

# La calidad estructural de la madera aserrada de castaño en función de las características de las trozas

Guillermo Riesco Muñoz<sup>1)</sup>, Pedro Álvarez Álvarez<sup>2)</sup>, Lucía Rego Vázquez<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Escuela Politécnica Superior de Lugo (Departamento de Ingeniería Agroforestal de la Universidad de Santiago de Compostela); Campus Universitario s/n. 27002 Lugo; guillermo.riesco@usc.es

<sup>2)</sup> Escuela Universitaria de Ingenierías Técnicas de Mieres (Departamento de Biología de Organismos y Sistemas de la Universidad de Oviedo); alvarezpedro@uniovi.es

<sup>3)</sup> Escuela Politécnica Superior de Lugo (Departamento de Ingeniería Agroforestal de la Universidad de Santiago de Compostela); Campus Universitario s/n. 27002 Lugo; rego.luci@gmail.com

## **Abstract**

The physical characteristics of solid wood from a sample of six chestnut trees (*Castanea sativa*) felled in four sites of the province of Lugo (north-western Spain) were analyzed. The logs obtained were measured and sawed to obtain tables with the next target dimensions after air-drying and surfacing: members of 5x10x200 cm, 5x15x300 cm and small section pieces (thickness under 5 cm). The members were visually graded into stress classes and the mean and characteristic density was analyzed on a sample of small section and defect-free specimens (2x2x4 cm). According to the results, the sampled wood does not reach the lowest strength class (D30) in the European standards. The sawing volumetric yield in members with structural quality was 24 %. The sawing volumetric yield, sharing by the quality of the members, in relation to the dimension and taper of the logs is shown. Based on a larger sample, it would be possible to construct a prediction model of sawing volume of members of a visual grade with easily measurable characteristics of logs as predictor variables, in order to help in the industrial assignment of logs.

## **Palabras clave (Keywords)**

madera aserrada; clasificación visual; propiedades físicas; *Castanea sativa*.

solid wood; visual grading; physical properties; *Castanea sativa*.

## **Resumen**

Se aparearon seis ejemplares de castaño bravo (*Castanea sativa*) en cuatro zonas de la provincia de Lugo (Galicia, España). Las trozas obtenidas se midieron y aserraron para obtener tablones, que fueron secados y cepillados para obtener viguetas de dimensiones nominales 5x10x200 o 5x15x300 cm. En cada vigueta se registraron sus principales defectos externos, para asignar la pieza a una clase de calidad visual. También se aserraron tablas de espesor inferior a 5 cm, de las que se obtuvieron probetas de 2x2x4 cm sin defectos. Con éstas se determinó la densidad media y característica. En función de su densidad, la madera analizada no podría asignarse ni a la clase resistente D30, la inferior para frondosas en el sistema europeo. El rendimiento de aserrado en viguetas aptas para estructuras fue del 24 %. Se constató la influencia del diámetro y la conicidad de la troza en el rendimiento de aserrado en volumen de viguetas, tanto en conjunto como distinguiendo por calidades visuales. Con una futura muestra más amplia podría elaborarse un modelo predictor

del volumen de piezas aserradas de cada calidad en función de variables de obtención sencilla sobre las trozas, para orientar el uso de la madera y su despiece.

### **1. Introducción. Objetivos**

El castaño es una de las especies forestales españolas más importantes y apreciadas por la calidad de su madera, que tiene numerosas aplicaciones. Un empleo tradicional de la madera de castaño ha sido la construcción naval y la construcción de estructuras de cubierta para edificios. Lo más frecuente en España era la construcción de forjados y cubiertas de madera sobre estructuras de obra de fábrica o mampostería de piedra (NASSAR, 1996). En Galicia el material constructivo tradicional era la piedra para los muros y la madera de castaño para las armaduras de cubierta (FERNÁNDEZ, 1990). En esta aplicación se aprovechaba la ligereza del material, su elasticidad y su duración, junto con una aceptable resistencia mecánica para una madera no muy densa. Actualmente la madera de castaño se emplea muy poco en construcción debido a la competencia con otros materiales (hormigón, acero, madera clasificada de coníferas), que están disponibles en el mercado con unas características resistentes suficientemente conocidas, lo que permite un cálculo estructural realista y fiable. Frente a estos materiales, es difícil encontrar madera aserrada de castaño de dimensiones y calidad suficientes como para su empleo en estructuras, problema cuyo origen está en la escasez de masas forestales de esta especie que presenten fustes esbeltos, largos, derechos, poco ramosos y sin oquedades. En efecto, la forma adecuada de los fustes es esencial para que el posterior aserrado de la troza ofrezca un rendimiento volumétrico suficiente en piezas prismáticas de calidad estructural.

A lo anterior hay que añadir que en España la clasificación visual de la madera aserrada de castaño por calidades no se hace de forma homogénea al no existir todavía la referencia de una norma oficial de clasificación. Por ello, mientras las clases de calidad visual no estén claramente definidas no se podrá asignar la madera de castaño a ninguna de las clases resistentes de frondosas que establece la norma UNE-EN 338:2003.

Los objetivos del presente trabajo son: (i) conocer el rendimiento volumétrico del aserrado en trozas de castaño, tanto en madera aserrada como en madera aserrada apta para estructuras; (ii) estimar la clase resistente a la que podría asignarse la madera de castaño en función de la densidad media y la densidad característica del material.

## 2. Materiales y métodos

Para la realización del estudio se apearon seis ejemplares de castaño en la provincia de Lugo, procurando que los árboles de la muestra fueran aptos para el aserrado y tuvieran edades diversas. Las características principales de los árboles y su localización se indican en la tabla 1 y en la figura 1. De los fustes se obtuvieron siete trozas válidas para aserrado, con unos 3 m de longitud cada una y con diámetro suficiente para obtener piezas de tamaño estructural. En cada troza se midió su longitud y su diámetro en cruz, con y sin corteza, en la coz y en la cogolla. El volumen de cada troza se obtuvo aplicando la fórmula de Smalian (Rondeux, 1993) sobre el diámetro medio geométrico de cada testa (Pardé y Bouchon, 1988). El volumen cilíndrico se calculó considerando la troza como un cilindro cuya longitud es la de la troza y cuya sección es la menor de las que se hayan medido en la troza. En promedio, se trataba de piezas algo elípticas y con baja conicidad (tabla 2).

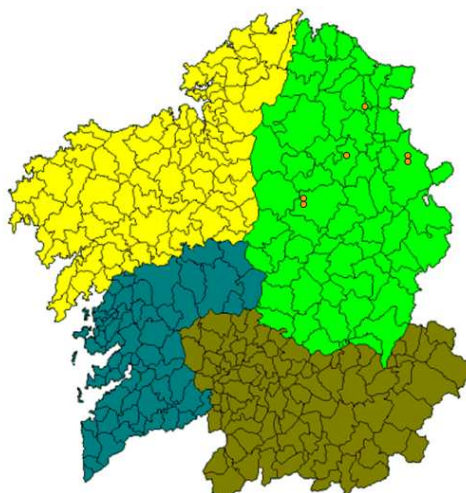


Figura 1. Distribución de los seis árboles de la muestra en la provincia de Lugo.

Tabla 1. Características de los árboles de la muestra, ordenados por diámetro creciente.

Nº de árbol	Localización			Diámetro normal (cm)	Altura total (m)	Edad (años)
	Provincia	Municipio	Parroquia			
1	Lugo	Lugo	Bacurín	11,8	11,5	17
2	Lugo	Lugo	Bacurín	12,7	10,1	17
3	Lugo	Castro de Rey	Castro de Rey	37,5	14,0	41
4	Lugo	A Fonsagrada	S. Martín de Suarna	38,5	11,5	33
5	Lugo	A Fonsagrada	S. Martín de Suarna	43,0	17,0	41
6	Lugo	Mondoñedo	Maíor	43,0	14,7	41

Tabla 2. Características de las trozas de la muestra, ordenadas por diámetro creciente.

Nº de troza	$d_{min\ cc}$ (cm)	$d_{min\ sc}$ (cm)	$vcc$ (dm <sup>3</sup> )	$vsc$ (dm <sup>3</sup> )	$v_{min\ cc}$ (dm <sup>3</sup> )	$v_{min\ sc}$ (dm <sup>3</sup> )	elipticidad (%)	conicidad (%)
1	24,7	23,7	148,2	135,5	143,6	132,2	118	0,3
2	29,6	28,8	208,8	196,4	206,4	195,4	115	0,1
3	30,1	29,1	395,5	370,1	214,8	200,8	111	6,4
4	31,9	30,5	263,4	243,4	240,9	220,2	107	1,0
5	34,5	33,5	317,4	295,1	280,8	264,7	117	1,4
6	34,8	33,6	303,9	280,7	281,9	262,8	107	0,9
7	43,9	42,4	714,8	677,0	457,7	427,0	145	6,7

$d_{min\ cc}$ : diámetro en punta delgada con corteza;  $d_{min\ sc}$ : diámetro en punta delgada sin corteza;  $vcc$ : volumen con corteza;  $vsc$ : volumen sin corteza;  $v_{min\ cc}$ : volumen cilíndrico con corteza;  $v_{min\ sc}$ : volumen cilíndrico sin corteza.

Las trozas se trasladaron a un aserradero donde se efectuó un despiece que permitiera obtener el mayor número posible de tablones de escuadría 7x17 cm y 7x12 cm, a partir de los que obtener por cepillado viguetas de tamaño estructural (piezas de 5x15x300 y de 5x10x200 cm) según establecen las normas EN 384:2004 y EN 408:2004. Aquellas partes de las trozas en las que no era posible obtener piezas de tamaño estructural se aserraron para obtener de ellas tablas de entre 2 y 5 cm de espesor, con anchura variable, para destinarlas a la obtención en carpintería de probetas de pequeñas dimensiones (2x2x4 cm) y libres de defectos sobre las que obtener la densidad aparente en estado húmedo según las normas UNE 56528:1978 e ISO 3131:1975.

El despiece se efectuó según un procedimiento consistente en practicar dos cortes paralelos al eje longitudinal de la troza, paralelos entre sí y aproximadamente radiales. En el cachón central obtenido, de unos 7 cm de espesor, se realizaron cortes tangenciales para obtener varias piezas con 17 y 12 cm de anchura, algo superior a la anchura definitiva de ensayo. Los dos medios rollos obtenidos inicialmente se despiezan con un aserrado paralelo y cortes aproximadamente radiales para obtener piezas de dimensión estructural. En algunas ocasiones se realizó canteado y desdoblado fuera de la sierra de cabeza. Este esquema general de despiece (figura 2) se ajustó a la forma de la troza y a la necesidad de

obtener tablas de menor espesor, de las que obtener probetas de pequeñas dimensiones (piezas de 2x2x4 cm).

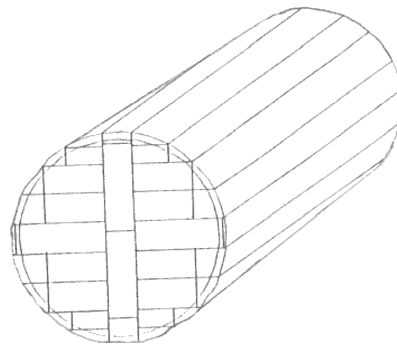


Figura 2. Esquema del tipo de despiece aplicado.

Tras el aserrado, la madera se apiló para proceder a un lento secado al aire, cuya duración fue de entre un año y un año y medio. Esta madera exige un secado lento y cuidadoso, por su facilidad para deformarse y agrietarse. Cada pila se rehizo al menos una vez al año. Para el secado se siguió la metodología de Nutsch (1992), Remacha *et al.* (1993), Fernández-Golfín (1997) y Guindeo *et al.* (1997). Tras el secado se procedió al cepillado de tablas y tablonos para llevarlos a las dimensiones definitivas de ensayo estructural.

Las piezas secas y con dimensión estructural se clasificaron por la norma británica de clasificación visual de madera de frondosas para construcción (British standard specification for visual strength grading of hardwood, BS 5756:2007), ante la ausencia de una norma española. En efecto, la norma española UNE 56544:2007 está concebida para coníferas y la norma española UNE 56546:2007 por el momento es específica para eucalipto. Por otra parte, la norma francesa NF B 52-001-4 es específica para roble.

Las piezas aserradas de pequeño espesor se labraron en carpintería para obtener probetas de pequeñas dimensiones libres de defectos, según la norma UNE 56528:1978, con unas dimensiones nominales de 4 cm de longitud y 2x2 cm de sección transversal. Sobre las mismas se determinó la humedad, por el método de desecación en estufa y diferencia de pesadas, así como la densidad según la norma ISO 3131:1975.

Cada valor de densidad debe ajustarse a las condiciones de humedad de la madera que establece la norma. Esta humedad de referencia es el 12 % en madera de coníferas, humedad de equilibrio higroscópico que se obtiene para una temperatura ambiente de  $20^{\circ} \pm$

2º C y para una humedad relativa del aire del  $65 \pm 5$  %. En un rango de humedades de la madera del 10 al 18 % la norma EN 384:2004 establece que la densidad expresada al 12 % de humedad se calcula a partir de la densidad aparente a la humedad de ensayo mediante la modificación de la densidad en un 0,5 % por cada grado de diferencia de humedad, con la expresión:

$$\rho_{12} = \rho_H [1 - 0,005(H - 12)] \quad (1)$$

donde  $\rho_{12}$  es la densidad corregida al 12 % de humedad

$\rho_H$  es la densidad a la humedad de ensayo  $H$

$H$  es la humedad de ensayo en porcentaje.

La expresión (1) coincide con la ecuación general de corrección de la densidad para el caso de que el coeficiente de contracción volumétrica, calculado según la norma UNE 56533:1977, sea igual a 0,50. Este valor del coeficiente es propio de madera para construcción, según la norma UNE 56540:1978. En la ecuación general se aplicaría el coeficiente de contracción volumétrica obtenido para cada pieza ensayada.

La norma EN 384:2004 establece que el número de probetas en cada muestra no debe ser inferior a 40. La densidad media se obtuvo como media aritmética de todos los ensayos válidos y la densidad característica se obtuvo como el 5-percentil, que es el valor obtenido en un ensayo para el que el 5 % de los valores son inferiores. Por definición, el cálculo del 5-percentil se efectuaría por método no paramétrico. Es decir, los valores obtenidos de los ensayos se listan de menor a mayor y el 5-percentil es el valor obtenido para el que el 5 % de los valores son inferiores. Cuando el tamaño de la muestra es extenso se puede ajustar una distribución normal y sobre ella calcular el percentil del 5 %, tal como proponen Green y Evans (1988) o Polensek y Gromala (1983). Atendiendo a este criterio de supuesta normalidad de las distribuciones, la norma EN 384:2004 indica que la densidad correspondiente al percentil del 5 % se debe calcular como:

$$\rho_{05} = \bar{\rho} - 1,65s \quad (2)$$

donde  $\rho_{05}$  es la densidad característica (5-percentil de la densidad), en  $\text{kg/m}^3$

$\bar{\rho}$  es la media de las densidades de las probetas de la muestra, en  $\text{kg/m}^3$

$s$  es la desviación típica de las densidades de las probetas de la muestra, en  $\text{kg/m}^3$ .

### 3. Resultados y discusión

El despiece efectuado en cada troza se presenta en la figura 3. Se obtuvo un 12 % de piezas de 7x17x300 cm, un 28 % de piezas de 7x12x200 cm y un 60 % de piezas de 2 a 5 cm de grueso con anchura y longitud variables. El resultado del despiece, desglosando por trozas y calidades de tabla, se muestra en la figura 4. Se observa la escasa cantidad de desperdicio (serrín, costeros, corteza) que genera el aserrado ya que el volumen de piezas aserradas representa en promedio un 59 % del volumen de la troza con corteza. Se trata de un valor alto al comparar con varios resultados bibliográficos (tabla 3). Sin embargo, el volumen de piezas con calidad estructural (tablas con calidad TH1 o TH2) es tan solo de un 24 % del volumen de la troza con corteza. Expresado en número de elementos, solo una de cada cuatro piezas aserradas sería apta para estructuras, aunque las trozas analizadas tienen el diámetro habitual de la materia prima en los aserraderos de frondosas. En la figura 4 y tabla 2 también se aprecia que solo aparecen tablas de primera calidad (TH1) en trozas con diámetro en punta delgada con corteza superior a 30 cm.

Tabla 3. Rendimientos volumétricos de aserrado, en porcentaje, según bibliografía.

Tipo de madera	Rendimiento	Fuente
Roble (diámetro 24 a 46 cm)	25 a 42	Bary-Lenger y Nebout (1993)
<i>Eucalyptus</i> sp.	33	Tuset y Durán (1986)
Frondosas españolas	39	Iglesias (1998)
Madera para traviesas	42	Peraza y Guindeo (1976)
Madera de Galicia	45	Federación de Aserradores y Rematantes de Galicia (1995)
<i>Eucalyptus</i> sp.	48	Tuset y Durán (1986)
Frondosas	55	Peraza y Guindeo (1976)
Frondosas	55	Tuset y Durán (1986)
<i>E. globulus</i> para parque	68	Tuset y Durán (1986)

Se han buscado correlaciones entre las dimensiones de la troza y el rendimiento volumétrico del aserrado. Como dimensiones se han considerado en el análisis las que aparecen en la tabla 2 y además el diámetro en punta gruesa, con corteza y sin corteza. Como variables de rendimiento se han empleado:

- el rendimiento en volumen de madera aserrada (expresado en  $\text{dm}^3$  y en porcentaje del volumen total de la troza)
- el rendimiento en volumen de madera aserrada de calidad estructural, TH1 o TH2 (expresado en  $\text{dm}^3$  y en porcentaje del volumen total de la troza).

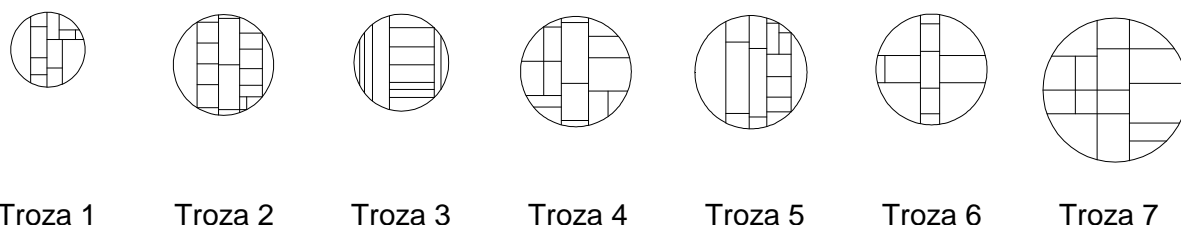


Figura 3. Esquema del despiece para cada una de las trozas de la muestra.

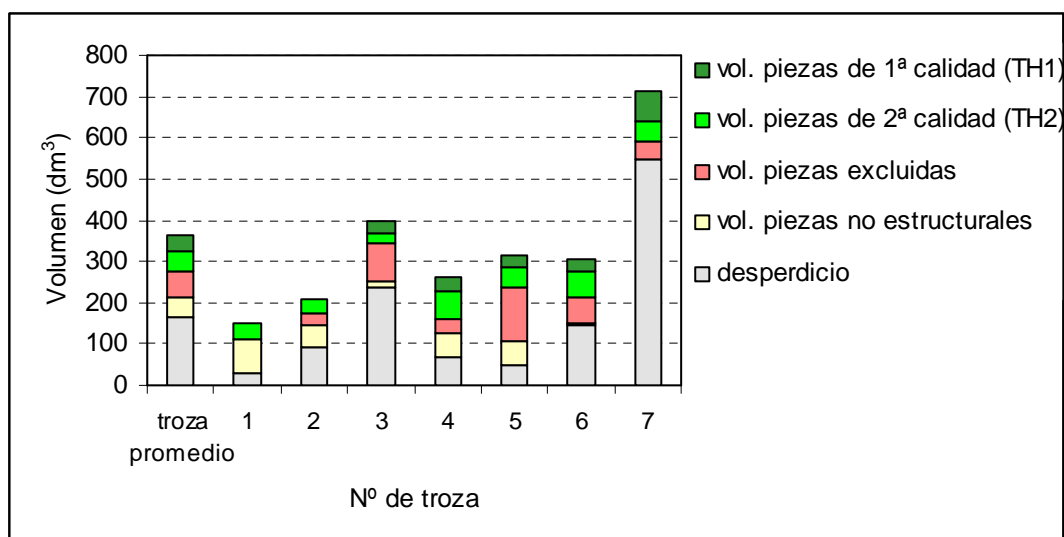


Figura 4. Volumen de piezas aserradas obtenidas en cada troza de castaño, desglosando por calidades. Las trozas están ordenadas por diámetro en punta delgada creciente. TH1: primera calidad visual para madera estructural según la norma BS 5756:2007; TH2: segunda calidad visual para madera estructural según la norma BS 5756:2007.

A pesar del reducido tamaño de muestra se han encontrado correlaciones significativas entre algunas variables dimensionales de las trozas y el rendimiento volumétrico de aserrado, destacando que el volumen en piezas estructurales (TH1 + TH2) está correlacionado significativamente con el diámetro en punta delgada con corteza ( $R = 0,86$ ;  $p = 0,012$ ). Este resultado permitió ajustar para la muestra la ecuación de Cox (1976),

considerando el diámetro con corteza en punta delgada, en lugar del diámetro en la mitad de la troza que propone dicho autor:

$$v_{est} = 350,66 - \frac{12.277}{d_{min} \text{ cc}} + \frac{107.973}{d_{min} \text{ cc}^2} \quad (3)$$

donde  $v_{est}$  es el volumen de piezas estructurales (TH1 + TH2), en  $\text{dm}^3$

$d_{min} \text{ cc}$  es el diámetro en punta delgada con corteza, en cm.

Con las limitaciones derivadas del reducido número de trozas empleado para el ajuste del modelo anterior, debe destacarse el aceptable valor del coeficiente de determinación del modelo ( $R^2 = 0,76$ ). También es destacable la correlación que existe entre conicidad de la troza y rendimiento total de aserrado ( $R = -0,78$ ;  $p = 0,040$ ), cuyo valor es obviamente negativo dado que una elevada conicidad representa un gran volumen de desperdicio en costeros, raigales y piezas no prismáticas.

La variable densidad se determinó sobre un total de 251 probetas de pequeñas dimensiones libres de defectos. Los resultados de los ensayos aparecen resumidos en la tabla 4. Se ha encontrado que la madera de la muestra es semipesada según la norma de clasificación UNE 56540:1978. La densidad media es algo superior a la obtenida por Baso López (1995) y por Fernández-Golfín Seco *et al.* (1995). La distribución de la variable densidad aparece en la figura 5. Se observa que en función de los resultados de densidad, la madera de castaño de la muestra no alcanza los requerimientos mínimos para ser asignada a ninguna clase resistente según la norma UNE-EN 338:2003, cuyos valores umbral de densidad media y característica para cada clase resistente son los que aparecen en la tabla 5. A título comparativo, se indica que en la norma EN 1912:2005 se han asignado diversas calidades de frondosas tropicales a las clases resistentes D40 a D70. Sin embargo, una frondosa como el castaño, en función de su densidad, no podría ser incluida ni en la clase D30, la menos resistente para madera de frondosas.

En este resultado hay que tener en cuenta que la desviación típica muestral  $s$ , utilizada en la ecuación (2), se ha calculado con una unidad de muestreo (probeta de  $2 \times 2 \times 4$  cm) de tamaño inferior al previsto en la norma EN 384:2004, por lo que la estimación de la desviación típica es probablemente superior a la que resultaría de aplicar el tamaño normalizado para la unidad de muestreo.

El análisis de la varianza permitió comprobar que la densidad de la muestra era significativamente distinta entre árboles ( $F = 39,116$ ;  $p < 0,01$ ), siendo éste un resultado ya descrito en bibliografía para numerosas especies (v.g. ZOBEL y BUIJTENEN, 1989; NEPVEU, 1990; ZHANG *et al.*, 1993). Se obtuvo la densidad media y característica para cada árbol individual, salvo en uno de los ejemplares, en el que el número de probetas de ensayo válidas era insuficiente. Los resultados muestran que solo dos de los árboles analizados presentan la densidad necesaria como para ser incluidos en alguna clase resistente de la norma UNE-EN 338:2003, a juzgar por la densidad de su madera (figura 6).

Queda sin resolver el interrogante acerca de cuáles serían los resultados en cuanto a densidades y rendimientos de aserrado con una muestra que abarcara ejemplares de más edad. Con una futura muestra, que abarcara un mayor rango de dimensiones de trozas, podría construirse un modelo predictor del volumen de piezas aserradas de cada calidad en función de variables de obtención sencilla sobre madera en rollo, para orientar el uso de la madera y el procedimiento de despiece en aserradero.

Tabla 4. Principales estadísticos descriptivos de las propiedades físicas de la madera de castaño en probetas de pequeñas dimensiones libres de defectos.

Variable	<i>n</i>	media	mínimo	máximo	<i>s</i>	<i>CV</i>
Humedad (%)	251	9,9	8,0	11,7	1,0	10,5
Densidad húmeda (kg/m <sup>3</sup> )	251	599	435	845	71	11,8
Densidad al 12 % de humedad (kg/m <sup>3</sup> )	251	605	442	856	70	11,5

*n*: número de ensayos; *s*: desviación típica (kg/m<sup>3</sup>); *CV*: coeficiente de variación (%).

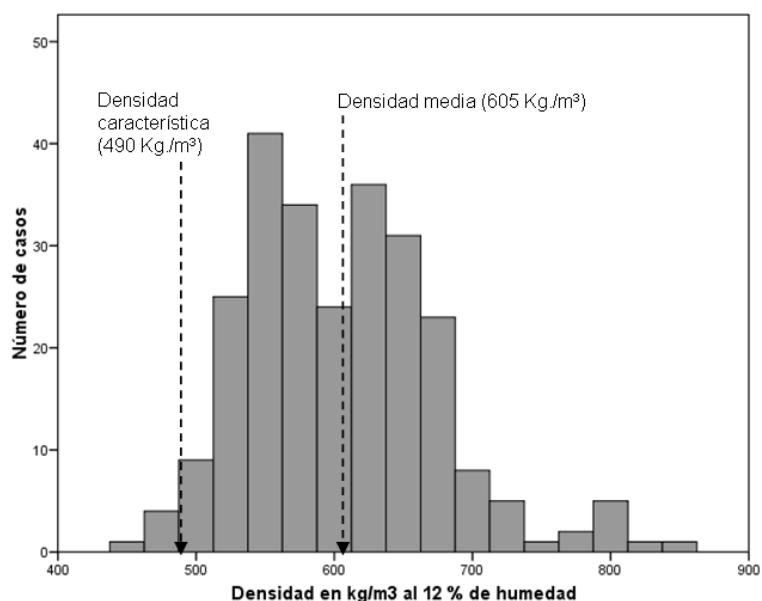


Figura 5. Distribución de la densidad al 12 % de humedad de la madera para el castaño. Se indica el valor promedio y la densidad característica según la norma EN 384:2004.

Tabla 5. Clases resistentes para frondosas (norma UNE-EN 338:2003).

Propiedad física		D30	D35	D40	D50	D60	D70
Densidad característica (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_k$	530	560	590	650	700	900
Densidad media (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_{medio}$	640	670	700	780	840	1080

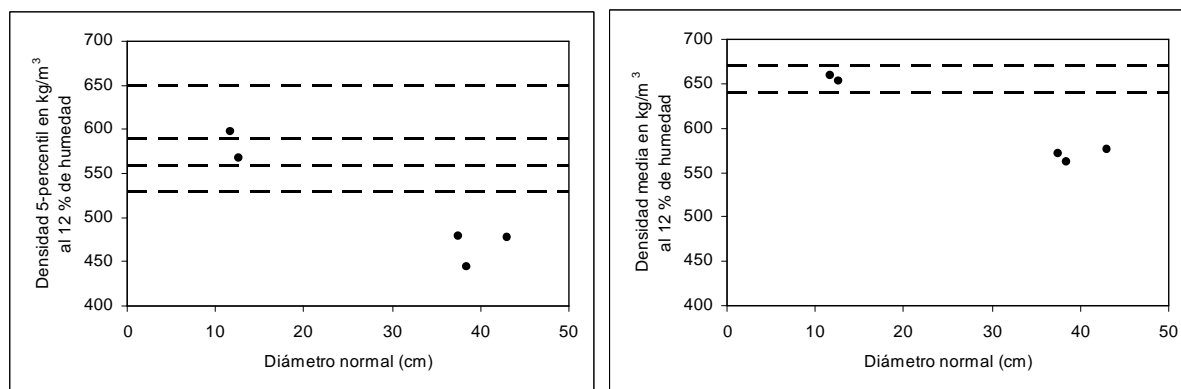


Figura 6. Densidad característica (izquierda) y densidad media (derecha) en la madera de cada castaño de la muestra. Se indican con trazo discontinuo los límites de las diferentes clases resistentes según la norma UNE-EN 338:2003.

#### **4. Conclusiones**

Dada la baja densidad de la madera analizada y el escaso rendimiento obtenido en piezas aptas para su empleo en estructuras es aconsejable no destinar a usos resistentes la madera de castaños con edad inferior a 40 años, aunque las dimensiones de los fustes y las trozas lo permitan. Este tipo de madera puede tener aplicación como material constructivo cuando proceda de fustes de mayor edad, en los que cabe esperar una madera más densa que la obtenida en este trabajo. Por otra parte, a fin de obtener rendimientos de aserrado aceptables en cuanto a piezas estructurales, conviene aserrar trozas que superen los 45 cm de diámetro en punta delgada. Dado que las trozas de tales dimensiones tienen mayor valor económico como madera de chapa, el aserrado de las mismas solo se debe plantear cuando presenten nudos abundantes u otras singularidades que invaliden la madera como materia prima para la fabricación de chapa.

#### **Referencias**

- Bary-Lenger, A., Nebout, J. P. 1993. Les chênes pédonculé et sessile en France et en Belgique. Gerfault Club. Editions du Perron, Alleur-Liège. 120-173.
- Baso, C. 1995. Proyecto de investigación y desarrollo de nuevas aplicaciones industriales de la madera de castaño en Galicia, como madera aserrada, chapa plana de revestimiento decorativo y componentes para la industria del mueble. (Inédito).
- Federación de Aserradores y Rematantes de Galicia. 1995. Comunicación personal.
- Fernández, X. 1990. Economía (política) do monte galego. Monografía n.º 158 de la Universidad de Santiago de Compostela.
- Fernández-Golfín, J. I. 1997. Definición y evaluación de la calidad del secado de la madera aserrada. En: Curso de secado da madeira aserrada (RIESCO, G., SÁNCHEZ, J. eds.). Proyecto Columella-Escuela Politécnica Superior, Lugo.
- Fernández-Golfín Seco, J. I., Díez Barra, R., Baonza Merino, M. V., Gutiérrez Oliva, A. 1995. Caracterización de la madera de especies de crecimiento rápido. Montes, 40. Madrid.
- Guindeo, A. et al. 1997. Especies de maderas para carpintería, construcción y mobiliario. AITIM, Madrid. 604-605.
- Iglesias, A. 1998. Comercio exterior de industrias de la madera en los países de la UE: análisis del período 61-95 y modelización econométrica. Tesis Doctoral, Universidad de Santiago de Compostela.

- Nassar, D. 1996. La construcción de madera en España. En: El bosque, El campo n.º 134. Servicio de estudios BBV, 295-302.
- Nepveu, G. 1990. Les facteurs influençant la qualité du bois de chêne (Chêne rouvre et chêne pédonculé). Revue Forestiere Francaise, 42 (2), 128-133.
- Nutsch, W. 1992. Tecnología de la madera y del mueble. Reverté S. A., Barcelona. 509 pp.
- Pardé, J., Bouchon, J. 1988. Dendrométrie (2ª ed.). ENGREF, Nancy.
- Peraza, C., Guindeo, A. 1976. Tecnología de la madera (vol. 4). La madera como materia prima. AITIM, Madrid. 113-144.
- Polensek, A., Gromala, D. S. 1983. Probability distributions for wood walls in bending. Journal of Structural Engineering, 110 (3).
- Remacha, A., Chozas, A., Álvarez, H., Ortiz, J. 1993. Curso de secado de maderas Uruguay. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Rondeux, J. 1993. La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Les presses agronomiques de Gembloux.
- Tuset, R., Durán, F. 1986. Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización. Hemisferio Sur, Montevideo.
- Zobel, B. J., Buijtenen, J. P. V. 1989. Wood variation. Its causes and control. Springer Verlag, Berlín.