

VARIACION DE *PINUS SYLVESTRIS* L. EN ESPAÑA: CARACTERISTICAS DE PIÑAS Y PIÑONES ¹

D. AGUNDEZ

R. ALIA

R. DIEZ

Dpto. Sistemas Forestales. CIT-INIA
Apdo. 8.111, Madrid-28080

L. GIL

J. A. PARDOS

Dpto. Silvopasticultura. ETSI Montes
Ciudad Universitaria s/n. Madrid 28040

RESUMEN

Se estudia la variación fenotípica existente en piñas y piñones de 15 procedencias españolas de *Pinus sylvestris* L., recolectadas en masas naturales, a partir de los siguientes caracteres: longitud, anchura, esbeltez y peso de las piñas, peso de piñones y porcentaje de piñones llenos, vanos y no desarrollados.

Las procedencias muestran diferencias altamente significativas para los caracteres tanto de la forma y tamaño de las piñas como de los porcentajes de semillas llenas, vanas y no desarrolladas. En ambos grupos de caracteres aparece una repetibilidad dentro de árbol entre moderada y alta ($r^2=0,3-0,8$).

Existe una variación continua entre las procedencias analizadas, no manifestándose agrupaciones por motivos geográficos o climáticos. La variación aleatoria parece explicar la mayor parte del comportamiento de estos caracteres en las procedencias españolas.

PALABRAS CLAVE: *Pinus sylvestris*
Procedencia
Variación fenotípica
Piña
Piñón

INTRODUCCION

Pinus sylvestris es una especie forestal con una distribución amplia, que da lugar a una gran variación entre sus masas para numerosos caracteres relacionados con su adap-

Recibido: 6-4-92.

Aceptado para su publicación: 9-7-92.

¹ Estudios realizados dentro del Proyecto ICONA-INIA N.º 8600, y del Consejo Hispano-alemán de Investigación Agraria.

tación y producción, tal como señalan distintos autores (Przybylski *et al.*, 1976; Wright, 1964, 1976).

Taxonómicamente, Gaussen *et al.* (1964) señalan la existencia en España de cuatro variedades dentro de dos de los cinco grupos geográficos diferenciados por estos autores: var. *catalaunica*, var. *iberica* y var. *pyrenaica* dentro del grupo IV; y la var. *nevadensis* en el grupo V. Nicolás y Gandullo (1969) las asocian con los ecotipos diferenciados por ellos al estudiar la relación entre las características edáficas y la altura de las masas. Franco (1986) reconoce, además, la variedad *olivicola* Vayr. localizada en Cataluña.

Los caracteres morfológicos de los árboles madre (Ruby, 1967), así como el comportamiento en ensayos de procedencias de amplio rango realizados en EEUU (Wright, Bull, 1963; King 1965; Wright *et al.*, 1966) permite a estos autores diferenciar un grupo ibérico, que sería de dudosa separación de la posible var. *nevadensis* (Ruby, Wright, 1976). Se han detectado diferencias entre procedencias españolas en su crecimiento y mortalidad (Sweet, 1964), así como en su comportamiento en vivero (Agúndez *et al.*, 1992). Dado que han sido muy poco usadas en ensayos de procedencias, la información disponible sobre su comportamiento es muy limitada.

Las características de piñas y semillas se han mostrado de gran utilidad en el estudio de la variación del pino silvestre (Pravdin, 1969, 1985; Ruby, 1967; Carlisle, 1958; Staskiewicz, 1961). Por ello, al efectuar recogida de material con objeto de realizar ensayos de procedencias en España y Alemania (Pardos, Stephan, 1988) se ha realizado una primera caracterización de las procedencias españolas, que está siendo completada con un estudio más detallado sobre las razas morfológicas de la especie en España (Galera, 1992).

En el presente trabajo se estudia la variación encontrada en características de piñas y piñones de 15 procedencias de pino silvestre y se analizan las pautas de variación encontradas.

MATERIAL Y METODOS

En la Tabla 1 se recogen las procedencias objeto de estudio, indicándose su localización, región de procedencia a la cual pertenecen (Galera, Martín, 1990; Catalán *et al.*, 1991), así como el fitoclima y tipo de sustrato. Su localización queda reflejada en la Figura 1.

TABLA 1
CARACTERISTICAS DE LAS PROCEDENCIAS ESTUDIADAS

Description of the provenances analysed

Código	Procedencia	Región de Procedencia	Numero árboles	H (m)	Fitoclima (Allué) 1990	Tipo Sustrato
1.0- LIL	PUEBLA DE LILLO	(LE) Alto Valle del Porma	25	1.550	VIII (VI)	Siliceo
2.0- ZAD	SAN ZADORNIL	(BU) Alto ebro	26	1.000	VI (IV)2	Calizo
4.0- MOR	MORRANO	(HU) Prepirineo montano seco	25	700	VI (VII)	Calizo
5.0- BOR	BORAU	(HU) Pirineo montano húmedo	25	1.550	VIII (VI)	Calizo
7.0- POB	POBLA DE LILLET	(B) Prepirineo Catalán	36	1.100	VI(VII)	Calizo
8.0- COV	COVALEDA	(SO) Montaña Soriano-Burgalesa	25	1.550	VIII(VI)	Siliceo
9.1- GAL	GALVE DE SORBE	(GU) S ^a de Ayllón	26	1.400	VI(IV)2	Calizo
9.2- CAM	CAMPISABALOS	(GU) S ^a de Ayllón	11	1.400	VI(IV)2	Siliceo
10.0- VAL	VALSAIN	(SG) S ^a de Guadarrama	26	1.550	VIII(VI)	Siliceo
11.0- NAV	NAVARREDONDA	(AV) S ^a de Gredos	25	1.550	VIII(VI)	Siliceo
12.0- ORI	ORIHUELA	(TE) Montes Universales	25	1.750	VIII(VI)	Siliceo
14.0- GUD	GUDAR	(TE) S ^a de Gúdar	25	1.700	VI(VII)	Calizo
15.1- CAS	CASTELL CABRES	(TS) S ^a de Tortosa y Becette	25	1.150	VI(IV)2	Calizo
15.2- CEN	LA CENIA	(T) S ^a de Tortosa y Becette	25	1.100	VI(IV)2	Calizo
17.0- BAZ	BAZA	(GR) S ^a Penibéticas	32	2.050	IV(VII)	Calizo



Fig. 1.—Localización de procedencias.
Location of provenances.

En cada masa se muestrearon lugares de condiciones medias. Se procuró escoger un número mínimo de 25 árboles, a lo largo de una banda altitudinal de 100 m. La recogida y medición de las piñas se inició en el invierno de 1987-88 completándose en el año siguiente el total de las previstas.

Los caracteres medidos figuran en la Tabla 2.

Los datos referidos a los piñones se obtuvieron de cuatro piñas por árbol y procedencia con extracción total de los piñones mediante apertura manual de cada piña.

TABLA 2
CARACTERES MEDIDOS Y ANALIZADOS
Traits measured and analysed

	Variable descripción	Unidad	Nº de medidas
(1)	LON Longitud de la piña	mm	20 piñas/árbol
(2)	ANC Anchura máxima de la piña	mm	20 piñas/árbol
(3)	ESB Esbeltez de la piña (LON/ANC)		20 piñas/árbol
(4)	PSA Peso de 100 piñones sin ala (media de 4 lotes)	g	1 valor/árbol
(5)	NB1 N° de semillas llenas	-	4 piñas/árbol
(6)	PB1 % de semillas llenas	%	4 piñas/árbol
(7)	NV1 N° de semillas vacías	-	4 piñas/árbol
(8)	PV1 % de semillas vacías	%	4 piñas/árbol
(9)	NA1 N° de semillas no desarrolladas	-	4 piñas/árbol
(10)	PA1 % de semillas no desarrolladas	%	4 piñas/árbol

Los piñones obtenidos se clasificaron en llenos (independientemente de si presentan embrión o no, y están en buenas condiciones), vacíos (presentan cubierta, pero no tienen contenido), y no desarrollados (el ala está desarrollada, pero el piñón está muy reducido).

Simultáneamente se hizo una extracción de piñones por secado solar, no observándose diferencias con el sistema de extracción manual.

En cada una de las procedencias y para cada variable analizada se ha realizado un estudio descriptivo en el que se recogen sus valores medios y desviación típica por procedencia. Asimismo se ha calculado el porcentaje de la variación total explicada por el efecto árbol a partir del modelo:

$$X_{ij} = m + A_i + E_{j(i)}$$

Los cuadros medios estimados figuran en la Tabla 3.

TABLA 3
CUADRADOS MEDIOS ESTIMADOS EN EL ANALISIS DE CADA PROCEDENCIA
Expected mean squares for the ANOVA of each provenance

F. de Variación	C.M.E.	Carácter
Arbol	$\sigma_c^2 + k\sigma_a^2$	k = 20 LON ANC ESB
Error	σ_c^2	k = 4 NB1 NV1 NA1

Para el conjunto de todas las procedencias, y cada uno de los caracteres, se ha realizado un análisis de varianza considerando el efecto procedencia y árbol dentro de procedencia según el modelo:

$$X_{ijk} = m + P_i + A_{j(i)} + E_{k(j,i)}$$

cuyos cuadrados medios estimados aparecen en la Tabla 4. Si el factor procedencia es estadísticamente significativo se realiza un test de medias por el método de Tukey.

Se han calculado los coeficientes de correlación entre caracteres usando los valores medios por árbol.

TABLA 4
CUADRADOS MEDIOS ESTIMADOS EN EL ANALISIS CONJUNTO DE LAS PROCEDENCIAS

Expected Mean Squares of the complete ANOVA

F.V.	C.M.E.	LON	ESB ANC	PB1 PV1 PA1 NB1 NV1 NA1
Proc.	$\sigma_c^2 + k_2 \sigma_a^2 + k_3 \sigma_p^2$	k ² = 19.81	19.834	3.9958
Arb(Proc)	$\sigma_c^2 + k_1 \sigma_a^2$	k ² = 19.65	19.711	3.9457
Error	σ_c^2	k ³ = 489.87	491.270	80.9450

Se ha efectuado la transformación $\arcsen \sqrt{x}$ para los valores expresados en porcentajes y \sqrt{n} para el número de piñones.

Debido a diferentes causas (falta de piñas, apertura de éstas antes de completar las mediciones, etc.) los diseños son desequilibrados. En las Tablas de resultados se indica el número de observaciones en que se basan éstos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las piñas de *P. sylvestris* son, por su forma, oblongo-cónicas obtusas, dominando según el tipo de apófisis las formas plana y gibba (Campo, 1921). Cuando se analizan la longitud, anchura y esbeltez (relación largo/ancha) se presentan diferencias entre árboles y procedencias. Dichos valores se recogen en la Tabla 5.

TABLA 5
VALORES DESCRIPTIVOS DE LONGITUD, ANCHURA, ESBELTEZ
Y PESO DE LAS PIÑAS

Descriptive statistics of length, width, ratio length/width and weight of the cones

Procedencia	N	LON (mm)			ANC (mm)			ESB			Peso (gr)
		Media	Std	r ²	Media	Std	r ²	Media	Std	r ²	Media
1.0- LIL	484	38,9	6,8	0,63	21,4	2,9	0,63	1,81	0,19	0,53	7,46
2.0- ZAD	500	42,5	7,3	0,65	21,3	2,7	0,60	1,99	0,23	0,71	7,90
4.0- MOR	500	40,7	7,5	0,61	19,1	2,7	0,57	2,13	0,28	0,68	7,74
5.0- BOR	488	35,0	6,6	0,29	—	—	—	—	—	—	7,16
7.0- POB	500	33,2	6,0	0,40	16,4	2,3	0,38	2,02	0,25	0,37	3,64
8.0- COV	490	41,6	6,4	0,49	22,6	2,9	0,48	1,84	0,18	0,40	8,54
9.1- GAL	500	40,2	6,3	0,55	21,4	2,9	0,52	1,88	0,19	0,43	7,21
9.2- CAM	220	44,6	8,9	0,48	22,2	3,3	0,67	2,00	0,19	0,68	8,83
10.0- VAL	486	41,6	6,5	0,44	21,0	2,5	0,47	1,98	0,19	0,43	10,31
11.0- NAV	500	45,4	5,8	0,62	22,0	3,5	0,60	2,08	0,25	0,48	7,74
12.0- ORI	490	42,0	6,3	0,46	20,5	2,6	0,41	2,05	0,25	0,71	—
14.0- GUD	492	36,9	7,4	0,51	19,3	3,1	0,50	1,92	0,26	0,71	—
15.1- CAS	500	41,9	5,4	0,52	22,0	2,4	0,46	1,91	0,19	0,45	8,08
15.2- CEN	500	40,0	6,2	0,52	20,7	2,7	0,61	1,93	0,20	0,57	5,92
17.0- BAZ	578	37,7	7,4	0,70	20,7	2,9	0,67	1,82	0,20	0,56	8,76

La longitud es un carácter muy determinado por el árbol, pues presenta dentro de él una repetibilidad de moderada a alta. Existen procedencias con piñas pequeñas (33,0 mm de la procedencia Poble de Lillet) y otras con piñas grandes (45,0 mm de Navarredonda) aunque con un rango en el conjunto de todas las procedencias que varía desde 17,0 a 70,0 mm si se consideran piñas individuales. Estos valores coinciden con los señalados por Campo (1909), Ruby (1967) y Ruiz de la Torre (1979); aunque no llegan a los extremos señalados por estos autores.

La anchura de las piñas oscila entre 16,4 mm de la procedencia Poble de Lillet y 22,6 mm de Covalada, con un rango que va desde 10 a 39 mm. La variación debida a los árboles es altamente significativa, representa entre un 40-70 p. 100 de la variación dentro de la procedencia (Tabla 5).

La esbeltez de la piña (relación LON/ANC) presenta variación entre procedencias, con una media de 1,95. Atendiendo a este carácter podemos incluir las piñas españolas en el grupo de ovaladas según Pravdin (1969), al tener la mayoría de ellas valores entre 1,5 y 2,0. Solamente 4 procedencias presentan valores comprendidos entre 2,0-2,5 (conos anchos según Pravdin). Dentro de cada procedencia se encuentran piñas de ambos tipos diferenciándose en la frecuencia con que se presentan cada uno de ellos.

El peso de las piñas oscila desde 7 a 10 gr/piña, aunque son diferentes a los recogidos por Campo (1921) para distintas procedencias: 6,5 gr en Soria, 6,8 en Quintanar; 7,5 en Valsaín; 8,4 en Lérida y Burgos y 8,5 en Huesca. Este carácter no se ha comparado entre procedencias dado que la recogida se efectuó en épocas diferentes, y por tanto cambia el valor del peso en verde.

El tamaño de las piñas está correlacionado con el tamaño de los piñones (medido por su peso), y el número de éstos existentes por piña, tal como se aprecia en la matriz de correlación entre caracteres (Tabla 6). Así, Ruby (1967) señala que una adaptación del pino silvestre en sus sitios más secos es producir piñas más grandes aumentando el tamaño de los piñones, y no el número de éstos.

TABLA 6
MATRIZ DE CORRELACIONES ENTRE CARACTERES, SIGNIFICACION Y NUMERO DE DATOS UTILIZADOS. (VALORES MEDIOS POR ARBOL).

Correlation matrix between traits, significance and number of data used. (Mean values by tree)

LON	—									
ANC	0,758*** 354	—								
PSA	0,583*** 355	0,574*** 330	—							
NB1	0,450*** 244	0,546*** 244	0,093 230	—						
NV1	0,155 2435	0,120 243	-0,007 228	-0,105 242	—					
NA1	0,122* 233	0,053 233	0,171* 221	-0,235*** 233	0,171*** 231	—				
PB1	0,326*** 245	0,417*** 245	0,029 230	0,743*** 244	-0,315*** 243	-0,520*** 233	—			
PV1	-0,351*** 245	-0,407*** 245	-0,156* 230	-0,577*** 244	0,505*** 243	-0,035 233	-0,738*** 245	—		
PA1	-0,110 244	-0,182** 244	0,098 229	-0,505*** 243	-0,062 242	0,776*** 233	0,701*** 244	0,040 244	—	
	LON	ANC	PSA	NB1	NV1	NA1	PB1	PV1	PA1	

Las procedencias españolas presentan un peso medio de 0,96 gr/100 piñones (104.000 semillas/kg), aunque con una variación muy grande entre procedencias y árboles. En la Tabla 7 se recogen los valores descriptivos de las características de los piñones de cada una de las procedencias estudiadas. Se observa que el número de piñones presenta una alta influencia del árbol, mostrando repetibilidades de moderadas a altas. La procedencia con piñones menores es la de Pobl de Lillet (0,59 gr/100 semillas, que equivale a 169.500 semillas/kg), aunque dentro de ella el rango de variación entre árboles oscila desde 0,36 gr (238.000 semillas/kg) a 0,80 gr (125.000 semillas/kg). En el otro extremo la procedencia de Navarredonda presenta la mitad de semillas en un kg (85.000), que corresponde a 1,18 gr/100 semillas. Los valores señalados por Catalán (1991) para las procedencias españolas oscilan entre los 75.000 y 160.000 piñones/kg, con una media de 92.000.

El ala representa un 13,6 p. 100 del peso total de los piñones.

TABLA 7
VALORES DESCRIPTIVOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE PIÑONES

Descriptive statistics for the traits of the seeds

PROC	PSA			PCA	NT			NBI			NV1			NA1			PBI		PV1	
	N	MED	STD		MED	N	MED	STD	MED	STD	r ²	MED	STD	r ²	MED	STD	r ²	MED	STD	MED
LIL	24	99,1	17,54	12,3	25	29,4	11,72	19,8	8,56	0,67	4,9	2,99	0,44	4,9	6,06	0,70	67,5	18,8	17,0	9,7
ZAD	24	88,0	20,66	12,3	25	35,7	13,91	23,0	12,87	0,82	5,5	4,89	0,59	7,3	8,15	0,77	65,0	22,9	14,6	10,0
MOR	25	79,0	18,15	16,7	25	22,5	12,90	14,2	7,78	0,33	5,6	4,36	0,39	2,6	1,98	0,29	59,6	17,5	26,7	15,8
BOR	25	82,6	14,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
POB	22	59,2	11,57	—	11	10,1	8,75	1,9	2,40	0,06	4,4	2,07	0,55	3,8	5,23	0,57	15,5	10,8	59,0	27,5
COV	25	92,9	19,79	16,7	20	34,7	11,27	31,0	9,08	0,33	2,5	1,56	0,21	1,1	1,14	0,35	88,4	7,0	7,9	5,8
GAL	25	96,8	18,79	11,6	25	27,2	14,06	19,6	10,53	0,42	4,2	2,60	0,22	3,3	3,93	0,46	67,6	16,9	17,2	10,2
CAM	11	103,4	14,61	12,5	11	37,7	17,26	16,8	8,31	0,77	11,8	5,21	0,52	9,1	3,73	0,60	67,8	22,1	17,9	15,1
VAL	25	114,2	20,49	10,3	26	28,8	11,59	22,4	9,74	0,54	3,7	2,97	0,35	2,7	3,18	0,55	76,5	17,3	13,5	10,9
NAV	25	118,4	15,74	12,9	25	37,4	11,79	28,8	8,65	0,46	3,8	2,99	0,50	4,8	4,94	0,53	76,2	13,2	10,0	7,8
ORI	25	108,9	18,69	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
GUD	25	86,3	17,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CAS	25	108,0	19,37	17,1	25	36,6	10,17	26,2	8,24	0,63	5,	3,76	0,49	5,3	5,49	0,61	71,2	16,5	13,8	10,2
CEN	25	102,8	21,79	13,5	25	32,1	9,58	24,2	6,75	0,48	4,5	2,84	0,37	3,3	2,74	0,55	74,6	11,9	14,5	8,8
BAZ	26	99,8	17,50	11,6	12	32,2	14,34	21,4	8,83	0,39	7,0	4,41	0,47	3,7	2,90	0,51	66,1	16,1	22,9	17,0

(PCA: Porcentaje en peso del ala, NT: n° total de piñones/piña)

El número de piñones vacíos y no desarrollados depende en gran medida de las características del árbol madre (r² con valores de moderados a altos en todas las procedencias excepto Pobla de Lillet), alcanzando unos valores medios similares entre procedencias y que pueden cifrarse en 5 piñones por piña. Esta diferente proporción de número de semilla vana puede explicarse por el aumento de ella que produce la autopolinización (Koski, 1973; Plym-Forsshell, 1974). Estos mismos autores indican que la suma de semilla vana y llena permanece constante, dependiendo el número de escamas ovulíferas del tamaño de la piña (Pravdin, 1969).

Existe una gran variación en el número de piñones llenos por piña, que oscila entre los 2 de Pobla de Lillet y los 31 de Covalada, siendo la media general de 22 piñones por piña. Estos valores son algo menores a los señalados por Campo (1909): 20-40 según la procedencia de la semilla. La disparidad de estos valores puede ser debida a que en nuestro caso no se ha realizado ninguna selección de las piñas medidas y a que no han sido años de excepcional producción de piña.

El valor del porcentaje de piñones vacíos representan una media para el conjunto de todas las procedencias de 19 p. 100 del total, excepto en Pobla de Lillet que hay más del 59 p. 100.

Del número total de piñones existentes en una piña sólo salen al exterior el 47,2 p. 100 de ellos. Se manifiesta una pequeña variación en el rendimiento entre las procedencias, pues varía desde el 45,1 p. 100 de Navarredonda al 59,5 p. 100 de S. Zadornil.

En la Tabla 8 se recogen las tablas de análisis de varianza de los caracteres estudiados, así como el valor del componente de la varianza de cada uno de los factores considerados en el análisis.

La variación recogida por el factor procedencia representa entre el 3 y el 40 p. 100 de la variación total dependiendo del carácter. En este valor se ha de considerar un por-

centaje de variación desconocido y atribuible a diferencias en las características climáticas de las procedencias. La variación debida a los árboles es mayor, pues para los caracteres analizados es siempre superior al 32 p. 100.

TABLA 8
ANALISIS DE VARIANZA DE LOS CARACTERES
ANOVA of the analysed traits

F.V.	LON			ANC			ESB		
	GL	C.M.	%VT	GL	C.M.	%VT	GL	C.M.	%VT
Proc	13	5109,66***	17,4	12	1286,03***	22,9	12	4,753***	13,8
Arb(Proc)	335	485,35***	43,2	311	97,16***	42,0	311	0,593***	46,7
Error	6566	21,33	39,4	6103	3,73	35,1	6103	0,024	39,5

F.V.	NB1			NV1			NA1	
	GL	C.M.	%VT	C.M.	%VT	C.M.	%VT	
Proc	11	67,563***	22,4	4,0588***	3,0	9,369***	7,2	
Arb(Proc)	233	4,462***	41,7	1,9486***	43,7	2,959***	58,6	
Error	734	0,754	35,9	0,4548	53,2	0,377	34,2	

F.V.	PSA			PB1			PV1		PA1	
	GL	C.M.	%VT	GL	C.M.	%VT	C.M.	%VT	C.M.	%VT
Proc	14	5469,04***	39,7	11	2,6318***	32,6	1,6486***	27,1	0,431***	5,0
Arb(Proc)	—	—	—	233	0,1622***	35,3	0,1180***	32,2	0,167**	54,1
Error	342	328,58	60,3	734	0,0301	32,2	0,0284	40,7	0,026	40,9

La alta correlación existente entre los caracteres permite seleccionar aquellos que presentan mayor variación entre procedencias, y que son:

- Longitud piña: LON
- Anchura piña: ANC
- Peso de 100 piñones: PSA
- Número de piñones llenos por piña: NB1
- Porcentaje de piñones llenos: PB1
- Porcentaje de piñones vacíos: PV1

En la Figura 2 se recogen las comparaciones de medias de dichos caracteres. Carlisle (1958) señala que las variantes del pino silvestre se caracterizan más por la frecuencia de los diversos fenotipos que por la ausencia de algunos de ellos.

VARIABILIDAD DE PIÑAS Y PIÑONES EN P. SYLVESTRIS

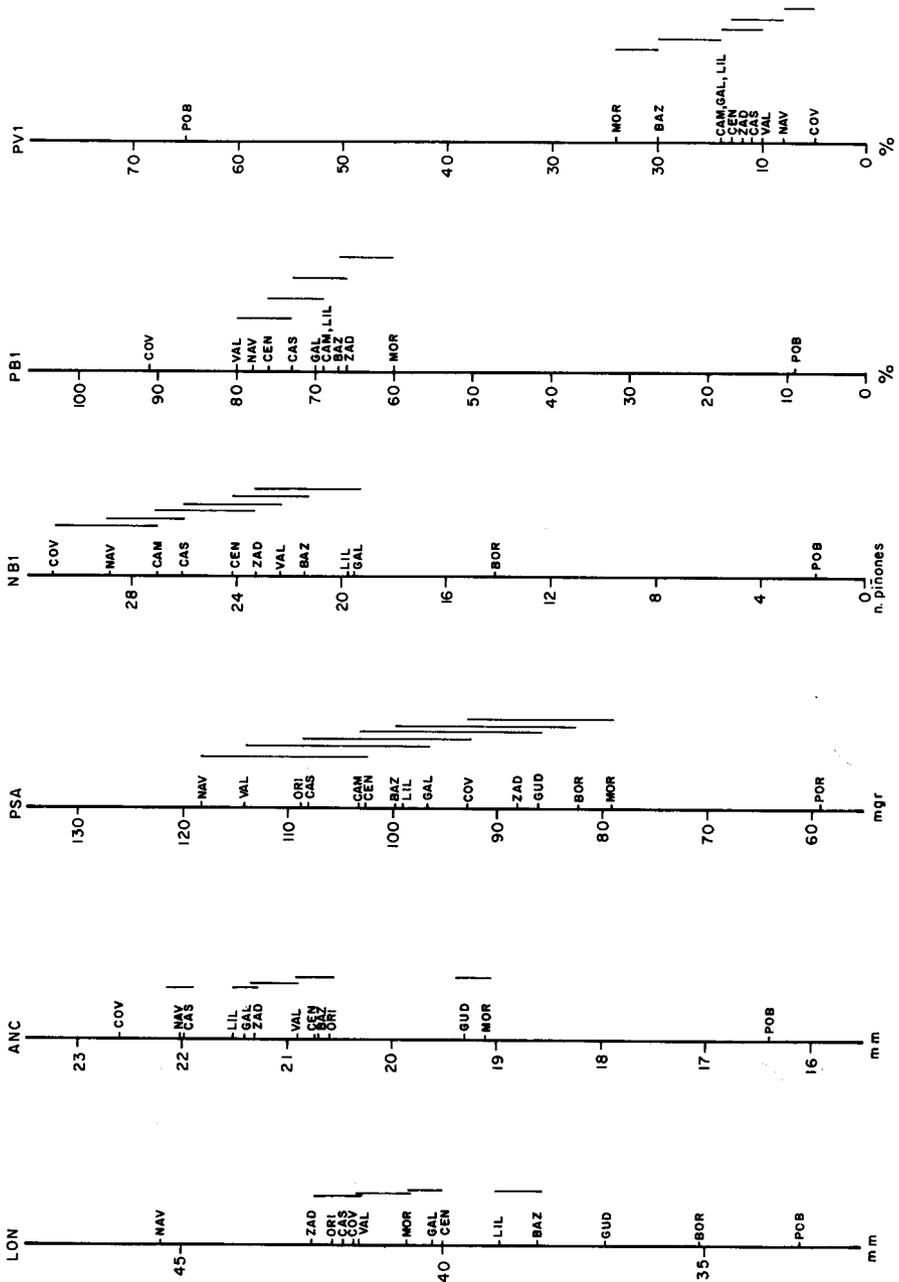


Fig. 2.—Comparación de medias de diversos caracteres en piñas y piñones
Multiple comparisons of means (Tukey Method)

Las procedencias pirenaicas presentan las piñas más pequeñas, con piñones menores, y mayor porcentaje de piñones vacíos y no desarrollados. También presentan unas piñas alargadas ($ESB > 2,0$), que las hace diferentes de otras procedencias. Dentro de ellas, Poblá de Lillet tiene unas características muy diferentes al resto, tanto por el pequeño tamaño de sus piñas y piñones, como por el pequeño número de piñones llenos por piña. Las otras procedencias pirenaicas presentan estos caracteres con menos claridad.

Se ha descrito una variación climal norte/sur en el tamaño de las piñas y piñones considerando el área de distribución de la especie (Ruby, 1967; Przybylski *et al.*, 1976), señalándose el tamaño mayor de las procedencias españolas. Este tipo de variación se ha descrito asimismo en las procedencias españolas (Campo, 1921), aunque en nuestro caso los valores mayores se encuentran en el centro de la Península, correspondiendo a la que se denomina variedad *iberica* Svob. Dentro de ella nos encontramos procedencias con piñas grandes con alto rendimiento en piñones, y éstos de gran tamaño (Valsaín, Navarredonda) y procedencias con piñas de menor tamaño y longitud (Gúdar). El Pinar de Lillo, otra pequeña masa marginal que pertenece al grupo ibérico, presenta unas piñas y piñones de mediano tamaño. Respecto al centro de la distribución situado en la Sierra de Guadarrama, las piñas y piñones irían disminuyendo hacia el norte y sur. La procedencia de Baza vuelve a presentar piñas más pequeñas que las del centro de España, aunque el carácter relictico de estas masas, y su escasa superficie puede condicionar estos caracteres.

Esta variación no se corresponde con las características climáticas. Aquellas procedencias que presentan los tamaños menores de piñones se encuentran sobre fitoclima nemoral-subestepario VI (VII). Las procedencias situadas en fitoclima oroborealoidesubnemorale VIII (VI) cubren los mismos rangos que otras de fitoclima más árido como es el nemoromediterráneo genuino VI (IV)₂. Lo que queda patente es que los piñones y piñas mayores no se producen en los sitios más áridos como sugiere Ruby (1967).

Como caso particular, se ha comprobado una gran variación fenotípica entre dos procedencias muy próximas como Galve de Sorbe y Campisábalos, que parece responder a la especialización a condiciones muy extremas como las de esta última procedencia, que se encuentra sobre sitios de mayor aridez y sobre sustrato calizo.

CONCLUSIONES

Las procedencias españolas de *Pinus sylvestris* muestran variación fenotípica en los caracteres analizados de piñas y piñones. Aquellos que mejor indican esta variación están ligados con el tamaño de la piña (longitud, anchura), tamaño del piñón (peso de 100 semillas), piñones llenos por piña (porcentaje y número) y porcentaje de piñones vacíos. Para estos caracteres la variación entre procedencias representa entre el 17-39,7 p. 100 de la total, siendo la variación de árboles dentro de la procedencia cuantitativamente mayor, y próxima en todos los casos al 40 p. 100.

Existe una variación continua en todos los caracteres, no existiendo relación con las características climáticas de la zona de origen. La distancia geográfica no muestra influencia en la variación encontrada. La variabilidad parece responder a ciertos efectos locales debidos a factores tales como el aislamiento de las masas, influencia del año de recogida, etc. Lo cual conduce a la existencia de una variación aleatoria para los caracteres analizados.

De acuerdo a los caracteres estudiados no se observan diferencias entre las variedades taxonómicas reconocidas en España.

AGRADECIMIENTOS

A Felix Poza por su ayuda en las mediciones, Alberto Climente por los trabajos de recogida de piñas y Jesús de Miguel por la elaboración de las figuras.

SUMMARY

Phenotypic variation of *Pinus sylvestris* in Spain: Cone and seed traits

Phenotypic variation of 15 provenances for some traits of cone and seeds collected in natural stands are analysed. The traits used in the analysis are length, width and ratio length/width in cones, weight of seeds, number of full, empty and no-developed seeds per cone.

Provenances have significant differences for all the traits: that ones characterising cone size and shape, and the other ones relating the size and number of seeds per cone. All these characters have a moderate to high repeatability within tree ($r^2=0.3-0.8$).

There is a continuous variation between provenances, but there are not geographic or climatic groups of provenances. Random variation due to local factors could explain the performance of the Spanish provenances in these traits.

KEY WORDS: *Pinus sylvestris*
Provenance
Phenotypic variation
Cone
Seed

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUNDEZ D., GALERA R., MARTIN ALBERTOS S., DIEZ BARRA R., 1992. Emergencia, supervivencia y crecimiento de 16 procedencias de *Pinus sylvestris* L. en vivero. Montes N° 28. pp: 56-58.
- ALLUÉ ANDRADE J.L., 1990. Atlas Fitoclimático de España. Taxonomías. INIA. Ministerio de Agricultura. Madrid. 221 pp+8 planos.
- CAMPO M., 1921. Semillas de los pinos españoles. Gráficas reunidas. Madrid. 143 pp.
- CARLISLE A., 1958. A guide to the named variants of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) Forestry. Vol 31. N°2.
- CATALAN G. (Coord.), 1991. Las regiones de procedencia de *Pinus sylvestris* L. y *Pinus nigra* Arn. subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco en España. ICONA. Madrid. 31 pp.+33 fichas.
- CATALAN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Colección Técnica. ICONA. 392 pp. (2ª edición).
- FRANCO A., 1986. *Pinus* L. En: Flora ibérica. Real Jardín Botánico. CSIC. Madrid. Vol I. pp: 168-174.
- GALERA R., 1992. Estudio de las razas morfológicas de *Pinus sylvestris* L. en España. Su uso en las repoblaciones. Ecología. Fuera de Serie. N°. 1. pp: 527-540.
- GAUSSEN H., HEYWOOD V.H., CHATER A.O., 1964. *Pinus* L. in Flora Europea. TUTIN T. T., HEYWOOD V.H. (ed.). Cambridge. 1:32-35.
- KING J.P., 1965. Seed source x environment interactions in Scots pine I: Height growth. Silv. Genet. 14:141-154.
- Invest. agrar., Sist. recur. for. Vol. 1(2), 1992

- KOSVI V., 1973. On self-pollination, genetic load and subsequent inbreeding in some conifers. *Comm. Inst. For. Fenn.* 78(10): 1-42.
- NICOLAS A., GANDULLO J.M., 1969. Ecología de los pinares españoles II: *Pinus sylvestris* L. IFIE. Madrid.
- PARDOS J.A., STEPHAN B.R., 1988. Distribución de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) en España y en la República Federal de Alemania y preparación de un ensayo hispano-alemán de procedencias. Ein Deutsch-Spanische Zusammenarbeit in Bundesministerium für Forsten Landwirtschaft und Forsten. Bonn. pp. 35-50.
- PLYM-FORSHELL C., 1974. Seed development after self-pollination and cross-pollination of Scots pine, *Pinus sylvestris* L. *Stud. For. Sue.* 118: 1-37.
- PRAVDIN L.F., 1969. Scots pine: Variation, intraspecific Taxonomy and selection. Israel program for Scientific Translations. Jerusalem 1969. 208 pp.
- PRAVDIN L.F., 1985. General patterns of intraspecific variations in pine (*Pinus* L.) and Spruce (*Picea* A. Dietr.). *Forest ecology and Management.* 11: 5-15.
- PRZYBYLSKI T., GIERTYCH M., BIALOBOK S., 1976. Genetics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Annales Forestales.* 713-105 pp.
- RUBY J.L., 1967. The correspondence between genetic, morphological and climatic variation patterns in Scots pine. Variation in parental characters. *Silvae Genetica.* 16: 50-56.
- RUBY J. L., WRIGHT J. W., 1976. A revised classification of geographic varieties in Scots pine. *Silvae Genetica.* 25 5/5: 149-232.
- RUIZ DE LA TORRE J., 1979. Árboles y arbustos de la España peninsular. ETSIM. Madrid. 512 pp.
- STASZKIEWICZ J., 1961. Biometrical studies on the cones of *Pinus sylvestris* L., growing in Hungary. *Acta Botánica.* 7: 451-466.
- SWEET G.E., 1964. Growth of five Spanish provenances of *Pinus sylvestris* L. at age six years in New Zeland. *For. Res. Inst. Rotorua. Research Leaflet n° 4.* 3 pp.
- WRIGHT J. W., 1964. Mejoramiento genético de árboles forestales. FAO Montes. Roma.
- WRIGHT J. W., BULL W.I. 1963. Geographic variation in Scotch pine. *Silv. Genet.* 12: 1-25.
- WRIGHT J. W., PAULEY S.S., POLK R.B., JOKELA J.J., y READ R.A., 1966. Performance of Scotch pine varieties in the north central region. *Silv. Genet.* 15: 101-110