

## LA XILOLOGÍA Y LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CINCO MADERAS NATIVAS ARGENTINAS

*Xilology and mechanical properties of five argentine native timbers*

S. M. Rivera<sup>1</sup>, M. S. Lenton<sup>1</sup>

Recibido en abril de 1997; aceptado en febrero de 1999

### RESUMEN

Se determina la influencia de las características anatómicas de la madera sobre algunas de sus propiedades mecánicas. Se seleccionaron cinco especies comerciales nativas de densidad semejante. Para cada especie se realizó una compilación de sus propiedades mecánicas a través de una búsqueda bibliográfica, y se realizó una descripción anatómica completa a partir de observaciones macro y microscópicas. Se compararon los datos obtenidos, determinando las características que más influyen en cada tipo de esfuerzo.

**Palabras Clave:** xilología, maderas nativas, propiedades mecánicas.

### ABSTRACT

The influence of the anatomical characteristics of wood on some of its mechanical properties was determined. Five commercial native species with similar density were selected. The mechanical properties were established through bibliographic search for each species. A complete anatomic description, based on macro and microscopic observations, was also made. The information obtained was compared, establishing the more influential characteristics on each kind of effort.

**Key words:** wood anathomy, native timbers, mechanical properties.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las propiedades mecánicas caracterizan el comportamiento de la madera bajo la aplicación de fuerzas. Este se modifica según sea la clase de fuerza aplicada, la estructura anatómica y el contenido de humedad de la madera ensayada.

La pared de las fibras (fundamentalmente la pared secundaria, y en ella la capa S2), es de gran interés en la determinación de la resistencia de la madera. La capa S2 es la más gruesa, y las microfibrillas de celulosa se orientan en forma paralela al eje longitudinal, ofreciendo la máxima resistencia para ciertos tipos de esfuerzos.

Se han elegido cinco especies de densidad semejante, dado que ésta tiene buena correlación con las propiedades mecánicas de la madera.

---

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Calle 60 y 119, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina.

En términos generales, la densidad depende de:

- Tamaño de las células;
- Grosor de la pared celular;
- Proporción de leño temprano / leño tardío;
- Proporción de los diferentes tipos celulares (tejidos parenquimático y de conducción);
- Contenidos.(cristales, taninos, etc.)

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron las características anatómicas de muestras correspondientes a la xiloteca del Departamento de Tecnología e Industrialización de la Madera. Se observaron mediante lupa binocular y microscopio electrónico de barrido (MEB), perteneciente al Servicio de Microscopía del Museo de Ciencias Naturales de la U.N.L.P.

Las características anatómicas observadas fueron:

- La inclinación del grano;
- La abundancia y disposición del parénquima;
- La porosidad;
- El espesor de la pared de las fibras;
- La homogeneidad de la madera;
- La abundancia y el grosor de los radios;
- Los contenidos celulares;

Las propiedades mecánicas consideradas fueron<sup>2</sup>:

- Compresión paralela a las fibras (axial);
- Compresión perpendicular a las fibras;
- Tracción paralela a las fibras (axial);
- Tracción perpendicular a las fibras (normal);
- Flexión estática;
- Dureza.

También se compararon las siguientes características físicas:

- La durabilidad a la intemperie y en contacto con el suelo;
- La penetrabilidad por los preservantes;
- El comportamiento durante el secado y estabilidad en servicio.

Las especies analizadas fueron:

- anchico *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenam.
- guatambú *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl.
- marmelero *Ruprechtia laxiflora* C. A. Meyer
- palo amarillo *Phyllostylon rhamnoides* (Pois.) Taub.
- virapitá *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.

Para obtener los valores de las propiedades físico-mecánicas y las características del comportamiento de las maderas se analizó la bibliografía referida a estas especies. Se notó la falta de trabajos destinados específicamente a ensayar estas propiedades y características en maderas nativas, siguiendo las normas existentes. Una excepción es el trabajo de Coronel (1989), de gran rigor científico, aunque sólo posee datos para una sola de las especies del presente trabajo.

---

<sup>2</sup> Nota: se tomó en todos los casos la tensión de rotura.

Para la obtención de las propiedades físico-mecánicas se utilizó como bibliografía básica Rumbo (1946), Tortorelli (1956) y Labate (1975). De los tres se obtuvieron datos de valor orientativo pero escasa confiabilidad estadística, ya que en el primer caso fueron ensayos realizados sobre un número reducido de probetas, y los dos autores restantes no especifican el número ni el origen de las muestras estudiadas. A su vez, éstos constituyen la fuente utilizada por otros autores como Ernitz (1961), Leonardis (1975), Tinto (1978), Tuset (1979), D'Antoni (1986), Santos Biloni (1990) y García Sola. Existen ciertas diferencias en los valores de peso específico, basados probablemente en ensayos o en experiencia personal, sin conocerse tampoco su origen.

Las características del comportamiento durante el secado y la durabilidad de las maderas fueron extraídas de Rumbo (1946), Borlando (1956), Tortorelli (1956), Ernitz (1961), Leonardis (1975), Tuset (1979), D'Antoni (1986) y Santos Biloni (1990). La terminología utilizada en las descripciones se basó en Monteoliva (1995) y Chattaway (1932).

### 3. RESULTADOS

A continuación se detallan las características estructurales observadas para cada especie:

- Anchico

Anillos de crecimiento poco demarcados, porosidad difusa, poros pequeños a medianos. Textura fina y homogénea, grano derecho, vasos de trayecto entrelazado, solitarios o múltiples cortos (a veces largos). Fibras muy cortas y juntas, entrelazadas, de contorno poligonal y pared muy gruesa; de 0,8 a 1,1 mm. de largo por 10  $\mu$ m de diámetro. Parénquima paratraqueal vasicéntrico, a veces confluyente en bandas, representando un 25 a 30 %<sup>3</sup>. Radios: numerosos y próximos (6 a 10 por mm), anastomosados. Contenidos: cristales abundantes en el límite de los anillos (en células parenquimáticas y en fibras) y tálides.

- Guatambú

Anillos de crecimiento poco demarcados, porosidad difusa, poros medianos. Textura fina y homogénea, grano derecho. Fibras cortas de pared delgada a gruesa, de 1,4 mm de largo por 10 a 12  $\mu$ m de diámetro. Parénquima paratraqueal confluyente, en bandas terminales (a veces) vasicéntrico, representando un 20 a 25 %<sup>3</sup>. Radios: moderadamente numerosos (6 a 8 por mm), predominando los tri y tetraseriados. Contenidos: cristales.

- Marmelero

Anillos de crecimiento no demarcados, porosidad difusa, poros pequeños. Textura fina y homogénea, grano entrelazado, vasos de trayecto oblicuo. Fibras muy cortas y muy gruesas, de 0,8 mm de largo por 12  $\mu$ m de diámetro. Parénquima apotraqueal difuso, a veces paratraqueal escaso con tendencia a vasicéntrico, representando sólo un 5 %<sup>3</sup>. Radios: muy numerosos (15 a 25 por mm). Contenidos: abundantes cadenas de cristales y tálides.

- Palo amarillo

Anillos de crecimiento no demarcados, porosidad difusa, poros pequeños. Textura fina y homogénea, grano oblicuo. Fibras muy cortas, de sección poligonal y paredes muy gruesas, de 0,9 mm de largo por 10  $\mu$ m de diámetro. Parénquima paratraqueal vasicéntrico y confluyente en bandas estrechas, representando un 60 %<sup>3</sup>. Radios: muy numerosos (12 a 16 por mm). Contenidos: gomas y taninos. Estructura estratificada.

<sup>3</sup> 1% del tejido, medido en la superficie transversal.

## - Virapitá

Anillos de crecimiento poco demarcados, porosidad difusa. Textura media y heterogénea, grano entrelazado. Fibras muy apretadas, con pared gruesa (diámetro:  $0,9\mu$ ). Parénquima vasicéntrico notable, con tendencia a aliforme y confluyente (también hay parénquima en bandas terminales de 1 o 2 células de ancho), representando un 30 %, 3. Radios: muy numerosos (8 a 12 por mm), de células procumbentes redondeadas. Contenidos: cristales en células parenquimáticas; presencia de tílides y gomas.

En la Tabla 1 se resumen las características xilológicas de mayor influencia sobre las propiedades mecánicas, y en las tablas 2 y 3 se presentan los datos físico-mecánicos, y de secado y durabilidad hallados.

**Tabla 1** Características xilológicas

	<b>anchico</b>	<b>guatambú</b>	<b>marmelero</b>	<b>palo amarillo</b>	<b>virapitá</b>
Porosidad (tamaño de poros)	difusa (pequeños a medianos)	difusa (medianos)	difusa (pequeños)	difusa (pequeños)	difusa
Textura	fina y homogénea	fina y homogénea	fina y homogénea	fina y homogénea	media y heterogénea
Grano	derecho - entrelazado	derecho	entrelazado – oblicuo	oblicuo	entrelazado
Fibras	muy cortas y muy gruesas	cortas y medias a gruesas	muy cortas y gruesas	muy cortas y muy gruesas	gruesas
Parénquima	25 - 30 % paratraqueal vasicéntrico	20 - 25 % paratraqueal confluyente y en bandas terminales (vasicéntrico)	5 % apotraqueal difuso (paratraqueal escaso)	60 % paratraqueal vasicéntrico y confluyente en bandas estrechas	30 % paratraqueal vasicéntrico a aliforme y confluyente (en bandas terminales)
Radios	numerosos, anastomosa- dos	Moderada-mente numerosos	muy numerosos	muy numerosos	muy numerosos
Contenidos	Abundantes cristales, tílides	cristales	abundantes cristales, tílides	gomas, taninos	cristales, tílides
Estratificación	-	-	-	presente	-

**Tabla 2** Propiedades físicas y mecánicas

	<b>anchico</b>	<b>guatambú</b>	<b>marmelero</b>	<b>palo amarillo</b>	<b>virapitá</b>
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	0,95	0,82	0,75	0,89	0,88
Compresión paralela (kg/cm <sup>2</sup> )	504,00	391,00	448,00	692,00	393,00
Compresión perpendicular (kg/cm <sup>2</sup> )	140,00	sd	sd	sd	sd
Tracción paralela (kg/cm <sup>2</sup> )	960,00	980,00	sd	sd	516,00
Tracción perpendicular (kg/cm <sup>2</sup> )	44,00	35,00	30,00	sd	23,50
Flexión estática (kg/cm <sup>2</sup> )	1180,00	1325,00	1002,00	890,00	610,00
Dureza transversal (kg/cm <sup>2</sup> )	1139,00	900,00	sd	930,00	968,00
Dureza tangencial (kg/cm <sup>2</sup> )	1055,00	780,00	850,00	sd	sd
Dureza radial (kg/cm <sup>2</sup> )	1074,00	730,00	sd	sd	sd

sd: sin datos

**Tabla 3** Otras características

	<b>anchico</b>	<b>guatambú</b>	<b>marmelero</b>	<b>palo amarillo</b>	<b>virapitá</b>
Durabilidad en la intemperie	muy alta	no durable	no durable	no durable	moderada
Durabilidad en el suelo	muy alta	no durable	no durable	no durable	no durable
Absorción de preservantes	muy baja	buenas	moderada	sd	baja
Secado	lento	lento	muy lento	lento	lento
Estabilidad en uso	alta	alta	baja	alta	baja

sd: sin datos

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De los datos de ensayos de compresión paralela se deduce que las cinco especies presentan valores altos de resistencia. Estructuralmente lo relacionamos con el espesor de pared, el diámetro de las fibras y el tamaño de los poros. El palo amarillo y el anchico presentan la mayor resistencia; ambas especies son de estructura homogénea y fibras con lumen reducido. La presencia de estructura estratificada en el palo amarillo, probablemente favorezca la resistencia en este ensayo. El virapitá, si bien presenta poros amplios y abundante parénquima, tiene fibras de lumen reducido, lo cual lo hace relativamente resistente.

En el ensayo de compresión perpendicular las fibras no son rotas por el esfuerzo, sino que las sucesivas capas son aplastadas unas contra otras, produciéndose la deformación de los lúmenes. Con respecto a la estructura anatómica, conviene relacionar el espesor de pared, la presencia de parénquima y los contenidos. Aquí la pared secundaria es la de mayor importancia, ya que ocupa una mayor área de sección. Las zonas por donde se puede producir la rotura son las más frágiles, dadas por el tejido parenquimático y por los campos de cruzamiento, donde se presentan las máximas discontinuidades en la pared celular. La presencia de contenidos (tíldes y cristales) en las cinco especies, dificulta la deformación celular. Este ensayo no figura en la tabla por carecer de suficientes datos.

En el ensayo de tracción paralela interesa el grosor de la pared celular y su contenido de lignina, y la inclinación del grano. Si la fuerza no es aplicada en forma perfectamente perpendicular a la dirección del mismo, resulta un esfuerzo combinado de ambos tipos de tracción. Los resultados se pueden relacionar con el espesor de la pared, el tamaño de los poros, el diámetro de las fibras y la textura (es decir, la abundancia relativa de fibras). El anchico y el guatambú presentan la mayor resistencia, teniendo ambos textura homogénea y grano derecho. El virapitá, en cambio, presenta los valores más bajos de resistencia a la tracción, con textura heterogénea y grano entrelazado.

En el ensayo de tracción perpendicular interesa la adherencia entre las fibras, dada por la laminilla media y el contenido de lignina. Si relacionamos la textura, el virapitá y el marmelero presentan textura heterogénea (es decir, mayor proporción de parénquima y vasos) y los valores más bajos de resistencia a la tracción. El valor máximo corresponde al anchico, que presenta mayor dureza y durabilidad (ambas características asociadas al mayor contenido de lignina).

La resistencia de las maderas a la flexión estática sería inversamente proporcional al ángulo de inclinación de las fibras respecto al eje longitudinal (grano). De las maderas analizadas, el guatambú muestra mayor resistencia a la rotura por flexión, coincidiendo esto con su grano derecho. El anchico, el marmelero, el palo amarillo y el virapitá, en cambio, presentan granos entrelazados y oblicuos.

La dureza depende tanto del espesor de la pared como de su contenido de lignina. También influyen la homogeneidad del tejido (ya que una mayor proporción de tejido parenquimático la afectaría negativamente), y la presencia de contenidos celulares. El anchico presenta una notable dureza, presentando muy baja absorción de preservantes y muy alta durabilidad a la intemperie y en contacto con el suelo, lo que indica fibras con lumen reducido y elevado contenido de lignina.

Se recomienda la realización de dichos ensayos, utilizando normas que permitan repetirlos bajo las mismas condiciones, y siguiendo métodos estadísticos para obtener resultados confiables y comparables. Para esto se deberá tener en cuenta:

- Procedencia de las muestras;
- Número de probetas;
- Contenido de humedad de las mismas (se recomienda 12 %);
- Normas utilizadas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos los consejos y las observaciones hechas al borrador del trabajo por parte de los Ingenieros Forestales Ismael Andía y Patricia Espósito.

**REFERENCIAS**

- Borlando, L. 1956. Durabilidad natural relativa del duramen de las maderas argentinas. LEMIT, Serie II, N° 68. Editado por LEMIT (Laboratorio de Ensayos de Materiales e Investigaciones Tecnológicas) 13p.
- Coronel, E. O. 1989. Estudio de las propiedades físico-mecánicas de las maderas del Parque Chaqueño. Valores y variaciones de las propiedades. 1ª parte. I.T.M., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- Chattaway, M. 1932. Proposed standards for numerical values used in describing woods. *Tropical Woods* 29: 20-28.
- D'Antoni, J. C. 1986. Posibilidades de industrialización de los recursos leñosos del Parque Chaqueño. Proyecto TCP/Argentina/4401(E) - Recuperación de áreas afectadas por las inundaciones. FAO-IFONA.
- Ermitz, A. 1961. Manual de maderas. Librería y editorial Alsina, Buenos Aires. 66 p.
- García Sola, E. Propiedades físicas de madera del Bermejito. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Nordeste, Resistencia, Chaco.
- Labate, P. 1975. Calificación de la madera de especies forestales indígenas y exóticas cultivadas de acuerdo con sus propiedades físico-mecánicas. IFONA, folleto técnico forestal N° 36.
- Leonardis, R. y Dimitri, M. 1975. Libro del árbol, tomos 1 y 2. Editorial Celulosa Argentina S. A.
- Monteoliva, S. y P. Espósito 1995. Lista de características microscópicas para la identificación de maderas duras. (Trad. de IAWA - 1989 - Bulletin n. s. Vol. 10 (3): 219-332) Universidad Nacional de La Plata (inédito).
- Rumbo, M.; M. Pallota; A. Demarco; L. Rodriguez y L. Bustos 1946. Maderas Argentinas - Informe sobre características físicas y mecánicas. Laboratorio de Ensayos de Materiales, Instituto Aerotécnico, Secretaría de Aeronáutica, Córdoba. 71 p.
- Santos Biloni, J. 1990. Árboles Autóctonos Argentinos. Tipográfica Editora Argentina, Buenos Aires.
- Tinto, J. C. 1978. Aporte del sector forestal a la construcción de viviendas. IFONA, Folleto técnico forestal N° 44, 2ª edición.
- Tortorelli, L. 1956. Maderas y Bosques Argentinos. Administración Nacional de Bosques. Editorial ACME, Buenos Aires.
- Tuset, R. y F. Durán 1979. Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización (aserrado, secado, preservación, descortezado, partículas). Editorial Hemisferio Sud, Montevideo, Uruguay. 688p.
- JUNAC. (Junta del Acuerdo de Cartagena) 1989. Manual del Grupo Andino para el secado de madera. - Proyecto subregional de promoción industrial de la madera para construcción. Lima, Perú.

