

**ESTUDIOS TECNOLÓGICOS DE LA MADERA DE ROBLE EUROPEO (*Quercus robur* L.) CULTIVADO EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA**  
**TECHNOLOGIC STUDIES ON OAK WOOD (*Quercus robur* L.) CULTIVATED OF**  
**BUENOS AIRES PROVINCE, ARGENTINA**

**Eleana M. Spavento**<sup>1</sup>

**Gabriel D. Keil**<sup>2</sup>

**Mónica Murace**<sup>3</sup>

**Bruno Bertoli**<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ingeniera Forestal, Auxiliar Docente, Industrias Forestales I y Profesional Independiente

<sup>1</sup> Ing. Forestal M. Sc., Docente-Investigador, Industrias Forestales I y Xilotecnología.;

<sup>3</sup> Lic en Biología, Docente-Investigadora, Protección Forestal;

<sup>4</sup> Ingeniero Forestal, Profesional Independiente.

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. E mail: indforest1@ceres.agro.unlp.edu.ar

**SUMMARY**

The objective of the present job was to study the technological features of oak wood cultivated in Buenos Aires province, with the intention of knowing its potential uses and admitting its inclusion to the wood local market. The following physical-mechanical properties were determined: humidity content (IRAM 9532), normal and anhydrous apparent density, volumetric dry weight (IRAM 9544), dimensional changes (IRAM 9543), janka hardness (IRAM 9570), static flexion (IRAM 9542), fiber parallel cut (IRAM 9596), fiber parallel and perpendicular compression (IRAM 9541 e IRAM 9547, respectively) and natural durability. The results indicated that oak is a semiheavy, medium stability, hard, highly resistant and durable wood. It's accurate for outside and inside in contact with soil, someted to fiber parallel (column and pole) and perpendicular (cross-beams) compression efforts, flexion (beams, ridge, joist and herd hover two hundred goats) and cut.

**Key words**: oak, physical-mechanical properties, durability, uses.

**RESUMEN**

El **objetivo** del presente trabajo fue estudiar las características tecnológicas de la madera de roble europeo cultivada en la provincia de Buenos Aires con el propósito de conocer los usos potenciales y admitir su incorporación al mercado maderero local. Se determinaron las propiedades físico-mecánicas: contenido de humedad (IRAM 9532), densidad aparente

normal, anhidra, peso seco volumétrico (IRAM 9544), cambios dimensionales (IRAM 9543), dureza Janka (IRAM 9570), flexión estática (IRAM 9542), corte paralelo a las fibras (IRAM 9596), compresión paralela (IRAM 9541) y perpendicular a las fibras (IRAM 9547); y la durabilidad natural (IRAM 9518). Los resultados indicaron que el roble europeo es una madera semipesada, de estabilidad media, dura, altamente resistente y durable. De acuerdo con esto es apta para uso interior y exterior en contacto con el suelo, expuesta a esfuerzos de compresión paralela (columnas y pilotes) y perpendicular a las fibras (soleras), flexión (vigas, cumbreras, cabios, cabriadas) y corte.

**Palabras clave:** roble europeo, propiedades físico-mecánicas, durabilidad, usos.

## INTRODUCCIÓN

Los recursos forestales de la República Argentina están constituidos por 37 millones de hectáreas de bosques nativos y 1 millón de bosques de implantados (AACREA, 2003).

Del total forestado, el 50% corresponde a coníferas, el 30% a eucaliptos, el 16% a sauces y álamos y el 4% a especies varias (AACREA, 2003).

Los bosques implantados están distribuidos en diferentes polos forestales que concentran producción primaria, industrialización y sector de servicios específicos (AACREA, 2003).

Las especies forestales que se utilizan en el mercado maderero de la provincia de Buenos Aires provienen de bosques nativos del NOA y NEA y de plantaciones de esta última región, (SAGPyA, 2004).

Estas maderas se utilizan para la elaboración de productos relacionados con la construcción y la carpintería rural generando un costo elevado dentro de los esquemas productivos. En este sentido es interesante pensar en su complementación, para ciertos usos, con otras especies como el roble europeo implantado en la provincia de Buenos Aires.

El roble europeo, existente en esta provincia proviene de montes mixtos concentrados principalmente en pequeñas superficies de explotación agropecuaria de la zona.

En Argentina, para esta madera, no se registran antecedentes tecnológicos ni de usos específicos. En sus países de origen (Gran Bretaña, centro y este de Europa) es utilizada para la fabricación de muebles, paneles, mangos de herramientas, aberturas, toneles, ebanistería, obras hidráulicas, construcción naval, pallets, decks y pisos en general (AITIM, 2006).

El conocimiento de las características tecnológicas del roble implantado en la provincia de Buenos Aires permitirá especificar sus potenciales usos y, de este modo, incorporarlo en el mercado maderero local.

De acuerdo con esto, el objetivo de este trabajo fue determinar, mediante ensayos estandarizados, las características tecnológicas del roble europeo con el propósito de definir usos y aplicaciones.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Material leñoso**

La madera ensayada (*Quercus robur* L.) provino de un rodal ubicado en la Estancia 'El Refugio' (37°13' S; 58°11' O) partido de Ayacucho, Buenos Aires. Este rodal presenta una vegetación arbórea densa, mixta y sin diseño definido. El material provino de diez individuos seleccionados al azar. De estos se obtuvieron trozas basales de 5 metros de largo que fueron procesadas para la obtención de tablas. Estas fueron estibadas hasta alcanzar el contenido de humedad en equilibrio y posteriormente fueron aserradas para la obtención de probetas dimensionadas según Normas IRAM.

### **Propiedades físicas**

Las propiedades físicas estudiadas fueron: contenido de humedad (CH %), (IRAM 9532), densidad aparente normal ( $D_n$  g/cm<sup>3</sup>), anhidra ( $D_o$  g/cm<sup>3</sup>) y peso seco volumétrico (PSV), (IRAM 9544); como así también los cambios dimensionales (IRAM 9543). Los parámetros que permitieron evaluar los cambios dimensionales fueron: contracción normal máxima radial ( $C_{n_{rdmáx}}$  %) y tangencial ( $C_{n_{tgmáx}}$  %), coeficiente de contracción radial ( $v_{rd}$  %) y tangencial ( $v_{tg}$  %), punto de saturación de las fibras (PSF %) y coeficiente de anisotropía (T/R).

### **Propiedades mecánicas**

Los ensayos mecánicos realizados fueron: dureza Janka, (IRAM 9570), flexión estática, (IRAM 9542), corte paralelo a la dirección de las fibras, (IRAM 9596) y compresión perpendicular, (IRAM 9547) y paralela a las fibras, (IRAM 9541). Los mismos fueron efectuados en el Laboratorio de Ensayos de Materiales, Facultad de Ingeniería, UNLP.

*Dureza Janka:* se determinaron los valores medios de dureza transversal, radial y tangencial, expresados en N/mm<sup>2</sup>.

*Flexión estática:* los parámetros determinados fueron: módulo de rotura (MOR), módulo de elasticidad (MOE) y tensión en el límite de proporcionalidad (TLP). Los resultados se expresaron en N/mm<sup>2</sup>.

*Corte paralelo a la dirección de las fibras:* se determinó la tensión de rotura (TR), expresada en N/mm<sup>2</sup>.

*Compresión perpendicular a las fibras:* se determinó el módulo de rotura (MOR), expresado en N/mm<sup>2</sup>.

*Compresión paralela a las fibras:* los parámetros determinados fueron: módulo de rotura (MOR), módulo de elasticidad (MOE) y tensión en el límite de proporcionalidad (TLP). Los mismos expresados en N/mm<sup>2</sup>.

### **Durabilidad natural**

La durabilidad natural se determinó mediante ensayos de degradación acelerada en laboratorio (IRAM 9518, 1962). Las cepas xilófagas utilizadas fueron *Gloeophyllum saepiarum* (Wulf.: Fr.) P. Karst. y *Trametes versicolor* (L.: Fr.) Lloyd. De acuerdo con los porcentajes de pérdida de peso (Pp%) obtenidos se determinó la clase de resistencia a la degradación (Findlay, ASTM D-2017-78).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Propiedades físicas**

#### **Contenido de humedad y densidades aparentes**

**Tabla 1.** Contenido de humedad y densidades aparentes de roble.

**Table 1.** Content humidity and apparent densities of oak.

Parámetros	Cantidad de muestras	Media	Desvío estándar
CH (%)	30	12,21	0,84 (6,87)
Dn (g/cm <sup>3</sup> )	30	0,773	0,09 (11,72)
Do (g/cm <sup>3</sup> )	30	0,726	0,09 (11,72)
PSV	30	0,689**	0,08** (11,14)

CH contenido de humedad; Dn densidad aparente normal; Do densidad aparente anhidra; PSV peso seco volumétrico. CH content humidity; Dn normal apparent density; Do apparent density anhidra; PSV dry weight volumétrico. \*\* Adimensional. Los coeficientes de variación (C.V. %) se indican entre paréntesis. \*\* Adimensional. The coefficients of variation (C.V.%) they are indicated between bracket.

El CH determinado se ubicó dentro de lo sugerido para la determinación de las propiedades físico-mecánicas de las maderas, (Coronel, 1994). De acuerdo con lo esperado la

Dn representó el mayor valor y el PSV el menor de ellos (Tabla 1), (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1989).

### Cambios dimensionales

**Tabla 2.** Valores de contracción y PSF de la madera de roble.

**Table 2.** Values of contraction and PSF of the wood of oak.

Parámetros	Cantidad de muestras	Media* (%)	Desvío estándar (%)
Cn <sub>rdmáx</sub>	30	6,80 a	0,82 (12,08)
Cn <sub>tgmáx</sub>	30	12,54 b	1,25 (9,95)
v <sub>rd</sub>	30	0,28 a	0,04 (12,73)
v <sub>tg</sub>	30	0,42 b	0,04 (8,72)
PSF	30	27,41	3,79 (13,83)

Cn<sub>rdmáx</sub> contracción normal radial máxima; Cn<sub>tgmáx</sub> contracción normal tangencial máxima; v<sub>rd</sub> coeficiente de contracción radial; v<sub>tg</sub> coeficiente de contracción tangencial; PSF punto de saturación de las fibras. Cn<sub>rdmáx</sub> normal radial maximum contraction; Cn<sub>tgmáx</sub> normal tangential maximum contraction; v<sub>rd</sub> coefficient of radial contraction; v<sub>tg</sub> coefficient of tangential contraction; PSF saturation point of the fibers. \*Letras diferentes denotan diferencias significativas con el test de Tukey (p = 0,05). Los coeficientes de variación (C.V. %) se indican entre paréntesis. \*Different letters denote significant differences with Tukey's test (p = 0,05). The coefficients of variation (C.V.%) they are indicated between bracket.

Se encontraron diferencias significativas entre los valores de Cn<sub>máx</sub>. y v en los dos planos de estudios, siendo superiores los valores de Cn<sub>tgmáx</sub> (Tabla 2) en coincidencia con lo expuesto por Coronel (1994), como también en los valores de v<sub>tg</sub>. Según los v hallados, en la madera se registrará una disminución en sus dimensiones originales del 0,28% y del 0,42% en sentido radial y tangencial respectivamente al perder el 1% del CH desde el PSF (27,41%) hasta su estado anhidro.

### Coefficiente de anisotropía

El T/R obtenido fue 1,84. De acuerdo con esto, esta madera se considera de estabilidad media, (Coronel, 1994). Lo mismo se determinó mediante el análisis conjunto de los valores de Cn<sub>rdmáx</sub>, Cn<sub>tgmáx</sub>, v<sub>rd</sub>, v<sub>tg</sub>, y T/R.

## PROPIEDADES MECÁNICAS

**Tabla 3.** Dureza Janka

**Table 3.** Hardness janka

Plano	Cantidad de muestras	Media* (N/mm <sup>2</sup> )	Desvío estándar (N/mm <sup>2</sup> )
Transversal	30	82,91 a	6,40 (7,72)
Radial	30	74,11 b	9,98 (13,47)
Tangencial	30	76,71 b	11,32 (14,75)

\*Letras diferentes denotan diferencias significativas con el test de Tukey ( $p < 0,05$ ). Los coeficientes de variación (C.V.%) se indican entre paréntesis. \*Different letters denote significant differences with Tukey's test ( $p = 0,05$ ). The coefficients of variation (C.V.%) they are indicated between bracket.

El valor de dureza transversal fue significativamente superior al de las otras dos orientaciones de estudio. Los valores de dureza radial y tangencial no presentaron diferencias significativas, (Tabla 3). Según la relación Do – dureza esta especie es clasificada como semipesada y dura, (Coronel, 1995). De acuerdo con esto, la madera de roble europeo puede ser utilizada en solados de diferentes tipos, aún en lugares de alto tránsito.

**Tabla 4.** Valores de los ensayos de flexión, compresión paralela y perpendicular a las fibras y corte para la madera de roble europeo.

**Table 4.** Values of the flexion tests, compression parallel and perpendicular to the fibers and cut for the wood of oak.

Parámetros	Nº muestras	Media (N/mm <sup>2</sup> )			Desvío estándar (N/mm <sup>2</sup> )		
		MOR	MOE	TLP	MOR	MOE	TLP
Flexión estática	30	139,97	1079,14	61,25	15,20 (10,86)	136,70 (12,67)	6,71 (10,96)
Compresión paralela A las fibras	30	53,59	1460,99	27,51	4,90 (9,15)	198,46 (13,58)	3,40 (12,35)
Compresión perpendicular A las fibras	30	MOR 27,00			1,10 (4,08)		
Corte paralelo a las fibras	30	TR 17,72			2,21 (12,49)		

MOR módulo de rotura; MOE módulo de elasticidad; TLP tensión en el límite de proporcionalidad; TR tensión de rotura. MOR module of break; MOE module of elasticity; TLP tension in the limit of proportionality; TR tension of break. Los coeficientes de variación (C.V.%) se indican entre paréntesis. The coefficients of variation (C.V.%) they are indicated between brackets.

Según se observa en la Tabla 4 esta madera es altamente resistente, (Sparnochia, 2002). Por esto podría ser utilizada en estructuras expuestas a esfuerzos de compresión paralela (columnas y pilotes) y perpendicular a las fibras (soleras) como también a esfuerzos de compresión, tracción y corte en piezas sometidas a flexión (vigas, cumbreras, cabios, cabriadas, pisos entablados y dinteles, entre otros) (Hanono, 2001).

### Durabilidad natural

Los resultados de Pp % obtenidos se ubicaron entre 0 y 1,20 % con la cepa de pudrición castaña y entre 0 y 2,06 % con la de pudrición blanca. En este sentido, la madera fue categorizada “altamente resistente a la degradación fúngica”, (Tabla 5). La madera de roble europeo puede utilizarse en situaciones de riesgo extrema (exterior y en contacto con el suelo).

**Tabla 5.** Clases de Resistencia a la degradación fúngica (ASTM D-2017, 1978)

**Tabla 5.** Classes of Resistance to the degradation fúngica (ASTM D-2017, 1978)

Porcentaje medio de pérdida de masa	Porcentaje medio de masa residual	Clase de resistencia a la degradación fúngica
<b>0-10</b>	<b>90-100</b>	<b>Altamente Resistente</b>
11-24	76-89	Resistente
25-44	56-75	Moderadamente Resistente
45 o más	55 o menos	No Resistente

### CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, la madera de roble europeo se considera dura y semipesada por lo que esta especie puede ser usada en solados de diferentes tipos, aún en lugares de alto tránsito.

Debido a su estabilidad media será un material propenso a los defectos de forma, grietas y rajaduras durante el secado.

Por los valores de resistencia mecánica obtenidos puede ser utilizada en estructuras expuestas a compresión paralela (columnas y pilotes) y perpendicular a las fibras (soleras), como así también a esfuerzos de compresión, tracción y corte en piezas sometidas a flexión (vigas, cumbreras, cabios, cabriadas, pisos entablonados y dinteles).

Por su resistencia a la degradación es un material apto para uso exterior y en contacto con el suelo.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Lic. Ana María Bucsinszky, Instituto Spegazzini, Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP -CONICET) por proveernos la cepa xilófaga utilizada.

### BIBLIOGRAFIA

AITIM. <http://www.infomadera.net/madera/especie/9907>.

- ASTM D-2017. (1978). American Society for Testing and Materials. Standard method accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. In annual book.
- CORONEL, E.O. (1994). “Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades y sus aplicaciones”. 1 Parte: “Fundamentos de las propiedades físicas de la madera”. Publicación ITM - UNSE. 187pp.
- CORONEL, E.O. (1995). “Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas. Aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades y sus aplicaciones. 2 Parte: “Fundamentos de las propiedades mecánicas de las maderas”. Publicación ITM – UNSE. 335 pp.
- HANONO. (2001). “Construcción en madera”. Cima, producciones gráficas y editoriales. 155 pp.
- IRAM 9518. (1962). “Toxicidad, Permanencia y Eficacia de Preservadores de Madera”. Instituto de Racionalización de Materiales. 12 pp.
- IRAM 9532. (1963). “Método de determinación de humedad”. Instituto de Racionalización de Materiales. 14 pp.
- IRAM 9541. (1977). “Método de ensayo de compresión paralela a las fibras”. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 6 pp.
- IRAM 9542. (1977). “Método de ensayo de flexión estática de maderas con densidad aparente mayor de 0.5 g/cm<sup>3</sup>”. Instituto Argentino de Racionalización de materiales 10 pp.
- IRAM 9543. (1985). “Método para la determinación de los valores de contracción de la madera”. Instituto Argentino de racionalización de Materiales. 10 pp.
- IRAM 9544. (1985). “Método para la determinación de la densidad aparente”. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 10 pp.
- IRAM 9547. (1977). “Método de determinación de la compresión perpendicular al grano”. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 5 pp.
- IRAM 9570. (1971). “Método de ensayo de la dureza janka”. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 6 pp.
- IRAM 9596. (1977). “Método de ensayo de corte paralelo a la dirección de las fibras”. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 10 pp.
- Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC). (1989). “Manual del Grupo Andino para el Secado de Maderas”. 1ª Ed., Lima. Perú. Pp 294.
- SAGPyA. [http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/econo/15.\(2004\)](http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/econo/15.(2004)). Estadísticas Forestales. Indicadores de sector forestal.
- SPARNOCHIA, L. (2002). “Propiedades físicas y mecánicas, conceptos y su variabilidad”. Cátedra de Xilotecología. 16 pp.