CARACTERISTICAS FISICO - MECANICAS DE LA MADERA DE *Pinus pinaster. Ait,* PROCEDENTE DE LOS MONTES DEL MARQUESADO (PROVINCIA DE GRANADA)

C. PRADES. (1), A. MONTERO. (2), J. RUBIO (1)
(1) Departamento de Ingeniería Forestal. E.T.S.I.A.M. Universidad de Córdoba. Avda. Menendez Pidal, s/n. Apartado 3048. 14080 Córdoba
(2) Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal. IPROCOR. Junta de Extremadura. Polígono Industrial El Prado, s/n. Apartado 437. 06800 Mérida

RESUMEN

En este trabajo se estudian las propiedades del *Pinus pinaster* Ait., procedente de los Montes del Marquesado (Granada), seleccionado por ser una de las coníferas más representativas de las masas forestales y su madera una de las más utilizadas en la industria de carpintería y mueble en la Comunidad andaluza.

La caracterización se ha realizado con probetas de pequeñas dimensiones libres de defectos que proporcionan los valores máximos de una determinada propiedad de la madera. Se determinan y analizan seis características morfológicas, quince características físicas y trece propiedades mecánicas.

De los resultados de los ensayos de las propiedades mecánicas se desprenden valores próximos a los obtenidos en trabajos similares con esta especie, si bien algo inferiores. Los resultados en resistencia a flexión estática, dinámica e hienda son bajos y su resistencia a compresión axial mediana.

En cuanto a las propiedades físicas, resulta una madera semipesada, poco nerviosa y semidura, con unos valores de densidad algo superiores a los medios de la especie.

P.C.: Caracterización de maderas, propiedades, pequeñas dimensiones, *Pinus pinaster* Ait

SUMMARY

In this paper we consider the main characteristics of *Pinus pinaster* Ait, a tree belonging to the most representative conifers in the area of Montes del Marquesado, Granada, which is widely appreciated in the furniture industry in the Community of Andalucia.

Analysis have been carried out in small-sized tubes free of faults and able therefore to provide maximum accuracy of wood quality. The following aspects have been evaluated: six morphological characteristics, fifteen physical characteristics and thirteen mechanical properties.

The tests concerning mechanical properties have shown results similar to those obtained in analogous tests, although somewhat below in the following aspects. Results concerning resistance to static and dynamic bending, and to cleavage are lower while its resistance to axial pressure is medium.

Concerning physical properties, the wood is lightly nervous, medium in weight and hardness, with a density lightly above the mean values of this species.

K.W.: Wood characteristicas: Properties.Small sized-tubes. *Pinus pinaster*, Ait.

INTRODUCCION

La variabilidad en las propiedades físico - mecánicas de la madera, en que coeficientes de variación del 30 % para una propiedad pueden considerarse frecuentes (Fernández Golfín *et al*, 1995), aconsejan estudiar las propiedades de una madera para cada zona de procedencia, determinando su calidad y sus aplicaciones mas adecuadas, en particular, en un contexto, en Andalucía, en que se encuentra muy extendida la idea de que la madera procedente de los montes repoblados de la Comunidad, no satisface los requerimientos de calidad de la industria de carpintería y mueble, destinándose fundamentalmente a embalaje.

No se había realizado hasta ahora ninguna caracterización de maderas de procedencia andaluza, por ello la elección del pino pinaster se ha basado en las siguientes consideraciones:

- Es una de las coníferas más representativas en los montes de Andalucía.
- Al analizar la serie histórica de cortas de coníferas en la Comunidad en el periodo 1986-1994, la mayor cantidad de madera corresponde al Pino pinaster, con un volumen medio anual en ese periodo de 91.786 m^3 c.c. (M.A.P.A.)
- La madera procedente de la costa atlántica de Portugal, España y Francia, especialmente Galicia, es una de las coníferas más utilizadas en la industria de segunda transformación de la madera en Andalucía.
- Este estudio proporciona criterios objetivos para establecer una comparación entre la madera de las dos subespecies de *Pinus pinaster* ibéricas; la subespecie a*tlántica*, procedente de Galicia (Remacha, 1986) y la subespecie *mesogeensis*, de procedencia andaluza.

Con el objetivo de que los valores obtenidos en la caracterización sean comparables a los resultados de los trabajos mencionados, la metodología empleada ha sido similar.

La caracterización se ha realizado con probetas de pequeñas dimensiones libres de defectos que proporcionan los valores máximos de una determinada propiedad de la madera. Considerando el destino actual de la madera de pinaster en Andalucía, no se ha considerado necesario establecer el valor real de las propiedades mecánicas, para lo que sería necesario trabajar con probetas de tamaño estructural que incorporen los defectos y anomalías de la madera.

Para la determinación del tamaño de las probetas se ha seguido el criterio mas utilizado en nuestro país (Gutiérrez & Plaza, 1976, 1983, Remacha, 1986), que hace uso de probetas de dimensiones 20 x 20 mm^2 de sección para la mayoría de ensayos físicos y mecánicos, con la excepción de la resistencia al esfuerzo cortante y compresión perpendicular a la fibra, para los que la norma UNE establece probetas de 50 x 50 mm^2 de sección.

El proyecto de Caracterización es el resultado de un Convenio de Colaboración entre la Universidad de Córdoba y el Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal (ICMC - IPROCOR) de la Junta de Extremadura. El trabajo de campo se realizó en colaboración con la Empresa de Transformación Agraria, S.A. (TRAGSA).

METODOLOGIA: OBTENCION DE LA MUESTRA

Los Montes del Marquesado pertenecen al Parque Nacional de Sierra Nevada y su Proyecto de Ordenación fue realizado por la Consejería de

Medio Ambiente en colaboración con Tragsatec en 1996, ocupando el *Pinus pinaster* un 38 % de la superficie total.

Muestreo: para determinar la zona de muestreo, se seleccionaron entre los cuarteles destinados fundamentalmente a la producción de madera, aquellos en los que se iban a efectuar las cortas de regeneración. Se diseñó un muestreo estratificado empleando la altura dominante como parámetro de estratificación, por considerarlo representativo de la calidad de la estación y del crecimiento. El número de árboles total a apear fue de 33, distribuidos en los siguientes montes: Aldeire (Estrato I, 5; Estrato II, 2), La Calahorra (0;0); Cogollos de Guadix (2;2), Dólar (2;0), Ferreira (2;2), Huéneja (0;2), Jerez del Marquesado (4;4) y Lanteira (1;5).

Apeo y despiece de los árboles: en los cantones seleccionados se apearon aquellos árboles cuyo diámetro normal era igual o superior a 29 cm c.c., diámetro necesario para la obtención de las probetas. Una vez apeados se desraman y se tronzan, la troza inferior de 4 m y las siguientes de 3 m.

En la testa de cada troza se anota el número del árbol, el cantón y el monte, y se marca de blanco la troza en la dirección ladera arriba. En el estadillo de campo se anotan la posición (solana/umbría), el diámetro normal, la altura total, la altura maderable (hasta un diámetro en punta delgada de 7 cm), el número de trozas que se obtienen en el despiece y cualquier incidencia..

Las trozas fueron enviadas de forma inmediata al Laboratorio de Tecnología de la Madera de IPROCOR en Mérida con el objeto de que no se produjeran pérdidas importantes de humedad.

METODOLOGIA: ENSAYOS EN LABORATORIO

Para la obtención de las probetas, de las dimensiones especificadas en las normas, se realizó el despiece de las trozas en el taller del laboratorio, de la manera que se describe a continuación, para cada característica:

* Probetas para características morfológicas: se obtienen discos de 3 cm de espesor a 0, 4, 7, 10, 13, 16 m de altura en función de la del fuste y se marcan con el número del árbol y su posición en el mismo. Los discos no deben tener defectos y ser perfectamente perpendiculares al eje del tronco. Se cortan con una pequeña demasía y se cepillan y calibran para obtener el espesor exacto, y se conservan en bolsas herméticas en cámara a una temperatura de 0 - 5ºC.

* Probetas para ensayos físico - mecánicos: de la troza de 4 m, una vez medida la curvatura, se obtiene una troza del primer metro y medio que se despieza en una tabla central de 6 cm de grosor en dirección N-S (tabla "a" en la figura 1), siendo N la dirección de la pendiente arriba, y longitud la de la troza, y dos tablas perpendiculares a la primera y a ambos lados de la misma de 6 cm de grosor (tablas "b" en la figura 1).

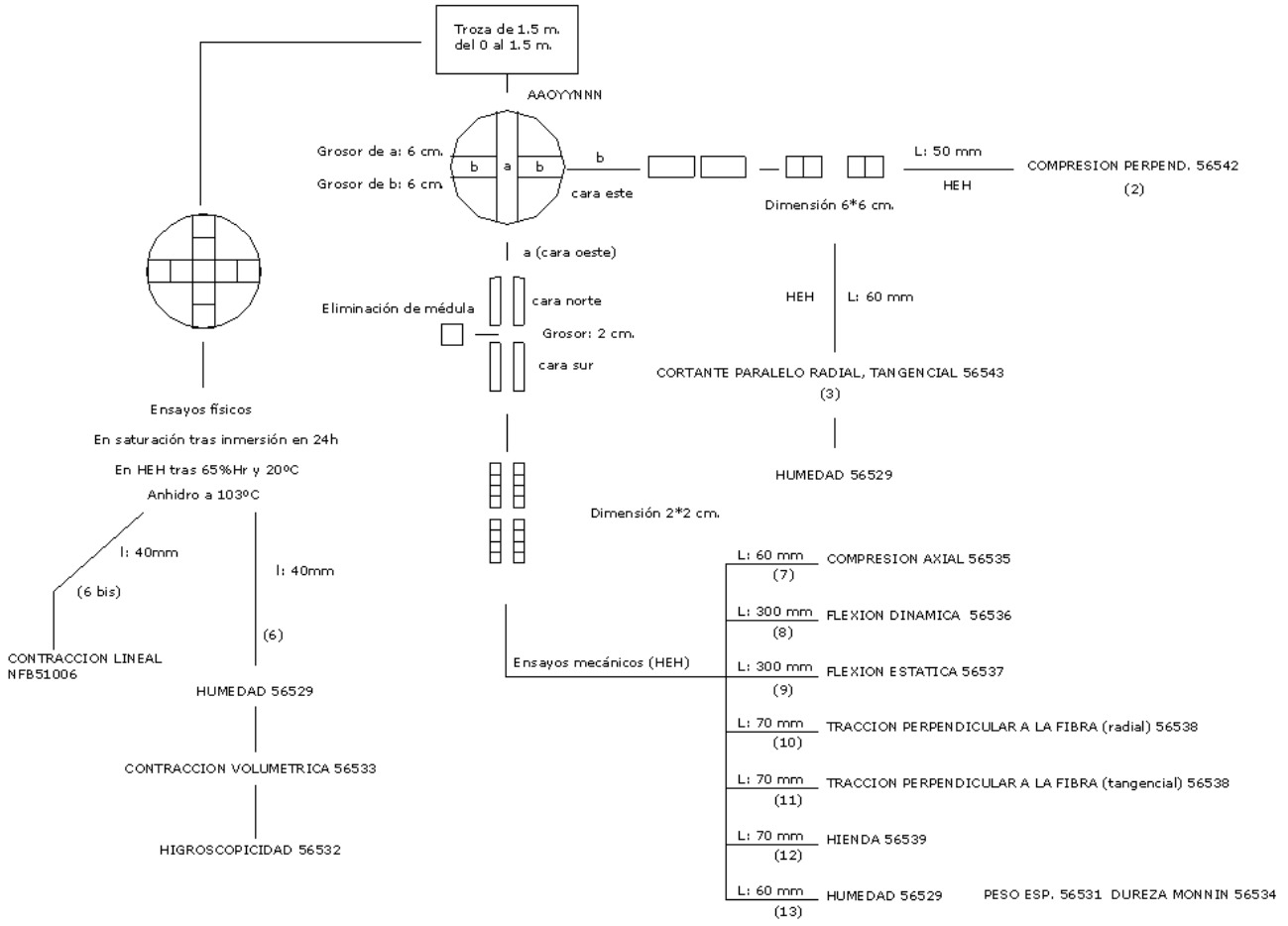

Figura 1: Esquema del protocolo de ensayos físico - mecánicos

La pieza "a" contiene la médula y la madera juvenil, las cuales se eliminan quedando dividida en dos piezas que se desdoblan en dos tablillas N y dos tablillas S, de las cuales se obtienen listones de 2 x 2 cm^2 de sección y eje paralelo al eje del tronco. De estos listones se obtuvieron las probetas para ensayos físicos y mecánicos en proporción norte - sur, 1:1.

De las piezas "b" se obtienen las probetas de 5x 5 cm^2 de sección y 5 cm de longitud, sobre las que se realizaron los ensayos de compresión perpendicular y cortante paralelo.

Cada probeta se identifica con el siguiente código: AA: número de árbol; XX: altura de la rodaja en el árbol; O: orientación (N,S,E,O); YY: nº de ensayo; NNN: nº de probeta

RESULTADOS

Los ensayos físicos se realizaron sobre probetas de 2 x 2 x 4 cm (probetas UNE y NFB), en las que se midieron los pesos y las dimensiones lineales (radial, tangencial y longitudinal), en diferentes condiciones de humedad. A partir de los valores obtenidos, se calcularon las características físicas que figuran en la tabla I de acuerdo con la norma que se especifica.

Análogamente, los ensayos mecánicos se realizaron sobre probetas de las dimensiones indicadas en la Figura 1 y se calcularon las características mecánicas que figuran en la tabla I, donde se especifica la norma correspondiente a cada característica.

TABLA I: CARACTERISTICAS DE LA MADERA DE *Pinus pinaster*, Ait, PROCEDENTE DE LOS MONTES DEL MARQUESADO (Granada)

CARACTERÍSTICAS				Unidades	Norma	Valor medio X	Coefic Variacn CV%	Dsv. Estanda σ_{n-1}	Nº ensayo
CARACTERISTICAS MORFOLÓGICAS									
Diámetro normal medio				cm		31	11,56	3,54	33
Edad media				años		33	7,34	2,45	33
Altura maderable				m		10	7,44	3,83	33
Anchura del anillo				mm		4,2	22,6	0,94	134
Curvatura				mm/m	UNE EN1310	0,4	80,56	0,29	33
Excentricidad				%	UNE EN1310	9,54	85,53	8,16	134
CARACTERISTICAS FÍSICAS									
Densidad anhidra				Kg/m^3	UNE56531	476	8,21	39,1	182
Densidad al 12 %				Kg/m^3	UNE56531	516	7,95	41	182
Densidad saturada				Kg/m^3	UNE56533	792	6,94	55	182
Densidad básica				Kg/m^3	NFB1005	430	8,14	35	182
Contracción volumétrica	Total			%	UNE56533	10,76	8,18	0,88	182
	Unitaria				UNE56534	0,28	21,43	0,06	182
Higroscopicidad				$Kg/m^3/\%10^{-3}$	UNE56532	3,72	9,14	0,34	182
Contracción Lineal	Tangencial	Total		%	NFB51006	6,97	13,50	0,94	170
		Unitaria			NFB51006	0,21	27,78	0,06	170
	Radial	Total		%	NFB51006	3,76	14,14	0,53	170
		Unitaria			NFB51006	0,12	33,47	0,04	170
Coeficiente de Anisotropía				Indice	-	1,94	18,14	0,35	170
Anisotropía absoluta				%	-	3,21	31,55	1,01	170
Dureza radial	N			Indice	UNE56534	2,90	25,17	0,73	248
	Cota				UNE56534	11,24	23,04	2,59	248
CARACTERISTICAS MECANICAS									
Flexión estática al 12 %				Kp/cm^2	UNE56537	693	12,88	89,24	178
Compresión axial	Valor al 12 %			Kp/cm^2	UNE56535	376	11,32	42,58	184
	Cota estática			cm	UNE56535	7,92	10,7	0,78	184
Esfuerzo cortante radial				Kp/cm^2	UNE56543	93,07	2,15	2,00	61
Flexión dinámica	Resistencia unitaria			Kp/cm^2	UNE56536	0,2	35	0,07	100
Hienda al 12%	Tangencial	Res.Unit		Kp/cm^2	UNE56539	11,33	30,01	3,40	67
		Cota hen		s/u	UNE56539	0,2091	28,69	0,06	67
	Radial	Res.Unit		Kp/cm^2	UNE56539	10,7	19,91	2,13	73
		Cota hen		s/u	UNE56539	0,2091	19,71	0,04	73
Tracción ⊥ a las fibras al 12%	Tangencial			Kp/cm^2	UNE56538	18	15,56	2,8	24
	Radial			Kp/cm^2	UNE56538	18	20,33	3,66	20
Compresión ⊥ a las fibras al 12%	Tangencial			Kp/cm^2	UNE56542	70,28	15,48	10,88	29
	Radial			Kp/cm^2	UNE56542	58,72	17,9	10,51	26

CONCLUSIONES

La madera de pino pinaster de los Montes del Marquesado, resulta ser una madera semipesada y poco nerviosa, y en líneas generales, de resistencia mecánica baja.

De los resultados de los ensayos de las propiedades mecánicas se desprenden valores próximos a los obtenidos en los trabajos de Remacha Gete (1986) y Fernández Golfín *et al* (1995) para la madera de pino pinaster procedente de Galicia, si bien algo inferiores. Las resistencias a flexión estática y dinámica, a tracción perpendicular y a la hienda son bajas y la resistencia a compresión axial, mediana.

Los valores de densidad, higroscopicidad y dureza, son algo superiores a los medios de la especie, sin embargo, el coeficiente de contracción volumétrica es menor, por lo que el riesgo de fendas disminuye. El riesgo de deformación, puede considerarse moderado, como indica un coeficiente de anisotropía inferior a 2,2 (1,94) para una anisotropía absoluta del 3,21% (Rijsdijk, Laming, 1994).

TABLA II: CALIDAD FISICO MECANICA DE LA MADERA DE *Pinus pinaster* Ait,

CARACTERISTICA				INTERPRETACION UNE 56540
Densidad al 12 %				Semipesada
Contracción volumétrica	Total			Media
	Unitaria			Poco nerviosa
Higroscopidad				Normal a fuerte
Dureza radial	N			Semidura
	Cota			Alta
Flexión estática al 12 %				Baja
Compresión axial	Valor al 12 %			Mediana
	Cota estática			Semipesada
Flexión dinámica	Resistencia unitaria			Baja
Hienda al 12%	Tangencial	Res.Unit		Baja
		Cota hen		Medianamente hendible
	Radial	Res.Unit		Baja
		Cota hend		Medianamente hendible
Tracción ⊥ al	Tangencial			Baja

12%	Radial	Baja

BIBLIOGRAFIA

FERNANDEZ-GOLFIN J.I., GUTIERREZ OLIVA A., BAONZA MERINO M.V., DIEZ BARBA M.R., 1995. Características físico - mecánicas de las maderas de especies de crecimiento rápido de procedencia española. MAPA. INIA Vol 4 nº 2

GARCIA ESTEBAN L., GUINDEO CASASUS A. 1988 Anatomía e identificación de las maderas de coníferas españolas. AITIM. Madrid

GUTIERREZ A., PLAZA F., 1976. Características físico - mecánicas de las maderas españolas. I.F.I.E. Madrid

ORTIZ GUTIERREZ J., 1991 Características mecánicas de la madera de pino gallego. AITIM 150

PROYECTO DE ORDENACIÓN DE LOS MONTES DEL MARQUESADO. 1996. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. TRAGSATEC. Sin publicar.

REMACHA GETE A., 1986.Características del pino gallego y sus aplicaciones. Tesis Doctoral. AITIM

RIJSDIJK J.F., LAMING P.B. 1994. Physical and related properties of 145 timbers. Information for practice. Kluwe Academic Publishers.