

EVALUACIÓN DE UNA PARCELA DE ENSAYO DE PROCEDENCIAS DE *PINUS PINASTER* AIT., SITA EN EL T.M. DE LA PEDRAJA DE PORTILLO (VALLADOLID).

ÁLVARO GONZÁLEZ DUEÑAS¹ Y ROSARIO SIERRA DE GRADO²

RESUMEN

Se resumen los resultados obtenidos de la medición y evaluación de una parcela de ensayo de procedencias de *Pinus pinaster* Ait. a los 43 años de edad. Su ubicación es el Monte Pinar de Tamarizos Nuevos en el Término Municipal de La Pedraja de Portillo (Valladolid).

El material genético ensayado procede de una colección de semilla del Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE) recogida de 42 masas de su área de distribución natural (España, Portugal, Francia, Marruecos y Argelia). El diseño del ensayo es el de bloques completos al azar. El lugar del ensayo es representativo de la comarca Tierra de Pinares, en cuanto a características de suelo (arenoso), orografía (valle fluvial) y clima (continental riguroso).

Se han encontrado relaciones numéricas significativas entre el clima del lugar de origen de cada procedencia y su comportamiento en el ensayo. La ordenación de las procedencias, en cuanto a la producción de madera, ha manifestado que cuatro procedencias del ámbito geográfico-ecológico del lugar del ensayo se encuentran entre las ocho mejores; confirmando la hipótesis de la idoneidad de las poblaciones locales de esta especie para esta comarca.

Palabras clave: *Pinus pinaster*, ensayo de procedencias, Tierra de Pinares.

SUMMARY

This paper shows the main results of the measuring and evaluation of a 43 year old *Pinus pinaster* Ait. provenance trial stand located at the Monte Pinar de Tamarizos Nuevos in the municipal district of La Pedraja de Portillo (Valladolid).

The genetic material tested comes from a seed collection belonging to the Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), harvested in 42 different forests in its natural distribution (Spain, Portugal, France, Morocco and Algeria). The trial design is based on randomized complete blocks. The test site is a representative sample of the Tierra de Pinares region, for its soil features (sandy), orography (river valley) and climate (extreme continental).

Significant numeric relations have been found between the climate of the place of origin of each provenance and its behaviour in the test. The arrangement of the provenances, according to their wood

¹ Marroquina, 67. 28030 Madrid. E-mail: alvaro@iies.es

² Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid. Avda. de Madrid, 57. 34004 Palencia. E-mail: rsierra@pvs.uva.es

Recibido: 12/02/01.

Aceptado: 06/09/01.

production, has shown that four provenances from the geographic and ecologic scope of the test site are among the eight best; confirming the hypothesis about the suitability of the local populations of this specie for this region.

Key words: *Pinus pinaster*, provenance trial, Tierra de Pinares.

INTRODUCCIÓN

Desde los orígenes de las repoblaciones forestales ha sido cuestionado el origen más adecuado del material vegetal de reproducción. Se han encontrado resultados dispares al utilizar semilla local o de orígenes alejados ecológicamente del lugar a reforestar. La adaptación de cada población vegetal a su ambiente no siempre conlleva el fenotipo deseado por cada gestor forestal. Los ensayos de procedencias permiten estudiar el comportamiento de diferentes poblaciones en un ambiente común, facilitando la decisión del origen de semilla más adecuado para cada lugar de repoblación. Además ayuda a predecir la evolución de las masas.

Desde principios del siglo XX, varios autores han venido destacando la gran variabilidad genética existente entre las masas de *Pinus pinaster* y la importancia de buscar sus genotipos más favorables para cada localidad (DUFF 1928; RYCROFT *et al.* 1947; MOLINA 1950, SCOTT 1965). El auge de repoblaciones forestales, de mediados del siglo XX, que se estaban llevando a cabo en gran parte de España, motivó investigar las diferencias raciales existentes en esta especie de trascendental importancia socioeconómica. En el año 1949 el Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE) se propuso realizar varios ensayos para determinar las diferencias genotípicas existentes entre las masas de esta especie de pino en su área de distribución. Se atendieron especialmente las masas españolas, ya que en los estudios existentes hasta la fecha apenas aparecían representadas éstas. Para llevar a cabo el estudio, Fernando Molina Rodríguez organizó una recogida de semilla de las principales masas naturales de España, y además en Benni-Seddat (Marruecos). La semilla procedente de las otras masas naturales del resto de Europa y Norte de

África fue facilitada por la Station de Recherches Forestières de Bordeaux (Francia).

Según la documentación que se ha recopilado se instalaron 4 parcelas de ensayo con esta colección. En 1955, el Forest Research Institute (Rotorua) instaló una parcela en Nueva Zelanda (SWEET *et al.* 1962). El Centro Regional de Lourizán del IFIE instaló tres parcelas en España: en 1953 instaló 24 procedencias de la colección en una parcela en Cuntis, Pontevedra (MOLINA 1965), otra en Segovia ese mismo año y la última en 1954 en La Pedraja de Portillo, Valladolid, siendo ésta la que nos ocupa.

La parcela objeto del presente estudio ha estado bastante descuidada en cuanto a seguimiento y evaluación, probablemente por las elevadas mareas. De la documentación inicial del ensayo, sólo ha sido posible localizar el diseño, debido a los numerosos cambios de organismos encargados de su seguimiento y del largo tiempo transcurrido desde su plantación. Tampoco se tiene constancia de la medición y análisis completo de la parcela durante toda su historia. Únicamente se tiene registrado el estudio de aspectos puntuales y nunca del total de las procedencias: densidad de la madera en 13 procedencias (NOTIVOL *et al.* 1992), y rectitud de fuste en 6 procedencias (SIERRA *et al.* 1999).

Cabe destacar el especial interés del análisis de esta parcela de ensayo por ser la más antigua de sus características de las instaladas en España con *Pinus pinaster*, ya que la de Pontevedra recoge menos procedencias y de la de Segovia se desconoce su ubicación y estado.

En 1966 el Patrimonio Forestal del Estado estableció nuevas parcelas de ensayo de procedencias de *Pinus pinaster*, que han sido estudiadas por ALÍA (1989), ALÍA *et al.* (1992), ALÍA *et al.* (1995), ALÍA *et al.* (1996) y ALÍA *et al.* (1997).

El objetivo de este trabajo es analizar por primera vez las 40 procedencias de *Pinus pinaster* instaladas en la parcela de La Pedraja de Portillo, con el fin de obtener resultados concluyentes para esta especie y para este lugar de ensayo, característico de la comarca de Tierra de Pinares; en especial la evaluación de las procedencias que dan mejores resultados globales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Procedencias ensayadas

El material genético con el que se realizó el ensayo procede de las principales masas naturales de pino negral de España, Portugal, Francia, Marruecos y Argelia.

TABLA 1
LOCALIZACIÓN DE LAS PROCEDENCIAS ENSAYADAS.
[LOCATION OF THE TESTED PROVENANCES.]

| Número proced. | Término municipal | Provincia | País | Coordenadas geográficas | | Altitud (m) | Región de procedencia ¹ |
|----------------|-----------------------|---------------|---------------|-------------------------|----------|-------------|------------------------------------|
| | | | | Latitud | Longitud | | |
| 1 | Siles | Jaén | España | 38° 22' N | 2° 34' O | 1.200 | Sierras Segura-Alcaraz |
| 2 | Cazorla | Jaén | España | 37° 54' N | 2° 57' O | 1.200 | Sierras Segura-Alcaraz |
| 3 | Arévalo | Ávila | España | 40° 57' N | 4° 42' O | 850 | Meseta castellana |
| 4 | Arenas de San Pedro | Ávila | España | 40° 13' N | 5° 05' O | 480 | Sierra de Gredos |
| 5 | | Guadalajara | España | 40° 56' N | | 1.150 | Rodenaes de Molina |
| 8 | Gea de Albarracín | Teruel | España | 40° 25' N | 1° 21' O | 1.300 | Albarracín |
| 9 | Cillaperlata | Burgos | España | 42° 47' N | 3° 17' O | 560 | Sierra de Oña |
| 10 | Beni-Seddad | | Marruecos | 34° 52' N | 4° 10' O | 1.650 | Montes del Rif |
| 11 | Almazán | Soria | España | 41° 33' N | 2° 32' O | 1.025 | Meseta castellana |
| 12 | Tardencuende | Soria | España | 41° 34' N | 2° 39' O | 1.000 | Meseta castellana |
| 15 | Astorga | León | España | 42° 28' N | 6° 03' O | 1.000 | Sierra del Teleno |
| 16 | Cuéllar | Segovia | España | 41° 18' N | 4° 20' O | 885 | Meseta castellana |
| 17 | Navalilla | Segovia | España | 41° 21' N | 3° 56' O | 900 | Meseta castellana |
| 18 | Hontoria del Pinar | Burgos | España | 41° 52' N | 3° 08' O | 1.130 | Montaña Soria-Burgos |
| 19 | San Miguel del Arroyo | Valladolid | España | 41° 27' N | 4° 27' O | 870 | Meseta castellana |
| 20 | Portillo | Valladolid | España | 41° 33' N | 4° 36' O | 735 | Meseta castellana |
| 21 | Ataquines | Valladolid | España | 41° 11' N | 4° 51' O | 795 | Meseta castellana |
| 22 | Arbo | Pontevedra | España | 42° 08' N | 8° 18' O | 400 | Noroeste |
| 23 | | Las Landas | Francia | 45° 03' N | 1° 0' O | <100 | Las Landas |
| 24 | | Sierra Maures | Francia | 43° 08' N | 6° 13' O | | |
| | | | | 43° 25' N | 6° 42' O | 450 | Sierras de Maures y L'esterel |
| 25 | | L'esterel | Francia | 43° 30' N | 6° 57' E | 320 | Sierras de Maures y L'esterel |
| 26 | Corte | Córcega | Francia | 42° 26' N | 9° 10' E | 750 | Córcega |
| 27 | Taza | Taza | Marruecos | 33° 56' N | 4° 00' O | 1.260 | Atlas medio |
| 28 | Sefrou | Fez | Marruecos | 33° 36' N | 4° 46' O | 1.745 | Atlas medio |
| 29 | Boniches | Cuenca | España | 39° 55' N | 1° 38' O | 1.100 | Serranía de Cuenca |
| 30 | Almodóvar del Pinar | Cuenca | España | 39° 41' N | 1° 54' O | 1.000 | Serranía de Cuenca |
| 31 | Poyatos | Cuenca | España | 40° 27' N | 2° 03' O | 1.370 | Serranía de Cuenca |
| 32 | | | Elites resina | 41° 20' N | | 425 | |
| 34 | Arenas de San Pedro | Ávila | España | 40° 11' N | 5° 05' O | 650 | Sierra de Gredos |
| 35 | El Hornillo | Ávila | España | 40° 16' N | 5° 13' O | 1.150 | Sierra de Gredos |
| 36 | Leiria | Extremadura | Portugal | 39° 45' N | 8° 40' O | 150 | Litoral de Portugal |
| 37 | Djidjelli | Bujía | Argelia | 36° 40' N | 5° 47' E | 80 | Litoral de Bujía |
| 38 | Beni-Aidel | Bujía | Argelia | 36° 28' N | 4° 31' E | 450-550 | Litoral de Bujía |
| 39 | Mimizan? | Las Landas | Francia | 44° 15' N | 1° 15' O | 15? | Las Landas |
| 40 | Albuñuelas | Granada | España | 36° 55' N | 3° 38' O | 1.100 | Sierra Bermeja |
| 41 | Rois | La Coruña | España | 42° 47' N | 8° 41' O | 60-140 | Noroeste |
| 42 | Tomíño | Pontevedra | España | 42° 00' N | 8° 45' O | 100-400 | Noroeste |
| 43 | Ribadeo | Lugo | España | 43° 30' N | 7° 02' O | 100 | Noroeste |
| 44 | Barocaggio | Córcega | Francia | 42° 10' N | 8° 55' O | 960 | Córcega |
| 45 | Montes Corbieres | Perpignan | Francia | 43° 10' N | 2° 58' E | 100-150 | Montes Corbieres |

¹ Clasificación de las procedencias españolas según el *Catálogo Nacional de las Regiones de Procedencia* (Resolución 27/4/2000, BOE 12/5/2000) relativo al *Pinus pinaster*. Las regiones no españolas, responden a una clasificación geográfica.

La relación de las cuarenta procedencias ensayadas, que elaboró Molina al instalar el ensayo, figura en la tabla 1. Algunos datos se han completado y otros se han corregido por ser erróneos o ilegibles del documento original. Para esta labor se han utilizado los trabajos realizados en otras parcelas con la misma semilla (SWEET *et al.* 1962; MOLINA 1965).

Caracterización de la parcela de ensayo

La parcela está situada en el Monte Pinar de Tamarizos Nuevos (M.U.P. n.º 44 de Valladolid), en el Término Municipal de La Pedraja de Portillo. Orográficamente se encuentra en el gran valle del Río Duero, en una campiña de masas de *Pinus pinaster* y *Pinus pinea* mezclados pie a pie.

El suelo está formado sobre arenales y dunas continentales. Se compone de arenas con poco

contenido en arcilla, totalmente descarbonatado y con reacción neutra o muy ligeramente básica. La capacidad de retención de agua (CRA) es reducida, con un valor de 94,5 mm/m, predominando la evaporación sobre la precolación. Según la clasificación de la FAO (2000) el suelo de la parcela pertenece al grupo *arenosol*. Antiguamente, el MINISTERIO DE AGRICULTURA (1951) lo clasificó como *psamuco sialítico del interior (duna)*.

La topografía es llana, con una pendiente homogénea del 0,3%. La cota del terreno es 702 msnm.

El clima del lugar es del tipo mediterráneo, pero con gran influencia continental (figura 1). Se caracteriza por ser semiseco, 438 mm anuales de precipitación, con sequía estival marcada (3,1 meses) y elevada rigurosidad térmica, con grandes oscilaciones tanto diarias como anuales. La temperatura media anual es de 11,6 °C.

El subtipo fitoclimático compendio (ALLUÉ 1990) es mediterráneo subnemocoral IV(VI)₁. Su significación fitológica corresponde con los grupos de asociaciones climácicas de encinares, quejigares, coscojares y en menor medida melojares.

Diseño experimental

El ensayo está situado en una parcela rectangular de 7 ha de superficie. El diseño del ensayo es del tipo *bloques completos al azar* (figuras 2 y 3). Se encuentra dividido en 173 unidades experimentales (u.e.), de las cuales 131 tienen un tamaño de 14 x 14 m² (denominándose *Experimento I*) y 41 de 28 x 28 m² (*Experimento II*) (tabla 2). En el Experimento I se ensayan 40 procedencias y en el II 19 de las anteriores. Cada procedencia se instala en varios bloques, recogiendo cada bloque toda la variabilidad ensayada en el Experimento. Las u.e. de cada bloque se agrupan, a su vez, por su proximidad en zonas dentro del bloque.

Para evitar el efecto borde en las u.e. del borde del ensayo, se plantaron dos filas más de pies de la misma especie alrededor del ensayo.

La instalación en la parcela se realizó en marzo de 1954.

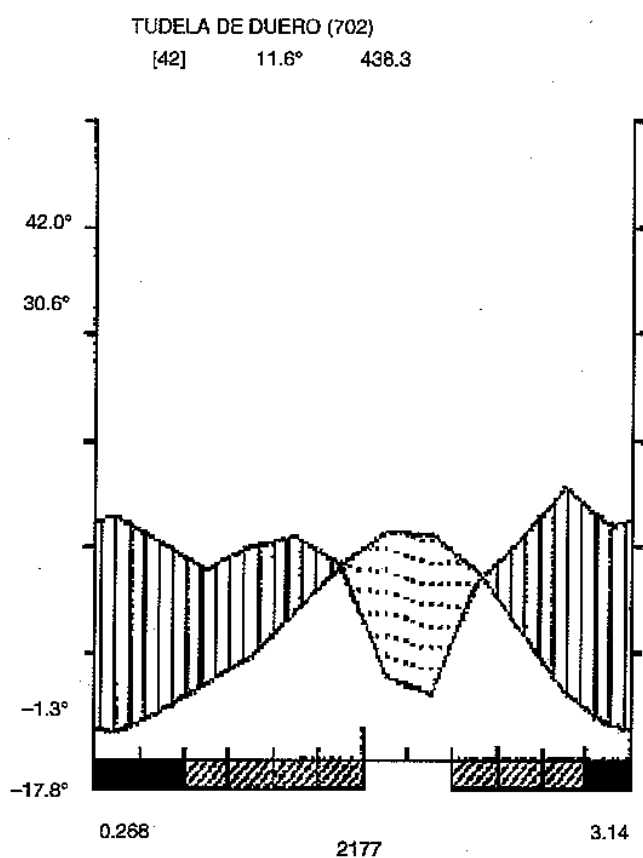


Fig. 1. Climodiagrama de la parcela de ensayo. Elaborado con datos del INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA, 1996. [Climate-diagram of the trial stand. Data provided by the INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA, 1996.]

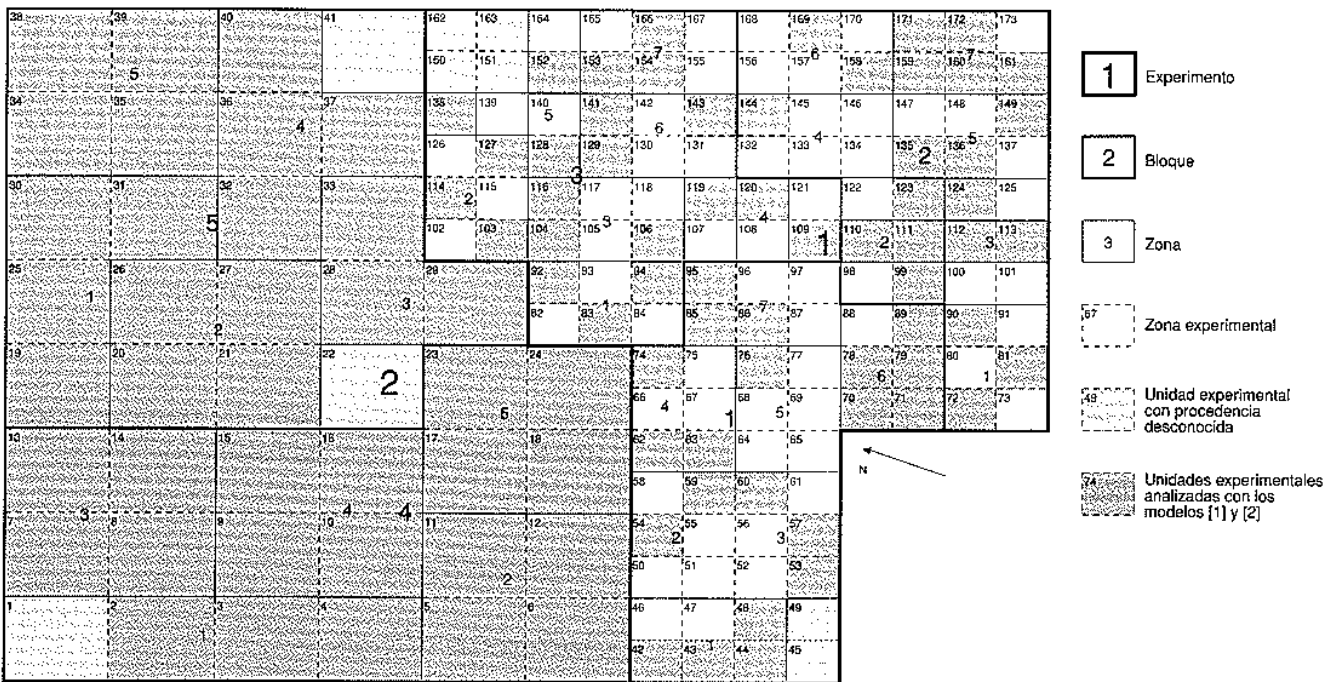


Fig. 2. Croquis del ensayo. Modelos (1) y (2). [Trial sketch. Models (1) y (2).]

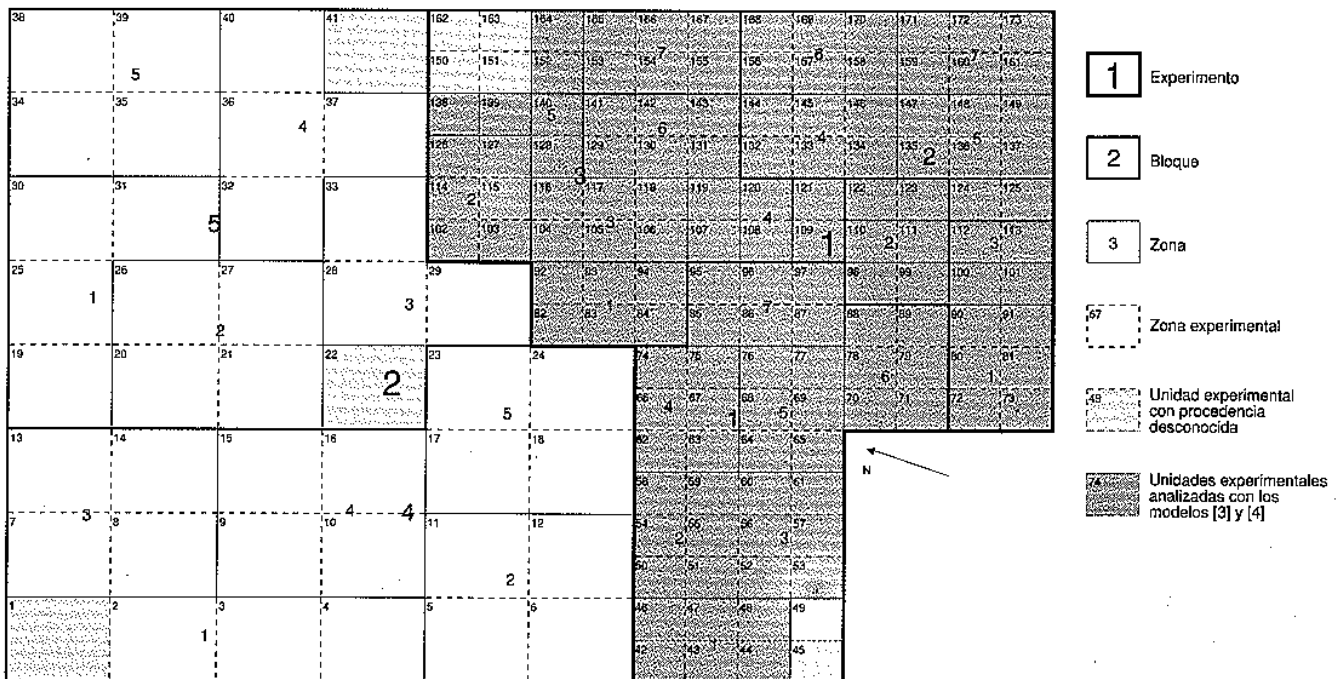


Fig. 3. Croquis del ensayo. Modelos (3) y (4). [Trial sketch. Models (3) y (4).]

Análisis del clima durante los primeros años después de la plantación

El estudio del clima durante los primeros años tras la instalación de la parcela resulta de gran interés para localizar posibles situaciones «anor-

males» que pudieran haber alterado el desarrollo del ensayo en su etapa más delicada.

La precipitación en el año de la plantación fue algo más escasa que el promedio de los últimos 48 años. Durante los doce primeros años no hubo

ningún año con escasez de precipitaciones, sino más bien fue un período húmedo. Los períodos estivales de los siete primeros años fueron bastante similares al compendio de la estación. Además los primeros veranos se regó con agua de pozo, por lo que se puede suponer que no hubo déficit hídrico que provocase unas marras o muertes juveniles extraordinarias.

Hasta los veinte años después de instalar la parcela no se produjo el primer período excepcionalmente largo de helada segura. Por lo que este factor, probablemente, no ocasionó daños extraordinarios a las plantas.

De estos datos se desprende que la gran mortalidad observada no es directamente atribuible a condiciones meteorológicas adversas en la etapa inicial de la parcela.

Caracteres medidos y analizados

La toma de datos se llevó a cabo en octubre de 1997. Los caracteres medidos fueron: diámetro normal, altura y rectitud. Este último se evaluó mediante un valor cualitativo y discreto según el siguiente baremo:

1. Fustes completamente rectos, sin bifurcaciones ni defectos por competencia o ramificación.
2. Fustes rectos, pero con alguna pequeña malformación.
3. Fustes sinuosos, pero con tendencia a la rectitud.
4. Fustes sinuosos o con malformaciones tales que reducen notablemente su calidad comercial.
5. Fustes torcidos, bifurcados y malformados en tal magnitud que imposibilitarían su aprovechamiento comercial para aserrío.

Los caracteres que van a ser analizados son los tres medidos junto con los siguientes, calculados a partir de éstos:

- Supervivencia (%). Número de individuos vivos sobre el total de plantados.

- Esbeltez. Coeficiente adimensional resultado de dividir la altura de cada pie entre su diámetro normal.
- Volumen (m^3). Volumen del fuste con corteza, calculado a partir de la tabla siguiente (RUIZ-DANA 1963):

$$V = (1,258 + (0,3055 * h)) * d^2$$

- Área basimétrica (m^2/ha).
- Crecimiento (m^3/ha año). Incremento anual medio del volumen del fuste con corteza.

Análisis de datos

Caracteres analizados

Se han estudiado las distribuciones de residuos de todas las variables analizadas, verificando que la mediana es próxima a cero y que se ajustan a una distribución normal (SAS 1996).

Los datos de supervivencia se han transformado según la función $x = \arcsen(S^{1/2})$, siendo S la supervivencia en tanto por uno.

El ensayo tiene dos tipos de u.e. (tabla 2), según su tamaño. Para analizar su efecto sobre las variables individuales (diámetro, altura, rectitud, esbeltez y volumen) se han estudiado únicamente las 19 procedencias representadas en ambos tipos de u.e. (figura 2). Para analizar los caracteres individuales de cada pie, se ha utilizado el siguiente modelo:

$$X_{ijklm} = m + P_i + E_j + B(E)_{k(j)} + Z(B)_{l(k)} + P * E_{ij} + P * B(E)_{ik(j)} + P * Z(B)_{il(k)} + e_{ijklm} \quad [1]$$

Siendo: X_{ijklm} : valor del carácter X del individuo m de la procedencia i en el experimento j bloque k y zona l.

m: media general de la parcela.

P_i : efecto de la procedencia i.

E_j : efecto del experimento j.

$B(E)_{k(j)}$: efecto del bloque k situado en el experimento j.

TABLA 2
 CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO DEL ENSAYO.
 [TRIAL DESIGN CHARACTERISTICS.]

| | Superficie m ² | Tamaño de u.e. m ² | | N.º de procedencias | N.º de bloques/ proced. | N.º de zonas/ bloque | N.º de u.e./ zona | N.º total de u.e. | N.º de plantas/ u.e. | N.º total de plantas | Densidad pies/ha |
|---------|------------------------------|----------------------------------|---|------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| Exp. I | 34.633 | 14 x 14 | Incluidas en el análisis Fuera del análisis ¹ | 40 | 3 | 7 | 6 | 126 | 49 | 6.174 | 2.500 |
| | | | | | | | | 6 | 49 | 294 | 2.500 |
| Exp. II | 35.798 | 28 x 28 | Incluidas en el análisis Fuera del análisis ¹ | 19 | 2 | 5 | 4 | 38 | 225 | 8.550 | 2.870 |
| | | | | | | | | 3 | 225 | 450 | 2.870 |
| TOTAL | 70.431 | | | 40 | | | | 173 | | 15.468 | |

¹ Corresponden a u.e. de las que se desconoce su procedencia.

Z(B)_{l(k)}: efecto de la zona l situada en el bloque k.

P*E_{ij}: interacción de la procedencia i con el experimento j.

P*B(E)_{ik(j)}: interacción de la procedencia i con el bloque k situado en el experimento j.

P*Z(B)_{il(k)}: interacción de la procedencia i con la zona l situada en el bloque k.

ε_{ijklm}: error experimental.

Para analizar los valores medios por u.e. del diámetro, altura, rectitud, esbeltez y volumen, y los caracteres supervivencia, área basimétrica y crecimiento, que también toman un único valor por u.e., el modelo es el siguiente:

$$X_{ijkl} = m + P_i + E_j + B(E)_{k(j)} + Z(B)_{l(k)} + \epsilon_{ijkl} \quad [2]$$

Siendo: X_{ijkl}: valor del carácter X de la procedencia i en el experimento j bloque k y zona l.

m: media general de la parcela.

P_i: efecto de la procedencia i.

E_j: efecto del experimento j.

B(E)_{k(j)}: efecto del bloque k situado en el experimento j.

Z(B)_{l(k)}: efecto de la zona l situada en el bloque k.

ε_{ijkl}: error experimental.

Seguidamente, se ha analizado el Experimento I por separado, para evitar que el diferente tamaño de la u.e. en los dos experimentos originen problemas de heterogeneidad de las varianzas y distribución de los residuos, ya que, además no resulta conveniente tomar u. e. de más de 50 individuos para facilitar el logro de la uniformidad ambiental de la parcela. Este experimento es el único que recoge las 40 procedencias analizadas (figura 3).

El modelo empleado ha sido el siguiente, para los caracteres individuales de cada pie: diámetro, altura, rectitud, esbeltez y volumen.

$$X_{ijkl} = m + P_i + B_j + Z(B)_{k(j)} + P*B + P*Z(B)_{ik(j)} + \epsilon_{ijkl} \quad [3]$$

Siendo: X_{ijk}: valor del carácter X del individuo l de la procedencia i en el bloque j y zona k.

m: media general de la parcela.

P_i: efecto de la procedencia i.

B_j: efecto del bloque j.

Z(B)_{k(j)}: efecto de la zona k situada en el bloque j.

P*B: interacción de la procedencia i con el bloque j.

P*Z(B)_{ik(j)}: interacción de la procedencia i con la zona k situada en el bloque j.

ε_{ijkl}: error experimental.

Para los caracteres medios por u.e.: diámetro, altura, rectitud, esbeltez, volumen, supervivencia, área basimétrica y crecimiento, el modelo es el siguiente:

$$X_{ijk} = m + P_i + B_j + Z(B)_{k(j)} + \varepsilon_{ijk} \quad [4]$$

Siendo: X_{ijk} : valor del carácter X de la procedencia i en el bloque j y zona k.

m: media general de la parcela.

P_i : efecto de la procedencia i.

B_j : efecto del bloque j.

$Z(B)_{k(j)}$: efecto de la zona k situada en el bloque j.

ε_{ijk} : error experimental.

Para aceptar los modelos anteriores se ha tomado un grado de significación del 5%.

Debido a que el modelo no es balanceado, las sumas de cuadrados Tipo I y Tipo III no coinciden, por lo que ha resultado más adecuado considerar de las de Tipo III.

Correlaciones entre caracteres

Se han estudiado posibles correlaciones entre caracteres a nivel de procedencia mediante el módulo Partial correlation de SPSS (1997).

Relación entre caracteres de comportamiento y clima en origen

Para buscar relaciones entre el comportamiento de las procedencias y su clima de origen, se han analizado 37 procedencias (todas las que aparecen en el ensayo excepto la 5, 32 y 39, por no haber sido posible ubicar sus localidades exactas).

Las variables climáticas estudiadas son: precipitación media anual, precipitación media del mes más seco, intensidad de la sequía, número de meses de sequía, helada segura, helada probable, temperatura máxima absoluta, temperatura media de las máximas del mes de media más alta, temperatura media del mes de media más alta, temperatura media anual, temperatura media del mes de media más baja, temperatura media de las mínimas del mes de media

más baja, temperatura mínima absoluta, Eficacia Térmica del Clima, Índice de humedad, período vegetativo y oscilación térmica. Además se introducen como variables a estudiar la latitud y la altitud.

Primero se han identificado las correlaciones significativas entre los caracteres de comportamiento y los de clima mediante un análisis factorial completo. Posteriormente se buscan relaciones explícitas (regresiones multivariantes) que permitan estimar el comportamiento en el ensayo a través del clima en origen.

Agrupación de procedencias

Las procedencias se agrupan por similitud de comportamiento, definiendo grupos de procedencias de manera jerárquica. Las variables utilizadas han sido diámetro medio, altura media, rectitud, volumen unitario medio, supervivencia y crecimiento, asignando igual peso a cada carácter. Resulta importante destacar que el criterio de agrupación es el genético, inferido a partir de los fenotipos desarrollados en un ambiente común.

El análisis estadístico se realiza construyendo un dendrograma con el módulo *cluster* de SPSS (SPSS 1997).

Elección de las mejores procedencias

La elección de las mejores procedencias se ha realizado desde el punto de vista productivo, mediante los caracteres: diámetro medio, altura media, rectitud, volumen unitario, supervivencia y crecimiento.

Primeramente se ha calculado un valor, normalizando la superioridad de cada procedencia para cada carácter sobre la media del Experimento (ALÍA 1989):

$$S_i = (X_i - \bar{X})/s$$

Siendo: S_i : superioridad de la procedencia i sobre la media del carácter en el ensayo en tanto por uno.

X_i : valor fenotípico del carácter de la procedencia i.

X: media del carácter entre las 40 procedencias ensayadas.

s: desviación típica del carácter.

La evaluación global de cada una de las procedencias se realiza agrupando los seis caracteres considerados en uno solo que expresa el valor económico de la procedencia, para lo que se emplean los siguientes índices:

— Índice Base:

$$I = \sum_1^n (a_i \cdot P_i)$$

Siendo: I: valor del Índice.

a_i: peso económico del carácter i.

P_i: valor fenotípico del carácter i.

Se toma igualdad de pesos para todos los caracteres estudiados, ya que no se dispone de información de esta especie sobre la influencia de cada carácter en el comportamiento final: a_i = 1/s. P_i se toma centrado para evitar problemas de escala, P_i = X_i - X.

— Índice de Elston:

$$I = \prod_1^n (P_i - m_i)$$

Siendo: I: valor del Índice.

P_i: valor fenotípico del carácter i.

m_i: peor valor del carácter i entre las medias de todas las procedencias.

El Índice de Elston también supone igualdad de pesos entre los diferentes caracteres, aunque su efecto es multiplicativo. De esta manera, las procedencias que presentan en algún carácter el valor más bajo de la parcela obtienen un valor del Índice igual a cero, por lo que en la elección de las mejores, quedarán descartadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la parcela de ensayo

Diseño experimental

Para estudiar el diseño experimental de la parcela nos basamos en los modelos [1] y [2], que toman sólo las 19 procedencias representadas en todo el ensayo (tabla 2 y figura 2).

Al analizar los caracteres individuales de cada pie —diámetro, altura, volumen, rectitud y esbeltez— con el modelo [1], se obtienen en todos los casos unos coeficientes de correlación (R²) inferiores al 39% (tabla 3). La baja fiabilidad de este modelo obliga a no tenerlo en consideración. Para analizar estos caracteres resulta más adecuado el modelo [2], donde R² siempre toma valores superiores al 51%.

En el modelo [2], la procedencia es factor significativo en todos los caracteres excepto el diámetro, rectitud y volumen (tabla 4). Para algunos también lo es el bloque y/o la zona. El experimento nunca origina diferencias significativas en el comportamiento de los individuos (excepto al anali-

TABLA 3
RESUMEN DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN (R²) DE LOS MODELOS APLICADOS.
EN NEGRITA APARECEN LOS QUE SON SIGNIFICATIVOS.
[CORRELATION COEFFICIENT (R²) SUMMARY OF THE APPLIED MODELS.
THE SIGNIFICANT FIGURES APPEAR IN BOLD.]

| Modelo | Supervivencia | Diámetro | Altura | Rectitud | Esbeltez | Volumen | Área basimétrica | Crecimiento |
|--------|---------------|----------|---------|----------|----------|---------|------------------|-------------|
| [1] | | 0,34023 | 0,38492 | 0,28013 | 0,31564 | 0,35408 | | |
| [2] | 0,77441 | 0,59624 | 0,72890 | 0,51760 | 0,64157 | 0,63703 | 0,87604 | 0,87974 |
| [3] | | 0,35794 | 0,50492 | 0,35817 | 0,32520 | 0,38668 | | |
| [4] | 0,64404 | 0,71448 | 0,79454 | 0,66839 | 0,63855 | 0,75760 | 0,72397 | 0,73128 |

TABLA 4
RESUMEN DE NIVELES DE SIGNIFICACIÓN ($P_{r>F}$) DEL MODELO [2].
LOS VALORES INFERIORES A 0,05 APARECEN MARCADOS CON NEGRITA.
[SIGNIFICANT LEVEL ($P_{r>F}$) SUMMARY OF THE MODEL [2].
VALUES LOWER THAN 0,05 ARE MARKED IN BOLD.]

| | Supervivencia | Diámetro | Altura | Rectitud | Esbeltez | Volumen | Área basimétrica | Crecimiento |
|-------------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|---------------|---------------------|---------------|
| Modelo | 0,0003 | 0,2381 | 0,0039 | 0,6399 | 0,0887 | 0,0995 | 0,0001 | 0,0001 |
| Procedencia | 0,0001 | 0,1939 | 0,0012 | 0,2297 | 0,0186 | 0,0994 | 0,0001 | 0,0001 |
| Experimento | 0,4980 | 0,0522 | 0,0360 | 0,1968 | 0,1074 | 0,0675 | 0,4762 | 0,7794 |
| Bloque | 0,0021 | 0,0775 | 0,0007 | 0,3941 | 0,0703 | 0,0304 | 0,0001 | 0,0001 |
| Zona | 0,0492 | 0,5781 | 0,3564 | 0,9244 | 0,5971 | 0,3667 | 0,0003 | 0,0001 |

zar la altura), por lo que se puede decir que ha resultado ineficaz diseñar dos experimentos, ya que no hay diferencias entre ambos y el comportamiento de los individuos en uno es similar en el otro.

Por esto, utilizaremos para el estudio de aquí en adelante, únicamente las u.e. del Experimento I, ya que contiene las 40 procedencias completas y además, resulta más ventajoso utilizar un tamaño de u.e. pequeño (49 individuos) que uno grande (225), ya que así se reduce la variabilidad interna. Por otro lado, la superficie total ocupada por el ensayo es menor, mejorando la homogeneidad ambiental. Para esto se aplican los modelos [3] y [4].

El clima tan riguroso del lugar de ensayo hace de este lugar un sitio difícil para el crecimiento de la vegetación. Probablemente, esto acentuará más las diferencias genotípicas del material ensayado.

Análisis de los caracteres

En la tabla 5 se muestran la media y desviación típica medios de cada procedencia.

Tras aplicar el modelo [3] a las variables individuales se obtiene en todos los casos un R^2 inferior al 51% (tabla 3). Además, los residuos no siguen una distribución normal y/o la mediana no es próxima a cero (excepto el diámetro, que es el único carácter que cumple ambos requisitos). Por esto no tomaremos este modelo en consideración.

Con el modelo [4] se analizan datos medios por u.e.: diámetro normal medio, altura media, etc. De cara a extrapolar el resultado del ensayo a una masa forestal, resulta más adecuado tomar valo-

res medios de masa que valores medios por pie; aunque de esta manera no pueden estudiarse interacciones entre los factores principales. El resumen de estadísticos del modelo se muestra en la tabla 6. El modelo es significativo para el diámetro, altura, rectitud, volumen, área basimétrica y crecimiento. Y no lo es al analizar la esbeltez ni la supervivencia (tabla 3). En todos los caracteres el R^2 es mayor del 63% y se aceptan los tests de homogeneidad de los residuos.

Se detectan diferencias significativas entre procedencias en todas las variables, excepto en el diámetro y la esbeltez. En general se puede decir que sí ha resultado efectivo hacer los bloques y las divisiones en zonas. El bloque es fuente de variabilidad en cinco de los ocho caracteres analizados; y la zona en tres de ellos. La falta de homogeneidad ambiental en los bloques y zonas ya fue detectada por NOTIVOL *et al.* (1992) al estudiar la densidad de la madera de 13 procedencias en esta misma parcela.

Cabe destacar que los coeficientes de variación son altos en la mayoría de los caracteres.

Supervivencia

Aunque el modelo explica un 64,4% de la variabilidad de la supervivencia (tabla 6), no resulta significativo y tiene un coeficiente de variación muy alto (30,8%). El único factor significativo es la procedencia.

Cabe destacar la baja supervivencia media de la parcela: 13,7%. Es decir, de los 2.500 pies/ha plantados inicialmente, quedan 342 pies/ha.

TABLA 5
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS PROCEDENCIAS DEL EXPERIMENTO I (MODELO [4]).
[DESCRIPTIVE STATISTICS OF THE EXPERIMENT I PROVENANCES (MODEL [4]).]

| Procedencia | Supervivencia | | dn (cm) | | Altura (m) | | Rectitud | | Esbeltez | | Vol. unit. (m³) | | A.B. (m²/ha) | | Cre(m³/ha año) | |
|-------------|---------------|------------|---------|------------|------------|------------|----------|------------|----------|------------|-----------------|------------|--------------|------------|----------------|------------|
| | Media | Desv. típ. | Media | Desv. típ. | Media | Desv. típ. | Media | Desv. típ. | Media | Desv. típ. | Media | Desv. típ. | Media | Desv. típ. | Media | Desv. típ. |
| 1 | 0,163 | 0,082 | 30,49 | 3,97 | 12,31 | 0,14 | 2,50 | 0,66 | 41,28 | 5,13 | 0,4888 | 0,1193 | 28,34 | 8,79 | 4,21 | 1,29 |
| 2 | 0,184 | 0,102 | 28,22 | 3,29 | 11,76 | 2,20 | 2,42 | 0,29 | 42,06 | 4,15 | 0,4036 | 0,1305 | 27,13 | 10,30 | 3,79 | 1,38 |
| 3 | 0,231 | 0,082 | 29,90 | 7,78 | 12,11 | 1,57 | 3,09 | 0,27 | 42,51 | 6,26 | 0,5039 | 0,2884 | 38,92 | 3,35 | 5,81 | 0,93 |
| 4 | 0,231 | 0,066 | 27,16 | 1,39 | 12,61 | 0,80 | 2,07 | 0,42 | 48,92 | 5,39 | 0,4007 | 0,0302 | 35,10 | 9,37 | 5,34 | 1,69 |
| 5 | 0,129 | 0,105 | 31,89 | 3,06 | 13,46 | 0,32 | 3,38 | 0,49 | 44,22 | 5,85 | 0,5715 | 0,0924 | 24,43 | 16,19 | 3,88 | 2,68 |
| 8 | 0,177 | 0,072 | 28,11 | 3,20 | 11,16 | 1,14 | 2,64 | 0,04 | 40,81 | 0,95 | 0,3925 | 0,1106 | 27,47 | 9,70 | 3,78 | 1,32 |
| 9 | 0,116 | 0,062 | 28,14 | 4,33 | 11,59 | 1,39 | 3,27 | 0,44 | 41,95 | 2,79 | 0,4062 | 0,1612 | 17,75 | 7,60 | 2,55 | 1,19 |
| 10 | 0,075 | 0,094 | 34,66 | 5,52 | 13,09 | 1,46 | 3,81 | 1,05 | 39,32 | 6,60 | 0,6598 | 0,2392 | 14,37 | 15,11 | 1,95 | 2,50 |
| 11 | 0,136 | 0,136 | 30,30 | 8,29 | 11,31 | 1,97 | 3,10 | 0,45 | 38,81 | 5,89 | 0,4784 | 0,2549 | 18,59 | 11,97 | 2,31 | 2,04 |
| 12 | 0,122 | 0,041 | 28,48 | 2,08 | 11,74 | 0,10 | 3,33 | 0,29 | 42,39 | 4,13 | 0,4152 | 0,0433 | 19,84 | 5,30 | 2,86 | 0,82 |
| 15 | 0,156 | 0,103 | 24,83 | 2,83 | 10,68 | 1,26 | 2,42 | 0,32 | 44,26 | 6,27 | 0,2989 | 0,0788 | 18,19 | 8,70 | 2,49 | 1,24 |
| 16 | 0,245 | 0,124 | 29,16 | 1,60 | 12,89 | 1,02 | 2,59 | 0,04 | 46,20 | 5,08 | 0,4723 | 0,0480 | 41,57 | 16,67 | 6,46 | 2,75 |
| 17 | 0,143 | 0,054 | 30,94 | 1,08 | 13,91 | 0,61 | 3,13 | 0,99 | 46,04 | 2,49 | 0,5425 | 0,0606 | 27,48 | 10,84 | 4,44 | 1,83 |
| 18 | 0,163 | 0,054 | 26,71 | 4,87 | 12,39 | 2,39 | 1,88 | 0,63 | 49,65 | 3,67 | 0,4128 | 0,1819 | 24,88 | 10,10 | 3,87 | 1,84 |
| 19 | 0,150 | 0,031 | 29,80 | 3,76 | 12,69 | 1,48 | 3,30 | 0,71 | 43,23 | 1,73 | 0,4866 | 0,1390 | 27,52 | 10,02 | 4,28 | 1,79 |
| 20 | 0,095 | 0,012 | 30,56 | 6,78 | 12,13 | 2,14 | 3,23 | 0,55 | 40,98 | 3,40 | 0,5071 | 0,2336 | 18,05 | 6,32 | 2,71 | 1,18 |
| 21 | 0,327 | 0,108 | 27,61 | 0,51 | 12,28 | 0,71 | 3,19 | 0,52 | 45,88 | 2,85 | 0,4058 | 0,0151 | 50,54 | 14,44 | 7,57 | 2,41 |
| 22 | 0,054 | 0,012 | 32,44 | 5,81 | 13,68 | 0,81 | 3,44 | 0,38 | 44,10 | 10,11 | 0,5898 | 0,1838 | 11,27 | 3,18 | 1,79 | 0,57 |
| 23 | 0,136 | 0,012 | 25,56 | 3,03 | 11,58 | 0,70 | 2,21 | 0,26 | 47,06 | 3,68 | 0,3449 | 0,0929 | 18,43 | 4,10 | 2,67 | 0,70 |
| 24 | 0,068 | 0,031 | 28,93 | 4,71 | 11,64 | 1,22 | 3,07 | 0,12 | 41,10 | 7,69 | 0,4233 | 0,1531 | 10,54 | 2,17 | 1,51 | 0,41 |
| 25 | 0,102 | 0,108 | 26,04 | 3,29 | 12,16 | 1,87 | 3,01 | 0,87 | 47,78 | 7,24 | 0,3572 | 0,1238 | 13,50 | 12,55 | 1,99 | 2,14 |
| 26 | 0,150 | 0,105 | 27,56 | 3,43 | 12,57 | 0,87 | 1,82 | 0,46 | 46,61 | 4,77 | 0,4071 | 0,1040 | 21,36 | 11,18 | 3,24 | 1,71 |
| 27 | 0,190 | 0,096 | 22,27 | 4,78 | 9,85 | 0,99 | 1,88 | 0,76 | 46,49 | 5,82 | 0,2475 | 0,1179 | 17,54 | 4,48 | 2,27 | 0,44 |
| 28 | 0,109 | 0,072 | 29,55 | 6,59 | 11,51 | 0,65 | 2,55 | 1,31 | 40,76 | 8,58 | 0,4467 | 0,1790 | 16,23 | 5,51 | 2,30 | 0,79 |
| 29 | 0,235 | 0,014 | 27,32 | 2,57 | 12,92 | 1,36 | 2,50 | 0,83 | 49,12 | 0,21 | 0,4239 | 0,0991 | 36,14 | 3,95 | 5,66 | 0,98 |
| 30 | 0,082 | 0,089 | 36,28 | 7,47 | 12,78 | 0,95 | 4,19 | 1,41 | 36,72 | 9,49 | 0,7102 | 0,2772 | 16,34 | 11,44 | 2,23 | 2,21 |
| 31 | 0,170 | 0,133 | 29,04 | 3,93 | 12,67 | 0,40 | 2,11 | 0,13 | 44,83 | 6,08 | 0,4521 | 0,1192 | 26,05 | 16,07 | 3,94 | 2,42 |
| 32 | 0,150 | 0,082 | 33,37 | 4,34 | 12,35 | 0,56 | 3,10 | 0,52 | 37,61 | 4,37 | 0,6200 | 0,1908 | 31,47 | 8,46 | 4,78 | 1,13 |
| 34 | 0,156 | 0,112 | 26,41 | 7,30 | 12,26 | 1,50 | 1,70 | 0,48 | 48,55 | 7,62 | 0,3937 | 0,2364 | 20,86 | 11,46 | 3,16 | 1,77 |
| 35 | 0,129 | 0,066 | 28,43 | 0,70 | 12,73 | 1,37 | 2,03 | 0,15 | 45,81 | 6,55 | 0,4336 | 0,0312 | 20,79 | 9,45 | 3,23 | 1,67 |
| 36 | 0,054 | 0,031 | 35,58 | 4,68 | 13,87 | 0,59 | 2,50 | 0,50 | 39,79 | 3,91 | 0,7180 | 0,1948 | 12,78 | 5,91 | 1,71 | 1,50 |
| 37 | 0,061 | 0,058 | 39,48 | 7,81 | 12,38 | 0,53 | 3,00 | 0,00 | 32,43 | 8,16 | 0,8059 | 0,2704 | 15,88 | 10,99 | 2,38 | 1,72 |
| 38 | 0,088 | 0,031 | 29,39 | 2,08 | 11,54 | 1,48 | 3,36 | 0,53 | 40,67 | 4,14 | 0,4489 | 0,0817 | 15,76 | 6,04 | 2,31 | 1,12 |
| 39 | 0,116 | 0,066 | 27,99 | 2,96 | 13,40 | 1,66 | 2,27 | 1,29 | 50,12 | 10,81 | 0,4371 | 0,0656 | 17,37 | 8,83 | 2,83 | 1,65 |
| 40 | 0,109 | 0,031 | 29,57 | 4,00 | 11,37 | 1,30 | 2,83 | 0,41 | 38,56 | 1,12 | 0,4356 | 0,1537 | 18,21 | 1,45 | 2,55 | 0,25 |
| 41 | 0,082 | 0,020 | 27,22 | 6,02 | 12,06 | 0,39 | 2,35 | 0,79 | 47,65 | 10,57 | 0,3977 | 0,1627 | 12,56 | 5,61 | 1,83 | 0,79 |
| 42 | 0,068 | 0,024 | 28,23 | 1,81 | 13,44 | 0,56 | 2,75 | 1,39 | 48,38 | 2,73 | 0,4518 | 0,0744 | 10,70 | 2,98 | 1,70 | 0,42 |
| 43 | 0,150 | 0,101 | 29,86 | 3,87 | 12,37 | 1,53 | 2,69 | 0,53 | 43,17 | 11,60 | 0,4662 | 0,0730 | 24,44 | 10,23 | 3,74 | 1,93 |
| 44 | 0,122 | 0,061 | 30,47 | 6,90 | 13,68 | 1,43 | 2,09 | 0,29 | 47,67 | 6,78 | 0,5537 | 0,2812 | 20,69 | 4,14 | 3,28 | 0,45 |
| 45 | 0,061 | 0,035 | 28,74 | 1,68 | 12,39 | 1,23 | 2,93 | 1,01 | 43,32 | 2,32 | 0,4449 | 0,0845 | 10,59 | 7,20 | 1,38 | 1,58 |
| Ensayo | 0,137 | 0,086 | 29,35 | 4,82 | 12,33 | 1,35 | 2,74 | 0,80 | 43,72 | 6,30 | 0,4690 | 0,1678 | 21,92 | 11,85 | 3,26 | 1,92 |

Se han encontrado tres grupos de procedencias con valores superiores a la media: Meseta Castellana y Sierra de Gredos, geográficamente las más cercanas al lugar de ensayo, y Sierra de Cazorla (tabla 5). En cambio, en el ensayo de Pontevedra (MOLINA 1965) la primera y tercera tienen valores mediocres, posiblemente debido a inter-

acciones genotipo*ambiente. Tanto en el ensayo de Pontevedra como en el que nos ocupa, las procedencias atlánticas presentaron bajas supervivencias. Todas las procedencias de fuera de España tienen supervivencias inferiores a la media, excepto Taza (19,0%), Corte (15,0%) y Las Laldas (13,6%).

Diámetro normal medio

El 71,4% de la variabilidad del diámetro normal queda explicada por el modelo (tabla 6), aunque la procedencia es significativa sólo al 91,3% de confianza.

Altura media

La altura media es el carácter más fiable para analizar el comportamiento de un ensayo de procedencias, ya que, además de estar relacionado con la producción, está poco influido por la densidad y competencia.

El modelo explica con este carácter la mayor parte de la variabilidad de las u.e. (79,4%) y presenta el menor coeficiente de variación (7,4%) de entre todos los analizados. Todos los factores del modelo resultan significativos o altamente significativos (tabla 6).

Las procedencias con mayor altura media son Navalilla (13,9 m), Leiria (13,9 m), Arbo (13,7 m) y Barocaggio (13,7 m). Se detecta un com-

portamiento no esperado de la procedencia Las Landas (13,4 m), que presenta un valor inferior a la media (13,3 m). El grupo de procedencias atlánticas fue el más alto en el ensayo de Pontevedra (MOLINA 1965). En cambio, en Valladolid, el comportamiento de estas localidades ha sido variable (Arbo 11% superior a la media del ensayo y Rois 2% inferior). Las procedencias de menor altura son Taza (9,6 m) y Astorga (10,7 m).

Forma de fuste

La forma de fuste se evalúa cualitativamente con la rectitud y cuantitativamente a través de la esbeltez. La evaluación de la rectitud está claramente indicada para estimar la calidad tecnológica del fuste de cara a su aprovechamiento comercial. En cambio, la esbeltez muestra mejor la existencia de diferentes estrategias biológicas a nivel de procedencia, pudiendo también ser útil para valorar su destino tecnológico.

El modelo aplicado al carácter esbeltez resulta significativo sólo al 92,2%. Por el contrario, mode-

TABLA 6
GENERAL LINEAL MODEL DEL MODELO [4].
[GENERAL LINEAL MODEL OF THE MODEL [4].

| | | supervi- vencia | diámetro normal medio | altura media | esbeltez media | rectitud media | volumen medio | área basimétrica media | crecimiento |
|---------------|----------------|--------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------|
| | Media | 0,36232 | 29,34958 | 12,32754 | 43,71977 | 2,74400 | 0,46898 | 21,92347 | 3,29359 |
| | RMSE | 0,11174 | 3,82732 | 0,90879 | 5,62325 | 0,68312 | 0,12274 | 9,25214 | 1,43116 |
| | CV | 30,84104 | 13,04046 | 7,37200 | 12,86203 | 24,89512 | 26,17072 | 42,20197 | 43,45294 |
| | R ² | 0,64404 | 0,71448 | 0,79454 | 0,63855 | 0,66839 | 0,75760 | 0,72397 | 0,73128 |
| Modelo | GL | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 |
| | F valor | 1,50 | 2,07 | 3,20 | 1,46 | 1,67 | 2,59 | 2,17 | 2,25 |
| | Pr>F | 0,0655 | 0,0035 | 0,0001 | 0,0776 | 0,0282 | 0,0002 | 0,0021 | 0,0014 |
| Procedencia | GL | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 |
| | F valor | 1,66 | 1,49 | 1,66 | 1,06 | 1,91 | 1,67 | 2,42 | 2,34 |
| | Pr>F | 0,0433 | 0,0874 | 0,0425 | 0,4188 | 0,0141 | 0,0410 | 0,0014 | 0,0021 |
| Bloque | GL | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | F valor | 1,31 | 6,78 | 21,45 | 2,66 | 0,28 | 12,63 | 3,45 | 5,53 |
| | Pr>F | 0,2797 | 0,0024 | 0,0001 | 0,0796 | 0,7543 | 0,0001 | 0,0392 | 0,0066 |
| Zona (bloque) | GL | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| | F valor | 1,08 | 2,00 | 1,95 | 1,45 | 0,99 | 2,34 | 0,84 | 0,93 |
| | Pr>F | 0,3909 | 0,0195 | 0,0228 | 0,1316 | 0,4947 | 0,0055 | 0,6703 | 0,5629 |

RMSE: raíz cuadrada del error medio cuadrático.

CV: coeficiente de variación (%).

GL: grados de libertad.

R²: coeficiente de correlación.

lo aplicado a la rectitud, explica el 66,8% de la variabilidad, aunque el coeficiente de variación es elevado (24,9%). El único factor del modelo que origina diferencias significativas es la procedencia.

Arenas de San Pedro (1,7), Corte (1,8), Hontoria del Pinar (1,8) y Taza (1,9) presentan las mayores rectitudes medias, destacando las procedencias de las regiones Sierra de Gredos y Córcega con valores muy altos. Esta última región fue la que presentó la mayor rectitud en el ensayo realizado por SWEET *et al.* (1962) en Nueva Zelanda. En el ensayo de Pontevedra (MOLINA 1965) las procedencias atlánticas se mostraron las mejores, sin embargo en la parcela que nos ocupa, no se muestran tan rectas. El resultado obtenido coincide en gran medida con el de SIERRA *et al.* (1999) al analizar la rectitud de seis regiones de procedencia utilizando 16 localidades de esta misma parcela. Únicamente destacar que en Valladolid hemos detectado mayor rectitud en la localidad de Astorga y que los resultados de las procedencias de la Serranía de Cuenca han sido dispares. Estas pequeñas diferencias, probablemente se deban a la diferente metodología de evaluación del carácter.

Volumen con corteza medio

El carácter volumen medio del fuste combina el diámetro y la altura para evaluar la producción individual de cada pie.

El modelo es significativo, presentando un $R^2=75,8\%$ y un $CV=26,2\%$ (tabla 6). Los tres factores considerados en el modelo resultan significativos.

Djidjelli (806 dm³), Leiria (718 dm³) y Almodóvar del Pinar (710 dm³) son las procedencias con mayor volumen de fuste con corteza medio por pie. Las procedencias de la Meseta Castellana presentan valores superiores a la media (excepto Ataquines). Las menos voluminosas son Taza (247 dm³) y Astorga (299 dm³).

Área basimétrica

El área basimétrica reúne en un solo parámetro las condiciones de espesura de la masa, integran-

do supervivencia, número de pies, competencia y crecimiento. Por esto resulta muy útil para diferenciar distintas poblaciones de una misma especie de una manera sencilla.

El coeficiente R^2 es aceptable (72,4%), aunque no así el de variación (42,2%) (tabla 6). Existen diferencias significativas entre procedencias y entre bloques, no así entre zonas.

Las procedencias de la Meseta Castellana son las que presentan mayor área basimétrica (entre 50,5 y 27,5 m²/ha), excepto Portillo. Las de la Sierra de Cazorla también presentan valores altos (entre 28,3 y 27,1 m²/ha). Todas las procedencias de fuera de España se comportan peor que la media de la parcela. Las de la costa oriental de Francia (entre 13,5 y 10,5 m²/ha), Galicia (entre 12,6 y 10,7 m²/ha) excepto Ribadeo y Portugal (12,8 m²/ha) son las regiones con valores más bajos.

Crecimiento

El crecimiento en volumen maderable de una masa no indica únicamente su producción económica, sino que también indica la estrategia de colonización de un hábitat. Por esto, este parámetro es un buen diferenciador de poblaciones vegetales.

El modelo explica el 73,1% de la variabilidad recogida, aunque con un coeficiente de variación del 43,5% (tabla 6). Se han encontrado diferencias significativas entre procedencias y entre bloques.

Las procedencias que presentan mayor crecimiento son las de la Meseta Castellana (entre 7,6 y 4,3 m³/ha año), excepto Portillo y las de la Sierra de Cazorla (entre 4,2 y 3,8 m³/ha año). Cabe destacar que las procedencias de Las Landas tienen crecimientos ligeramente inferiores a la media de la parcela (entre 2,8 y 2,7 m³/ha año). Las de la costa oriental de Francia (entre 2,1 y 1,5 m³/ha año), Galicia (entre 1,8 y 1,7 m³/ha año) excepto Ribadeo y Portugal (2,0 m³/ha año) son las regiones con valores más bajos. Este resultado difiere del encontrado por MOLINA (1965) en el ensayo de Pontevedra, donde las procedencias atlánticas fueron las mejores.

Correlaciones entre caracteres

El diámetro medio está correlacionado con varios caracteres: supervivencia, altura, rectitud, esbeltez y volumen, especialmente los dos últimos, explicando la falta de significación al analizar este carácter de manera aislada.

Los caracteres rectitud y esbeltez están correlacionados negativamente con el diámetro medio (tabla 7). O lo que es lo mismo, los mejores fustes en cuanto a forma son los más delgados.

La altura está correlacionada positivamente con el volumen de fuste, como era de esperar.

La correlación entre la rectitud y la esbeltez es significativa, aunque el coeficiente de correlación es moderado (0,499). Esto indica la tendencia de los pies más esbeltos a presentar fustes más rectos.

Los caracteres que indican mayor esbeltez y rectitud (el segundo con menor R^2), están correlacionados negativamente con el volumen individual medio. Es decir, los árboles más pequeños son los que tienen el fuste más recto.

La supervivencia está correlacionada negativamente con el diámetro, es decir, al aclararse la masa los pies que quedan adquieren mayor diá-

metro, aunque la altura no se ve influida. Las procedencias que presentan mayor supervivencia son más rectas, más esbeltas y con menor volumen individual. La supervivencia así evaluada es una medida del temperamento de la procedencia, ya que no se repusieron marras ni se realizaron claras tras la plantación inicial. Con esto, queda de manifiesto la importancia de favorecer una relativamente alta densidad en la masa para optimizar la forma del fuste.

El crecimiento y área basimétrica están correlacionados positivamente con la supervivencia, indicando que una baja espesura en la masa merma su producción. Igualmente existe una alta correlación entre los dos primeros, por lo que los resultados de los análisis individuales son similares.

Relación entre caracteres de producción y clima

Los caracteres dendrométricos—diámetro, altura, rectitud, esbeltez y volumen unitario— presentan correlación significativa con pocas variables climáticas del lugar de procedencia de la semilla (tabla 8). Las variables dasométricas—supervi-

TABLA 7
MATRIZ DE COEFICIENTES DE LA CORRELACIÓN ENTRE CARACTERES PARA LA PROCEDENCIA.
[CORRELATION COEFFICIENTS MATRIX BETWEEN VARIABLES BY PROVENANCE.]

| | | Diámetro normal medio | Altura media | Rectitud media | Esbeltez media | Volumen medio | Supervivencia | Área basimétrica media |
|------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------------|
| Altura media | correlación Pr>F | 0,4889 0,0001 | | | | | | |
| Rectitud media | correlación Pr>F | 0,5062 0,0001 | 0,1166 0,1990 | | | | | |
| Esbeltez media | correlación Pr>F | -0,7497 0,0001 | 0,1713 0,0580 | -0,4988 0,0001 | | | | |
| Volumen medio | correlación Pr>F | 0,9727 0,0001 | 0,6069 0,0001 | 0,4425 0,0001 | -0,6136 0,0001 | | | |
| Supervivencia | correlación Pr>F | -0,5506 0,0001 | -0,0297 0,7440 | -0,3661 0,0001 | 0,6181 0,0001 | -0,4760 0,0001 | | |
| Área basimétrica media | correlación Pr>F | -0,1896 0,0360 | 0,2702 0,0030 | -0,1951 0,0310 | 0,4137 0,0001 | -0,1165 0,1990 | 0,8823 0,0001 | |
| Crecimiento | correlación Pr>F | -0,1269 0,1620 | 0,3780 0,0001 | -0,1709 0,0590 | 0,4229 0,0001 | -0,0422 0,6430 | 0,8375 0,0001 | 0,9911 0,0001 |

TABLE 8
ANÁLISIS FACTORIAL ENTRE LOS CARACTERES DE COMPORTAMIENTO Y LOS ÍNDICES CLIMÁTICOS¹
EN ORIGEN.
[FACTORIAL ANALYSIS BETWEEN THE BEHAVIOUR AND CLIMATIC¹ VARIABLES IN ORIGIN.]

| | | Diámetro normal medio | Altura media | Rectitud | Esbeltez | Volumen unitario medio | Super- vivencia | Área Basimé- trica | Crecimiento |
|-------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------|----------|----------|------------------------------|--------------------|--------------------------|-------------|
| Correlación | L | -0,165 | 0,277 | 0,085 | 0,367 | -0,027 | -0,032 | 0,016 | 0,057 |
| | Altitud | -0,091 | -0,204 | -0,044 | -0,084 | -0,041 | 0,372 | 0,318 | 0,278 |
| | Precipitación | -0,047 | 0,216 | -0,304 | 0,275 | 0,045 | -0,353 | -0,429 | -0,407 |
| | Precipit. estival | -0,271 | -0,064 | -0,102 | 0,296 | -0,248 | -0,065 | -0,119 | -0,117 |
| | K | 0,243 | -0,027 | 0,313 | -0,316 | 0,175 | 0,316 | 0,447 | 0,440 |
| | Sequía: meses | 0,296 | -0,057 | 0,208 | -0,396 | 0,180 | 0,134 | 0,202 | 0,193 |
| | Helada segura: meses | -0,067 | -0,014 | -0,055 | 0,050 | -0,020 | 0,291 | 0,293 | 0,282 |
| | Helada probable | -0,115 | 0,145 | 0,113 | 0,244 | 0,014 | 0,221 | 0,285 | 0,300 |
| | C | 0,256 | 0,305 | -0,178 | 0,033 | 0,293 | 0,172 | 0,258 | 0,279 |
| | TMMC | 0,104 | -0,038 | 0,015 | -0,119 | 0,061 | 0,399 | 0,433 | 0,418 |
| | TMC | 0,213 | -0,064 | 0,063 | -0,261 | 0,062 | 0,066 | 0,097 | 0,088 |
| | T | 0,272 | 0,036 | 0,046 | -0,239 | 0,106 | -0,297 | -0,257 | -0,246 |
| | TMF | 0,279 | 0,087 | 0,037 | -0,195 | 0,123 | -0,465 | -0,425 | -0,402 |
| | TMMF | 0,248 | 0,058 | 0,088 | -0,196 | 0,100 | -0,465 | -0,446 | -0,424 |
| | F | 0,147 | 0,315 | -0,209 | 0,069 | 0,189 | -0,364 | -0,320 | -0,294 |
| | ETC | 0,304 | 0,086 | 0,038 | -0,235 | 0,163 | -0,340 | -0,296 | -0,277 |
| IH | -0,049 | 0,243 | -0,291 | 0,280 | 0,066 | -0,315 | -0,384 | -0,357 | |
| Período vegetat.: meses | 0,039 | 0,133 | -0,035 | 0,073 | 0,021 | -0,466 | -0,457 | -0,429 | |
| Oscilación térmica: °C | -0,106 | -0,139 | 0,014 | -0,017 | -0,072 | 0,519 | 0,503 | 0,472 | |
| Signific. | L | 0,169 | 0,051 | 0,311 | 0,014 | 0,437 | 0,427 | 0,462 | 0,370 |
| | Altitud | 0,296 | 0,113 | 0,398 | 0,310 | 0,405 | 0,012 | 0,028 | 0,049 |
| | Precipitación | 0,392 | 0,100 | 0,034 | 0,050 | 0,396 | 0,016 | 0,004 | 0,006 |
| | Precipit. estival | 0,052 | 0,354 | 0,275 | 0,038 | 0,070 | 0,351 | 0,241 | 0,244 |
| | K | 0,074 | 0,438 | 0,030 | 0,028 | 0,150 | 0,028 | 0,003 | 0,003 |
| | Sequía: meses | 0,038 | 0,370 | 0,108 | 0,008 | 0,143 | 0,214 | 0,116 | 0,126 |
| | Helada segura: meses | 0,347 | 0,467 | 0,374 | 0,384 | 0,452 | 0,040 | 0,039 | 0,046 |
| | Helada probable | 0,249 | 0,196 | 0,253 | 0,073 | 0,468 | 0,094 | 0,044 | 0,036 |
| | C | 0,082 | 0,048 | 0,169 | 0,430 | 0,055 | 0,177 | 0,081 | 0,064 |
| | TMMC | 0,270 | 0,412 | 0,465 | 0,242 | 0,359 | 0,007 | 0,004 | 0,005 |
| | TMC | 0,103 | 0,353 | 0,355 | 0,060 | 0,357 | 0,348 | 0,284 | 0,303 |
| | T | 0,052 | 0,417 | 0,394 | 0,077 | 0,267 | 0,037 | 0,062 | 0,071 |
| | TMF | 0,047 | 0,304 | 0,414 | 0,124 | 0,234 | 0,002 | 0,004 | 0,007 |
| | TMMF | 0,071 | 0,366 | 0,302 | 0,123 | 0,278 | 0,001 | 0,003 | 0,004 |
| | F | 0,215 | 0,042 | 0,130 | 0,356 | 0,154 | 0,022 | 0,040 | 0,054 |
| | ETC | 0,038 | 0,311 | 0,414 | 0,087 | 0,175 | 0,023 | 0,042 | 0,053 |
| IH | 0,390 | 0,080 | 0,045 | 0,046 | 0,353 | 0,033 | 0,011 | 0,018 | |
| Período vegetat.: meses | 0,412 | 0,222 | 0,421 | 0,338 | 0,452 | 0,002 | 0,003 | 0,005 | |
| Oscilación térmica: °C | 0,267 | 0,206 | 0,467 | 0,461 | 0,336 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | |

L = Latitud

Altitud (msnm)

Precipitación media anual (mm)

Precipitación media del mes más seco (mm)

K = Intensidad de la sequía (área seca/área húmeda)

Sequía (número de meses)

Helada segura (número de meses)

Helada probable (número de meses en los que TMF > 0 °C pero T < 0 °C)

C = Temperatura máxima absoluta (°C)

TMMC = Temperatura media de las máximas del mes de media más alta (°C)

TMC = Temperatura media del mes de media más alta (°C)

T = Temperatura media anual (°C)

TMF = Temperatura media del mes de media más baja (°C)

TMMF = Temperatura media de las mínimas del mes de media más baja (°C)

F = Temperatura mínima absoluta (°C)

ETC = Eficacia Térmica del Clima (mm)

IH = Índice de humedad

Período vegetativo (número de meses)

Oscilación térmica (°C) = TMC-TMF

vencia, área basimétrica y crecimiento— se muestran correlacionadas con muchos de los factores del clima considerados, aunque con coeficientes

de correlación moderados (entre 0,282 y 0,519). Además la mayoría de los factores que explican la supervivencia, también explican el área basimé-

trica y crecimiento; y las que no se encuentran correlacionadas con el primero, tampoco con los otros dos.

El resultado coincide por el encontrado por ALÍA *et al.* (1997), respecto a la correlación negativa entre la supervivencia y la precipitación, aunque difiere respecto a la correlación entre el primero y la altitud, que aquí resulta significativa, aunque con un coeficiente bajo, y en el citado trabajo no. Sin embargo, sí encontró significativa la interacción altitud*precipitación.

Respecto al volumen unitario no se ha encontrado correlación significativa con ninguna variable climática, aunque en el citado trabajo de ALÍA *et al.* (1997) sí se correlacionó con la altitud.

Se han encontrado tres ecuaciones de regresión significativas, una para estimar cada uno de los tres caracteres dasométricos:

$$\text{Supervivencia} = 0,001555 + 0,005937\text{TMMC} - 0,00804\text{TMF}$$

$$r^2 = 0,334 \text{ Sig. } 0,0010$$

$$\text{Área basimétrica} = 44,024 - 0,0103\text{H} - 0,0066\text{P} + 6,385\text{TMF}$$

$$- 3,972\text{TMMF} - 0,118\text{ETC} + 2,681\text{OSC}$$

$$r^2 = 0,489 \text{ Sig. } 0,0030$$

$$\text{Crecimiento} = 2,591 + 5,39\text{K} - 0,169\text{TMMF}$$

$$r^2 = 0,328 \text{ Sig. } 0,0005$$

Los factores duración del período vegetativo, índice de humedad y duración de las heladas tienen una correlación significativa con los caracteres dasométricos, pero no se encontró ninguna ecuación de regresión aceptable entre aquellos y éstos.

De manera global, se puede afirmar que las mejores procedencias de cara a una estrategia repobladora con objetivo productor en Tierra de Pinarres, son las que proceden de baja cota y su clima en origen es extremo, es decir con grandes oscilaciones térmicas y elevadas precipitaciones, pero acusada sequía estival. Este resultado contrasta con el de MOLINA (1965), que afirma que la supervivencia es independiente del clima originario, si bien hay que tener en consideración la escasez de datos meteorológicos disponibles en la época de la cita, así como la mayor supervivencia registrada en la parcela evaluada en la cita.

Agrupación de procedencias

En el dendrograma (figura 4) aparecen varias agrupaciones de procedencias de localidades muy cercanas geográficamente. Un grupo lo forman las procedencias del valle del Duero soriano (Tardencuende y Almazán) y de la Sierra de Oña (Cillaperlata); aunque en él también se incluyen procedencias del Sur del Mediterráneo como Albuñuelas (Sierra Bermeja), Sefrou (Marruecos) y Beni-Aidel (Argelia), destacando el gran parecido entre la granadina y la marroquí.

Las procedencias de la costa oriental de Francia (Sierra Maures, Montes Corbieres y L'esterel) forman otro grupo junto con Rois (La Coruña).

Cada una de las procedencias gallegas aparece en un grupo diferente. Esta diversidad de comportamientos también fue encontrada por ALÍA (1989) al intentar caracterizar esta región, lo que

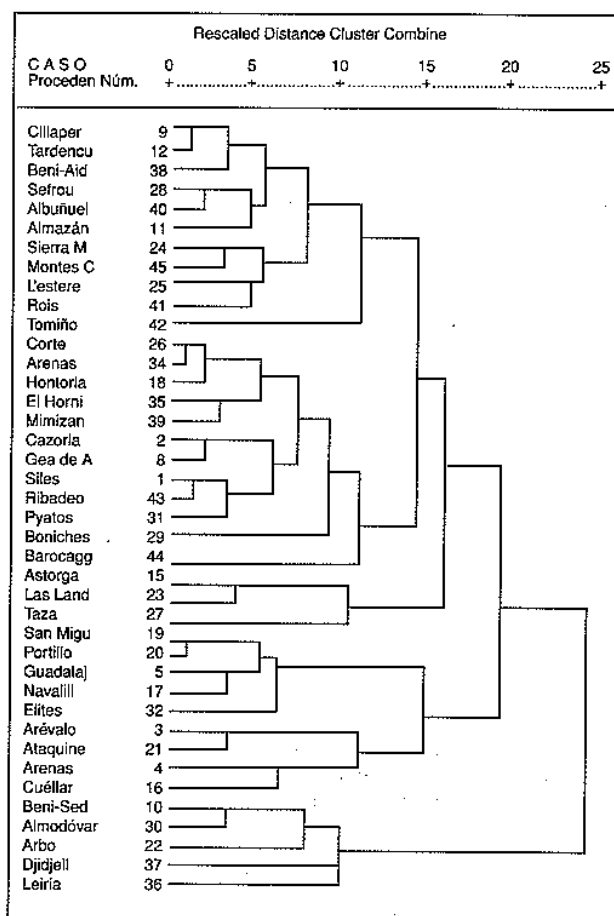


Fig. 4. Dendrograma de agrupación de procedencias. [Grouping provenance dendrograma.]

parece apoyar la tesis de SWEET *et al.* (1962) y MOLINA (1965) sobre el origen antrópico de esta especie en Galicia; ya que al proceder de lugares ecológicamente homólogos y no comportarse como un grupo homogéneo, hace pensar en masas introducidas a partir de material vegetal alóctono diverso. Aunque este hecho también puede interpretarse como una prueba de la deriva genética de esta especie en Galicia motivada por su elevado aprovechamiento secular (quemadas para favorecer al ganado, cortas, etc.), fragmentando las poblaciones autóctonas (ALÍA *et al.* 1996).

De las tres procedencias de la Sierra de Gredos (Ávila), dos de ellas están muy próximas en el dendrograma, y la tercera se incluye en el grupo que describiremos como de la Meseta Castellana. También se agrupan aquí procedencias tan distantes geográficamente como Hontoria del Pinar (Burgos), Corte (Córcega) y Mimizan (Las Landas). Las dos procedencias de Córcega se ubican en grupos muy distantes. Igual diferencia se da al buscar la proximidad de las dos procedencias de Las Landas.

A continuación, aparece un grupo formado por procedencias de la parte oriental de la Península Ibérica, que puede concretarse como Sistema Ibérico-Cazorla. Aunque dos procedencias de la Serranía de Cuenca se encuentran distanciadas en el dendrograma.

En el siguiente nivel de agrupamiento se separan todos los grupos anteriormente descritos de otro muy homogéneo formado por las procedencias de la Meseta Castellana (Valladolid, Segovia y Ávila). En este grupo, formado por nueve procedencias, también aparece la procedencia identificada como Guadalajara sin conocer el lugar exacto, y la Élite de Resina. La presencia de esta última en el grupo hace pensar en que su origen sea la comarca Tierra de Pinares dentro de la región de procedencia Meseta Castellana.

Sierra del Teleno aparece en un grupo muy diferenciado de los anteriores. Este hecho tiene especial interés, ya que es una localidad no demasiado alejada de algunas de las otras, como, por ejemplo, de la Meseta Castellana.

Las procedencias de Marruecos aparecen muy distanciadas entre sí en el dendrograma, lo que pue-

de reflejar la existencia de variabilidad genética dentro del área del país estudiada. Se observa un efecto similar en las procedencias de litoral de Bujia (Argelia).

Como se ha descrito, algunas localidades próximas geográficamente se han comportado de manera similar en el ensayo, lo que lleva a pensar en grupos poblacionales. Tal es el caso de:

- Costa oriental de Francia.
- Valle del Duero soriano y Sierra de Oña.
- Tierra de Pinares.
- Sierra del Teleno.
- Sistema Ibérico y Sierra de Cazorla.

Estos grupos así definidos se adecuan al *Catálogo Nacional de las Regiones de Procedencia* relativo al *Pinus pinaster* (Resolución de 27 de abril de 2000, BOE n.º 114 de 12 de mayo de 2000). Debe tenerse en cuenta que sólo se analiza una parcela, por lo que debe tomarse como una agrupación gruesa y con menor detalle que la citada. Cabe destacar que no ha sido posible clasificar de esta manera todas las procedencias ensayadas, ya que algunas localidades próximas han mostrado desiguales comportamientos.

Elección de las mejores procedencias

La tabla de superioridad de cada uno de los caracteres para cada una de las procedencias (tabla 9) caracteriza cada procedencia por comparación con las demás.

Al seleccionar las diez mejores procedencias por cada uno de los dos índices, nueve de ellas son comunes (tabla 10). Cuatro de las seis procedencias ensayadas de la comarca Tierra de Pinares (Meseta Castellana) se encuentran entre las ocho mejores, lo que nos lleva a afirmar que en este caso la región de procedencia local es la mejor entre todas las ensayadas. Estas procedencias se han mostrado globalmente superiores al resto, sobre todo en los caracteres de supervivencia, área basimétrica y crecimiento. El peor carácter que presentan es la rectitud, aunque mediante tratamientos selvícolas adecuados se puede llegar a mejorar el fenotipo. Las procedencias castellanas analiza-

TABLA 9
 SUPERIORIDAD DE CADA CARÁCTER SOBRE LA MEDIA DEL EXPERIMENTO PARA CADA PROCEDENCIA.
 [SUPERIORITY OF EACH VARIABLE OVER THE EXPERIMENT AVERAGE BY PROVENANCE.]

| Procedencia | Supervivencia | Diámetro | Altura | Rectitud | Esbeltéz | Volumen | Área | |
|-------------|---------------|----------|--------|----------|----------|---------|-------------|-------------|
| | | | | | | | Basimétrica | Crecimiento |
| 1 | -0,592 | 0,319 | -0,034 | 0,437 | -0,590 | 0,250 | 0,873 | 0,808 |
| 2 | 0,998 | -0,402 | -0,661 | 0,576 | -0,391 | -0,589 | 0,720 | 0,465 |
| 3 | 1,945 | 0,129 | -0,262 | -0,582 | -0,279 | 0,399 | 2,210 | 2,118 |
| 4 | 1,945 | -0,740 | 0,313 | 1,171 | 1,347 | -0,618 | 1,726 | 1,732 |
| 5 | -0,085 | 0,763 | 1,301 | -1,074 | 0,154 | 1,064 | 0,378 | 0,541 |
| 8 | 0,863 | -0,439 | -1,357 | 0,189 | -0,709 | -0,698 | 0,762 | 0,453 |
| 9 | -0,355 | -0,426 | -0,854 | -0,883 | -0,419 | -0,563 | -0,465 | -0,549 |
| 10 | -1,167 | 1,641 | 0,873 | -1,826 | -1,087 | 1,933 | -0,893 | -0,849 |
| 11 | 0,051 | 0,258 | -1,178 | -0,604 | -1,215 | 0,147 | -0,360 | -0,561 |
| 12 | -0,220 | -0,319 | -0,691 | -0,997 | -0,307 | -0,475 | -0,201 | -0,294 |
| 15 | 0,457 | -1,479 | -1,912 | 0,584 | 0,165 | -1,620 | -0,410 | -0,604 |
| 16 | 2,216 | -0,104 | 0,644 | 0,289 | 0,657 | 0,087 | 2,544 | 2,655 |
| 17 | 0,186 | 0,460 | 1,819 | -0,655 | 0,616 | 0,779 | 0,764 | 0,995 |
| 18 | 0,592 | -0,882 | 0,067 | 1,510 | 1,532 | -0,498 | 0,436 | 0,531 |
| 19 | 0,321 | 0,098 | 0,410 | -0,947 | -0,096 | 0,228 | 0,769 | 0,867 |
| 20 | 0,524 | 0,130 | -0,079 | -1,009 | -0,262 | 0,203 | 0,833 | 0,832 |
| 21 | 1,607 | 0,509 | -0,124 | -1,260 | -0,472 | 0,552 | 1,801 | 1,773 |
| 22 | -1,573 | 0,939 | 1,551 | -1,189 | 0,125 | 1,244 | -1,284 | -1,170 |
| 23 | 0,051 | -1,246 | -0,874 | 0,929 | 0,876 | -1,166 | -0,380 | -0,452 |
| 24 | -1,302 | -0,176 | -0,799 | -0,538 | -0,635 | -0,395 | -1,377 | -1,401 |
| 25 | -0,626 | -1,096 | -0,203 | -0,441 | 1,058 | -1,046 | -1,003 | -0,927 |
| 26 | 0,321 | -0,613 | 0,276 | 1,607 | 0,761 | -0,554 | -0,009 | 0,018 |
| 27 | 1,133 | -2,291 | -2,859 | 1,498 | 0,731 | -2,126 | -0,493 | -0,779 |
| 28 | -0,490 | 0,020 | -0,952 | 0,355 | -0,721 | -0,165 | -0,658 | -0,757 |
| 29 | 0,457 | -0,689 | 0,677 | 0,431 | 1,396 | -1,780 | 0,336 | 0,449 |
| 30 | -1,032 | 2,155 | 0,515 | -2,464 | -1,745 | 2,430 | -0,644 | -0,576 |
| 31 | 0,727 | -0,141 | 0,385 | 1,117 | 0,311 | -0,111 | 0,584 | 0,587 |
| 32 | 0,321 | 1,231 | 0,020 | -0,596 | -1,520 | 1,541 | 1,268 | 1,273 |
| 34 | 0,457 | -0,977 | -0,091 | 1,819 | 1,252 | -0,686 | -0,073 | -0,053 |
| 35 | -0,085 | -0,335 | 0,459 | 1,241 | 0,557 | -0,294 | -0,082 | 0,002 |
| 36 | -1,573 | 1,935 | 1,767 | 0,437 | -0,966 | 2,506 | -1,094 | -0,965 |
| 37 | -1,844 | 3,170 | 0,046 | -0,423 | -2,831 | 0,727 | -1,371 | -1,341 |
| 38 | -0,896 | -0,031 | -0,915 | -1,045 | -0,744 | -0,143 | -0,717 | -0,744 |
| 39 | -0,355 | -0,476 | 1,229 | 0,827 | 1,651 | -0,259 | -0,514 | -0,324 |
| 40 | -0,490 | 0,026 | -1,112 | -0,124 | -1,279 | -0,274 | -0,408 | -0,554 |
| 41 | -1,032 | -0,719 | -0,318 | 0,696 | 1,024 | -0,647 | -1,122 | -1,141 |
| 42 | -1,302 | -0,399 | 1,271 | 0,007 | 1,210 | -0,115 | -1,357 | -1,248 |
| 43 | 0,321 | 0,119 | 0,036 | 0,106 | -0,112 | 0,027 | 0,379 | 0,421 |
| 44 | -0,220 | 0,313 | 1,551 | 1,139 | 1,029 | 0,888 | -0,095 | 0,046 |
| 45 | -1,438 | -0,237 | 0,065 | -0,309 | -0,073 | -0,183 | -1,370 | -1,280 |

das por ALÍA (1989) no obtuvieron buenos rendimientos al ensayarlas en Cáceres, Toledo y Ciudad Real.

La procedencia denominada Élités Resina se encuentra también en los primeros lugares, probablemente por haber sido ya fruto de una selección, además de por su probable origen castellano (ver epígrafe Agrupación de procedencias). Tener en cuenta que varios autores han descrito esta región como una de las que tienen las pobla-

ciones mayores productoras de resina. Otras procedencias presentan también buenas características, aunque no las de otros lugares ensayados muy próximos a ellas. Tal es el caso de Arenas de San Pedro, Barocaggio y Poyatos.

El Índice Base coloca a Leiria en segundo lugar. En cambio, el de Elston no la selecciona por presentar una de las peores supervivencias, área basimétrica y crecimiento, aun presentando el resto de características muy buenas. Esta procedencia, clasifi-

TABLA 10
 CLASIFICACIÓN DE LAS PROCEDENCIAS SEGÚN LOS ÍNDICES DE SUPERIORIDAD GLOBAL.
 LAS PROCEDENCIAS PRÓXIMAS A LA PARCELA DE ENSAYO APARECEN SOMBRADAS.
 [PROVENANCE ARRANGEMENT ATTENDING TO THE GLOBAL SUPERIORITY INDEXES.
 THE NEAREST PROVENANCES TO THE TRIAL STAND ARE SHADED.]

| N.º orden de clasificación | Procedencias ordenadas según | | Índice de Elston | |
|----------------------------|------------------------------|-------|--------------------------|------|
| | Índice Base | | | |
| 1º | 16 Cuéllar | 5,79 | 16 Cuéllar | 7,61 |
| 2º | 36 Leiria | 4,11 | 32 Élitres Resina | 3,98 |
| 3º | 4 Arenas de San Pedro | 3,80 | 3 Arévalo | 3,94 |
| 4º | 32 Élitres Resina | 3,79 | 17 Navalilla | 3,25 |
| 5º | 3 Arévalo | 3,75 | 4 Arenas de San Pedro | 3,17 |
| 6º | 44 Barocaggio | 3,72 | 44 Barocaggio | 2,90 |
| 7º | 17 Navalilla | 3,58 | 1 Siles | 2,71 |
| 8º | 21 Araquines | 3,06 | 21 Araquines | 2,68 |
| 9º | 31 Poyatos | 2,56 | 31 Poyatos | 2,54 |
| 10º | 5 Guadalajara | 2,51 | 5 Guadalajara | 1,90 |
| 11º | 1 Siles | 2,37 | 43 Ribadeo | 1,51 |
| 12º | 18 Hontoria del Pinar | 1,32 | 19 San Miguel del Arroyo | 1,35 |
| 13º | 26 Corte | 1,06 | 18 Hontoria del Pinar | 1,24 |
| 14º | 30 Almodóvar del Pinar | 1,03 | 20 Portillo | 1,19 |
| 15º | 43 Ribadeo | 1,03 | 35 El Hornillo | 1,08 |
| 16º | 35 El Hornillo | 0,99 | 2 Cazorla | 1,02 |
| 17º | 19 San Miguel del Arroyo | 0,98 | 26 Corte | 1,02 |
| 18º | 39 Mimizan | 0,64 | 39 Mimizan | 0,72 |
| 19º | 10 Beni-Seddatt | 0,61 | 34 Arenas de San Pedro | 0,69 |
| 20º | 20 Portillo | 0,60 | 8 Gea de Albarracín | 0,52 |
| 21º | 34 Arenas de San Pedro | 0,47 | 36 Leiria | 0,31 |
| 22º | 2 Cazorla | 0,39 | 11 Almazán | 0,29 |
| 23º | 37 Djidjelli | 0,34 | 29 Boniches | 0,24 |
| 24º | 22 Arbo | -0,20 | 28 Sefrou | 0,21 |
| 25º | 29 Boniches | -0,46 | 40 Albuñuelas | 0,20 |
| 26º | 8 Gea de Albarracín | -0,99 | 12 Tardencuende | 0,18 |
| 27º | 42 Tomiño | -1,79 | 10 Beni-Seddatt | 0,14 |
| 28º | 11 Almazán | -1,89 | 9 Cillaperlata | 0,12 |
| 29º | 28 Sefrou | -1,99 | 23 Las Landas | 0,12 |
| 30º | 40 Albuñuelas | -2,53 | 38 Beni-Aidel | 0,08 |
| 31º | 23 Las Landas | -2,76 | 22 Arbo | 0,04 |
| 32º | 12 Tardencuende | -3,00 | 25 L'Esterel | 0,04 |
| 33º | 41 Rois | -3,16 | 41 Rois | 0,04 |
| 34º | 45 Montes Corbieres | -3,38 | 42 Tomiño | 0,03 |
| 35º | 9 Cillaperlata | -3,63 | 15 Astorga | 0,02 |
| 36º | 38 Beni-Aidel | -3,77 | 45 Montes Corbieres | 0,01 |
| 37º | 25 L'Esterel | -4,34 | 24 Sierra Maures | 0 |
| 38º | 15 Astorga | -4,57 | 27 Taza | 0 |
| 39º | 24 Sierra Maures | -4,61 | 30 Almodóvar del Pinar | 0 |
| 40º | 27 Taza | -5,42 | 37 Djidjelli | 0 |

cada en segundo lugar según el Índice Base, ocupó el primer lugar según el mismo índice en una parcela en Acebo, provincia de Cáceres (ALÍA 1989).

Siles es seleccionada por el Índice de Elston, ya que presenta los seis caracteres considerados globalmente buenos.

En esta zona se tiene constancia de la existencia de pinares al menos desde el siglo XI (GIL 1991), por

lo que es esperable que las poblaciones autóctonas presenten una elevada adaptación al ambiente de la comarca. Así, los resultados de este análisis muestran una supervivencia y rendimiento en general mayor de las poblaciones locales que de otras procedencias. Es interesante recalcar el interesante patrimonio genético de las poblaciones de *Pinus pinaster* de Tierra de Pinares, resultando conveniente su conservación, ya que puede ser fuente importante de

variabilidad para seleccionar los genotipos que mejor se adapten a las necesidades del repoblador.

CONCLUSIONES

El análisis del diseño de la parcela ha mostrado que no ha resultado eficaz utilizar unidades experimentales grandes (225 individuos), ya que con las pequeñas (49 individuos), se han obtenido buenos resultados. Para futuras evaluaciones de esta parcela pueden limitarse las mediciones al Experimento I, ya que no se encuentran diferencias significativas con el Experimento II.

Se ha encontrado variación entre 40 poblaciones del área de distribución natural de la especie en la parcela instalada en la Meseta Castellana, en todos los caracteres analizados, excepto el diámetro normal.

Las procedencias con mayor espesura han resultado ser también las que han presentado las mejores formas de fuste.

Para seleccionar las mejores procedencias, su comportamiento queda mejor reflejado por parámetros dasométricos (supervivencia, área basimétrica o crecimiento por unidad de superficie) que dendrométricos (diámetro normal, altura, rectitud, esbeltez o volumen).

Como resultado de este estudio se confirma la idoneidad de emplear material vegetal procedente de masas de Tierra de Pinares (Valladolid, Ávila y Segovia) en las repoblaciones forestales que se realicen con *Pinus pinaster* Ait. en esta comarca. Esta propuesta se realiza sobre la base de haber presentado las mejores características dendro y dasométricas globales del ensayo realizado (árboles más gruesos, altos, rectos y con mayor supervivencia, y, por lo tanto, mayor crecimiento por unidad de superficie). Especialmente aconsejables se muestran los pinares de

Cuéllar, Arévalo, Navalilla y Ataquines, por orden decreciente.

De cara a una mejora productiva de la especie en esta comarca, se recomienda estudiar con más profundidad la variabilidad de las poblaciones locales. También podrían tomarse en consideración las de Leiría, Sierra de Gredos, Barocaggio, Sierra de Cazorla, Serranía de Cuenca y Guadalajara; aunque valorando el riesgo de contaminación genética de las poblaciones locales, sin aportar, en principio, grandes mejoras sobre éstas.

AGRADECIMIENTOS

A Valentín Pando Fernández, profesor de matemáticas y estadística de la Universidad de Valladolid, por sus consejos en el tratamiento estadístico.

A Fernando Molina Rodríguez, Ingeniero de Montes; Javier Gordo Alonso, Ingeniero de Montes y jefe sección Territorial Primera de Valladolid (Junta de Castilla y León); Plácido Heras y demás agentes forestales de la Comarca de Viana de Cega (Junta de Castilla y León); Guillermo Vega, Ingeniero de Montes del Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán (Xunta de Galicia); y a Ricardo Alía Miranda, Doctor Ingeniero de Montes del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, por la colaboración prestada en la fase de recopilación de antecedentes de la parcela.

A Ana María Rodríguez Díaz-Regañón, Mario Calvo Bonacho y José Carlos López Sánchez, ingenieros técnicos forestales, por su ayuda en la toma de datos de campo.

Este artículo es un resumen del trabajo fin de carrera del primero de los autores, habiendo sido el segundo de ellos la tutora de dicho trabajo. El estudio forma parte del proyecto de investigación AGF97-0809 (CICYT).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALÍA, R. 1989. Mejora genética de *Pinus pinaster* Ait.: Estudio de procedencias. Tesis doctoral. ETSI. Montes (UPM). Sin publicar.
- ALÍA, R., GIL, L., PARDOS, J.A., CATALÁN, G. 1991. Interacción procedencia-edad en 52 procedencias de *Pinus pinaster* Ait. en España. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, vol. 0: 11-24. Madrid.
- ALÍA, R. & GIL, L. 1992. Ritmo anual de crecimiento en circunferencia de 15 procedencias de *Pinus pinaster* Ait.. Revista Montes 28: 34-36. Madrid.
- ALÍA, R., GIL, L. & PARDOS, J.A. 1995. Performance of 43 *Pinus pinaster* Ait. provenances on 5 locations in central Spain. Silvae Genetica 44 (2-3): 75-81.
- ALÍA, R., MARTÍN, S., DE MIGUEL, J., GALERA, R.M., AGÚNDEZ, D., GORDO, J., SALVADOR, L., CATALÁN, G. & GIL, L. 1996. Las regiones de procedencia de *Pinus pinaster* Aiton. Ministerio de Medio Ambiente. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid.
- ALÍA, R. & MORO, J. 1996. Comportamiento de procedencias de *Pinus pinaster* en el centro de España. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, vol. 5 (1): 57-75. Madrid.
- ALÍA, R., MORO, J. & DENIS, J.B. 1997. Performance of *Pinus pinaster* provenances in Spain: interpretation of the genotype by environment interaction. Canadian Journal of Forest Research, vol. 27, n.º 10: 1548-1559. Ottawa (Canadá).
- ALLUÉ ANDRADE, J.L. 1990. Atlas fitoclimático de España. Taxonomías. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. INIA. Madrid.
- DUFF, C.E. 1928. The varieties and geographical forms of *Pinus pinaster* in Soland, Europe and South Africa. Br. Emp. For. Conf. Aust. Dep. For. Pretoria (South Africa). Gran Bretaña.
- FAO, 2000. World reference base for soil resources.
- GIL, L., GORDO, J., ALÍA, R., CATALÁN, G. & PARDOS, J.A. 1990. *Pinus pinaster* Aiton en el paisaje vegetal de la Península Ibérica. Ecología. Fuera de Serie, n.º 1: 469-495. Madrid.
- GIL, L., 1991. Consideraciones históricas sobre *Pinus pinaster* Aiton en el paisaje vegetal de la Península Ibérica. CSIC. Estudios geográficos, tomo LII, n.º 202. Madrid.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA. 1996. Datos meteorológicos termopluviométricos mensuales de las estaciones españolas. Madrid. Información en soporte magnético.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1951. Mapa Agronómico Nacional (escala 1:50.000). Pinares de la meseta Sur del Duero (Castilla-La Vieja). Hoja n.º 429, Navas de Oro (Segovia). Memoria.
- MOLINA, F. 1950. Sobre la mejora genética del *Pinus pinaster* Sol. Revista Montes 34: 499-510. Madrid.
- MOLINA, F. 1965. Comportamiento racial del *Pinus pinaster* en el noroeste de España. Anales del IFIE 1965: 221-238.
- NICOLÁS, A. Y GANDULLO, J.M. 1967. Ecología de los pinares españoles. *Pinus pinaster* Ait. IFIE. Madrid.
- NOTIVOL, E., GIL, L.A. & PARDOS, J.A. 1992. Una metodología para la estimación de la densidad de la madera de árboles en pie y de su grado de variabilidad en *Pinus pinaster* Ait. INIA. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, vol. 1 (1): 41-47, jun., 1992. Madrid.

- RUIZ-DANA, L.J.M. 1963. Estudio de los coeficientes mórficos del *Pinus pinaster* Sol. en Galicia. *Revista Montes* 114: 485-496. Madrid.
- RYCROFT, H.B. & WICHT, C.L. 1947. Field trials of geographical races of *Pinus pinaster* in South Africa. *Br. Emp. For. Conf. Aust. Dep. For. Pretoria* (South Africa). Gran Bretaña.
- SAS; 1996. The SAS System, versión 6.12. By SAS Institute Inc., Cary, Nc, USA.
- SCOTT, C.W. 1965. Resumen informativo sobre el *Pinus pinaster* Sol. *Revista Montes* 122 y 123: 115-120 y 203-215. Madrid.
- SIERRA DE GRADO, R., DÍEZ-BARRA, R. & ALÍA MIRANDA, R. 1999. Evaluación de la rectitud del fuste en seis procedencias de *Pinus pinaster* Ait.. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, vol. 8 (2): 263-278. Madrid.
- SPSS. 1997. SPSS para Windows, versión 7.5.2S. By SPSS Inc.
- SWEET, G.B. & THULIN, I.J. 1962. Provenance of *Pinus pinaster* Ait. a five-year progress report on a trial at Woodhill, New Zeland. *The New Zeland Journal of Forestry*, vol. VIII, n.º 4: 570-585.