

PORCENTAJE DE DURAMEN DE LA MADERA DE *Quercus robur* L. EN GALICIA: RELACIÓN CON LA EDAD Y LA CALIDAD DE ESTACIÓN

MARCOS BARRIO ANTA*, JUAN GABRIEL ÁLVAREZ GONZÁLEZ, IGNACIO JAVIER DÍAZ-MAROTO HIDALGO

Departamento de Ingeniería Agroforestal, Universidad de Santiago de Compostela

Escuela Politécnica Superior

Campus universitario, 27002 Lugo

Tel.: 982 252303; Fax: 982 285926; e-mail: barrio@lugo.usc.es

Resumen

La estimación del porcentaje de duramen de un roble en pie tiene importancia ya que los usos que aportan mayor valor añadido requieren únicamente madera de duramen. A partir de los datos procedentes de 165 árboles dominantes se ha ajustado una ecuación que permite determinar el porcentaje de duramen en la madera de *Quercus robur* L. en Galicia. Para ello, se dividió el fuste de cada árbol en un número variable de trozas, determinando su volumen total y el del duramen mediante la fórmula de Smalian. El porcentaje de duramen presentó bastante variabilidad, obteniéndose un valor medio del 46 %, un máximo del 71 % y un mínimo del 14 %. Puesto que la duraminización depende de las circunstancias de crecimiento del árbol, se relacionó el porcentaje de duramen con variables de masa y de árbol individual. Se obtuvo un modelo que explica un 42 % de la variabilidad total del porcentaje de duramen empleando como variables explicativas la edad, el diámetro normal del árbol y el índice de sitio de la masa. La capacidad predictiva del modelo no es alta y pone de manifiesto que el porcentaje de duramen está influenciado por otros factores más difíciles de cuantificar como la competencia o la condición genética del árbol.

Palabras clave: carballo, madera de duramen, variables dendrométricas, variables dasométricas

INTRODUCCIÓN

La madera de carballo (*Quercus robur*) presenta un duramen claramente diferenciado de la albura, su color varía del marrón-amarillo claro al marrón, siendo el color en verde de la albura un poco más claro. El espesor de la capa de albura es muy variable y se considera “estrecha” si mide menos de 2 ó 2,5 cm de ancho y “ancha” o “muy ancha” si supera los 4 ó 5 cm, correspondiendo habitualmente a unos 15-25 anillos de crecimiento. La proporción de albura en la madera de roble depende de la vitalidad de los árboles y de su edad, siendo esta proporción un primer indicador sobre la calidad de la madera. Así, una albura estrecha corresponde a madera de grano fino, poco nerviosa, siendo la más apreciada y la madera de albura amplia es indicativo de una madera más densa y dura, de grano grueso y nerviosa (COLLARDET & BESSET, 1992).

El duramen es muy resistente a la intemperie, hongos de pudrición y ataque de insectos (salvo las termitas), mientras que la albura es sensible, por lo que debe desecharse en la elaboración posterior o bien debe ser tratada con protectores. Los usos de la madera de carballo que van a mantenerla expuesta al exterior por largos períodos de tiempo exigen que la madera sea preferiblemente de duramen por su mayor durabilidad. Igualmente otras aplicaciones de esta madera como la construcción de barricas para almacenar vinos o licores de calidad requieren únicamente madera de duramen. De hecho, se puede decir que la madera de duramen constituye la base de los productos de sierra de esta especie.

La construcción de barricas para el almacenamiento de vinos tiene una gran importancia ya que el mercado de los vinos de calidad es un mercado en auge y en expansión a nivel internacional. Actualmente la construcción de las mejores barricas se realiza con *Quercus robur* francés de Limousin, *Quercus petraea* de la zona francesa de Aillier y *Quercus alba* procedente de la costa este de los Estados Unidos (GARCÍA, 1999; BERMÚDEZ y ABAD, 2002). El empleo de la madera de

roble para este uso se debe a que es muy adecuada para contener vinos y licores de calidad por la baja permeabilidad del duramen, su buen comportamiento para la difusión y aporte de diversas sustancias polifenólicas al vino, así como sus buenas características tecnológicas para facilitar la construcción de la barrica (aptitud para el curvado y resistencia mecánica).

Diversos estudios realizados para ver la adecuación de la madera de *Quercus robur* de España a los requerimientos precisados para la crianza del vino en madera de roble concluyen que, en general, las maderas de roble nacional no se diferencian en exceso de las de roble francés utilizadas habitualmente. Sus características físicas son similares, teniendo quizás más importancia las diferencias en sus características anatómicas, dado que los robles españoles tienen un crecimiento más lento, lo que implica una mayor porosidad (GARCÍA, 1999). Por ello, los robles de crecimiento más rápido suelen ser bastante valorados para esta finalidad al ser de madera menos porosa, aunque presentan el inconveniente de que pueden tener menos espesor de duramen. En general, es admitido que la duraminización progresa más lentamente cuando las circunstancias de crecimiento del árbol son más favorables, estando éstas habitualmente asociadas a calidades de estación mejores y a espesuras menores de la masa (RIESCO, 2001).

Debido a la importancia que tiene la predicción del porcentaje de madera de duramen en un árbol en pie, se ha decidido analizar este parámetro para *Quercus robur* en Galicia. Para ello se ha estudiado esta variable en una muestra de árboles dominantes, ya que serán los árboles del estrato dominante o codominante los que llegarán a corta final con una dimensión adecuada para la producción de madera destinada a la construcción de barricas o a otros usos nobles.

MATERIAL Y METODOS

Se ha contado con una muestra formada por 165 árboles dominantes procedentes de parcelas permanentes repartidas por toda el área de distribución de la especie en Galicia. Dichas parcelas fueron instaladas en masas naturales cubriendo toda el área de distribución de la especie en Galicia y fueron subjetivamente seleccionadas para cubrir el mayor rango posible de calidades de estación, edades y densidades de masa. En la Figura 1 se muestra la distribución de las parcelas por municipios. La superficie de las parcelas fue variable dependiendo de la densidad de la masa, de modo que estuviesen incluidos como mínimo entre 40 y 50 árboles. En cada parcela se midió el diámetro normal en cruz de todos los pies con precisión milimétrica, la altura total de un mínimo del 30% de los pies inventariados teniendo en cuenta la proporción de cada clase diamétrica para que la submuestra fuese representativa de la distribución de alturas de la parcela y la altura dominante siguiendo el criterio de ASSMANN (1970). Con estas mediciones, y teniendo en cuenta la superficie de cada parcela, se calcularon una serie de variables dasométricas: densidad (pies/ha), área basimétrica (m^2/ha), altura media y altura dominante (m) y el índice de sitio (altura dominante de la masa, en metros, a la edad de 50 años) empleando para ello las ecuaciones propuestas por BARRIO (2003). Por último, se estimó el valor del índice de Hart-Becking, empleando en su cálculo el espaciamiento medio resultante de una distribución al tresbolillo de los pies de la masa.

Además, en cada parcela se apearon entre 1 y 4 árboles dominantes que fueron troceados a 1,3 m y posteriormente a longitudes variables de entre 1 y 2,5 metros a lo largo del fuste. En cada una de las secciones en las que se dividió el fuste se midieron el diámetro total con y sin corteza y el diámetro del duramen, ambos en dos direcciones perpendiculares. Con los datos anteriores se calculó el volumen total y el volumen de duramen de cada uno de los árboles, empleando para ello la fórmula de Smalian, excepto para la última troza que se empleó la fórmula del cono. La edad de la masa se estimó promediando las edades de los árboles apeados en cada parcela.

Puesto que la altura que alcanza el duramen en el fuste no necesariamente coincide con la sección de corte de una de las últimas trozas, en la última sección donde apareció el duramen se determinó su altura mediante interpolación lineal. En la Tabla 1 se muestran los estadísticos descriptivos de las principales variables de árbol (además de la calidad de estación) de la muestra empleada en el estudio.

En un primer paso, para determinar que variables influyen en el porcentaje de madera de duramen, se calcularon los coeficientes de correlación lineal de Pearson y se visualizaron los gráficos de dispersión matricial entre dicho porcentaje y las variables dendrométricas y dasométricas medidas o calculadas. Posteriormente, se ajustó un modelo lineal mediante mínimos cuadrados ordinarios para estimar el porcentaje de madera de duramen respecto al volumen de madera total sin corteza

empleando el método de selección de variables regresoras “stepwise” incluido en el procedimiento REG del programa estadístico SAS/STAT (SAS INSTITUTE INC., 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se puede observar en la Tabla 1, el porcentaje del volumen de duramen respecto al volumen total del tronco sin corteza presentó, como era previsible a priori, bastante variabilidad. Obteniéndose un valor medio del mismo para *Quercus robur* en Galicia del 46 %, un máximo del 71 % y un mínimo del 14 %.

En la Tabla 2 se presentan los resultados del análisis de correlación efectuado entre el porcentaje de duramen y distintas variables del árbol o de la masa con el fin de poder incluir algunas de ellas en la construcción de un modelo predictivo.

De la observación de la tabla anterior se deduce que la variable más correlacionada con el porcentaje de duramen es la edad, explicando por sí sola hasta un 33,4 % de la variabilidad total del porcentaje de duramen de un árbol. Una variable relacionada con el tamaño del árbol como es el diámetro normal explicó un 22,85 % de la variabilidad. Por otra parte, el índice de sitio se muestra menos decisivo al explicar sólo un 19 % de la misma. RIESCO (2001) realizó un estudio detallado de la relación entre el porcentaje de duramen y un gran número de variables de árbol y de masa, concluyendo que la mayor correlación se producía con la tasa de crecimiento en volumen del árbol en los últimos 5 años, logrando explicar hasta un 49 % de la variación en el porcentaje de duramen de los árboles.

En la Figura 2 se muestra la tendencia de los valores del porcentaje de duramen al representarlos frente a la edad (izquierda) y al índice de sitio (derecha), respectivamente. En ellas se observa que el porcentaje de duramen tiende a aumentar sensiblemente con la edad y a disminuir al incrementar la calidad de estación de la masa. Ambos resultados son coherentes y están de acuerdo con los aspectos teóricos comentados previamente en el apartado de introducción.

Inicialmente se incluyó un indicador de la espesura de la masa como el índice de Hart-Becking, que también puede considerarse un sencillo índice de competencia independiente de la distancia. Sin embargo, este índice no aportó nada significativo al modelo, desechando su influencia dentro de los intervalos de espesura existentes en las parcelas de ensayo empleadas en este trabajo (valores mínimo, medio y máximo del índice de Hart-Becking de 13,66; 24,14 y 42,78; respectivamente). Aunque a priori, era esperable la correlación entre la espesura y el porcentaje de duramen, esta falta de asociación ha sido también encontrada por PHELPS & CHENS (1991) para masas *Quercus alba* L. en la costa este de Estados Unidos y por RIESCO (2001) en un estudio previo sobre la calidad de la madera de *Quercus robur* L. en Galicia.

Teniendo en cuenta estos resultados, finalmente se ajustó un modelo lineal para predecir el porcentaje de duramen de un árbol incluyendo como variables independientes su edad, su diámetro normal y el índice de sitio de la masa, llegando de esta manera a explicar un 42,6 % de la variabilidad total del porcentaje de duramen del árbol. La capacidad predictiva del modelo no es alta puesto que el porcentaje de duramen está influenciado por otros factores difíciles de cuantificar como la competencia, o la condición genética del árbol. Sin embargo, el modelo puede servir como primera aproximación para valorar los árboles en pie en función de los destinos posibles de su madera.

El modelo elegido para explicar el porcentaje de duramen (% duramen) de un árbol en función de dos parámetros del árbol individual (edad y diámetro normal) y otro de masa (índice de sitio) es el siguiente:

$$\% \text{ duramen} = 30,43203 + 0,69555 \cdot d + 0,14052 \cdot t - 1,03795 \cdot IS \quad (\text{ec.1})$$

Donde d es el diámetro normal del árbol en cm, t la edad en años e IS el índice de sitio en metros (altura dominante a la edad de referencia de 20 años) obtenida mediante la ecuación ajustada por BARRIO (2003). El coeficiente de determinación ajustado obtenido al construir el modelo es de 0,4259 y la raíz del error medio cuadrático es de 9,69 %.

Agradecimientos

La obtención de los datos necesarios para la realización de este trabajo ha sido posible gracias a la financiación de la Xunta de Galicia a través de los proyectos de investigación:

PGIDT99MA29101 “Estudio epidométrico de las masas de *Quercus robur* L. en Galicia y su influencia sobre la calidad de la madera” y PGIDIT02RFO29101PR “Estudio de modelos de clasificación visual de madera en pie en masas naturales de *Quercus robur* L. en Galicia”.

BIBLIOGRAFÍA

- ASSMANN, E.; 1970. *The principles fo forest yield study*. Pergamon Press, Oxford.
- BARRIO, M.; 2003. *Crecimiento y producción de masas naturales de Quercus robur L. en Galicia*. Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela. (Inédita).
- COLLARDET, J.; BESSET, J.; 1992. Le chêne pédonculé et le chêne rovre. En: *Bois commerciaux, Tome II: Feuillus des zones tempérées*. H. Vial & Centre Technique du bois et de l'ameublement. Pp. 44-60.
- BERMÚDEZ, J.D.; ABAD, S.; 2002. La utilización de madera en la industria alimentaria. *Revista CIS-Madera*, nº 9, 2º semestre 2002. Pp. 24-41.
- GARCÍA, A.; 1999. Aspectos fundamentales de la madera de roble en la construcción de barricas para el envejecimiento de vino tinto. En: Rojo, A.; Díaz-Maroto, I.J.; Álvarez González, J.G.; Barrio, M.; Castedo, F.; Riesco, G.; Rigueiro, A. (Eds.). *Actas del Congreso de Ordenación y Gestión Sostenible de Montes*. Santiago de Compostela, 4-9 octubre 1999 Tomo I, pp. 560-568.
- PHELPS, J. E.; CHENS, P.Y.S.; 1991. Wood and drying properties of white oak from thinned and unthinned plantations. *Forest Products Journal*, 41(6), 34-38.
- 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*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Tesis doctoral. 359 pp. (Inédita).
- SAS INSTITUTE INC.; 2004. *SAS/STAT® 9.1 User's Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los 165 árboles empleados en el estudio del porcentaje de duramen. Donde d = diámetro normal en cm; h = altura total del árbol en m.; V_{sc} = volumen sin corteza del árbol en m^3 ; dur =porcentaje de duramen sobre volumen total sin corteza; t =edad en años e IS = índice de sitio en m estimado empleando el modelo propuesto por BARRIO (2003).

Estadísticos	d	h	V_{sc}	dur	t	IS
Mínimo	16,05	10,20	0,12	13,87	35,00	7,76
Máximo	48,70	26,6	1,44	71,60	141,00	21,92
Media	29,95	16,9	0,48	46,06	71,41	14,12
Varianza	37,35	10,5	0,07	162,74	753,56	10,77
Desviación estándar	6,11	12,75	0,26	12,76	24,86	3,28
Coef. de variación (%)	20,40	27,69	55,12	27,70	38,81	23,24

Tabla 2. Coeficientes de correlación de Pearson (** significativos al 95%) del porcentaje de duramen con distintas variables de árbol individual y de masa. IH = índice de Hart en %, t =edad en años, IS = índice de sitio en m estimado empleando el modelo propuesto por BARRIO (2003), V_{sc} = volumen sin corteza del árbol en m^3 , d = diámetro normal en cm y h = altura total del árbol en m.

Variable	IH	t	IS	V_{sc}	d	h
% duramen	0,1979**	0,5778**	-0,4446**	0,3967**	0,4781**	0,2016**



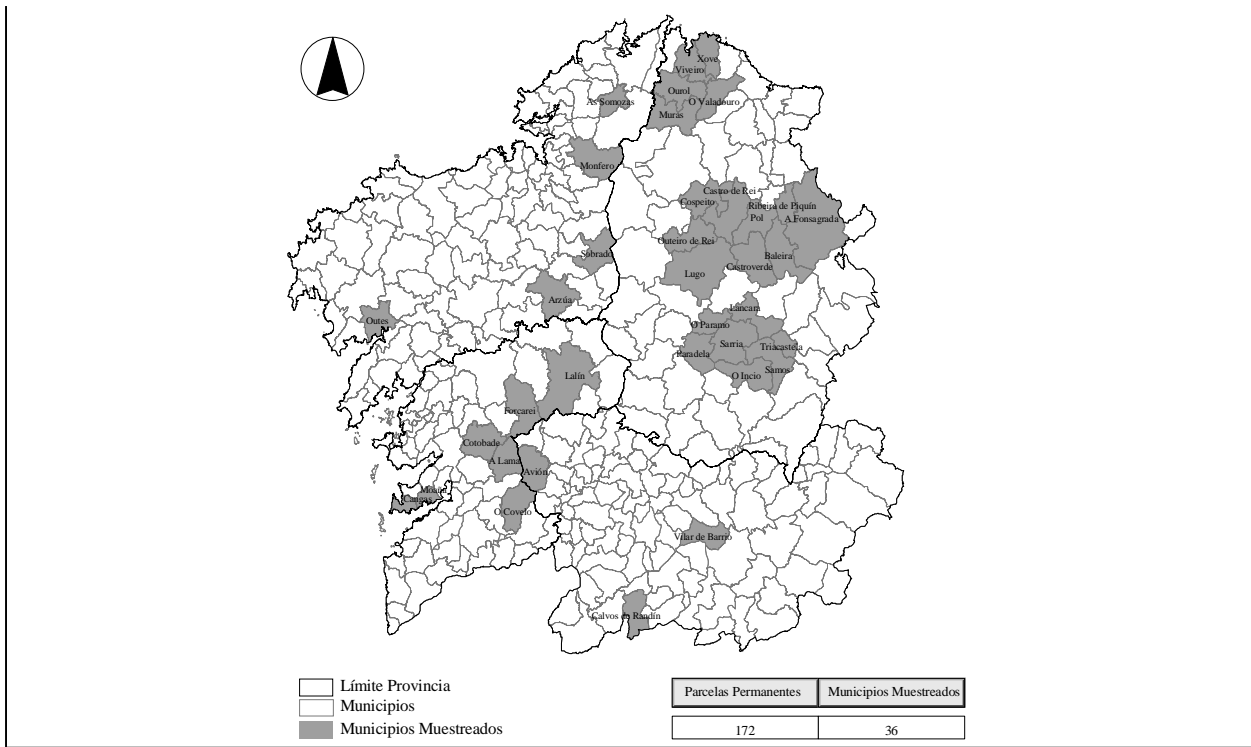


Figura 1. Municipios gallegos en los que se han localizado parcelas en masas de *Quercus robur* L.

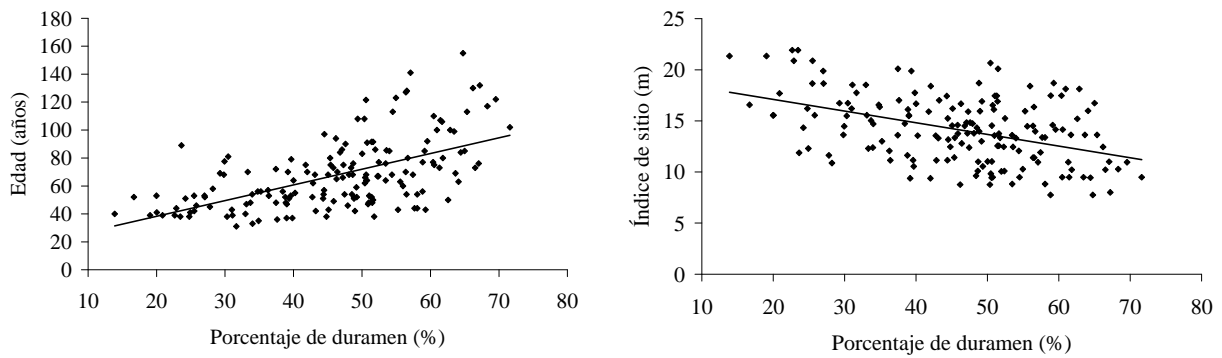


Figura 2. Representación gráfica del porcentaje de duramen respecto a la edad (Figura izquierda) y respecto al índice de sitio (Figura derecha). En ambas figuras la línea continua representa la tendencia observada.