



6º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

6CFE01-518

Montes: Servicios y desarrollo rural
10-14 junio 2013
Vitoria-Gasteiz



Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Vitoria-Gasteiz, 10-14 junio de 2013
ISBN: 978-84-937964-9-5
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Caracterización físico-mecánica de la madera de roble albar, roble cerrioides y roble andaluz de Cataluña

VILCHES-CASALS, M.¹ y CORREAL-MÒDOL, E.¹

¹ Institut Català de la Fusta (INCAFUST).

Resumen

Las principales especies de robles de ambiente mediterráneo de Cataluña presentan gran tendencia a la hibridación. En sentido amplio, encontraremos el roble albar (*Quercus petraea*), el roble cerrioides (*Q. cerrioides* = *Quercus pubescens* x *faginea*), y la población más septentrional de la distribución de roble andaluz (*Q. canariensis*) muy cruzada con *Q. pubescens*. Se han caracterizado y comparado siete propiedades físico-mecánicas de la madera libre de defectos de pequeñas dimensiones de estas tres especies, consiguiendo completar y mejorar la escasa información disponible.

La fase experimental se realizó según las normas UNE de densidad, contracción volumétrica, coeficiente de contracción volumétrica, higroscopicidad, dureza, resistencia a compresión axial y resistencia a flexión estática. Se ensayaron setenta y cinco probetas para cada propiedad y especie consiguiendo una distribución robusta de los datos. Los resultados se analizaron mediante modelos de análisis de la varianza.

Según el análisis estadístico, la madera de roble albar es más densa, dura, resistente e inestable frente a los cambios de humedad que el resto, pero las diferencias son tan escasas que, según la norma UNE 56-540 (1978), las tres maderas se clasifican de forma muy semejante. Por ello, la madera de los robles cerrioides y andaluz puede ser transformada en procesos industriales análogos a los del roble albar.

Palabras clave

Madera libre de defectos, *Quercus petraea*, *Quercus cerrioides*, *Quercus canariensis*, Propiedades físicas y mecánicas.

1. Introducción

Los robles pertenecen a la familia *Fagaceae*, como los castaños y las hayas, y comparten el género *Quercus* con encinas y coscojas. En Cataluña existen seis especies de robles diferentes: el roble andaluz (*Quercus canariensis*), el quejigo (*Quercus faginea*), el roble pubescente (*Quercus pubescens*), el roble albar (*Quercus petraea*), el rebollo (*Quercus pyrenaica*) y el roble común (*Quercus robur*) (DE BOLÓS *et al.*, 1990). Además, en los robles las hibridaciones son un fenómeno habitual, tanto que en algunas poblaciones los individuos cruzados llegan a ser más comunes que los considerados fenotípicamente puros. Buena prueba de ello es que existen híbridos, como el roble cerrioides, que han llegado a recibir nombre científico específico (*Quercus cerrioides* = *Quercus pubescens* x *Quercus faginea*), u otros que, siendo también muy comunes, se denominan mediante las especies que los generan (*Quercus canariensis* x *pubescens*). De entre todos ellos, los que presentan la hoja pequeña son el roble albar, el roble cerrioides y el roble andaluz y en ellos se centra el estudio.

En Cataluña *Quercus petraea* se encuentra principalmente en los bosques del Vallès Oriental y en las comarcas gerundenses de La Selva y La Garrotxa. El roble cerrioide tiene gran presencia en los Prepirineos, en la Cataluña central, y en las cordilleras litorales y Prelitorales de Girona. El roble andaluz (*Q. canariensis*) tiene su población más septentrional en la provincia de Girona, siendo esta la más septentrional de la distribución mundial y la más alejada y aislada del resto. Además, comparte el hábitat con *Quercus faginea* y *Quercus pubescens*, especies con las que frecuentemente se hibrida. (BURRIEL *et al.*, 2004; INIA, 2008).

En cuanto a la madera, la de roble albar presenta la fibra recta, el grano grueso y en ella se puede distinguir claramente la albura del duramen. El serrado es difícil pero el desgaste de las sierras es normal. El secado debe ser lento y delicado, ya que existe el riesgo de que aparezcan fendas superficiales. Esta madera es durable contra la acción de los hongos, pero sensible a los anobios, líctidos y cerambícidos, y medianamente durable a las termitas. Presenta buenas aptitudes para la obtención de chapa a la plana si se vaporiza previamente, y no presenta problemas para el encolado. La madera de esta especie de roble se utiliza en carpintería interior, mobiliario, traviesas y obras hidráulicas, y antiguamente fue muy utilizada en catedrales góticas y en construcción naval. También es una madera que se emplea en botería para elaborar vino de calidad, siendo equiparable a los robles de procedencia francesa o americana (GARCÍA ESTEBAN *et al.* 2003; PERAZA *et al.*, 2004).

A su vez, el roble cerrioide y el roble andaluz tienen una madera compacta, pesada y resistente a las pudriciones. También son maderas resistentes a los cambios de humedad aunque menos estables que la del roble albar, por lo que requieren un buen secado y acondicionamiento. La fibra del roble andaluz es algo curvada, pero en ambas maderas el grano es fino y admiten un buen pulido. Si presentaran menos nudos serían maderas más apreciadas en ebanistería para hacer muebles de calidad o desenrollo. Tradicionalmente, las mejores piezas de roble cerrioide se utilizaban como vigas para la construcción, y las de roble andaluz se destinaban a traviesas siendo aceptable pero poco utilizada en botería y en carpintería interior. El carbón y las leñas de estas dos especies son de buena calidad, y por el porte de los pies este ha sido el uso al que se ha destinado mayoritariamente su madera. (GARCÍA ESTEBAN *et al.* 2003).

Así pues, este estudio aporta nueva información sobre las propiedades de la madera de roble albar (*Q. petraea*), roble cerrioide (*Q. cerrioides*) y roble andaluz (*Q. canariensis*) procedentes de Cataluña y analiza sus posibles aplicaciones.

2. Objetivos

En el estudio se realiza una caracterización físico-mecánica de las propiedades básicas de la madera de *Quercus petraea*, *Quercus cerrioides* y *Quercus canariensis* procedentes de Cataluña, y se comparan los resultados entre especies. Las propiedades analizadas a partir de probetas de pequeñas dimensiones libres de defectos son la densidad, la contracción volumétrica, el coeficiente de contracción volumétrica, la higroscopicidad, la dureza, la resistencia a compresión axial y la resistencia a flexión estática.

3. Metodología

Los pies de *Quercus petraea* empleados en el estudio eran originarios de la región de procedencia de los Pirineos orientales, los de *Quercus cerroides* se obtuvieron de la región de procedencia Pirineos, y los de *Quercus canariensis* de la región de procedencia de Cataluña (INIA, 2008). En la selección de los pies se escogieron individuos fenotípicamente característicos de cada una de las especies.

Los troncos de las tres especies se serraron en tablones de 23 mm de grueso, de ancho variable en función del diámetro del árbol, y longitud aproximada de un metro. Los tablones se procesaron hasta obtener listones de sección 20×20 mm y longitud de 500 mm en dirección paralela a la fibra.

Los listones, libres de médula, con los anillos de crecimiento de pequeña curvatura, y sensiblemente perpendiculares a dos caras paralelas (UNE 56-528, 1978), se cortaron a la longitud requerida para obtener las probetas de los diversos ensayos (Ver Figura 1). Una vez serradas, las probetas se condicionaron a 20°C y 65% mediante una cámara climática siguiendo las especificaciones de la norma UNE 56-528 (1978). Según los diagramas de Keylwerth y Kollmann (CONDE y FERNÁNDEZ-GOLFÍN, 2007; KOLLMANN, 1959) en estas condiciones la madera equilibra su contenido de humedad cerca del 12%.

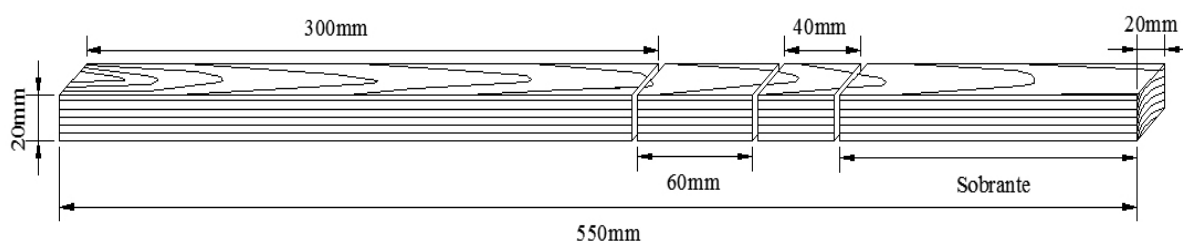


Figura 1. Obtención de las probetas de ensayo a partir de un listón de 20×20×550 mm

Para caracterizar la madera de las tres especies de roble se efectuaron 75 probetas de madera maciza libre de defectos para cada propiedad: densidad, contracción volumétrica, higroscopicidad, dureza, resistencia a compresión axial y resistencia a flexión estática. Por tanto, en total se efectuaron 1350 ensayos siguiendo las normas elaboradas por el “Comité Tecnológico de Normalización (CTN): 56 Madera y Corcho” de la “Asociación Española de Normalización y Certificación” (AENOR). La selección de los individuos y de los tablones de donde se obtuvieron las probetas de ensayo fue aleatoria.

La densidad, la higroscopicidad y la contracción volumétrica se ensayaron en un mismo ciclo experimental mediante probetas de dimensiones de 20×20×40 mm. Para ello, se han compatibilizado los procedimientos operativos descritos en las normas UNE 56-531 (1977), UNE 56-532 (1977) y UNE 56-533(1977) con la única salvedad de utilizar probetas 10 mm más largas de lo especificado para la determinación de la densidad. Los ensayos de propiedades mecánicas se realizaron de forma individualizada y con las probetas y procedimientos especificados en cada norma (UNE 56-534, 1977; UNE 56-535, 1977; UNE 56-537, 1977) (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Ensayos realizados sobre madera maciza libre de defectos para cada especie

Norma UNE	Ensayo	Número de ensayos por especie	Características de la probeta	
			Longitud (mm)	Sección (mm)
UNE 56-531-77	Densidad	75	40	20×20
UNE 56-533-77	Contracción volumétrica	75		
UNE 56-532-77	Higroscopicidad	75		
UNE 56-534-77	Dureza	75		
UNE 56-535-77	Compresión axial	75	60	
UNE 56-537-77	Flexión estática	75	300	

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis estadístico descriptivo para obtener los parámetros estadísticos de las muestras, y así poder obtener valores cualitativos de referencia y clasificar la madera según la norma UNE 56-540 (1978). Además, también se realizaron análisis de la varianza para contrastar las propiedades de las especies, y un test de Tukey para contrastar las diferencias entre las tres maderas (Ver Tabla 5). El nivel de significación utilizado para realizar los análisis fue del 5%.

4. Resultados

Las Tabla 2, 3 y 4 recogen los resultados de las propiedades físico-mecánicas de cada una de las maderas de roble analizadas.

Tabla 2. Propiedades de la madera de *Quercus petraea*

Propiedades	<i>Quercus petraea</i>					
	Media	Desviación	CV (%) [*]	5º percentil	Máx	Mín
Densidad (kg/m ³)	956,93	63,70	6,66	865,04	1.067,96	805,73
Contracción volumétrica (%)	14,81	1,75	11,82	12,09	20,59	10,57
Coef. Contracción vol. (%)	0,52	0,05	9,62	0,44	0,64	0,41
Higroscopicidad (kg/m ³)	0,0046	0,0007	15,22	0,0036	0,0061	0,0033
Dureza Monnin (mm ⁻¹)	6,98	1,69	24,49	4,34	11,19	2,98
Compresión axial (kg/cm ²)	679,80	64,33	9,46	586,65	819,18	542,72
Flexión estática (kg/cm ²)	1.423,34	141,04	9,91	1.242,45	1.818,96	1.137,66

* Coeficiente de variación

Tabla 3. Propiedades de la madera de *Quercus cerrioides*

Propiedades	<i>Quercus cerrioides</i>					
	Media	Desviación	CV (%) [*]	5º percentil	Máx	Mín
Densidad (kg/m ³)	916,03	104,46	11,40	729,44	1.095,29	640,39
Contracción volumétrica (%)	13,24	1,86	14,10	10,76	17,29	7,90
Coef. Contracción vol. (%)	0,45	0,08	17,78	0,28	0,58	0,15
Higroscopicidad (kg/m ³)	0,0051	0,0011	21,57	0,0036	0,0088	0,0032
Dureza Monnin (mm ⁻¹)	7,21	1,83	25,38	4,82	11,69	3,07
Compresión axial (kg/cm ²)	618,98	76,2	12,31	479,91	763	382,47
Flexión estática (kg/cm ²)	1.231,90	186,02	15,10	929,80	1.667,56	829,01

* Coeficiente de variación

Tabla 4. Propiedades de la madera de *Quercus canariensis*

Propiedades	<i>Quercus canariensis</i>					
	Media	Desviación	CV (%) [*]	5º percentil	Máx	Mín
Densidad (kg/m ³)	840,63	95,52	11,36	709	1.077,81	669,37
Contracción volumétrica (%)	13,42	2,64	19,70	10,33	21,95	8,67
Coef. Contracción vol. (%)	0,46	0,09	19,57	0,33	0,61	0,25
Higroscopicidad (kg/m ³)	0,0046	0,0012	26,10	0,0032	0,0072	0,0030
Dureza Monnin (mm ⁻¹)	5,11	1,77	34,64	3,09	9,79	2,10
Compresión axial (kg/cm ²)	674,97	56,30	8,34	583,30	784,75	483,97
Flexión estática (kg/cm ²)	1.275,16	165,77	13,00	986,04	1.559,81	855,86

* Coeficiente de variación

A partir de los resultados obtenidos, el análisis de varianza y la comparación de medias de Tukey mostraron que, a grandes rasgos, la madera de roble albar y la de roble andaluz son las menos semejantes (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de la varianza y comparación de medias Tukey

Propiedades	F	Pr>F	Comparación de medias Tukey ^{**}		
			<i>Quercus petraea</i>	<i>Quercus cerrioides</i>	<i>Quercus canariensis</i>
Densidad	32,50	< 0,0001 [*]	A	B	C
Contracción Vol.	12,33	< 0,0001 [*]	A	B	B
Coef. Contracción vol.	21,12	< 0,0001 [*]	A	B	B
Higroscopicidad	6,99	0,001 [*]	B	A	B
Dureza	32,06	< 0,0001 [*]	A	A	B
Resistencia compresión	19,60	< 0,0001 [*]	A	B	A
Resistencia flexión	27,67	< 0,0001 [*]	A	B	B

* Diferencias estadísticamente significativas ($\alpha=0,05$)^{**} A > B > C

En cuanto a la densidad, las tres muestras presentan diferencias significativas entre ellas, siendo el roble andaluz el más ligero y el roble albar el más pesado. Para la contracción y el coeficiente de contracción volumétrica, la comparación de medias de Tukey indica que las diferencias aparecen debido a los altos valores que presenta el roble albar respecto los otros dos robles. Por otro lado, el lote de madera de roble cerrioides ha resultado ser significativamente más higroscópico que el de roble albar y el del roble andaluz. En la dureza, en cambio, el roble andaluz ha resultado ser más blando, y no se han hallado diferencias significativas entre las otras dos especies. Finalmente, *Quercus petraea* y *Quercus canariensis* han sido los dos robles más resistentes a compresión, mientras que solo *Quercus petraea* ha destacado significativamente sobre el resto en la resistencia a flexión.

Finalmente, en la tabla 6 se presentan los resultados descritos cualitativamente de acuerdo a la norma UNE 56-540 (1978).

Tabla 6. Clasificación cualitativa de las propiedades de la madera según UNE 56-540 (1978)

Propiedades	<i>Quercus petraea</i>	<i>Quercus cerrioides</i>	<i>Quercus canariensis</i>
Densidad (kg/m ³)	Muy pesada	Pesada	Pesada
Contracción volumétrica (%)	Media	Media	Media
Coef. Contracción vol. (%)	Median. nerviosa	Median. nerviosa	Median. nerviosa
Higroscopicidad (kg/m ³)	Normal	Normal-Fuerte	Normal
Dureza Monnin (mm ⁻¹)	Dura	Dura	Semidura
Compresión axial (kg/cm ²)	Media	Media	Media
Flexión estática (kg/cm ²)	Media	Media	Media

5. Discusión

La realización de gran número de ensayos permite determinar con 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 roble albar ha sido el más homogéneo, mientras que el roble andaluz ha resultado ser el más variable, exceptuando las propiedades mecánicas, en las que el roble cerriode ha sido el que ha presentado mayor dispersión de valores (Tablas 2, 3 y 4).

La densidad, la resistencia a compresión y la resistencia a flexión son las propiedades con menor variabilidad para cualquiera de las tres especies estudiadas. Por otro lado, los valores del coeficiente de variación de la resistencia a flexión son inferiores a los presentados por Acuña (2008), y los de densidad, a excepción del roble albar, son mayores que los publicados por Díaz-Maroto (2003).

La dureza, la higroscopicidad, la contracción volumétrica y el coeficiente de contracción volumétrica generalmente son las propiedades con mayor variabilidad, y además, en nuestro estudio la variabilidad ha resultado menor que la publicada por Díaz-Maroto (2003).

El roble cerriode y el andaluz se cualifican como pesados y el albar como muy pesado. A pesar de ello, los lotes de las tres especies son significativamente distintos entre ellos según el ANOVA (Ver tabla 5). Paralelamente, al comparar los valores obtenidos con los publicados por otros autores, se observa que la densidad obtenida es superior a la mayoría de referencias (Tabla 7). En el estudio realizado por DÍAZ-MAROTO *et al.* (2003), en el que se determinan las propiedades de *Q. robur*, la densidad es parecida a la de *Q. petraea* y *Q. cerrioides* de origen catalán. Por tanto, tal como sucede con el roble común, es recomendable aplicar un secado al aire o lento y progresivo si es artificial, para evitar la aparición de fendas.

La contracción volumétrica y el coeficiente de contracción volumétrica son significativamente superiores en la madera de roble albar. De esta forma, la madera de roble cerriode y roble andaluz presentan menos contracciones y son menos nerviosas, pero a pesar de ello, las tres maderas se clasifican como contracción media y como medianamente nerviosas. La contracción volumétrica del roble albar es muy parecida a los valores encontrados por otros autores (CIGALAT y SOLER, 2003; PERAZA *et al.*, 2004). Las contracciones del roble cerriode y andaluz son ligeramente superiores a las encontradas por CIGALAT y SOLER (2003), pero se encuentran dentro del rango de valores que dan

PERAZA *et al.* (2004). En cambio la contracción del roble albar es un 13,9% superior que el proporcionado por CIGALAT y SOLER (2003), y un 2,14% superior a los resultados de PERAZA *et al.* (2004). Respecto el nerviosismo de la madera, se observa como todos los autores coinciden en los valores encontrados en los ensayos y catalogan la madera de roble como medianamente nerviosa (Tabla 7).

FERNÁNDEZ *et al.* (2005) comparan las características físicas de *Q. pyrenaica*, *Q. robur* y *Q. petraea* obteniendo un coeficiente de contracción del 0,6%, valor superior al 0,45% del presente estudio. Los autores afirman que *Q. robur* y *Q. pyrenaica* 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. Por el contrario, la madera de *Q. petraea*, *Q. cerrioides* y *Q. canariensis* se adapta mejor a los procesos industriales de fabricación de piezas para muebles, perfiles, tableros, pavimentos o ebanistería. Según DÍAZ-MAROTO *et al.* (2003), la madera de *Q. robur* es susceptible a la aparición de fendas, por lo que es necesario procesarla rápidamente para evitar la aparición de fendas. Las tres especies de roble estudiadas, a pesar de tener menor contracción volumétrica, también deben ser procesadas cuidadosamente para evitar la aparición de rajaduras.

La aidez por el agua es significativamente superior en el roble cerrioides que en el roble albar y en el roble andaluz, pero todos tienen una higroscopicidad normal. Esto se explica porque la higroscopicidad es una propiedad que depende del coeficiente de contracción volumétrica como corrector de la densidad normal, y estas dos variables han resultado significativamente diferentes en las tres especies estudiadas. La higroscopicidad de la madera estudiada ha resultado más elevada que la de las escasas referencias halladas (Tabla 7).

La dureza es una propiedad determinante para el acabado superficial de los productos. Cuanto más dura es una madera mejor soporta el desgaste y más larga es la vida útil de los productos, sin embargo, es más difícil de trabajar y desafilan más las herramientas. Este último factor juega en contra de maderas excesivamente duras, pues la productividad se reduce y los costos de producción se incrementan. Además, el roble albar generalmente tiene mayor diámetro y esto lo hace aun más atractivo para la industria del serrado. Por tanto, hay que tener en cuenta todos estos factores ya que la madera de *Q. cerrioides* y de *Q. petraea* es dura, mientras que la madera de *Q. canariensis* es semidura. Comparando los resultados obtenidos con otras fuentes se observa que la madera de los robles estudiados es más dura que el resto (Tabla 7). Aunque se debería hacer un estudio más detallado para confirmar este resultado, es posible que este hecho sea debido al crecimiento lento de los árboles.

La resistencia a compresión axial media del roble albar y roble andaluz son prácticamente iguales, mientras que la del roble cerrioides es un 9-10% inferior. En comparación con otros autores, los valores obtenidos para *Q. petraea* y *Q. cerrioides* son más altos, mientras que en *Q. cerrioides* los resultados experimentales son semejantes a las referencias consultadas (Tabla 7). En todos los casos, la madera se clasifica como de resistencia a compresión axial media.

La segunda propiedad mecánica estudiada, la resistencia a flexión estática, es significativamente superior en el roble albar, mientras los otros dos robles son semejantes entre ellos. Los valores obtenidos para el roble albar son superiores a los hallados en las referencias consultadas. Todos los autores clasifican la madera de *Q. petraea* como

medianamente resistente, mientras que FELLNER *et al.* (2007) y AEIM (2007) la consideran como de resistencia baja (Tabla 7).

Las propiedades observadas indican que la madera de las especies estudiadas tienen potencial para ser utilizadas en construcción en despiece radial, ya que son duras, semipesadas y resisten muy bien los esfuerzos mecánicos, al igual que la del roble común (DÍAZ-MAROTO *et al.*, 2003). Según ACUÑA *et al.* (2009), las características elastomecánicas de las probetas pequeñas libres de defectos de *Q. pyrenaica* resultan mucho mejores que los encontrados en piezas de tamaño estructural, por ello los autores apuntan el potencial de la especie para elaborar vigas laminadas encoladas. De la misma forma, los resultados obtenidos en este estudio muestran el potencial de las especies estudiadas para desarrollar productos de madera reconstruida, pero para ello es necesario realizar nuevas investigaciones.

Tabla 7. Comparación con otros autores de los resultados obtenidos

Autores	Especie	Densidad	C.V.*	C.C.V.**	Higroscop.	Dureza	Compresión	Flexión
Jackson & Day, 1998	<i>Q. petraea</i>	720	---	---	---	---	---	---
Cigalat y Soler, 2003	<i>Q. petraea</i>	725	13,0	0,45	0,0020	6	600	1.200
Peraza <i>et al.</i> , 2004	<i>Q. petraea</i>	713	14,5	0,45	---	4	592	1.143
Soler, 2006	<i>Q. petraea</i>	730	---	---	---	---	---	---
	<i>Q. cerrioides</i>	835	---	---	---	---	---	---
	<i>Q. canariensis</i>	780	---	---	---	---	---	---
Fellner <i>et al.</i> , 2007	<i>Q. petraea</i>	702	---	---	---	---	577	934
Walker, 2007	<i>Q. petraea</i>	735	---	---	---	---	---	---
AEIM, 2007/08	<i>Q. petraea</i>	710	---	0,40	---	6	580	1.070
INCAFUST, 2012 (Datos no publicados)	<i>Q. petraea</i>	957	14,8	0,52	0,0046	7	680	1.423
	<i>Q. cerrioides</i>	916	13,2	0,45	0,0051	7	619	1.232
	<i>Q. canariensis</i>	741	13,4	0,46	0,0046	5	675	1.275

* Contracción Volumétrica ** Coeficiente de Contracción Volumétrica

6. Conclusiones

La caracterización de las propiedades físicas y mecánicas llevada a cabo muestra que el roble albar es más pesado y mecánicamente más resistente que el resto de robles analizados. Por el contrario, también es el que tiene peor comportamiento frente los cambios de humedad al resultar más inestable y nervioso. El roble cerrioide y el roble albar presentan una dureza similar, y el roble andaluz es el más ligero.

A pesar de existir diferencias estadísticamente significativas entre especies, según el sistema de clasificación de la norma UNE 56-540 (1978), las tres maderas son parecidas desde un punto de vista cualitativo. Por ello, se proponen futuras líneas de investigación para desarrollar nuevas aplicaciones adaptadas a las características de la madera de roble cerrioide y andaluz, y poder destinar su madera a aplicaciones de valor añadido superior a las actuales.

7. Agradecimientos

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

8. Bibliografía

ACUÑA RELLO, L.; CASADO SANZ, M.; HERRAEZ GARRIDO, F.; DÍEZ BARRA, R.; MARTÍN CÁCERES, D.; SÁNCHEZ DEL CAÑO, V. 2009. Caracterización de la resistencia y rigidez a flexión de *Q. pyrenaica* Willd. según diversos métodos de ensayo. 5º Congreso Forestal Español. Ávila 21 a 25 de septiembre de 2009. S.E.C.F. ISBN: 978-84-936854-6-1

AEIM. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE IMPORTADORES DE MADERA. 2007. Las 75 especies de madera más utilizadas en España. Monográfico de AEIM, número 2. Directorio de especies de madera. 208 págs. Madrid.

BURRIEL, J.A., GRACIA C., IBÀÑEZ J.J., MATA T., VAYREDA J. 2004. Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. CREAF. 989 págs. Bellaterra [Barcelona].

CIGALAT FIGUEROLA, E.; SOLER BURILLO, M. 2003. Guía de las principales maderas y de su secado. Ediciones Mundi-Prensa. 542 págs. Valencia.

CONDE GARCÍA, M.; FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO, J.I.; 2007. Manual técnico de secado de maderas. AITIM. 249 págs. Madrid.

DE BOLÒS, O.; VIGO, J.; MASALLES, R.M.; NINOT, J.M. 1990. Flora manual dels Països Catalans. 2ª ed. Pòrtic. 1310 págs. Barcelona.

DÍAZ-MAROTO HIDALGO, I.J.; CORO GONZÁLEZ, R.; VILA LAMEIRO, P. 2003 Estudio de probetas de pequeñas dimensiones para la determinación de la aptitud tecnológica de la madera de *Quercus robur* L. VII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos (2003 Pamplona). pp 1346-1351.

FELLNER, J.; TEISCHINGER, A.; ZSCHOKKE, W. 2007. I volti del legno: aspetti, descrizioni e parametri di confronto. Promo legno. 111 págs. Milano [Italia].

FERNÁNDEZ PARAJES, J.; DÍAZ-MAROTO, I.J. HIDALGO, VILA LAMEIRO, P. 2005. Estudio de propiedades físicas de la madera en masas naturales de *Quercus pyrenaica* Willd. en Galicia. 2005. 4º Congreso Forestal Español. Zaragoza 26 a 30 de septiembre de 2005. S.E.C.F. ISBN: 84-921265-7-41.

GARCÍA ESTEBAN, L.; GUINDEO CASASÚS, A.; PERAZA ORAMAS, C.; DE PALACIOS DE PALACIOS, P. 2003. La madera y su anatomía. Ediciones Mundi-Prensa. 327 págs. Madrid.

INIA. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGRARIA Y ALIMENTARIA. SERVICIO DE DOCUMENTACIÓN, BIBLIOTECA Y PUBLICACIONES. 2008, setiembre. Monografía sobre Regiones de Procedencia [en línea]. [Madrid: Servicio de Documentación, Biblioteca y Publicaciones, Ministerio de Ciencia y Tecnología]. [Consultado: Noviembre de 2011]. Disponible a Internet: <http://www.inia.es>.

JACKSON, A.; DAY, D. 1998. Guías CEAC de la madera. Clases de maderas. Grupo Editorial CEAC. 128 págs. Barcelona.

KOLLMANN, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones, Tomo I: Ministerio de Agricultura. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE). 675 págs. Madrid.

PERAZA SÁNCHEZ, F.; ARRIAGA MARTITEGUI, F.; MEDINA GALLEGO, G.; TOUZA VÁZQUEZ, M.; GUINDEO CASASÚS, A.; GARCÍA ESTEBAN, L.; KASNER CAMACHO, C.; DE PALACIOS DE PALACIOS, P. 2004. Especies de maderas para carpintería, construcción y mobiliario. AITIM. 700 págs. Madrid.

SOLER BURILLO, M. 2006. Mil maderas. Universidad Politécnica de Valencia. 578 págs. Valencia.

UNE 56-528-78. Características físico-mecánicas de la madera. Preparación de probetas para ensayos. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR). Madrid.

UNE 56-531-77. Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del peso específico. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR). Madrid.

UNE 56-533-77. Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de las contracciones lineal y volumétrica. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR). Madrid.

UNE 56-532-77. Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la higroscopicidad. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR). Madrid.

UNE 56-534-77. Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la dureza. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR). Madrid.

UNE 56-535-77. Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la compresión axial. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR). Madrid.

UNE 56-537-77. Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la flexión estática. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR). Madrid.

UNE 56-540-78. Características físico-mecánicas de la madera. Interpretación de los ensayos de los resultados. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR). Madrid.

WALKER, A. 2007. Enciclopedia de la madera. Blume. 192 págs. Barcelona.