



# 7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios  
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia  
Cáceres, Extremadura

---

---

7CFE01-564

---

---

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales  
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017  
**ISBN 978-84-941695-2-6**

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## Propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Fraxinus excelsior*, *Platanus x hispánica* y *Fagus sylvatica* de Catalunya

CORREALMÒDOL, E.<sup>1</sup>, VILCHES CASALS, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut Català de la Fusta (INCAFUST). Parc científic i tecnològic de Lleida. Turó de Gardeny. Ed. H2 planta baixa. 25003 Lleida.

### Resumen

El haya (*Fagus sylvatica*), el fresno (*Fraxinus excelsior*) y el plátano (*Platanus x hispánica*) son, junto con los robles y el castaño, las frondosas locales de Cataluña que, por su abundancia, propiedades tecnológicas y calidad estética tienen mayor relevancia para la industria de la carpintería, la tornería, el mobiliario y la obtención de chapa. Para este tipo de usos se requiere madera de buena calidad y generalmente libre de singularidades.

Se ha realizado un estudio para caracterizar las propiedades básicas de la madera libre de defectos de estas tres especies. Para ello se han seguido las normas UNE sobre “Características físico-mecánicas de la madera”. Concretamente se ha determinado la densidad, la contracción volumétrica, la higroscopicidad, la dureza, la resistencia a compresión axial y la resistencia a flexión estática. En total se han llevado a cabo cerca de dos mil ensayos sobre probetas de pequeñas dimensiones para conocer con precisión los valores medios de las propiedades y su variación dentro de las poblaciones muestreadas.

Los resultados del estudio proporcionan un conocimiento exhaustivo sobre las propiedades básicas de estas tres especies.

### Palabras clave

Madera libre de defectos, fresno europeo, plátano, haya europea frondosas

### 1. Introducción

En los últimos años en Europa se ha experimentado un interés por la producción con madera de frondosas debido a la alta calidad del material, sus propiedades mecánicas y resistentes superiores, y sus características estéticas excepcionales. Las propiedades comentadas combinadas con la escasez de estas especies en condiciones naturales son las razones principales del elevado precio de mercado y las expectativas de futuros aumentos y el motivo por el que tradicionalmente se les ha llamado maderas preciosas o nobles.

Las frondosas de calidad nos ofrecen la posibilidad de obtener otros productos de mayor valor añadido. Tradicionalmente han sido apreciadas para fabricar materiales para carpintería en los que la calidad estética es esencial: chapa decorativa a la plana, chapa desenrollada, perfiles de carpintería o tableros macizos listonados. Más recientemente se utilizan para fabricar madera laminada encolada debido a su mayor resistencia y mejor aspecto visual. A partir de la madera maciza la madera de frondosa se utiliza en carpintería, ebanistería, tornería y botería. Estructuras, puertas, ventanas, muebles, juguetes, utensilios domésticos, material deportivo, botas y carretillas son algunos de los productos que se obtienen. Por esta razón, en el sector maderero es importante conocer las propiedades físicas y mecánicas de la madera de las

51 diferentes especies forestales comercialmente maderables presentes en el territorio, con objeto  
52 de que éstas resulten más competitivas frente a la madera importada desde Europa.

53

54 En Cataluña la distribución de la frondosas está regida por la precipitación anual, ya que  
55 necesitan climas húmedos. De este modo el haya, el castaño, el fresno y el roble están más  
56 limitados por la pluviometría que por el gradiente altitudinal, ya que pueden vivir desde el nivel  
57 del mar hasta más arriba de los 1.300 m. Las frondosas son capaces de substituir las coníferas  
58 por su tolerancia a la sombra (BURRIEL *et al.*, 2000-2004).

59

60 El haya es relativamente extraña en Catalunya, aunque sea la octava especie más  
61 abundante y la segunda frondosa más común, concentrándose principalmente en el Ripollès y  
62 con menor presencia en la Garrotxa, Osona, La Vall d'Aran y el Berguedà. El núcleo principal de  
63 población del fresno a Cataluña se concentra en la comarca del Ripollès, existiendo poblaciones  
64 menos importantes desde la Vall d'Aran (oeste) hasta la Selva (este) siempre en el ámbito de los  
65 Pirineos o el Montseny. El grosor de población natural o naturalizada del plátano se encuentran  
66 en la zona litoral del centro y norte de Cataluña, concretamente a las comarcas del Vallès  
67 Oriental, la Selva y el Gironés, Garrotxa, Pla de l'Estany y Alt Empordà (BURRIEL *et al.* 2000-2004;  
68 LÓPEZ GONZÁLEZ, 2002; MASALLES *et al.* 1988).

69

70 En la madera de estas tres especies no se diferencia la albura del duramen y presenta la  
71 fibra recta, aunque en ocasiones en el plátano puede estar entrelazada. La albura y el duramen  
72 son propensos a ser atacados por hongos, termitas y carcoma, pero a cambio son maderas  
73 permeables a los tratamientos penetrantes. Las tres especies son maderas nerviosas, con una  
74 velocidad de secado alta y se trabajan bien a mano y a máquina. Con ellas se pueden conseguir  
75 unos acabados excelentes y su encolado no resulta problemático, así como el tintado. Se clavan  
76 y atornillan sin dificultad, excepto en el fresno donde hace falta realizar perforaciones previas. El  
77 haya y el fresno presentan excelentes aptitudes para el curvado. Estas maderas presentan  
78 buenas aptitudes para la obtención de la chapa a la plana y se utiliza en carpintería, maquetaría,  
79 mobiliario, náutica, mangos de herramientas y utensilios domésticos (Cigalat & Soler, 2.003;  
80 Fellner *et al.*, 2007 García Esteban *et al.*, 2003; Jackson i Day, 1998; Peraza *et al.*, 2.004; Soler,  
81 2006; Vignote *et al.*, 2000; Vignote y Martínez, 2006; Walker, 2007).

82

83 Con este estudio se pretende tener nueva información sobre las propiedades de la madera  
84 de haya (*Fagus sylvatica*), fresno (*Fraxinus excelsior*) y plátano (*Platanus x hispánica*)  
85 procedentes de Cataluña y analizar sus posibles aplicaciones.

86

## 87 2. Objetivos

88

89 En el estudio se realiza una caracterización físico-mecánica de la madera de *Fagus*  
90 *sylvatica*, *Fraxinus excelsior* y *Platanus x hispánica* procedentes de Cataluña. Las propiedades  
91 analizadas a partir de probetas de pequeñas dimensiones libres de defectos son la densidad, la  
92 contracción volumétrica, el coeficiente de contracción volumétrica, la higroscopicidad, la dureza,  
93 la resistencia a compresión axial y la resistencia a flexión estática, lo que permitirá tener un  
94 conocimiento más exhaustivo sobre las propiedades básicas de estas tres especies

95

## 96 3. Metodología

97

98 La madera empleada en el estudio fue extraída de diferentes comarcas de la provincia de  
99 Girona Tabla 1. Los tablones de madera se secaron en secadero hasta una humedad próxima al  
100 12%.

101

102

Tabla 1. Información de los lotes de madera utilizados para el estudio de las propiedades físico-mecánicas

Especie	Origen	Suministrador	Lote de madera maciza	
			Piezas	Dimensiones (mm)
Haya	Vidrà (Osona)	Ramon Planas Coll	100	23×23×780
Fresno	Sant Hilari Sacalm (La Selva)	MADEGESA	20	27×100×2500
	Camprodon (El Ripollès)	FUSTES MAGRET S.A.	10	40×200×2000
Plátano	Girona	MADEGESA	42	27×55×2000

103 La caracterización de la madera de las tres especies se realizó mediante probetas de  
 104 pequeñas dimensiones libres de defectos, de manera que los tablones se procesaron hasta  
 105 obtener listones longitudinales de 20×20×550 mm y posteriormente se cortaron a la longitud  
 106 requerida para obtener las probetas de cada ensayo (Tabla 2). La caracterización con este tipo  
 107 de probetas permite obtener el valor óptimo de cada propiedad; de este modo, se minimiza el  
 108 efecto de la silvicultura y se pueden comparar entre sí diferentes especies de maderas  
 109 (Fernández-Golfín *et al.*, 2009. Antes de realizar los ensayos las probetas se conservaron en una  
 110 atmósfera de 20°C y 65% de humedad según la norma UNE 56528:1978 (AENOR, 1978a) cuyas  
 111 condiciones llevan a la madera a equilibrarse al contenido de humedad del 12% (Kollmann,  
 112 1959; Conde y Fernández-Golfín, 2007)., con el que se realizaron los ensayos.

113  
 114 Para caracterizar la madera de las tres especies se efectuaron 60 probetas de madera  
 115 maciza libre de defectos de haya, 150 de fresno y 75 de plátano para cada propiedad: densidad,  
 116 contracción volumétrica, higroscopicidad, dureza, resistencia a compresión axial y resistencia a  
 117 flexión estática. Por tanto, en total se efectuaron 1710 ensayos siguiendo las normas elaboradas  
 118 por el “Comité Tecnológico de Normalización (CTN): 56 Madera y Corcho” de la “Asociación  
 119 Española de Normalización y Certificación” (AENOR). La selección de los individuos y de los  
 120 tablones de donde se obtuvieron las probetas de ensayo fue aleatoria.

121 *Tabla 2. Esquema donde se especifica para cada uno de los ensayos a realizar: la norma utilizada, la dimensión de la*  
 122 *probeta y el número de probetas utilizadas por especie*

Ensayo	Norma	Dimensiones probeta (mm)	Nº de probetas		
			Haya	Fresno	Plátano
Densidad	UNE 56531:1977	20×20×40	60	150	75
Higroscopicidad	UNE 56532:1977				
Contracción Volumétrica	UNE 56533:1977				
Dureza	UNE 56534:1977				
Resistencia a Compresión Axial	UNE 56535:1977	20×20×60	60	150	75
Resistencia a Flexión Estática	UNE 56537:1979	20×20×300	60	150	75

123 Los datos obtenidos se sometieron a un análisis estadístico básico para clasificar la  
 124 madera según la norma UNE 56540:1978 (AENOR, 1978b) y obtener valores cualitativos de  
 125 referencia.

#### 126 4. Resultados

127  
 128 Las Tablas 3, 4 y 5 recogen los resultados de las propiedades físico-mecánicas de cada una de  
 129 las maderas analizadas. Finalmente, en la tabla 6 se presentan los resultados descritos  
 130 cualitativamente de acuerdo a la norma UNE 56540:1978 (AENOR, 1978b).  
 131

132

Tabla 3. Propiedades de la madera de *Fagus sylvatica*

Propiedades físico-mecánicas	Haya					
	$\bar{x}$	$S_{n-1}$	CV%	5º Percentil	Máx.	Min.
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	699,52	44,55	6,36	631,59	815,59	602,71
Contracción volumétrica (%)	14,99	1,05	7,01	13,62	18,88	13,08
Coefficiente de Contracción volumétrica (%)	0,52	0,06	11,54	0,43	0,68	0,40
Higroscopicidad (kg/m <sup>3</sup> )	0,003	0,0004	13,3	0,0027	0,004	0,002
Dureza (mm <sup>-1</sup> )	6,41	1,93	30,11	3,82	11,33	2,99
Resistencia a compresión axial (kg/cm <sup>2</sup> )	497,61	45,84	9,21	422,11	577,04	360,54
Resistencia a flexión estática (kg/cm <sup>2</sup> )	1.011,42	111,71	11,05	811,55	1.189,08	658,43

133

Tabla 4. Propiedades de la madera de *Fraxinus excelsior*

Propiedades físico-mecánicas	Fresno					
	$\bar{x}$	$S_{n-1}$	CV%	5º Percentil	Máx.	Min.
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	735,66	46,76	6,36	652,94	849,43	618,80
Contracción volumétrica (%)	13,31	1,51	11,35	10,77	18,31	9,38
Coefficiente de Contracción volumétrica (%)	0,55	0,05	9,09	0,47	0,70	0,39
Higroscopicidad (kg/m <sup>3</sup> )	0,0033	0,00036	10,91	0,0028	0,0042	0,0023
Dureza (mm <sup>-1</sup> )	5,83	1,55	26,59	3,66	11,26	3,18
Resistencia a compresión axial (kg/cm <sup>2</sup> )	572,43	67,49	11,79	459,86	798,68	392,14
Resistencia a flexión estática (kg/cm <sup>2</sup> )	1.289,86	160,67	12,46	959,74	1.866,43	878,08

134

Tabla 5. Propiedades de la madera de *Platanus x hispánica*

Propiedades físico-mecánicas	Plátano					
	$\bar{x}$	$S_{n-1}$	CV%	5º Percentil	Máx.	Min.
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	662,05	43,22	6,53	594,97	749,03	586,48
Contracción volumétrica (%)	16,42	1,26	7,67	14,27	19,89	12,49
Coefficiente de Contracción volumétrica (%)	0,606	0,034	5,61	0,559	0,683	0,496
Higroscopicidad (kg/m <sup>3</sup> )	0,0026	0,0002	7,69	0,0023	0,0035	0,0022
Dureza (mm <sup>-1</sup> )	3,24	1,04	32,10	2,14	8,73	1,68
Resistencia a compresión axial (kg/cm <sup>2</sup> )	519,59	44,19	8,50	452,84	619,65	416,78
Resistencia a flexión estática (kg/cm <sup>2</sup> )	1.045,27	123,10	11,78	853,60	1.340,39	778,04

135

136

137

138

Tabla 6. Clasificación cualitativa de las propiedades de la madera según UNE 56540:1978

Propiedades	Haya	Fresno	Plátano
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Semipesada	Pesada	Semipesada
Contracción volumétrica (%)	Media	Media	Gran
Coef. Contracción vol. (%)	Median. nerviosa	Median. nerviosa	Nerviosa
Higroscopicidad (kg/m <sup>3</sup> )	Normal	Normal	Normal
Dureza Monnin (mm <sup>-1</sup> )	Dura	Semidura	Semidura
Compresión axial (kg/cm <sup>2</sup> )	Alta	Mediana	Alta
Flexión estática (kg/cm <sup>2</sup> )	Baja	Mediana	Baja

139

140

## 5. Discusión

141

142

143

144

145

146

147

148

La realización de un gran número de ensayos permite determinar con más exactitud las propiedades de la madera y, al mismo tiempo, conocer el comportamiento de la variabilidad. Desde un punto de vista tecnológico esto nos permite controlar mejor las propiedades del material y diseñar procesos productivos para obtener productos de calidad homogénea. En líneas generales el haya y el plátano han sido los más homogéneos, mientras que el fresno ha resultado ser el más variable (Tablas 3, 4 y 5).

149

150

151

152

153

La haya y el plátano se cualifican como semipesados y el fresno como pesado. Al comparar los valores obtenidos con los publicados por otros autores, se observa que para el fresno y el plátano la densidad obtenida es ligeramente superior a la mayoría de referencias y para el haya es inferior (Tabla 7).

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

La contracción volumétrica y el coeficiente de contracción volumétrica son significativamente superiores en la madera de plátano. De esta forma, la madera de haya y fresno presentan menos contracciones y son menos nerviosas. La contracción volumétrica del haya y fresno es más baja que los valores encontrados por otros autores. Las contracciones del plátano son un 14 % superiores a las encontradas por CIGALAT y SOLER (2003) y PERAZA *et al.* (2004). En cambio, la contracción del haya y del fresno son un 33% y 46% respectivamente más pequeña que los proporcionados por CIGALAT y SOLER (2003) y PERAZA *et al.* (2004). Respecto el nerviosismo de la madera de haya, se observa como todos los autores coinciden en los valores encontrados en los ensayos y catalogan la madera de haya como medianamente nerviosa. Para la madera de fresno el coeficiente de contracción volumétrica se queda entre los valores de las publicaciones consultadas, clasificándolo de estable hasta nervioso, en cambio, la madera de plátano presenta el mismo nerviosismo que el publicado por VIGNOTE *et al.*, 2000, y dándole la clasificación de madera nerviosa (Tabla 7).

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

En el estudio de caracterización de propiedades básicas de *Q. pyrenaica*, *Q. robur* y *Q. petraea* realizado por FERNÁNDEZ *et al.* (2005) se obtiene un coeficiente de contracción del 0,6%, como las maderas de las especies del presente trabajo, y afirman que estas maderas se podrían emplear en usos que no se requiriesen un acabado refinado, ya que los cambios de humedad podrían provocar deterioros en el acabado de las piezas. Según DÍAZ-MAROTO *et al.* (2003), la madera de *Q. Robur* presenta una gran contracción lo que la hace susceptible a la aparición de fendas, por lo que es necesario procesarla rápidamente para evitar la aparición de estas. Las tres especies estudiadas, a pesar de tener menor contracción volumétrica, también deben ser procesadas cuidadosamente para evitar la aparición de rajaduras.

178 La avidez por el agua es ligeramente superior en el fresno que en el haya y en el plátano,  
179 pero todos tienen una higroscopicidad normal. La higroscopicidad de las maderas estudiadas ha  
180 resultado algo inferior que la de las escasas referencias halladas (Tabla 7).

181  
182 La madera de haya es dura, mientras que la madera de fresno y plátano es semidura.  
183 Comparando los resultados obtenidos con otras fuentes se observa que la madera de haya y  
184 fresno es más dura que el resto y la de plátano es un poco más blanda (Tabla 7). Hay que tener  
185 en cuenta esta propiedad, ya que la dureza es determinante para el acabado superficial de los  
186 productos. Cuanto más dura es una madera mejor soporta el desgaste y más larga es la vida útil  
187 de los productos, pero, sin embargo, es más difícil de trabajar y desafila más las herramientas.  
188 Este último factor juega en contra de maderas excesivamente duras, pues la productividad se  
189 reduce y los costes de producción se incrementan.

190  
191 La resistencia a compresión axial media del haya y plátano son prácticamente iguales,  
192 mientras que la del fresno es un 12% superior. En comparación con otros autores, los valores  
193 obtenidos para el *Fraxinus excelsior* y *Platanus x hispánica* son más altos, mientras que en *Fagus*  
194 *sylvatica* los resultados experimentales son inferiores a las referencias consultadas (Tabla 7). En  
195 el caso de la madera de haya y plátano se clasifica como de resistencia a compresión axial alta y  
196 para el fresno mediana.

197  
198 La resistencia a flexión estática, es significativamente superior en el fresno, mientras las  
199 otras dos especies son semejantes entre ellas. Los valores obtenidos para el haya, fresno y  
200 plátano están dentro del rango de valores hallados en las referencias consultadas. Todos los  
201 autores clasifican la madera de fresno como medianamente resistente y la de plátano de baja  
202 resistencia (Tabla 7).

203  
204 Las propiedades evaluadas indican que las maderas de las especies estudiadas tienen  
205 potencial para ser utilizadas en construcción en despiece radial, ya que son duras, semipesadas y  
206 resisten bien los esfuerzos mecánicos, de manera similar que la del roble común (DÍAZ-MAROTO  
207 *et al.*, 2003). En el artículo de ACUÑA *et al.* (2009) se determina que las características  
208 elastomecánicas de las probetas pequeñas libres de defectos de *Q. pyrenaica* resultan mucho  
209 mejores que los encontrados en piezas de tamaño estructural, por ello los autores apuntan el  
210 potencial de la especie para elaborar vigas laminadas encoladas. De la misma forma, los  
211 resultados obtenidos en este estudio muestran el potencial de las especies estudiadas para  
212 desarrollar productos de madera reconstruida, pero para ello es necesario realizar nuevas  
213 investigaciones.

214

Tabla 7. Comparación con otros autores de los resultados obtenidos

Propiedad	Especies	Autores					
		Vignote et al., 2000	Cigalat y Soler, 2003	Peraza et al., 2004	Fellner et al., 2007	AEIM, 2007/08	INCAFUST, 2010
Densidad	Haya	-----	740,0	750,0	712,0	730,0	699,5
	Fresno	690,0	740,0	750,0	702,0	690,0	735,7
	Plátano	577,0	610,0	610,0	600,0	-----	662,1
C.V	Haya	-----	20,0	24,6	-----	-----	14,9
	Fresno	13,0	19,0	19,0	-----	-----	13,1
	Plátano	13,9	14,0	14,1	-----	-----	16,4
C.C.V	Haya	-----	-----	0,62	-----	0,51	0,52
	Fresno	0,40	-----	0,65	-----	0,45	0,55
	Plátano	0,61	-----	-----	-----	-----	0,61
Higroscop.	Haya	-----	-----	-----	-----	-----	0,0030
	Fresno	0,0038	-----	-----	-----	-----	0,0033
	Plátano	0,0031	-----	-----	-----	-----	0,0026
Dureza	Haya	-----	-----	4,0	-----	4,0	6,4
	Fresno	3,9	-----	5,3	-----	4,2	5,83
	Plátano	3,5	-----	3,6	-----	-----	3,2
Compresión	Haya	-----	560,0	653,1	632,7	580,0	497,6
	Fresno	520,0	560,0	602,0	531,0	510,0	572,4
	Plátano	337,0	550,0	643,0	469,0	-----	519,6
Flexión	Haya	-----	900,0	1.693,9	1.255,1	1.100,0	1.011,4
	Fresno	1.200,0	1.400,0	1.633,0	1.225,0	1.130,0	1.289,9
	Plátano	810,0	1.000,0	1.124,0	1.010,0	810,0	1.045,3

216

217 **6. Conclusiones**

218

219 La caracterización de las propiedades físicas y mecánicas llevada a cabo muestra que el  
 220 fresno es más pesado, estable y mecánicamente más resistente que la madera de haya y plátano  
 221 analizada. Por el contrario, el plátano es el más ligero, pero presenta un peor comportamiento  
 222 frente los cambios de humedad al resultar más inestable y nervioso, además, de ser también el  
 223 más blando. La madera de haya es la más dura.

224

225 Desde un punto de vista cualitativo las diferencias entre las tres especies han resultado  
 226 menores, de manera que, se puede concluir que la madera de haya, fresno y plátano de origen  
 227 catalán puede ser transformada en procesos industriales análogos a los realizados en el resto de  
 228 la península.

229

230 **7. Agradecimientos**

231

232 Los autores agradecen el soporte a la investigación del Departament d'Agricultura,  
 233 Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya, y la colaboración de  
 234 los propietarios forestales en el suministro de la madera.

235

236

237

## 238 8. Bibliografía

239  
240 ACUÑA RELLO, L.; CASADO SANZ, M.; HERRAEZ GARRIDO, F.; DÍEZ BARRA, R.; MARTÍN  
241 CÁCERES, D.; SÁNCHEZ DEL CAÑO, V. 2009. Caracterización de la resistencia y rigidez a  
242 flexión de *Q. pyrenaica* Willd. según diversos métodos de ensayo. 5º Congreso Forestal  
243 Español. Ávila 21 a 25 de septiembre de 2009. S.E.C.F.

244  
245 ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE IMPORTADORES DE MADERA 2007. Las 75 especies de  
246 madera más utilizadas en España. Monográfico de AEIM nº. 2. AEIM. 208 pp. Madrid

247  
248 ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN 1977a. Características  
249 físico-mecánicas de la madera. Determinación del peso específico. UNE 56-531-77.  
250 Madrid: AENOR.

251  
252 ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN 1977b. Características  
253 físico-mecánicas de la madera. Determinación de la higroscopicidad. UNE 56-532-77.  
254 Madrid: AENOR.

255  
256 ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN 1977c. Características  
257 físico-mecánicas de la madera. Determinación de las contracciones lineal y volumétrica.  
258 UNE 56-533-77. Madrid: AENOR.

259  
260 ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN 1977d. Características  
261 físico-mecánicas de la madera. Determinación de la dureza. UNE 56-534-77. Madrid:  
262 AENOR.

263  
264 ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN 1977e. Características  
265 físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la compresión axial.  
266 UNE 56-535-77. Madrid: AENOR.

267  
268 ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN 1977f. Características  
269 físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la flexión estática. UNE  
270 56-537-77. Madrid: AENOR.

271  
272 ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN 1978a. Características  
273 físico-mecánicas de la madera. Preparación de probetas para ensayos. UNE 56-528-78.  
274 Madrid: AENOR.

275  
276 ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN 1978b. Características  
277 físico-mecánicas de la madera. Interpretación de los ensayos de los resultados. UNE 56-  
278 540-78. Madrid: AENOR.

279  
280 BURRIEL, J.A. [et al.] 2000-2004. Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. CREAM. 108  
281 pp. Bellaterra (Barcelona).

282  
283 CIGALAT FIGUEROLA, E.; SOLER BURILLO, M. 2003. Guía de las principales maderas y de  
284 su secado. Ediciones Mundi-Prensa. 540 pp. Valencia.

285

- 286 CONDE GARCÍA, M.; FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO, J.I. 2007. Manual técnico de secado de  
287 maderas. AITIM. 249 pp. Madrid.  
288
- 289 DÍAZ-MAROTO HIDALGO, I.J.; CORO GONZÁLEZ, R.; VILA LAMEIRO, P. 2003 Estudio de  
290 probetas de pequeñas dimensiones para la determinación de la aptitud tecnológica de la  
291 madera de *Quercus robur* L. VII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos  
292 (Pamplona). pp 1346-1351  
293
- 294 FELLNER, J.; TEISCHINGER, A.; ZSCHOKKE, W. 2007. I volti del legno: aspetti, descrizioni  
295 e parametri di confronto. Promo legno. 111 pp. Milano.  
296
- 297 FERNÁNDEZ PARAJES, J.; DÍAZ-MAROTO, I.J. HIDALGO, VILA LAMEIRO, P. Estudio de  
298 propiedades físicas de la madera en masas naturales de *Quercus pyrenaica* Willd. en  
299 Galicia. 2005. 4º Congreso Forestal Español. Zaragoza 26 a 30 de septiembre de 2005.  
300 S.E.C.F.  
301
- 302 FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO, J.I.; DÍEZ BARRA, M. R.; CONDE GARCÍA, M.; BAONZA MERINO,  
303 M.V.; GUTIERREZ OLIVA, A.; HERMOSO PRIETO, E.; MÍER PÉREZ, R.; TROYA FRANCO, M.T.;  
304 RODRIGUEZ TROBAJO, E. 2009. Estado del arte del conocimiento sobre las propiedades  
305 de la madera de pino laricio. V Congreso Forestal Español. 5CFE01-649. Ávila 21-25 de  
306 septiembre 2009.  
307
- 308 GARCÍA ESTEBAN, L.; GUINDEO CASASÚS, A.; PERAZA ORAMAS, C.; DE PALACIOS DE  
309 PALACIOS, P. 2003. La madera y su anatomía. Fundación Conde del Valle de Salazar.  
310 Ediciones Mundi-Prensa. AiTiM. 330 pp. Madrid.  
311
- 312 JACKSON, A.; DAY, D. 1998. Guías CEAC de la madera. Clases de maderas. Grupo  
313 Editorial CEAC. 128 pp. Barcelona  
314
- 315 KOLLMANN, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones, Tomo I. Ministerio de  
316 Agricultura. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE). 675 pp. Madrid  
317
- 318 LÓPEZ GONZÁLEZ, G. A. 2002. Guía de los árboles y arbustos de la Península Ibérica y  
319 Baleares. Grupo Mundi-Prensa. 896 pp. Madrid.  
320
- 321 MASALLES, R.M. [et al.]. 1988. Història Natural dels Països Catalans: Vol. 6. Plantes  
322 superiors. Fundació Enciclopèdia Catalana. 463 pp. Barcelona.  
323
- 324 PERAZA SÁNCHEZ, F. [et al.] 2004. Especies de maderas para carpintería, construcción y  
325 mobiliario. AITIM. 896 pp. Madrid.  
326
- 327 VIGNOTE PEÑA, S.; PICOS MARTÍN, J; ZAMORA PANIAGUA, R. 2000. Características de las  
328 principales maderas utilizadas en Bizkaia: Tecnología y aplicaciones. Bizkaiko Foru  
329 Aldundia. Nekazaritza Saila. 292 pp. Bilbao.  
330
- 331 VIGNOTE PEÑA, S.; MARTÍNEZ ROJAS, I. 2006. Tecnología de la madera - 3.ª ed. Ediciones  
332 Mundi-Prensa. 678 pp. Madrid.  
333

334 WALKER, A. 2007. Enciclopedia de la madera. Art Blume S.L.. 192 pp. Barcelona