

CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS DE LAS MADERAS DE ESPECIES DE CRECIMIENTO RAPIDO DE PROCEDENCIA ESPAÑOLA

**J. I. FERNANDEZ-GOLFIN
A. GUTIERREZ OLIVA
M. V. BAONZA MERINO
M. R. DIEZ BARRA**

Area de Industrias Forestales CIFOR-INIA
Apdo. 8111. 28080 Madrid, ESPAÑA

RESUMEN

Se determinan y analizan 29 características físico-mecánicas y morfológicas de maderas de cinco especies de crecimiento rápido de procedencia española (pinos radiata y gallego, chopo, castaño y eucalipto).

PALABRAS CLAVE: Caracterización de maderas
Especies de crecimiento rápido
Pino
Castaño
Eucalipto
Chopo

INTRODUCCION

Hasta hace relativamente pocos años, los carpinteros estaban muy familiarizados con las maderas de su entorno, siendo la experiencia la que dictaba la preferencia por una u otra madera en cada aplicación concreta.

De esta forma, en zonas geográficas distantes los carpinteros han considerado como ideales para las mismas aplicaciones a maderas distintas. Esto ocurrió, por ejemplo, con el fresno en Europa y el hickory en Norteamérica en la fabricación de mangos para herramientas.

La internacionalización del mercado de la madera puso a estos profesionales frente al reto de decidir sobre el uso de maderas con las que no estaban familiarizados, al no proceder de su entorno más inmediato. Por otra parte, la aparición en el siglo pasado de la Selvicultura y la introducción de especies de

Recibido: 30-5-95

Aceptado para su publicación: 2-11-95

crecimiento rápido supusieron una cierta modificación de las características del material que habitualmente era utilizado.

Esta falta de criterios para la selección, motivada como se ha visto por un profundo desconocimiento de la madera como material, hizo que se desarrollase fuertemente la Tecnología de la Madera y en particular los estudios sobre calidad de madera.

Todo lo arriba comentado nos lleva a concluir que no es correcto confundir familiaridad con un material, que es lo que tenían nuestros antepasados con las maderas de su entorno, con conocimiento de la madera como material, ya que este último implica saber manejar con soltura algunos términos tales como resistencia, tensión, rigidez, etc., que son precisamente los que se analizan en los estudios sobre calidad de madera.

Una de las peculiaridades que se pone rápidamente de manifiesto al trabajar con la madera es su enorme variabilidad. Coeficientes de variación del 30 p. 100 no son infrecuentes en las propiedades físico-mecánicas de la madera.

Pese a ello, si para cada uso concreto de la madera se conocen las propiedades exigibles, se podrán formar grupos tecnológicos integrados por maderas que son adecuadas para dicho uso, pudiéndose utilizar subjetivamente una u otra o permitiendo su sustitución entre sí.

La caracterización físico-mecánica y tecnológica de las maderas es, pues, una labor necesaria para el eficaz empleo y aprovechamiento de maderas desconocidas hasta el momento y para la introducción de otras en los programas estatales de reforestación de tierras.

La resistencia y rigidez de la madera varían en función de su contenido de humedad, de su tamaño y de la forma de realizar los ensayos. Por este motivo, los valores se suelen dar referidos a un 12 p. 100 de humedad y a un tamaño de probetas y metodología de ensayo especificados en la norma de ensayo utilizada.

Dos formas de proceder han sido utilizadas internacionalmente. La primera, adoptada en Estados Unidos en 1891, hace uso de probetas de 2 x 2 pulgadas (50 x 50 mm), mientras que la segunda, cuyo origen es europeo, hace uso de probetas de 20 x 20 mm de sección (Gwendoline, 1983).

El segundo método tiene la ventaja de que al hacer uso de menores secciones permite obtener probetas de ensayo libres de defectos en árboles de pequeño diámetro o usar despieces especiales que permitan investigaciones concretas (variación con la altura y distancia a la médula, etc.).

El primer método permite, por contra, una mayor homogeneidad (por ejemplo, al influirle menos el tamaño y posición relativa del anillo) y exactitud de los datos obtenidos.

Desgraciadamente, los valores obtenidos por ambos métodos no son directamente comparables y necesitan una conversión, de acuerdo con coeficientes previamente calculados.

Todo lo anterior justifica la necesidad de citar la norma de ensayo empleada cuando se dan los valores de las propiedades mecánicas de una madera.

Valores de resistencia mecánica para diferentes especies y haciendo uso de probetas de pequeñas dimensiones libres de defectos de 20 x 20 mm pueden consultarse en los trabajos de Gwendoline (1983), Gutiérrez Oliva, Plaza

Pulgar (1967). Para probetas de 50 × 50 mm esta consulta puede hacerse en el Wood Handbook (1987) y en ASTM D 2555.

Tradicionalmente estos estudios se han efectuado haciendo uso de normas de ensayo, que se basaban en el empleo de probetas de pequeñas dimensiones libres de defectos. Los datos así obtenidos tenían (y tienen) un valor inestimable para conocer la variabilidad de las propiedades dentro del árbol, entre árboles y entre procedencias, a la vez que permiten una comparación, con criterios objetivos, entre especies y aportan los valores máximos (sin defectos) de una determinada propiedad en esa madera.

Sin embargo, salvo en algunos usos decorativos, la madera se emplea con sus defectos y anomalías incorporados, siendo la cuantificación exacta de su influencia una labor poco menos que imposible.

Así, cuando es necesario un conocimiento exacto del valor real de las propiedades (por ejemplo, madera estructural) habrá que trabajar con piezas de tamaño real, que incorporen los defectos y anomalías que les son propios.

En el caso de la madera estructural, las normas europeas (EN 384 y EN 408) obligan al ensayo de un número elevado de piezas con el fin de dar seguridad estadística a los valores determinados. Por otra parte, y a diferencia de lo que ocurre con las probetas de pequeñas dimensiones libres de defectos, la norma EN 384 obliga a calcular no el valor medio de la propiedad sino el característico (5° percentil).

De todo lo anterior se deduce que la caracterización físico-mecánica de la madera de una especie es una labor tediosa y lenta, que obliga a muestreos intensivos, a la rotura o análisis de miles de probetas y a la aplicación de métodos estadísticos, de forma que los datos obtenidos sean verdaderamente representativos de la población.

La necesidad de asegurar el abastecimiento a la industria de la madera y de aprovechar las excelentes condiciones de crecimiento que para ciertas especies nuestro país ofrece, han hecho que su importancia relativa y la necesidad de su conocimiento y caracterización sean un hecho.

El concepto de especie de crecimiento rápido es un poco subjetivo pues la tasa de crecimiento no es algo inherente exclusivamente a la especie, ya que pueden influir tanto factores estacionales como de la selvicultura aplicada. No obstante, la norma UNE 56524 considera que una madera es de crecimiento rápido cuando presenta menos de tres anillos por centímetro, medidos éstos en dirección radial y eliminando los primeros 25 mm desde la médula (a fin de eliminar, en lo posible, a la madera juvenil).

En este orden de cosas es corriente incluir en este grupo al pino radiata, a los chopos, al eucalipto, al pino gallego, al castaño y a sus híbridos y clones.

El presente trabajo recoge los resultados de los estudios desarrollados en los Laboratorios de maderas del CIFOR-INIA durante diez años, si bien es de reseñar que los valores de las propiedades de la madera de pino gallego (*Pinus pinaster* var. *atlantica*) con probetas de pequeñas dimensiones proceden de los efectuados, con idéntica metodología, por Remacha Gete (1986).

Los trabajos sobre *Eucalyptus globulus* y *Castanea* sp. fueron financiados por la DG XII de la UE (Proyectos MA 2BCT-91-0038 y MA 2BCT-92-002), a través del programa FOREST.

MATERIAL Y METODOS

Para la caracterización de las especies estudiadas se ha hecho uso de la metodología habitual en este tipo de trabajos.

Para cada una de las especies se comenzó inventariando las zonas de producción y analizando su superficie, producción y calidad de la madera, esta última a criterio de los rematantes.

Con toda esta información se identificaron las zonas de muestreo, buscando en todo momento que reflejaran la variabilidad de la especie y que las diferentes variables tuvieran el peso adecuado en la media global.

El número total de árboles fue determinado estadísticamente de forma que el error máximo de muestreo fuera del 5 p. 100 y el coeficiente de confianza del 90 p. 100, siendo dividido entre las distintas zonas de muestreo proporcionalmente a su peso en la muestra total.

Dentro de cada zona de muestreo, al referirse el estudio a masas mono-específicas con una sola clase de edad, se realizó un análisis previo a fin de conocer la distribución por clases diamétricas y determinar el número de árboles a seleccionar de cada clase. Conocido este dato la selección de cada árbol concreto se hizo aleatoriamente.

Sobre cada árbol se midieron sus características dendrométricas más destacables (altura total y diámetro normal).

Apeados los árboles, los troncos fueron divididos en trozas y discos, ajustándose de una forma aproximada al modelo reflejado en la Figura 1. El uso final de estas trozas y discos fue el siguiente:

- Estudios, a diferentes alturas del tronco, del porcentaje de corteza, espesor y número de anillos de albura y duramen, densidad básica del total de la sección, etc. Se hizo uso de rodajas, perpendiculares al eje del tronco, de unos 3 cm de grosor y tomadas a las alturas de 0, 3, 4 y 7 m. A partir de los 7 m de altura se tomaron cada tres metros hasta un diámetro de tronco de 20 cm o hasta el comienzo de la copa, según los casos.
- Estudios sobre contracciones radiales, tangenciales y volumétricas, densidades y sus variaciones con la distancia a la médula. Se tomó una rodaja, perpendicular al eje del árbol, de unos 5 cm de espesor, a la altura del tronco de 3 m.

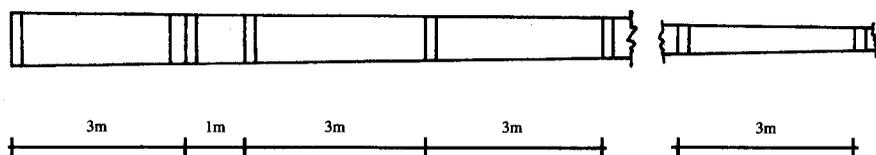


Fig. 1.—Despiece del árbol
Log sampling

- Ensayos mecánicos con probetas de pequeñas dimensiones libres de defectos. Se tomó la troza comprendida entre 3 y 4 m. Esta zona del tronco coincide en muchas especies, aproximadamente, con la madera de densidad media en el tronco, con lo que los valores obtenidos pueden considerarse como medios para la totalidad del tronco.
- Ensayos mecánicos con piezas de tamaño estructural. Se tomaron todas las trozas posibles de 295 cm de longitud, localizadas entre las alturas de 0 a 3 m, de 4 a 7 m, de 7 a 10 m y así sucesivamente, siempre que el diámetro superior fuese mayor de 20 cm.

En las rodajas tomadas a diferentes alturas del tronco, inmediatamente después de su corta para evitar pérdidas de humedad, se midieron los diámetros extremos con y sin corteza, el radio máximo, los diámetros mayor y menor de duramen y el número total de anillos de albura y de duramen, necesarios todos ellos para el cálculo de las propiedades morfológicas que aparecen en la Tabla 1. Se determinaron, asimismo, el peso y volumen en verde, imprescindibles para el posterior cálculo de la densidad básica y de la humedad en verde a diferentes alturas del árbol.

Los discos de 50 mm de espesor, tomados a 3 m de altura, fueron desdoblados en otros dos de 20 y 12 mm de espesor, respectivamente. Del primero de ellos se obtuvo una pieza diametral de 20 mm de anchura (Fig. 2), a partir de la cual se cortaron probetas de $20 \times 20 \times 20$ mm, numeradas según su distancia a la médula, tal y como se aprecia en la Figura 2.

Sobre estas probetas se determinaron los pesos y volúmenes en verde, al 12 p. 100 y anhidro, obteniéndose de ellos los valores de la contracción volumétrica y de las densidades en diferentes condiciones de humedad. Los volúmenes se determinaron mediante un volumenómetro de mercurio, con un error inferior a $0,001 \text{ cm}^3$.

Las probetas utilizadas para la determinación de las contracciones radial y tangencial, se obtuvieron a partir del disco de 12 mm de espesor, del que se cortó una pieza diametral de 40 mm de anchura. A partir de esta pieza se sacaron probetas de 40×40 mm, numeradas según su distancia a la médula, y empezando a 20 mm de ésta, como puede apreciarse en la Figura 2.

Las medidas se realizaron en las dos direcciones, radial y tangencial, y en los estados de humedad en verde, al 12 p. 100 y en estado anhidro. Los valores de las contracciones radial y tangencial, así como de sus coeficientes, se obtuvieron por cálculo, tal y como señala la norma correspondiente.

Con todos estos datos se realizó el estudio de la variación de las propiedades físicas desde la médula a la corteza. Igualmente se calcularon las medias ponderadas en función de la distancia a la médula, para el total de la sección.

De las trozas de 1 m de longitud, destinadas a los ensayos mecánicos con probetas de pequeñas dimensiones, se cortó una tabla central, de unos 30 mm de espesor, que contenía la médula (Fig. 3). Perpendicularmente a esta tabla se obtuvieron otras dos, de unos 60 mm de espesor.

Las tablas fueron secadas al aire hasta conseguir una humedad aproximada del 12 p. 100. Una de las tablas fue destinada a la preparación de los listo-

nes de 50×50 mm de sección (probetas UNE y ASTM) y la otra a la de los listones de 20×20 mm (probetas UNE y AFNOR). En ambos casos las dimensiones citadas están referidas a la humedad del 12 por 100.

Todos los listones fueron numerados a partir de la zona más próxima a la médula, con lo que existía una relación entre dicho número y la distancia entre el eje del listón y la médula. Esta distancia sirve para el cálculo de las medias ponderadas, ya que cada probeta representa a todas las posibles que se puedan sacar a dicha distancia. De esta forma se calcularon los valores medios.

Todos los listones cortados para la preparación de probetas fueron acondicionados en cámara a 20°C y 65 p. 100 de H.R. hasta humedad constante, de acuerdo con lo señalado en la norma UNE 56528. Una vez acondicionados éstos, se prepararon las probetas con sus dimensiones finales, las cuales fueron introducidas en la cámara de acondicionamiento hasta su uso definitivo.

Las trozas de 2,95 m, destinadas a los ensayos con madera estructural, fueron aserradas industrialmente, obteniendo piezas de $2950 \times 160 \times 60$ mm (dimensiones finales en madera seca). Posteriormente fueron secadas al aire hasta una humedad aproximada del 12 p. 100 y labradas a las dimensiones definitivas de $2950 \times 150 \times 50$ mm. El ensayo de tales piezas se efectuó de acuerdo con EN 408 y el tratamiento de los datos con EN 384.

La clasificación previa de las piezas según clases de calidad estructural, se efectuó de acuerdo con NFB-52001.

RESULTADOS

En la Tabla 1 quedan recogidos todos los resultados medios y característicos obtenidos para cada una de las especies y propiedades estudiadas, así como la referencia a la norma utilizada en cada caso.

Los valores de las propiedades físicas y mecánicas con probetas de pequeñas dimensiones corresponden a valores medios de los diferentes árboles, los cuales, a su vez, se obtienen mediante media ponderada teniendo en cuenta que cada probeta representa a la totalidad de la corona de la que está obtenida.

Parte de estos resultados han sido objeto de publicaciones parciales, citadas en el apartado de Introducción y recogidas en el de Referencias Bibliográficas.

En la Tabla 2 se recoge, para cada propiedad y madera, la clasificación que cada valor tiene de acuerdo con la norma UNE 56540. Se han incluido, asimismo, los valores de las cotas de calidad, muy útiles para la comparación entre especies y la calificación final por usos.

TABLA 1
CARACTERISTICAS MEDIAS MAS INTERESANTES DE LAS
MADERAS ESPAÑOLAS DE CRECIMIENTO RAPIDO
Average values of the most interesting characteristics of timbers from Spanish fast growing tree species

Propiedad (Property)	Normativa (Normative)	Unidad (Unit)	Castano (Castanea sp.)	F. pino (F. pinaster)	Alno (Populus sp.)	Erable (Q. robur)	Castaño (Castanea sp.)
Características morfológicas (Morphological)							
φ normal medio c/c		cm	39	40	30	48	32
Edad media		Años	29	42	12	25	24
Altura árbol		m	25	20	21	32	18
N.º de árboles			70	65	85	24	24
Anchura anillo	UNE 56524	mm	6,5	5,3	13	12	7
% albura (vol.)		%	90	44	—	—	18
Elipticidad		%	7,4	—	6,4	6,9	13,0
Excentricidad		%	5,4	—	2,5	5,7	3,7
% corteza (vol.)		%	9,7	—	9,1	11,3	10,3
Características físicas (Physical)							
Hum. en verde	UNE 56529	%	147	—	140	91	103
Densidad en verde	NFB 51005	kg/m ³	950	—	700	1100	909
Densidad básica	NFB 51005	kg/m ³	410	—	316	600	445
Densidad al 12%	NFB 51005	kg/m ³	516	475	378	790	541
Densidad anhidra	NFB 51005	kg/m ³	470	455	350	765	512
Higroscopicidad	UNE 56532	kg/m ³ /%	2,7	2,6	2,3	3,0	2,8
Contrac. Vol. Total* (Coeficiente)	NFB 51006	%	14,5/12,7 (0,42)/(0,37)	14,5/12,7 (0,45)/(0,39)	11,4/10,2 (0,38)/(0,34)	27/21,3 (0,68)/(0,54)	14,8/12,9 (0,46)/(0,40)
Cont. Tang. Total* (Coeficiente)	UNE 56533	%	7,5/7,0 (0,25)/(0,23)	7,6/7,1 (0,25)/(0,23)	7,3/6,8 (0,25)/(0,23)	17,0/14,5 (0,35)/(0,30)	8,4/7,7 (0,28)/(0,26)
Cont. Radial Total* (Coeficiente)	UNE 56533	%	4,2/4,0 (0,16)/(0,15)	4,1/3,9 (0,14)/(0,13)	2,7/2,6 (0,11)/(0,11)	8,2/7,6 (0,26)/(0,24)	3,6/3,5 (0,14)/(0,14)
Coef. anisotropía**	ISO 4469	Indice	1,8	2,0	2,7	2,1	2,5
Anisotropía absoluta***	—	%	3,3	3,5	4,6	8,8	4,8
Dureza Monnin	UNE 56534	Indice	1,8	1,8	0,7	3,9	2,2
Características mecánicas (Mechanical)							
Resistencia flexión	UNE 56537	kp/cm ²	875	797	612	1419	881
Mod. elasticidad	UNE 56537	kp/cm ²	90000	89000	71000	165500	102000
Res. comp paralela	UNE 56535	kp/cm ²	434	399	310	662	411
Res. comp. perpend.	ASTM D 143	kp/cm ²	59	60	28	76	53
Cort. paralela radial	UNE 56543	kp/cm ²	97	84	60	—	90
Cort. paralela tang.	UNE 56543	kp/cm ²	107	101	79	—	107
Choque	UNE 56536	kpm/cm ²	0,36	0,31	0,30	0,94	0,55
Tracción perp.	UNE 56538	kp/cm ²	23,5	20	18	43	—
Hienda tang.	UNE 56538	kp/cm	10,5	10	12	21	—
Características de resistencia (Resistance)							
MOR característico	EN 408	kg/cm ²	176	186	176	449	—
MOE medio	EN 408	kg/cm ²	110000	98000	90000	225000	—
Densidad caract.	EN 408	kg/m ³	434	431	320	700	—

(*) Referida al estado anhidro/en verde

(**) Obtenida como cociente entre la contracción tangencial y la radial

(***) Obtenido como diferencia entre la contracción tangencial y la radial

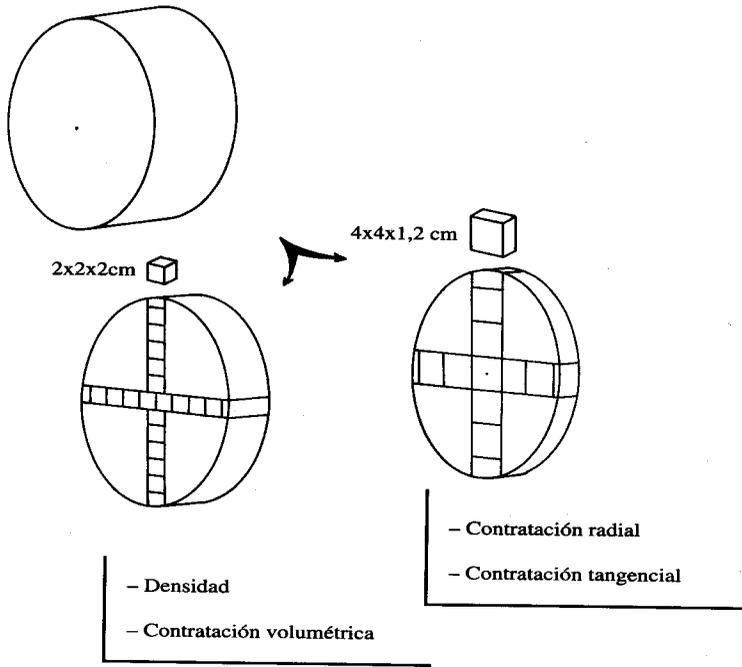


Fig. 2.—Obtención de probetas para la determinación de las propiedades físicas
Disc sampling for physical property assessment

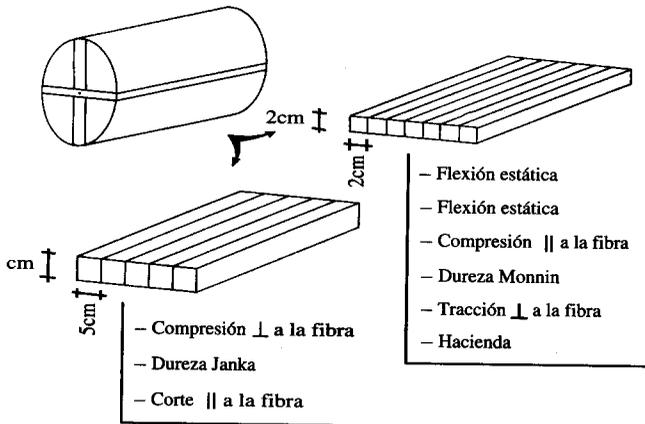


Fig. 3.—Obtención de probetas para la determinación de las propiedades mecánicas (pequeñas dimensiones)
Boards and test samples for mechanical property assessment (small test samples)

TABLA 2
CALIDAD FISICO-MECANICA DE LA MADERA
(DE ACUERDO CON UNE 56540)
Physical and mechanical quality of timber

Propiedad (Property)	Pino (<i>P. radiata</i>)	Pino (<i>P. pinaster</i>)	Chopo (<i>Populus sp.</i>)	Eucalipto (<i>E. globulus</i>)	Castaño (<i>Castanea sp.</i>)
Densidad 12%	Semipesada/Ligera	Ligera/Semipesada	Ligera	Pesada	Semipesada
Higroscopicidad	Normal	Normal	Normal/Baja	Normal	Normal
Contracc. Vol. Total	Media	Media	Media	Grande	Media
Coefficiente	Medianamente nerviosa	Medianamente nerviosa	Poco nerviosa	Nerviosa	Medianamente nerviosa
Anisotropía	Media/Baja	Media	Media/alta	Alta	Media/Alta
Dureza Monnin	Blanda	Blanda	Muy blanda	Semidura	Blanda
Cota	Mediana	Mediana	Baja	Baja	Mediana
Resistencia flexión	Baja/Mediana	Baja	Baja	Mediana/Alta	Baja/Mediana
Cota	Grande/Mediana	Grande/Mediana	Mediana/Grande	Grande/Mediana	Mediana/Grande
Comp. paralela	Mediana	Mediana	Baja	Mediana	Baja/Mediana
Cota	Mediana	Mediana	Alta/Mediana	Alta	Alta/Mediana
Choque	Mediana/Baja	Baja/Mediana	Baja/Mediana	Alta	Mediana
Tracción perpendicular	Baja/Mediana	Baja	Baja	Mediana/Alta	—
Cota	Alta/Mediana	Mediana/Alta	Alta/Mediana	Alta	—
Hienda	Baja	Baja	Baja	Mediana	—
Cota	Mediana/Alta	Mediana/Baja	Alta/Mediana	Mediana	—
Clase estructural (clase única)	C18	C18	C18	D40	—

CONCLUSIONES

Los valores de la resistencia al choque, a la tracción perpendicular y a la hienda de la madera de pino radiata, pino gallego y chopo son bajos, lo que no hace aconsejable su empleo en la fabricación de aperos y mangos de herramientas. Por contra, los altos valores obtenidos con la madera de *Eucalyptus globulus* la identifican como ideal para dichos usos.

De los valores mecánicos obtenidos se deduce que la madera de los pinos radiata y gallego así como del castaño es elástica y de resistencia a la flexión mediana y, por tanto, ideal para el trabajo mecánico a flexión.

La madera de eucalipto presenta una gran rigidez y resistencia a la flexión, por lo que es especialmente apta para el trabajo mecánico a flexión en condiciones de alta sollicitación.

La madera de chopo presenta una elevada elasticidad y una baja resistencia a la flexión, por lo que es desaconsejable su empleo en los elementos estructurales del mobiliario y allí donde la resistencia mecánica sea un requisito fundamental. No obstante, debe dejarse claro que cualquier madera, y ésta en particular, convenientemente dimensionada, es perfectamente apta para el trabajo mecánico.

Con respecto a la dureza, salvo el eucalipto, que es semidura, las restantes maderas son blandas o muy blandas (chopo), lo que aconseja su endurecimiento superficial mediante acabados y tratamientos adecuados, cuando se prevea su empleo decorativo, en la fabricación de mobiliario o de elementos de carpintería.

En lo que respecta a las contracciones radiales y tangenciales, y en particular a su diferencia absoluta y relativa (coeficiente de anisotropía), es de destacar la importancia de su análisis en la predicción de las deformaciones durante el proceso de secado y puesta en servicio.

Se considera (Rijsdijk, Laming, 1994) que si la diferencia absoluta es mayor de 3,0 y el coeficiente de anisotropía mayor que 2,2 (pero asociado este a diferencias absolutas marcadas) el riesgo de deformaciones es elevado.

En este orden de cosas, puede concluirse que aunque todas las maderas estudiadas presentan una tendencia no desdeñable a la deformación, es el eucalipto el que la tiene más marcada, pudiendo ser clasificada como alta, seguida del castaño y del chopo, que aunque es clara no es tan elevada, pudiendo ser catalogada como media-alta, para acabar con los pinos gallego y radiata, que presentan valores mucho más moderados.

Este hecho, unido a los altos valores que toman las contracciones totales en la madera de eucalipto, aconsejan altamente su despiece radial.

SUMMARY

Characterization of Spanish fast growing species

29 physico-mechanical and morphological properties of different timbers from five fast growing Spanish tree species were studied and analysed.

KEY WORDS: Wood characteristics
Fast growing species
Pine
Chestnut
Eucalypt
Poplar

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASTM D 2555-73 & D 143-72 (ANS 04.1-1973). American Society for Testing and Materials Institute. Philadelphia. USA.
- BAONZA MERINO M. V., 1995. Informe final del Proyecto MA 2B CT-92-002, 50 pp. Informe interno.
- EN 384. Structural timber. Determination of characteristic values of mechanical properties and density.
- EN 408. Timber structures. Solid timber and glued laminated timber. Determination of some physical and mechanical properties for structural purposes.
- FERNANDEZ-GOLFIN SECO J. I., 1994. Informe final del Proyecto MA 2B CT 91-0038, 70 pp. Informe interno.
- FPL, 1987. Wood handbook: Wood as an engineering material. USDA Forest Service. Agric. Handb. 72. 466 pp.
- GUTIERREZ OLIVA A., PLAZA PULGAR F., 1967. Características físico-mecánicas de las maderas españolas. Ministerio de Agricultura. IFIE. Madrid. 103 pp.
- GWENDOLINE M. L., 1983. The strength properties of timber. Building Research Establishment Report. 60 pp.

- REMACHA GETE A., 1986. Características del pino gallego y sus aplicaciones. AITIM 02/4. 72 pp.
- RIJSDIJK J. F., LAMING P. B., 1994. Physical and related properties of 145 timbers. Information for practice. Kluwe Academic Publishers. ISBN 0-7923-2875-2. 380 pp.