GAUSSEN *et al.* (1964) distinguen cuatro variedades de la especie en España, aunque son de difícil separación, basándose únicamente en caracteres anatómicos y morfológicos (GALERA, 1993).

Las procedencias españolas y las procedencias del Este de Europa forman dos grupos muy distintos y heterogéneos, según estudios de isoenzimas (PRUSGLOWACKI y STEPHAN, 1993) y de composición terpenica (PARDOS *et al.*, 1990). Estas diferencias se manifiestan en caracteres de crecimiento. Así las procedencias alemanas suelen ser más vigorosas que las españolas (WRIGHT y BULL, 1963; KING, 1965; HAMILTON *et al.*, 1971).

(*) Trabajo realizado dentro del proyecto de investigación núm. 8.600 de I.N.I.A.-I.C.O.N.A. «Mejora Genética de Coníferas».

¹ Dpto. Sistemas Forestales. C.I.T.-I.N.I.A. Apdo. 8.111, 28080 Madrid (España).

² Federal Research Centre for Forestry and Forest Products, Institute for Forest Genetics. Sieker Landstr. 2, D-22927 Grosshansdorf, Germany.

³ Dpto. de Silvopascicultura. E.T.S.I. Montes. Ciudad Universitaria, s/n. 28040 Madrid (España).

El uso del material forestal de reproducción se basa en el reconocimiento de regiones de procedencia de la especie, basándose en la variación existente, ecológica y morfológica, y la separación geográfica. En España se distinguen 17 regiones de procedencia (CATALÁN, 1991) y en Alemania 23. Estas divisiones necesitan ser comprobadas en caracteres relacionados con la adaptación, la producción y la calidad de las masas que las diferencian.

El estudio de procedencias de *Pinus sylvestris* L. presenta como objetivo principal conocer la variación genética en caracteres de adaptación y de producción, con el fin de definir su uso en las repoblaciones y programas de mejora genética.

En el presente trabajo se analizan los primeros resultados de un ensayo hispano-alemán: com-

portamiento en vivero y supervivencia en parcelas de monte tras su instalación.

MATERIAL Y METODOS

Procedencias utilizadas

Las características geográficas de las procedencias estudiadas se recogen en la Tabla I, donde se indica su localización y la región de procedencia a la cual pertenecen. En la Figura 1 queda reflejada la situación de las procedencias españolas. La recolección de la semilla se realizó en masas naturales, muestreando lugares de condiciones medias (AGÚNDEZ *et al.*, 1992), excepto para la procedencia de Navarra, cuyo material se obtuvo de las corras efectuadas en el monte. La semilla correspondiente a las procedencias alemanas pro-

TABLA I
PROCEDENCIAS UTILIZADAS EN EL ESTUDIO

Código (*)	Localización	Región de Procedencia	Altitud (m)	Latitud (N)	Longitud
Ibéricas					
1	Puebla de Lillo (LE)	Alto Valle del Porma	1550	43°04'	5°15' W
2	San Zadornil (BU)	Alto Ebro	1000	42°50'	3°11' W
4	Morrano (HU)	Prepirineo montano seco	700	42°12'	0°06' W
5	Borau (HU)	Pirineo montano húmedo	1550	42°42'	0°35' W
7	Pobla de Liller (B)	Prepirineo Catalán	1100	42°14'	1°58' W
8	Covaleda (SO)	Mont. Soriano-Burgalesa	1550	41°56'	2°48' W
9.1	Galve de Sorbe (GU)	Sierra de Ayllón	1400	41°15'	3°07' W
9.2	Campisabalos (GU)	Sierra de Ayllón	1400	41°13'	3°12' W
10.1	Valsaín (SG)	Sierra de Guadarrama	1550	40°49'	4°01' W
10.2	Navafria (SG)	Sierra de Guadarrama	1600	41°00'	3°50' W
11	Navarredonda (AV)	Sierra de Gredos	1550	40°21'	5°07' W
12	Orihuela (TE)	Montes Universales	1750	40°31'	1°38' W
14	Gúdar (TE)	Sierra de Gúdar	1700	40°25'	0°41' W
15.1	Castell Cabres (CS)	Sierra de Tortosa y Beceite	1150	40°45'	0°12' E
15.2	La Cenia (T)	Sierra de Tortosa y Beceite	1100	40°45'	0°03' E
17	Baza (GR)	Sierra Penibética	2050	37°22'	2°51' W
Alemanas					
19	Gartow	Niederdeutsches Tiefland, Ost	50	53°02'	11°25' E
20	Otterberg	Pfälder Wald	300	49°30'	7°45' E
21	Wolfgang	Rhein-Main-Gebiet und Oberrheinische Tiefebene	177	50°09'	9°03' E
22	Wiesentheid	Fränkische Platte, Mittelfränk. Keupergebiet, Neckarland	220	49°48'	10°21' E
23	Hauptsmoorwald	Hassberge, Steigerwald Bamberger Hauptsmoorwald	350	49°50'	10°55' E
24	Selb	Gebiet d. nordostbayerischen Höhenkiefer	570	50°12'	12°10' E
25	Laufen	Alpen, Höhenlage	>900	Huerto Semillero	

(*) El código de las procedencias ibéricas se refiere al número de la región de procedencia tomado de CATALÁN (1991), seguido de un número de orden.

viene de rodales selectos de seis regiones de procedencia y de un huerto semillero (Laufen).

Variables medidas en vivero

En cada país se realizó un ensayo de germinación en condiciones controladas siguiendo las normas internacionales. Se utilizaron 100 semillas por procedencia en 4 lotes, sometidas a una temperatura de 20° C. Los conteos se realizaron cada 7 días.

El vivero de Grosshansdorf (Alemania) está situado a 53°40' N, 10°17' E y 45 m de altitud. Para la siembra se utilizaron 20 grs/procedencia en 3 repeticiones. En 20 plantas por repetición de cada procedencia se midieron la longitud del sistema radical (LSR) transcurrido el primero año (1989) y la altura correspondiente al primero (1989), segundo (1990) y tercer año (1991), que se denominan HT1, HT2 y HT3, respectivamente.

En el invierno de 1991-92, el ensayo en Alemania sufrió un ataque del ascomiceto *Lophodermium seditiosum*. Su incidencia se evaluó en marzo de 1992 según la siguiente escala:

- 0 = sin síntomas
- 1 = algunas acículas marrones
- 2 = infección moderada, 10-50% de las acículas marrones
- 3 = infección de moderada a alta, 50-100% de las acículas marrones
- 4 = infección muy fuerte, todas las acículas marrones o secas.

En España, el vivero está situado en Valsaín (Segovia) a 4°49' N, 4°01' W y 1.350 m de altitud (Figura 1). En mayo de 1989 se realizó una primera siembra con 1.000 piñones por procedencia. Al finalizar el segundo año se tomaron medidas en 20 plantas por procedencia de la longitud del sistema radical (LSR), diámetro en el cuello de la raíz (DCR), altura del primer (1990) y segundo año (1991), designadas por HT1 y HT2, respectivamente; longitud de 5 acículas (LACIC) y longitud de la yema terminal (LYT). El 3 de abril de 1990 se hizo una evaluación del estado fenológico de la brotación. En un número medio de 30 plantas por procedencia se determinó el porcentaje de plantas con yemas no elongadas (PYNE).

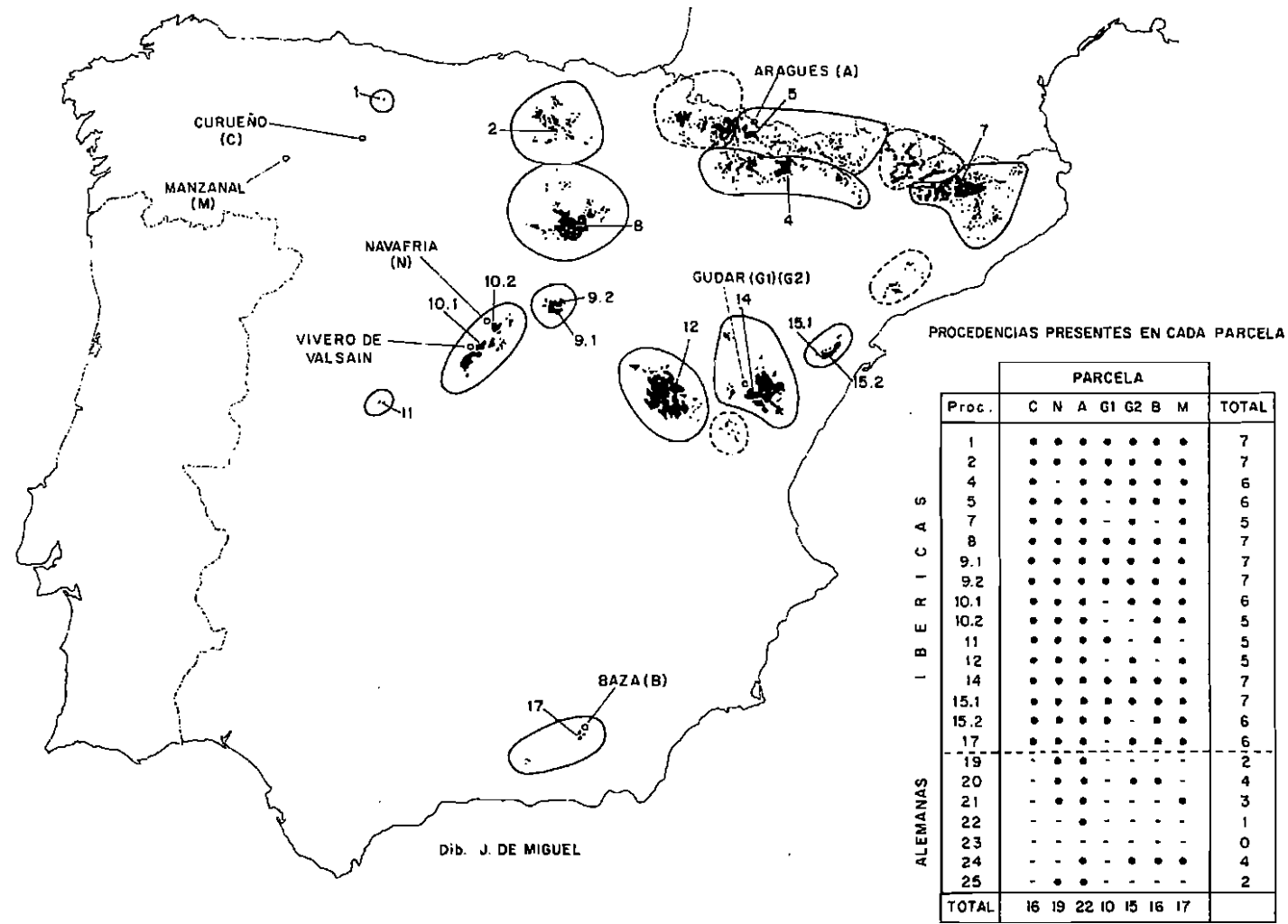
En este mismo vivero se realizó una segunda siembra en abril de 1990, utilizando un diseño con 4 repeticiones de 250 semillas por procedencia y bloque. Periódicamente (inicialmente dos veces por semana) se hicieron conteos para evaluar la emergencia y supervivencia de las plántulas. A partir de los datos obtenidos, las variables determinadas al final del primer período vegetativo (noviembre de 1990) son las siguientes: Emergencia (EM), Supervivencia (SU), Tiempo mitad (TM), que representa el número de días desde la siembra hasta obtener el 50% de la emergencia total (EM), y porcentaje de semillas transformadas en plántulas al final del primer período vegetativo (STP).

Para cada variable se presentan los valores descriptivos por procedencia. Se efectuó un análisis de varianza considerando los efectos procedencia y bloque. Con el conjunto de valores medios por procedencia a partir de los datos obtenidos en el vivero de Valsaín, se ha efectuado un análisis de componentes principales (AFIFI y AZEN, 1972), con objeto de estudiar la distribución de las procedencias según los dos primeros componentes y la relación entre las variables.

Instalación de las parcelas en monte

En Alemania se instalaron 5 parcelas con 6 6 7 procedencias alemanas y 7 españolas (Borau, Pobra de Liller, Covaleda, Valsaín, Orihuela del Tremendal, Gúdar y Baza). El diseño consta de 3 repeticiones con 16 plantas de tres savias por bloque y procedencia, situadas con un espaciamiento de 1,5 X 1,5 m. Antes de finalizar el año 1992 se revisaron las cinco parcelas, con el fin de conocer la supervivencia de las distintas procedencias.

En España se instalaron 7 parcelas en dos etapas: en 1990/91 cinco parcelas y en 1991/92 dos parcelas (Gúdar-2 y Manzanal), utilizando planta de dos savias. El diseño adoptado fue el de bloques completos al azar, con 4 bloques, 16 individuos por procedencia y bloque, situados a un marco real de 2,5 X 2,5 m. En la Figura 1 se refleja la situación de las parcelas, así como las procedencias representadas en cada una. De las 22 procedencias ensayadas, 7 están presentes en todas las parcelas. Este diseño incompleto se debe a la escasez de planta obtenida de determinadas pro-



PROCEDENCIAS PRESENTES EN CADA PARCELA

Proc.	PARCELA							TOTAL
	C	N	A	G1	G2	B	M	
1	•	•	•	•	•	•	•	7
2	•	•	•	•	•	•	•	7
4	•	•	•	•	•	•	•	6
5	•	•	•	•	•	•	•	6
7	•	•	•	•	•	•	•	5
8	•	•	•	•	•	•	•	7
9.1	•	•	•	•	•	•	•	7
9.2	•	•	•	•	•	•	•	7
10.1	•	•	•	•	•	•	•	6
10.2	•	•	•	•	•	•	•	5
11	•	•	•	•	•	•	•	5
12	•	•	•	•	•	•	•	5
14	•	•	•	•	•	•	•	7
15.1	•	•	•	•	•	•	•	7
15.2	•	•	•	•	•	•	•	6
17	•	•	•	•	•	•	•	6
19	-	-	-	-	-	-	-	2
20	-	-	-	-	-	-	-	4
21	-	-	-	-	-	-	-	3
22	-	-	-	-	-	-	-	1
23	-	-	-	-	-	-	-	0
24	-	-	-	-	-	-	-	4
25	-	-	-	-	-	-	-	2
TOTAL	16	19	22	10	15	16	17	

Fig. 1. Localización de las procedencias, vivero y parcelas instaladas (en España). Presencia de las procedencias en las distintas parcelas.

cedencias. Hauptsmoorwald no produjo planta suficiente para su instalación en ninguna parcela.

Periódicamente se han realizado revisiones de las parcelas, conteos de marras y reposición de las mismas.

RESULTADOS

Germinación y emergencia de las plántulas

Los resultados de germinación en laboratorio y de emergencia en el vivero de Valsaín se muestran en la Tabla II.

La germinación en condiciones controladas fue muy rápida en todos los casos, estabilizándose prácticamente a los 14 días. Alcanza valores muy altos, superiores al 80%, excepto en dos procedencias: la núm. 5 (52%) y la núm. 23 (35%). Existe variación para el conjunto del ensayo; así las procedencias 2, 4, 9.2, 17, 22 y 25 tienen una germinación lenta en laboratorio, con menos del 60% del total lograda a los siete días. Las procedencias 1, 9.1, 10.1, 19, 20, 23 y 24 germinan rápidamente, alcanzando más del 85% de la germinación total a los siete días.

TABLA II
PORCENTAJES DE GERMINACIÓN EN LABORATORIO A LOS 7, 14 Y 21 DÍAS Y VALORES DE EMERGENCIA Y SUPERVIVENCIA EN EL VIVERO DE VALSAIN (EN %)

Procedencia	Germinación			EM	SU	STP	TM
	7 días	14 días	21 días				
Ibéricas							
1	77	84	86	47.0	69.5	33	19.9
2	46	96	98	45.0	69.2	31	19.9
4	25	78	80	50.0	77.8	39	22.2
5	42	52	52	38.0	63.6	24	20.1
7	73	85	93	33.7	61.1	21	20.9
8	67	80	80	41.7	68.8	29	19.9
9.1	84	96	96	36.0	62.8	23	20.5
9.2	44	95	97	53.2	72.9	39	21.1
10.1	89	96	96	48.0	59.8	29	20.1
10.2	—	—	—	34.2	70.0	24	22.4
11	59	94	96	42.5	67.6	29	19.9
12	60	86	89	36.5	60.9	22	19.4
14	66	91	93	53.2	71.5	38	20.3
15.1	58	83	91	48.5	62.8	30	19.6
15.2	63	99	100	29.2	71.5	21	18.6
17	50	85	88	36.2	60.0	22	19.5
Media I.	60	87	89	42.0	66.9	28	20.3
Alemanas							
19	78	82	82	33.7	54.1	18	20.7
20	78	87	89	29.2	49.3	14	26.3
21	61	85	87	34.7	58.3	20	23.9
22	48	81	83	27.7	55.3	15	27.9
23 (*)	34	35	35	13.7	46.1	6	57.7
24	86	86	86	41.5	58.4	24	21.6
25	33	81	83	15.7	45.9	7	29.5
Media A.	64	84	85	30.4	53.5	16	25.0
Media T.	61	86	88	38.8	63.2	25	21.6

(*) No considerada la procedencia núm. 23 en el cálculo de las medias

EM: Emergencia.

SU: Supervivencia (%) de las plántulas emergidas.

STP: Porcentaje de semillas convertidas en plantas útiles.

TM: Tiempo mitad, núm. de días en que se alcanza el 50% de la emergencia total.

En vivero, sin embargo, los valores de nascencia son notablemente menores. Se ha excluido la procedencia Hauptsmoorwald, por tener una emergencia claramente diferente del resto, con un retraso en el valor mitad de 22 días y una emergencia final del 45% de la media de las procedencias alemanas.

Las procedencias alemanas muestran en España un retraso en la emergencia, medido a través del tiempo mitad (momento en el que se alcanza el 50% de la emergencia total), que presenta valores de 25.0 ± 3.5 días, y una emergencia final media del $30.4 \pm 7.0\%$. Las procedencias españolas son algo más tempranas y homogéneas en la nascencia (tiempo mitad de 20.2 ± 0.98 días) y alcanzan una emergencia final superior ($42.3 \pm 7.4\%$).

La supervivencia final en vivero respecto de las plántulas emergidas es del 53.5 ± 4.6 para las procedencias alemanas y del 66.9 ± 5.3 para las españolas (Tabla II).

Crecimiento en vivero

Los resultados correspondientes al ensayo realizado en Alemania se muestra en la Tabla III y el efectuado en el vivero de Valsaín en la Tabla IV. Las diferencias entre procedencias son estadísticamente significativas para todos los caracteres analizados.

En general las plántulas de un año de las procedencias españolas son más altas que las alemanas, cambiando esta tendencia en el segundo año. Las procedencias comunes en Alemania y en España, ordenadas de mayor a menor altura, ofrecen una distribución similar en ambos viveros, aunque el crecimiento a los dos años es superior en Valsaín.

En Grosshansdorf la altura de las plantas de tres años varía entre 16.1 cm (Gúdar) y 36.2 cm (Wolfgang). Las procedencias alemanas se ordenan en las primeras posiciones, siendo Laufen, procedencia alpina de altitud superior a los 900 m, la que pre-

TABLA III
ALTURA, LONGITUD DEL SISTEMA RADICAL Y RESISTENCIA A *LOPHODERMUM SEDITIOSUM* EN EL VIVERO DE GROSSHANSDORF

Procedencia	Altura (cm)						LSR		Lophodermium	
	HT1	Orden	HT2	Orden	HT3	Orden	cm	Orden	MED	Orden
Ibéricas										
5	4.0	11	6.4	13	17.8	13	21.7	2	3.08	13
8	4.9	5	8.6	6	25.4	8	23.1	1	2.70	8
10.1	5.8	1	8.8	5	27.1	6	20.7	4	2.12	7
12	5.0	4	7.4	8	21.4	11	18.3	6	2.73	9
14	4.1	10	6.7	12	16.1	14	18.2	7	2.77	10
15.1	5.4	2	7.3	10	21.9	10	16.9	9	3.25	14
17	4.5	7	6.4	13	18.4	12	20.9	3	3.07	12
Media I	4.8		7.4		21.1		20.00		2.82	
Alemanas										
19	4.4	9	9.7	2	34.9	3	17.6	8	1.37	3
20	4.8	6	8.4	7	29.9	5	18.5	5	1.60	5
21	5.2	3	10.0	1	36.2	1	16.3	10	1.02	1
22	4.5	7	9.4	3	32.1	4	16.1	12	1.80	6
23	2.8	14	9.0	4	35.2	2	12.7	14	1.15	2
24	4.0	11	7.3	10	26.4	7	15.4	13	1.38	4
25	3.9	13	7.3	10	22.7	9	16.2	11	3.00	11
Media A.	4.2		8.7		31.0		16.1		1.62	
Media T.	4.5		8.0		26.0		18.0		2.22	

HT1, HT2, HT3: Alturas correspondientes a los tres primeros años en vivero.

LSR: Longitud del sistema radical después del primer año.

MED: Valor medio de la incidencia de *L. seditiosum* (0: sano, 4: infección fuerte).

TABLA IV
 ALTURA, DIAMETRO DEL CUELLO DE LA RAIZ, LONGITUD DEL SISTEMA RADICAL, DE ACICULAS Y DE LA YEMA TERMINAL Y PORCENTAJE DE YEMAS NO ELONGADAS EN EL VIVERO DE VALSAIN (EN PLANTAS DE DOS AÑOS)

Procedencia (*)	Altura (cm)				LSR		DCR		LACIC		LYT		PYNE	
	HT1	Orden	HT2	Orden	cm	Orden	mm	Orden	cm	Orden	mm	Orden	%	Orden
Ibéricas														
1	3.3	3	14.0	14	25.5	5	5.0	11	5.2	10	13.8	10	11.8	13
2	2.7	15	16.4	7	26.9	2	5.3	7	5.8	7	15.5	6	66.7	4
4	2.8	11	11.9	22	20.5	20	3.0	22	4.4	20	9.7	20	56.2	—
5	2.8	11	13.5	17	25.8	4	4.4	14	4.3	21	12.7	13	100.0	—
7	2.7	15	12.9	18	19.8	22	3.0	22	4.7	14	8.6	21	100.0	1
8	3.1	4	15.1	10	22.1	18	3.3	20	4.1	22	8.3	22	65.2	5
9.1	2.9	7	16.1	8	23.6	17	5.0	11	5.0	11	14.3	9	17.0	11
9.2	2.6	16	13.9	15	20.2	21	3.5	19	4.4	20	10.0	19	52.0	7
10.1	3.5	1	18.6	5	21.8	19	3.9	18	4.5	17	11.0	16	21.0	10
10.2	3.4	2	19.2	4	29.4	1	5.6	6	5.3	9	13.1	12	33.3	8
11	2.4	17	17.3	6	25.5	6	5.2	8	4.7	14	13.2	11	0.0	17
12	2.7	15	12.4	21	24.5	11	4.2	15	4.8	12	11.3	15	78.9	—
14	2.8	11	13.7	16	24.9	9	5.0	11	5.7	8	14.8	7	45.4	3
15.1	2.7	15	12.6	19	25.8	4	4.1	16	4.5	17	10.4	18	44.4	—
15.2	2.8	11	14.5	12	23.8	16	4.0	17	4.5	17	12.0	14	95.4	3
17	3.0	5	12.5	20	24.9	9	4.6	13	4.4	20	10.9	17	53.8	6
Medias I	2.9		14.7		24.1		4.3		4.8		11.8			
Alemanas														
19	2.3	19	21.0	1	24.3	13	6.6	2	8.9	2	16.5	4	16.7	12
20	2.3	19	20.3	2	24.8	10	6.7	1	10.4	1	17.9	2	0.0	17
21	2.9	7	20.2	3	24.8	9	6.5	3	8.5	3	15.9	5	7.1	14
22	2.2	20	14.7	11	24.1	14	4.8	12	7.4	4	14.3	9	25.8	9
24	1.9	22	15.6	9	24.4	12	6.2	4	6.9	5	18.2	1	0.0	17
25	2.1	21	14.4	13	23.8	16	5.9	5	6.1	6	17.0	3	14.0	13
Medias A.	2.3		17.7		24.4		6.1		8.0		16.6			
Medias T.	2.7		15.5		24.1		4.8		5.6		13.1			

(*) La procedencia núm. 23 no se considera por número de plantas reducido.

HT1, HT2: Alturas correspondientes a los dos primeros años en vivero.

ISR: Longitud del sistema radical.

DCR: Diámetro del cuello de la raíz.

LACIC: Longitud de las acículas de dos años.

LYT: Longitud de la yema terminal.

PYNE: Porcentaje de yemas no elongadas al principio del segundo período vegetativo.

Para las procedencias en las que no se indica el orden se han realizado las observaciones en un número menor de 20 plantas.

senta un crecimiento menor. Las españolas muestran en general un crecimiento inferior, aunque Valsaín y Covaleda tienen una altura similar a la procedencias alemanas de menor crecimiento. La longitud del sistema radical durante el primer año es mayor en las procedencias españolas que en las alemanas, siguiendo un orden similar a la altura durante el primer año. La longitud varía entre 12.7 cm (Hauptsmoorwald) y 23.1 cm (Covaleda).

La Figura 2 refleja la altura obtenida por las distintas procedencias en el vivero de Valsaín. Puede apreciarse la diferencia entre procedencias españolas y alemanas. La altura alcanzada a los dos años varía entre los 11.9 cm de la procedencia de Lillo y los 21 cm de Gartow. Dentro de las ibéricas, las del Sistema Central tienen un crecimiento similar a las alemanas. Las procedencias con mayor altura suelen ser más vigorosas, con un

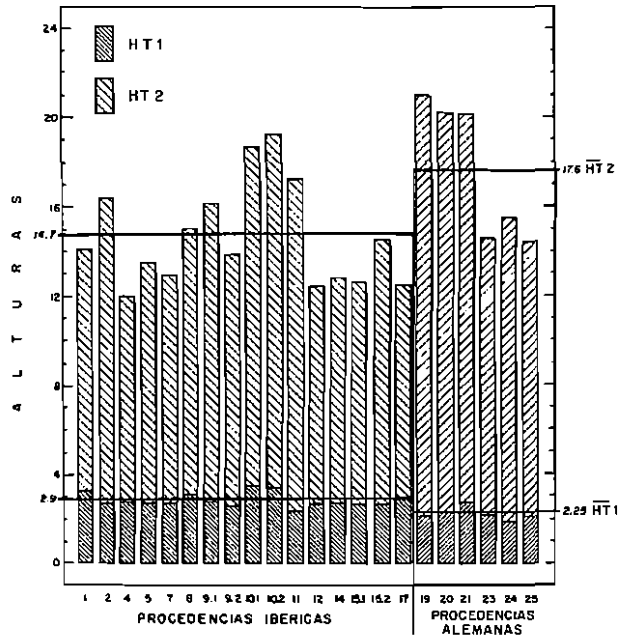


Fig. 2. Altura de las procedencias españolas y alemanas alcanzada a los dos años de vivero en Valsain (Segovia).

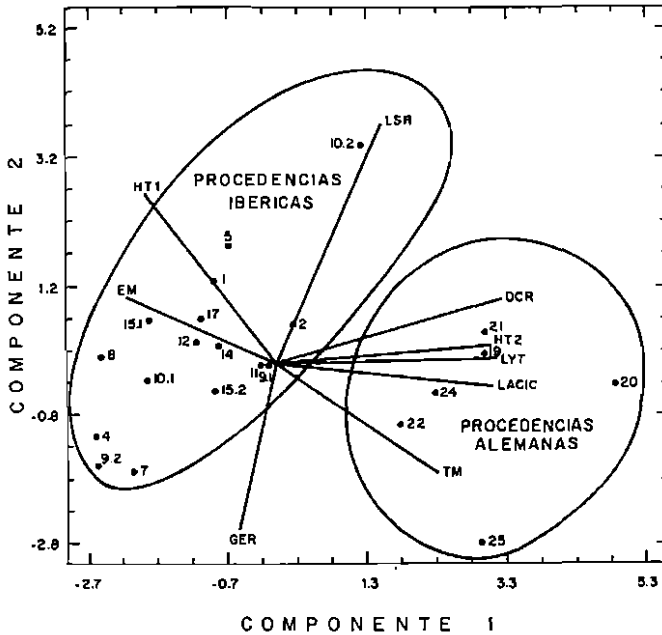


Fig. 3. Análisis de componentes principales: relación entre las distintas variables y agrupación de las procedencias.

mayor diámetro, yemas más grandes y acículas mayores. No se ha considerado Hauptstmoorwald debido al escaso número de plantas existentes.

A partir del análisis de componentes principales se ha obtenido la relación entre las variables y la agrupación de las procedencias, representado en la Figura 3 mediante un gráfico biplot. Se observan dos grupos claramente diferenciados, uno formado por las procedencias alemanas y otro por las españolas. Dentro del primero, la procedencia 20, con una mayor longitud de acículas, y la procedencia 25, con un tiempo mitad elevado, se separan del centro del grupo. Las procedencias españolas muestran una proximidad que puede reflejar condiciones ecológicas similares, como es el grupo Sistema Ibérico y Central, grupo del Prepirineo montano seco y catalán, aunque la separación entre ciertas procedencias próximas geográficamente (9.1 y 9.2, 10.1 y 10.2) señalan la importancia de efectos locales en el comportamiento en vivero.

En relación con la fenología de la brotación se ha tomado como referencia la procedencia Valsain por ser la más adaptada a las condiciones del vivero. Presenta el 21% de plantas con yemas no elonga-

das en esa fecha, con un intervalo de confianza del 95% de (9-37%). Por tanto, las procedencias alemanas son en general más precoces, y estarán peor adaptadas a estas condiciones. En general, las españolas comienzan el crecimiento más tarde. Sólo algunas procedencias del Sistema Central (núms. 10.2 y 9.1) presentan valores similares a Valsain y la núm. 11 es más precoz que ésta (Tabla IV).

La incidencia del ataque de *Lophodermium seditionum* en Grosshansdorf fue visible durante el invierno templado de 1991/92. En los dos primeros años (1989/90) todas las plantas estaban sanas. Las procedencias alemanas tenían un color verde, las españolas un verde oscuro o azulado. La enfermedad se desarrolló epidémicamente en la primavera de 1992. En marzo de 1992 las diferencias entre las procedencias fueron muy evidentes (Tabla III) y significativas, no siendo así para la variación intrapoblacional. La evaluación efectuada demostró que en ese momento las procedencias alemanas eran menos susceptibles que las españolas. La procedencia alemana de Laufen sufrió también un grado de ataque alto.

Comportamiento en parcelas de ensayo en monte
La supervivencia al final del primer período vege-

TABLA V
SUPERVIVENCIA EN LAS PARCELAS DE ALEMANIA AL FINAL DE 1992 (EN %)

Procedencia (*)	Parcela de Ensayo			Media	Orden
	Waldsiedersdorf	Trenthorst	Grosshansdorf		
Ibéricas					
5	0.0	6.2	0.0	2.1	11
8	2.1	10.4	19.4	10.6	8
10.1	14.6	18.7	6.2	13.2	7
12	0.0	20.8	50.0	23.6	6
14	10.4	2.1	15.7	9.4	9
15.1	0.0	0.0	0.0	0.0	13
17	0.0	0.0	18.8	6.3	10
Media I.	3.3	8.3	15.7	9.1	
Alemanas					
19	27.1	37.5	78.1	47.6	4
20	27.1	62.5	71.9	53.8	2
21	29.2	56.2	90.7	58.7	1
22	35.4	31.2	42.9	36.5	5
24	25.0	62.5	71.9	53.1	3
25	0.0	0.0	3.1	1.1	12
Media A.	24.0	41.6	59.8	41.8	
Media T.	13.1	25.0	37.8	25.3	

(*) La procedencia núm. 23 no se considera por número de plantas recudido para su plantación.

tativo para tres de las cinco parcelas instaladas en Alemania se muestra en la Tabla V. En las otras dos parcelas, la mortalidad alcanzó cerca del 100% para todas las procedencias, por lo que no se han incluido en la tabla. Además del ataque severo de *Lophodermium seditiosum*, el ensayo sufrió un período seco inusual y extremadamente largo. En especial la parcela de Otterberg fue plantada en un suelo seco y arenoso, lo que favoreció el aumento de la mortalidad. De todas formas, los resultados de tres parcelas demostraron la existencia de diferencias significativas entre las procedencias. Así, las alemanas, excepto la procedencia alpina de Laufen, tienen una supervivencia mayor que las españolas (aproximadamente el doble).

En las parcelas instaladas en España, las procedencias no muestran diferencias en la supervivencia evaluada al año de su establecimiento en monte (Tabla VI). Esta se mantiene constante y próxima al 80% en todas las parcelas, excepto en

la de Gúdar. La mortalidad elevada en esta parcela se debió a un verano extremadamente seco tras su instalación, que actuó desfavorablemente sobre todas las procedencias presentes en el ensayo.

DISCUSION

La rapidez de la germinación, principalmente en condiciones no controladas, puede ser un buen indicador de la adaptación de las procedencias. En el ensayo realizado se comprueba que existen diferencias entre las procedencias españolas y las alemanas. Las ibéricas presentan una nascencia más temprana en el vivero de Valsaín, alcanzando valores mayores de emergencia y supervivencia de las plántulas; la longitud del sistema radical es también superior, de forma más acusada durante el primer año. De esta manera, las plántulas de las procedencias españolas alcanzan un buen desarrollo que les permite superar con éxito

TABLA VI
SUPERVIVENCIA EN LAS PARCELAS EN ESPAÑA UN AÑO DESPUES DE LA PLANTACION (EN %)

Procedencia	Parcela de Ensayo						
	Aragües	Baza	Curueño	Gúdar 1	Gúdar 2	Manzanal	Navafria
Ibéricas							
1	78.33	81.25	93.75	26.56	82.81	95.31	79.69
2	90.00	93.75	93.75	35.94	76.56	90.63	84.37
4	90.00	90.63	90.63	68.75	75.00	93.75	—
5	93.33	100.00	93.75	—	60.94	95.31	87.50
7	91.67	—	90.63	—	73.44	92.19	79.69
8	96.67	92.19	82.81	70.31	89.06	90.63	95.31
9.1	93.33	82.81	93.75	57.81	64.06	89.06	85.94
9.2	78.33	85.94	87.50	46.88	90.63	93.75	85.94
10.1	95.00	96.88	90.63	—	75.00	92.19	84.38
10.2	83.33	73.44	95.31	—	—	96.88	84.38
11	96.67	89.06	100.00	42.19	—	—	76.56
12	90.00	—	92.19	—	92.19	100.00	89.06
14	86.67	81.25	96.88	42.19	73.44	96.88	92.19
15.1	88.33	92.19	95.31	37.50	76.56	98.44	92.19
15.2	91.67	95.31	93.75	48.44	—	90.63	79.69
17	81.67	100.00	95.31	—	84.38	98.44	76.56
Alemanas							
19	86.67	—	—	—	—	—	76.56
20	88.33	76.56	—	—	76.56	—	60.94
21	90.00	—	—	—	—	96.88	82.81
22	76.67	—	—	—	—	87.50	—
24	85.00	71.87	—	—	62.50	89.06	—
25	85.00	—	—	—	—	—	70.31
Media	88.03	88.28	92.87	47.56	76.87	93.75	81.41

el primer período estival, demostrando así su mayor adaptación a condiciones xerofíticas.

Esta tendencia en el ritmo del crecimiento se invierte posteriormente; en el segundo año, las procedencias alemanas tienen un período vegetativo más largo debido a un comienzo de la brotación más temprano. El efecto de la disminución de la precocidad en el inicio del movimiento de la yema, al considerar las procedencias del Sur respecto de las del Norte, ya fue señalado por WRIGHT y BULL (1963) y GIERTYCH (1991).

La procedencia de Laufen, que tiene su origen en los Alpes, parece no estar adaptada a las condiciones del norte de Alemania, tanto en relación con el crecimiento en altura como por su sensibilidad a *Lophodermium seditiosum*. La inadaptación a ambientes de influencia marina puede también explicar el alto ataque sufrido por las procedencias españolas.

Considerando solamente las procedencias ibéricas, las del Sistema Central se muestran superiores al resto en las condiciones del ensayo, mientras que las pirenaicas, de Sierra Nevada y las más mediterráneas presentan un bajo crecimiento. No puede atribuirse ese mayor crecimiento a efectos maternos. Aunque existe gran variación entre las procedencias españolas en el tamaño de piñas y semillas (AGÚNDEZ *et al.*, 1992), no hay una correlación significativa entre el peso de la semilla y el crecimiento durante los dos primeros años o la germinación para las procedencias españolas. La variación encontrada al analizar varios caracteres en vivero suele ser consistente con la variación fisiológica y morfológica (RUBY, 1967). Esto puede ayudar a interpretar la agrupación geográfica poco clara que resulta del comportamiento en vivero, tal como se manifestaba para las procedencias españolas en caracteres morfológicos.

La relación entre el crecimiento en vivero y el posterior no se demuestra en sentido estricto (LAMBETH, 1980), aunque el valor de las correlaciones juvenil-adulto están influenciadas en gran medida por la diversidad genética de los taxones analizados (NILSSON, 1991), siendo más constantes al considerar procedencias que progenies. Se ha comprobado la inestabilidad del crecimiento en altura durante la vigencia de los experimentos GIERTYCH y OLEKSYN, (1992), aunque la diferen-

cia entre las mejores y peores procedencias puede ser establecida a una edad juvenil y parece que, durante la fase de vivero, pueden ya identificarse aquellas procedencias de mayor crecimiento.

La superioridad en crecimiento en vivero de las procedencias alemanas se comprueba en las dos situaciones ensayadas. Este resultado es similar al obtenido a los 4 y 6 años tras la plantación (HAMILTON *et al.*, 1971). La procedencia alpina de Laufen muestra un bajo crecimiento en los dos ensayos en comparación al resto de las alemanas. Este menor crecimiento se manifiesta también a los 14 años en un ensayo efectuado en Italia (TOCCI, 1976). El buen crecimiento de la procedencia española de Valsáin en los dos ensayos se corresponde con los resultados obtenidos en parcelas a los seis años en Nueva Zelanda (SWEET, 1964). Estos resultados pueden basarse en la existencia de una baja interacción procedencia X sitio para el crecimiento en altura (KING, 1965) y más precisamente para las procedencias españolas (SWEET, 1964).

En estudios realizados en parcelas se ha demostrado que el crecimiento de alguna de las procedencias locales suele ser aceptable, pero que determinadas procedencias de Alemania, o del Norte de Europa en general, suelen ofrecer una buena producción en volumen en todos los sitios (GIERTYCH, 1991; GIERTYCH y OLEKSYN, 1992). Las procedencias más meridionales muestran un crecimiento más lento; así, las de Yugoslavia y Turquía (GIERTYCH y OLEKSYN, 1992), las de España (LINES y MITCHEL, 1965; HAMILTON *et al.*, 1971), las de Italia (TOCCI, 1976).

Las diferencias entre la supervivencia de las diferentes parcelas no son importantes, puesto que están más influidas por las condiciones de la plantación que por la posible adaptación de las procedencias. Normalmente se considera que son necesarios unos diez años para obtener una buena ordenación de las procedencias según su mortalidad (NILSSON, 1991).

CONCLUSIONES

Los primeros resultados del ensayo de procedencias de *Pinus sylvestris* L., enmarcado dentro del Convenio de cooperación hispano-alemán, confirman la existencia de diferencias entre los dos

grupos de procedencias estudiadas, alemanas e ibéricas, y de variación dentro de ambos.

Las procedencias ibéricas presentan durante el primer año valores superiores en cuanto a emergencia, supervivencia, crecimiento en altura y del sistema radical. En el segundo año, las procedencias alemanas obtienen mayor vigor y mayor altura, mostrándose los orígenes de la Sierra de Guadarrama (Valsain y Navafría) y de la Sierra de Gredos (Navarredonda) similares a este grupo.

Las diferencias existentes en caracteres adaptativos como los relacionados con el desarrollo y crecimiento de las plántulas durante el primer año, el inicio de la brotación y la resistencia a *Lopho-*

dermium seditiosum, obligan a estudiar con más detalle la adaptación de las procedencias.

Actualmente se cuenta en España con una red de siete parcelas de procedencias de Pino silvestre que permitirán evaluar la adaptación y crecimiento de las procedencias a largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

La instalación del ensayo ha sido posible gracias a la colaboración de los servicios forestales de León y Segovia (Junta de Castilla y León), Teruel y Huesca (Diputación General de Aragón) y Granada (Junta de Andalucía).

SUMMARY

A Scots pine provenance study was initiated in 1987. Sixteen spanish and seven german seed sources were sown in two nurseries (Valsain, Spain and Grosshansdorf, Germany). 2/0 and 3/0 seedlings were planted to several trial sites. Characters related with germination, nurserie performance and site survival are analysed to compare provenances.

The results show differences between spanish and german provenances. Emergence presents different pattern in both groups in Valsain nursery. Iberic seed sources have an earlier and homogeneous emergence, produce higher percentage of seedlings and first year mortality is lower than german provenances.

Spanish seed sources have a higher first year growth in both nurseries but from second year this situation reverse. Central spanish provenances (Sierra de Guadarrama and Sierra de Gredos) demonstrate having a similar growth to German group. German provenances show an earlier flushing than Iberic ones in Valsain nursery.

BIBLIOGRAFIA

- AFIFI, A. & AZEN, S. P., 1972: *Statistical Analysis: A computer oriented aproach*. Academic Press. New York.
- AGÚNDEZ, D.; ALÍA, R.; DíEZ, R.; GIL, L. y PARDOS, J. A., 1992: «Estudio de la variación de *Pinus sylvestris* L. en España: Características de piñas y piñones». *Investigación Agraria, Serie Sistemas y Recursos Forestales*. 1(2): 151-162.
- CATALÁN, G. (Ed.), 1991: *Regiones de procedencia de Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra* Arn subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco. MAPA, 31 pp + 33 fichas.
- GAUSSEN, H., 1960: «Les gymnospermes actuelles et fossiles». *Trav. Lab. For. Toulouse*. Part II, fase VII, chap. XI.
- GAUSSEN, H.; HEYWOOD, V. H. y CHARTER, A. D., 1964: *Pinus*. En: TUTIN y HEYWOOD (ed), *Flora Europaea*. Cambridge University Press. Vol I.

- GALERA, R., 1993: *Variación morfológica de Pinus sylvestris L. en España: caracteres de acículas, piñas y piñones*. Tesis Doctoral. ETSI Montes. 154 pp.
- GIERTYCH, M., 1991: «Provenance variation in growth and phenology». En: GIERTYCH, M., y MATYAS Cs (ed). *Genetics of Scots pine*. Developments in Plant Genetics and Breeding 3. Elsevier. Amsterdam, pp. 87-101.
- GIERTYCH, M. & OLEKSYN, J., 1992: «Studies on Genetic Variation in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) coordinated by IUFRO». *Silvae Genetica* 41 (3): 133-143.
- HAMILTON, L. S.; HEIT, C. E.; ELIASON, E. J. y CARLSON, D., 1971: «Performance of fifty-five seedlots of Scots pine at two locations in New York». *Proceedings of 17th. Northeastern Forest Tree Improvement Conference*. Pennsylvania State University. pp. 3-10.
- KING, J. P., 1965: «Seed source x environment interactions in Scots pine I. Height growth». *Silvae Genetica*, 14 (4): 105-115.
- LAMBETH, C. C., 1980: «Juvenile-Mature Correlations in Pinaceae and Implications for Early Selection». *Forest Science*. 26 (4): 571-580.
- LINES, R. & MITCHEL, A. F., 1965: «Results of some older Scots pine provenance experiments». *Report on Forest Research 1964, Forestry Commission*. 172-194.
- NILSSON, J. E., 1991: «The value of early testing». En: GIERTYCH, M., y MATYAS Cs (ed). *Genetics of Scots pine*. Developments in Plant Genetics and Breeding 3. Elsevier. Amsterdam. pp. 255-263.
- PARDOS, J. A.; LANGE, W. & WEIBMANN, G., 1990: «Morphological and Chemical aspects of *Pinus sylvestris* L. from Spain». *Holzforschung*, 44 (2): 143-146.
- PARDOS, J. A. y STEPHAN, B. R., 1988: «Distribución del pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) en España y en la República Federal de Alemania y preparación de un ensayo hispano-alemán de procedencias». En *Deutsch-Spanische Zusammenarbeit in der Agrarforschung 1979-1988*. Bubenministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Bonn. pp. 35-50.
- PRAVDIN, L. F., 1964: *Sosna obyknovennaya (Scots pine)*. Nauka, Moskova Scots pine. Variation. Intraspecific Taxonomy and Selection. Trad. por R. Karshon. Jerusalem, 1969.
- PRUS-GLOWACKI, W. & STEPHAN, B. R., 1994: «Genetic variation of *Pinus sylvestris* from Spain in relation to other European populations». *Silvae Genetica*, 43 (1): 7-14.
- PRZYBYLSKI, I.; GIERTYCH, M., y BIALOBOK, S., 1976: «Genetics of Scots Pine-*Pinus sylvestris* L.». *Annales Forestales*. 7/3, 105 p.
- RUBY, J. L., 1967: «The correspondence between genetic, morphological and climatic variations patterns in Scots pine. I. Variation in parental characters». *Silvae Genetica*, 16 (2): 50-56.
- RUBY, J. L. & WRIGHT, J. W., 1976: «A revised classification of geographic varieties in Scots pine». *Silvae Genetica*, 25 (5): 149-232.
- SWEET, G. B., 1964: *Growth of five Spanish provenances of Pinus sylvestris at age six years in New Zealand*. Research Leaflet n.º 4. Rotorua Forest Research Institute, 3 pp.
- TOCCI, A. V., 1976: «Esperienze sulle provenienze del pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.)». *Annali dell'Istituto sperimentale per la selvicoltura*. Vol. VII: 205-232.
- WRIGHT, J. W. & BULL, I., 1963: «Geographic variation in Scots pine». *Silvae Genetica*, 12: 1-40.