

ESTUDIO DE PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA EN MASAS NATURALES DE *Quercus pyrenaica* Willd. EN GALICIA

José Fernández Parajes, Ignacio J. Díaz-Maroto Hidalgo, Pablo Vila Lameiro
Departamento de Ingeniería Agroforestal, Escuela Politécnica Superior de Lugo, Campus Universitario s/n, Universidad de Santiago de Compostela, 27002 Lugo, España, Tel.: +34-982-223996, Fax: +34-982-285926, e-mail: jorobur@lugo.usc.es

Resumen

Con este trabajo se pretende estudiar las propiedades físicas de la madera en masas naturales de *Quercus pyrenaica* Willd. en Galicia. Se han calculado una serie de parámetros como Cv: contracción volumétrica, v: coeficiente de contracción volumétrica, Cl: contracción lineal, Hs: Humedad en estado de saturación, Heq: Humedad en estado de equilibrio. Utilizando, para su determinación, la metodología de las normas UNE-EN para ensayos de madera. Las propiedades físicas se pueden obtener a partir de ensayos sobre probetas de pequeñas dimensiones. Las probetas de ensayo proceden de rodajas de madera obtenidas a diferentes alturas del fuste de los árboles tipo apeados para el estudio. Después de estos cálculos se han comparado con las otras dos especies de *Quercus* presentes en Galicia, *Quercus robur* y *Quercus petraea*, concluyendo con una comparativa de *Quercus pyrenaica* de los mismos parámetros a distintas alturas del fuste del árbol y haciendo una comparativa de los distintos tipos de madera (albura, duramen y “madera combinada albura-duramen”), este último tipo de madera resulta porque cuando se han marcado las probetas ha sido imposible dilucidar a cual de los otros dos tipos de madera correspondía, encontrándose estas probetas en el límite entre ambas.

Palabras clave: Probetas de madera, *Quercus sp.*, calidad de la madera, ensayos físicos.

1. INTRODUCCIÓN

Los antecedentes en el estudio de las características físicas de la madera de frondosas son numerosos en el ámbito de estudio. Se pueden destacar los trabajos de MÉNDEZ, (1996) y RIESCO, (2001), trabajo que describe localizaciones puntuales de la especie incorporando descriptores sobre las características de su madera. Por otro lado, cabe destacar los estudios de CORO *et al.* (2002) y de DÍAZ-MAROTO *et al.* (2003).

Sin embargo, los trabajos xilológicos referidos a *Quercus pyrenaica* son escasos y ninguno en el área de estudio. Este aspecto contrasta, sin embargo, con la abundancia de información respecto de los parámetros de análisis planteados en este trabajo (humedad, densidad, contracción de la fibra) aunque llevados a cabo con otras especies, especialmente coníferas (BENGTSSON *et al.*, 1999; GUSTAFSSON, 1999; KANDEEL & BENSEND, 1969; KÄRKI, 2001; YANG & FORTÍN, 2001).

En cuanto a los trabajos xilológicos referidos a *Quercus petraea* se puede citar la tesis doctoral de VILA, (2003).

Continuando con los estudios de las características físicas de la madera existentes en el noroeste peninsular, aunque con especies diferentes, la mayoría de los trabajos se encuentran vinculados a líneas de acción e investigación del Centro de Investigación Forestal del INIA. Son numerosos los estudios de este tipo con diversas especies del género *Pinus* analizando sus capacidades como madera estructural.

2. ÁREA DE ESTUDIO. ORIGEN Y COMPOSICIÓN DE LAS MASAS ESTUDIADAS

El área de estudio de *Quercus pyrenaica* comprende la Comunidad Autónoma de Galicia, con una incidencia muy marcada en las masas de rebollo de las provincias de Lugo y Ourense. En el caso de *Quercus robur* también nos hemos centrado en esta comunidad y para *Quercus petraea* el área de estudio se localiza en Asturias, León y la comunidad gallega.

El roble melojo o rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) es la quinta especie en importancia de Galicia en cuanto a superficie se refiere, según los datos del Tercer Inventario Forestal Nacional, con 101.000 ha, por detrás del *Pinus pinaster* (390.000 ha), *Quercus robur* (195.000 ha), *Eucalyptus globulus* (178.000 ha) y las masas mixtas de *P. pinaster* y *E. globulus* (159.000 ha) (XUNTA DE GALICIA, 2001).

Quercus petraea ocupa una superficie muy pequeña dentro de la comunidad autónoma gallega por lo que se ha trabajado en las comunidades limítrofes para tener datos concluyentes sobre esta especie.

En cuanto al origen y composición de las masas, es preciso comentar, en primer lugar, que debido a sus características selvícolas y dasocráticas, especialmente su lentitud de crecimiento, *Quercus sp.* apenas se emplea en las repoblaciones ejecutadas por propietarios particulares. En los últimos años, han sido principalmente, los Servicios Provinciales de Medio Ambiente de la Xunta de Galicia, y de las correspondientes administraciones asturiana y leonesa, los que han realizado repoblaciones con estas especies, todas ellas de carácter protector, aunque estas actuaciones se podrían calificar como testimoniales. Es por ello que, cuando hablemos de masas de roble, nos refiramos a robledales procedentes de regeneración natural, ya sea por semilla o por brote de cepa o raíz.

Las masas de robles presentan bastante variabilidad en lo que respecta a su origen y composición; así, las masas con presencia de árboles trasmochados son frecuentes en Galicia. Su principal y prácticamente único beneficio económico es la obtención de leñas. En otros casos, aparecen numerosos árboles procedentes de rebrote de cepa, y en menor grado de raíz, pudiendo calificar estas masas como de monte bajo. Abundan cada vez más los regenerados naturales en terrenos agrícolas abandonados y en zonas de monte raso. Estas masas presentan muy buenas posibilidades de mejora mediante los tratamientos adecuados, al tener pies jóvenes y vigorosos, poco deteriorados por tratamientos desafortunados como el trasmochado de los pies.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Una vez establecido el área de estudio, el primer paso consistió en recopilar toda la información donde se recogen detalles sobre la localización y caracterización de las masas de *Quercus sp.* en el área de estudio. Esta información se completó con los datos de los Servicios Forestales y con itinerarios, en vehículo, barriendo toda la zona a estudiar, con el objeto de localizar sobre el terreno las masas de las que ya se disponía de información y aquellas cuya existencia se desconocía.

Inicialmente se planteó una superficie mínima de las masas de *Quercus sp.* a considerar entre 0,5 y 1 ha. Este valor es capaz de mitigar los posibles problemas derivados de la ecotonía en el caso de plantearnos una superficie menor y, además nos permitía considerar parcelas de inventario con un mínimo de 50 árboles (HUMMEL, 1969). Otras de las premisas iniciales consistía en localizar masas o rodales de roble de una monoespecificidad tal que la presencia de otras especies en función del número de pies inventariables fuese menor del 20% del total.

La metodología del presente trabajo se basa en la realización de un inventario único de parcelas permanentes intentando cubrir todas las combinaciones posibles de clases de edad, calidades de estación y densidades existentes, con lo que se pretende conseguir un conjunto de pequeñas masas o rodales que puedan reproducir la evolución con el tiempo de masas regulares o semirregulares de cada una de las calidades (MADRIGAL *et al.*, 1999). Para la localización de los puntos de muestreo dentro de las masas se han seguido diferentes criterios. Por un lado, se ha intentado huir de las zonas próximas al perímetro de las masas para evitar el efecto borde que distorsionaría los resultados, por otro lado, se ha de elegir un área de características relativamente homogéneas y que sea representativa de la masa en cuestión, con buen estado fitopatológico y, a ser posible, con ausencia de pies trasmochados.

Se han replantado parcelas rectangulares y con superficies comprendidas entre los 130 y los 2120 m² (*Quercus pyrenaica*), 375 y los 1200 m² (*Quercus petraea*), 400 y 1200 m² (*Quercus robur*), en función de la edad del arbolado y de la densidad de la masa, de manera que el número de pies de *Quercus sp.* adultos o que superan la dimensión mínima inventariable, no esté por debajo de los 50 ejemplares. El replanteo de las mismas se realizó con distanciómetro electrónico, escuadra óptica y jalones, procurando que el lado mayor de las parcelas fuese paralelo a las curvas de nivel. Posteriormente se marcaron todos los pies inventariables, diámetro normal igual o superior a 5 cm, mediante el chapeado de los mismos a 1,3 metros del suelo. En cada parcela se midieron el diámetro normal en cruz y la altura total. Adicionalmente en cada parcela se seleccionaron y apearon dos árboles tipo dominantes, cada uno de estos árboles se troceó y se extrajeron de ellos rodajas de madera a diferentes alturas del fuste: zona basal, a 1,3 m y seguidamente a intervalos de 1 m a lo largo del fuste.

De cada rodaja se obtuvieron probetas de 20 x 20 x 40 mm y de 40 x 40 x 20 mm siguiendo los

criterios de la norma UNE 56-526-78, con las cuales se realizaron los ensayos de densidad, contracción volumétrica e higroscopicidad según las recomendaciones de las normas UNE 56-531-77, 56-533-77 y 56-532-77, respectivamente.

Se determinó la densidad aparente de la madera en las condiciones: normal, anhidra y saturada. Se considera condición normal al estado de las probetas mantenidas a una temperatura de 20 ± 5 °C y a una humedad relativa del 65%, hasta peso constante. Se considera peso seco anhidro cuando las probetas han perdido el total de agua retenida que contienen, este estado se adquiere manteniéndolas en estufa con circulación de aire a una temperatura de 102 ± 5 °C, hasta llegar a peso constante. El estado de saturación se alcanza con las probetas sumergidas totalmente en agua hasta sobrepasar la humedad del punto de saturación de las fibras (PSF).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de probetas medidas por especie han sido; en el caso de *Quercus robur*, 504; *Quercus petraea*, 542 y para *Quercus pyrenaica* 774. Habiéndose cortado 188 árboles, 96 y 56, respectivamente.

Los resultados obtenidos para *Quercus pyrenaica* aparecen reflejados en las tablas finales, donde Cv: contracción volumétrica, v: coeficiente de contracción volumétrica, Cl: contracción lineal, Hs: Humedad en estado de saturación, Heq: Humedad en estado de equilibrio.

El contenido de humedad en estado de equilibrio se acerca mucho al valor del 12%, por lo que se puede considerar un valor muy significativo; aunque viendo en la misma columna la curtosis de esta variable se puede concluir que su distribución no sigue un modelo normal y con el valor de la asimetría se sabe que la curva está un poco desplazada hacia la izquierda.

El contenido de humedad en estado saturado de la madera de albura de *Q. pyrenaica* toma como valor medio del 40%. Su distribución sigue un modelo prácticamente normal, además como se puede observar en las tablas 1, 2 y 3, no hay una diferencia apreciable entre los distintos tipos de madera considerada. El contenido de humedad en estado saturado de la madera de *Q. petraea* toma un valor medio de 62,35 %.

Por lo que respecta a la contracción volumétrica total (Cv), los resultados recogidos muestran su valor medio de 18,5 %, con una desviación típica del 5,9 %, aunque con un rango bastante amplio, lo que implica que se trata de una madera con grandes fendas en el momento del secado y que debe ser aserrada antes de proceder a la extracción de la humedad, para paliar, dentro de lo posible, la aparición de las citadas fendas. En este caso si se aprecia una diferencia sustancial entre los distintos tipos de madera; para la albura el Cv presenta un valor de 17,8% y en la madera de duramen tiene un valor de 19,3%, valores lógicos pues el duramen tiene una contracción volumétrica mucho mayor a la de albura. Ese valor próximo al 18% es similar al obtenido en otros trabajos tanto con *Q. robur* como con *Q. petraea* en el noroeste peninsular (GUINDEO *et al.*, 1997; CORO *et al.*, 2002).

Q. pyrenaica presenta una madera que se puede clasificar como medianamente nerviosa, por presentar un valor del coeficiente de contracción volumétrica de 0.6, aunque puede llegar a nerviosa pues los límites son muy pequeños. *Q. petraea* tiene un valor de 0.49, (VILA, 2003), por lo que se clasifica como madera medianamente nerviosa. *Q. robur* es una madera medianamente nerviosa (GUINDEO *et al.* 1997) y (CORO *et al.* 2002). Aunque sus valores se aproximan más a los de *Q. pyrenaica* que a los de *Q. petraea*, siendo muy cercanos a 0.59.

Por último, el coeficiente de contracción lineal es la variable xilológica que manifiesta una mayor variabilidad de resultados con respecto a otras especies. Así, el valor medio de *Q. pyrenaica* se mueve entorno a un porcentaje del 10% (tabla 4), no habiendo diferencias apreciables para los distintos tipos de madera (albura, duramen y combinada). Sin embargo si hay diferencias con otros autores para especies próximas como el *Q. robur*. En este caso, (CORO *et al.*, 2002) apuntan un valor del 2% para la contracción lineal en probetas obtenidas en pies de *Q. robur*.

La densidad en equilibrio higroscópico, alcanza un valor medio de casi 773 kg/m³ (tabla 5) con una distribución muy próxima a la normal.

Esta valoración está en línea con lo apuntado por (GUINDEO *et al.* 1997) que proponen para *Quercus petraea* una cifra de densidad en equilibrio higroscópico de 710 kg/m³. Sin embargo dista mucho de lo afirmado por (CORO *et al.* 2002) que apuntan un valor de densidad para otras especies del género *Quercus* próximas, como es *Quercus robur*, de 956 kg/m³.

Por otro lado y a la vista de los datos de densidad a distintas alturas del fuste del árbol y como se

muestra en la tabla 5, podemos concluir que la madera de duramen es mucho más densa que la “combinada albura-duramen” y que la de albura.

Otro dato significativo es la variación de la densidad a distintas alturas, en el caso de albura es más densa la madera a 1,3 metros que la que se encuentra a 4,3 metros, siendo este un resultado también bastante lógico. En el caso de madera “combinada albura-duramen” sucede exactamente lo mismo, sin embargo en la madera de duramen los datos reflejan algo distinto, siendo más densa la madera que se encuentra a mayor altura, aunque los datos no distan mucho. La distribución es típicamente normal.

5. CONCLUSIONES

Como consecuencia de la observación de los resultados del estudio que en el apartado anterior se muestran podemos concluir lo siguiente:

- *Q. pyrenaica* presenta una madera que se puede clasificar como medianamente nerviosa, por presentar un valor del coeficiente de contracción volumétrica de 0.6, aunque puede llegar a nerviosa pues los límites son muy pequeños.
- En el caso de *Q. pyrenaica* el valor medio del contenido de humedad es un 40 %. El contenido de humedad en estado saturado de la madera de *Q. petraea* toma un valor medio de 62,35 %.
- Las tres especies pertenecen a la misma familia y al mismo género, pero son significativamente distintas tanto en su constitución interna como en comportamiento.
- Al ser más nerviosa la madera de *Q. petraea* se adapta mejor a los procesos industriales en los que su fin último sea la obtención de piezas para muebles, carpintería, ebanistería, suelos etc., pudiendo dejar la madera de *Q. robur* y *Q. pyrenaica* para usos en los que no se requiere un acabado tan refinado; pues, con los cambios de humedad puede provocar deterioros en el acabado de las piezas; sin embargo es una madera excelente para tonelería, madera de armar, traviesas de ferrocarril, pequeñas embarcaciones e incluso algunos elementos decorativos realizados con los troncos o las ramas e incluso a veces con las raíces tal y como aparecen en su estado natural.

BIBLIOGRAFÍA

BENGTSSON, C.; JOHANSSON, M. & KLIGER, R.; 1999. Variation of physical and basic wood properties in Spruce wood. Workshop IUFRO. S5.01-04.

CORO GONZÁLEZ, R.; BARRIO ANTA, M.; DÍAZ-MAROTO HIDALGO, I.J.; LÓPEZ SANCHEZ, C.; 2002. Influence of the stand parameters in the wood properties, modelling wood density and wood shrinkage through stand and tree parameters of *Quercus robur* L. Congreso Internacional Fourth Workshop IUFRO “*Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software*”, Bristih Columbia (Canada).

DÍAZ-MAROTO, I.J, CORO, R.; VILA, 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. Pamplona.

GUINDEO, A.; GARCÍA ESTEBAN, L.; PERAZA, F.; ARRIAGA, F.; KASNER, C.; MEDINA, G.; PALACIOS, P.; TOUZA, M.; 1997. Asociación de investigación técnica de las industrias de la madera y corcho. AITIM. Madrid.

GUSTAFSSON, S.I.; 1999. Solid mechanics for ash wood. *Holz als Roh und Werkstoff*. Nº 57. Spriger Verlag.

HUMMEL, F.C.; 1969. *Code of sample plot procedure*. Forestry Commission Booklet 34. Londres.

KANDEEL, E. & BENSEND, W. D.; 1969. Structure, density and shrinkage variations within a silver maple tree. *Wood Science and technology*. Nº 1. Spriger Verlag.

KÄRKI, T.; 2001. Variation of wood density and shrinkage in European aspen. *Holz als Roh und Werkstoff*. Nº 59. Spriger Verlag.

MADRIGAL, A., ÁLVAREZ GONZÁLEZ, J.G., RODRÍGUEZ SOALLEIRO, R. Y ROJO ALBORECA, A.; 1999. *Tablas de producción para los montes españoles*. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.

MÉNDEZ, M.; 1996. Análisis de las propiedades físico-mecánicas de la madera de castaño aserrada en la provincia de Lugo. Tesis doctoral, Universidad de Vigo (inédito).

RIESCO, G.; 2001. Estudio de las propiedades físico-mecánicas de la madera de roble (*Quercus robur* L.) de Galicia en relación con las variables del medio. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid (inédito).

VILA, P.; 2003. “Estudio epidométrico y xilológico de las masas de *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. en el noroeste de la Península Ibérica”. Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela (inédito).

XUNTA DE GALICIA.; 2001. *O monte galego en cifras*. Dirección Xeral de Montes e Medio Ambiente Natural. Santiago de Compostela.

YANG, J.L. & FORTÍN, Y.; 2001. Evaluating strenght properties of *Pinus radiata* from ultrasonic measurements on increment cores. *Holzforchung*. Vol. 55. Nº 6. Walter de Gruyter. New York.

Estadísticos	Heq	Hs	Cv	v	Cl
Media	11,4	0,4	17,8	0,6	0,1
Error típ. de la media	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0
Desv. típ.	1,3	0,0	5,0	0,3	0,0
Curtosis	76,1	4,4	42,4	42,9	1,7
Error típ. de la curtosis	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Asimetría	7,9	-0,5	5,3	5,4	0,2
Error típ. de la asimetría	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Tabla nº 1. Valores totales de cada una de las variables analizadas en las probetas de *Quercus pyrenaica*, para albura y para una muestra de 112 probetas.

Estadísticos	Heq	Hs	Cv	v	Cl
Media	11,9	0,4	19,3	0,5	0,1
Error típ. de la media	0,3	0,0	0,5	0,0	0,0
Desv. típ.	3,7	0,0	7,2	0,6	0,1
Curtosis	54,9	1,6	100,6	78,9	120,6
Error típ. de la curtosis	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Asimetría	0,9	0,7	8,7	3,3	9,9
Error típ. de la asimetría	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Tabla nº 2. Valores totales de cada una de las variables analizadas en las probetas de *Quercus pyrenaica*, para duramen y para una muestra de 186 probetas.

Estadísticos	Heq	Hs	Cv	v	Cl
Media	11,5	0,4	17,8	0,8	0,1
Error típ. de la media	0,3	0,0	0,3	0,2	0,0
Desv. típ.	2,6	0,0	3,0	2,0	0,0
Curtosis	20,5	1,4	0,5	53,6	0,3
Error típ. de la	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

curtosis					
Asimetría	0,9	0,7	-0,5	7,2	-0,3
Error típ. de la asimetría	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Tabla nº 3. Valores totales de cada una de las variables analizadas en las probetas de *Quercus pyrenaica*, para madera Combinada Albura-Duramen y para una muestra de 92 probetas.

Estadísticos	Heq	Hs	Cv	v	Cl
Media	11,7	0,4	18,5	0,6	0,1
Error típ. de la media	0,1	0,0	0,3	0,1	0,0
Desv. típ.	2,9	0,0	5,9	1,1	0,0
Curtosis	69,9	2,2	118,0	154,6	199,1
Error típ. de la curtosis	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Asimetría	1,3	0,4	8,7	11,1	12,0
Error típ. de la asimetría	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Tabla nº 4. Valores totales de cada una de las variables analizadas en las probetas de *Quercus pyrenaica* para una muestra de 390 probetas.

Tipo de madera	Altura de rodaja	N	Media	Error típ. de la media	Desv. típ.	Curtosis	Error típ. de la curtosis	Asimetría	Error típ. de la asimetría
albura	1,3	53	746,1	7,4	53,5	-0,5	0,6	-0,1	0,3
	4,3	36	727,2	10,8	64,9	-0,2	0,8	0,9	0,4
	Total	93	739,2	6,0	57,6	-0,6	0,5	0,3	0,3
duramen	1,3	95	795,4	7,8	75,9	-0,4	0,5	-0,1	0,2
	4,3	63	806,8	10,2	80,8	-0,4	0,6	0,0	0,3
	Total	158	800,0	6,2	77,8	-0,4	0,4	-0,1	0,2
Combinada Albura-Duramen	1,3	50	781,4	9,8	69,1	0,2	0,7	-0,1	0,3
	4,3	46	737,1	9,8	66,6	-0,3	0,7	0,2	0,4
	Total	97	761,0	7,2	71,2	-0,3	0,5	0,0	0,2
Total	1,3	198	778,7	5,1	71,5	-0,2	0,3	0,1	0,2
	4,3	145	765,0	6,7	81,2	-0,5	0,4	0,4	0,2
	Total	348	772,9	4,0	75,5	-0,4	0,3	0,2	0,1

Tabla nº 5. Valores de cada una de las variables analizadas para densidad en estado de equilibrio de las probetas de *Quercus pyrenaica*.