

VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA DE ESPECIES NATIVAS Y CULTIVADAS EN EL CHACO ARGENTINO

Variation of physical and mechanical wood properties of native and exotic species from Argentine Chaco

Eduardo O. Coronel¹

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza la determinación de las variaciones de las propiedades físicas y mecánicas de la madera, en base a las investigaciones llevadas a cabo con especies forestales, nativas y cultivadas de la región del Chaco Argentino.

Palabras clave: coeficiente de variación, madera, propiedades físicas y mecánicas,

ABSTRACT

This paper presents the determination of the variation coefficient achieved through physical and mechanical properties of woods, based on investigations on native and exotics species of Argentine Chaco.

Key Words: Variation coefficient; physical and mechanical properties, Argentine

1. INTRODUCCIÓN

En nuestro país se han llevado a cabo anteriormente estudios sobre determinaciones de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas autóctonas y cultivadas en forma aislada y sin considerar regiones fitogeográficas determinadas; pero en ellos se mencionan solamente valores medios de las propiedades y se omiten de indicar datos importantes que son necesarios para empleos posteriores, como la cantidad de probetas utilizadas, y fundamentalmente no presentan las indicaciones estadísticas mínimas, tales como desviación estándar y coeficiente de variación.

En el proyecto de investigación denominado "Estudio y determinación de las propiedades físico-mecánicas de las maderas del Parque Chaqueño", financiado por el CONICET² y realizado en el Instituto de Tecnología de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, y cuya primera parte se terminó en 1989, se incorporaron estos conceptos, en la seguridad de que ello permitirá entrar en mayores consideraciones respecto de las propiedades de estas maderas, tendiendo a un aprovechamiento más racional y derivando por lo tanto en una correcta aplicación.

2. OBJETIVO

Determinar coeficientes de variación en propiedades físicas y mecánicas de la madera de algunas especies nativas y exóticas que crecen en el Parque Chaqueño Argentino.

¹ Instituto de Tecnología de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Avda. Belgrano (S) 1.912, 4.200 Santiago del Estero, Argentina.

² CONICET: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. La madera

La madera es un producto orgánico natural, presentando las características de un material complejo y variable. Además, se ha comprobado mediante investigaciones efectuadas por diferentes autores, que las propiedades de las maderas varían de la misma forma que las especies vegetales, según las zonas geográficas y los climas. De esta manera, una especie vegetal desarrollada en la misma zona, pero en terrenos diferentes en cuanto a altitud, humedad o composición, acusa notables diferencias. De la misma forma, pueden aparecer diferencias si se comparan maderas provenientes de la selva, de plantaciones, o de bosques formados en laderas de montaña.

La madera está constituida por células de diversas formas, con paredes de espesores variados y dispuestas diferentemente según las especies, pero siempre orientadas en las direcciones ortogonales principales (longitudinal, radial y tangencial). Estas células forman la estructura peculiar de la madera, y explican su naturaleza heterogénea y anisótropa. En virtud de ello, las características de las maderas varían de un punto a otro, y también sus resistencias se modifican según las direcciones consideradas.

3.2. Obtención y preparación de las muestras

3.2.1. Procedencia y distribución de las muestras

Para las investigaciones fueron utilizadas muestras de maderas de distintos lugares de la Región del Parque Chaqueño. Así, para las especies nativas se tomaron muestras de las siguientes localidades:

Embarcación, Provincia de Salta.

Maclura tinctoria var. *xanthoxylon* (Engl.) Hassl. Mora amarilla

Myroxylon peruiferum L. fil. Quina

Calycophyllum multiflorum Gris . Palo blanco

Phyllostyllum rhamnoides (Pois.) Taub. Palo amarillo o Palo lanza

Los Tigres, El Caburé y Los Pirpintos, Provincia de Santiago del Estero

Schinopsis quebracho-colorado (Schlecht.) Bark. et Meyer. Quebracho colorado santiagueño

Aspidosperma quebracho-blanco Schlecht. Quebracho blanco

Prosopis nigra (Gris.) Hierom. Algarrobo negro

Zizyphus mistol Gris. Mistol

Cercidium australe Johnst. Brea

La Salvación y Comandante Fontana, Provincia de Formosa

Tabebuia ipe (Mart.) Standl. Lapacho negro

Anadenanthera macrocarpa Benth. Curupay o Cebil colorado

Mientras que las especies cultivadas fueron tomadas en:

Estaciones Forestales San Carlos y Fernández del ex IFONA³, Provincia de Santiago del Estero

Araucaria bidwillii Hook. Araucaria bidwillii

Pawlonia tomentosa (Thumb.) Steud. Kiri

Eucalyptus camaldulensis Dehnh. Eucalipto camaldulensis o rostrata

Eucalyptus tereticornis Smith. Eucalipto tereticornis

Melia azederach L. var. *gigantea* Paraíso gigante

Casuarina cunninghamiana Miq. Casuarina

Pinus halepensis Mill. Pino halepensis o Pino de halepo

Populus deltoides I - 64 Álamo

Las especies cultivadas fueron incluidas por las razones de que tiempo atrás se implantaron en la región del Parque Chaqueño, y que por su adaptación y crecimiento pueden presentar un futuro económico promisorio.

3.2.2. Recolección de las muestras

La recolección de las muestras fue al azar y se siguieron pautas desarrolladas en investigaciones australianas, en las que se indican que las variaciones entre los árboles son más significativas que la variación dentro del mismo árbol; de manera que una precisión mucho mayor con respecto a los valores de la media, se obtiene tomando más árboles de diferentes sitios y menos muestras de cada árbol, que un número equivalente de muestras obtenidas de menos árboles y menos sitios (R. G. Pearson and S.J. Williams, 1952).

Teniendo en cuenta los objetivos de las investigaciones, para cada una de las especies fueron tomados seis árboles y extraídas dos muestras de cada ejemplar; de esa manera se ensayaron 12 probetas para cada una de las propiedades que se estudiaron.

Los árboles muestras fueron apeados en los lugares mencionados, y de cada ejemplar fue tomado un rollo de 1,40 m. de largo. En ocasiones, en las cercanías del lugar de apeo, se contó con el apoyo de algún aserradero, y algunos ejemplares inmediatamente de ser abatidos fueron seccionados longitudinalmente obteniéndose un tablón central de aproximadamente 8 cm. de espesor, mientras que otras especies fueron transportadas en rollo hasta Santiago del Estero.

³

3.2.3. Preparación y acondicionamiento de las probetas

En una primera etapa se aserraron los rollos, dándoles forma de tabloncillos centrales de unos 7 cm. de espesor; después fueron apilados en un galpón con buena circulación de aire, colocándose parafina en los extremos, para evitar una rápida desecación.

Después de cinco meses de estacionamiento de los tabloncillos, donde la humedad disminuyó hasta unos 35%, comenzó la preparación definitiva de las probetas de ensayo. Para ello se utilizó una sierra sinfín de 70 cm. de diámetro de volante, una sierra circular de mesa con caballete de maniobra inclinable y con uña de metal duro, una máquina combinada cepilladora-garlopa, y una fresadora-copiadora de frecuencia rápida.

Tomando en cuenta la orientación de los anillos de crecimiento y la dirección de las fibras, se extrajeron de cada tablón dos listones (con ubicación contrapuesta y equidistante del centro en lo posible) de todo el largo, de una sección transversal aproximada de unos 7 cm. por 7 cm.; el resto del tablón se mantuvo como material de reserva. Posteriormente, de cada uno de los listones se cortó un trozo de longitud adecuada, de donde fueron elaboradas las probetas destinadas a los ensayos de las propiedades físicas (peso específico aparente, hinchamiento y contracción), previo maquinado a las dimensiones que establecen las Normas IRAM y DIN; al resto de los listones se colocó nuevamente parafina en los extremos, para evitar los defectos ocasionados por un rápido secado al aire libre.

La etapa siguiente comprendió la elaboración de las probetas destinadas a las propiedades mecánicas. Para ello, el resto de los listones se secaron al aire libre hasta aproximadamente un 20% de humedad, y se maquinaron los listones en "cuartones" de una sección transversal de 5 cm. por 5 cm., tratando de obtener una buena orientación de los anillos de crecimiento. Después, fueron colocados los cuartones en cámara climatizada en un "clima normal" (ambiente de $20 \pm 1^\circ$ C de temperatura y $65 \pm 3\%$ de humedad relativa del aire) según la Norma DIN 50.014, hasta tener un peso constante de los mismos; en este ambiente, la humedad de la madera es aproximadamente de un 12%. Por último, se elaboraron las probetas definitivas con sus medidas adecuadas, aserrando de cada cuartón las probetas para los diferentes ensayos (compresión longitudinal, flexión, corte, dureza, etc.).

Antes de efectuar los ensayos, las probetas fueron colocadas nuevamente en clima normal, hasta peso constante, con excepción de las destinadas a la determinación del peso específico aparente anhidro.

3.3. Ejecución de los ensayos

Para llevar a cabo los ensayos correspondientes, se emplearon las especificaciones técnicas indicadas en las Normas IRAM y DIN. Los ensayos normalizados que se efectuaron, fueron los siguientes:

3.3.1. Propiedades físicas

- Peso específico anhidro y normal, r_0 y r_{12} (al 12% de humedad), respectivamente; según la Norma IRAM 9.544.

- Hinchamiento longitudinal (α_l) radial (α_r), tangencial (α_t) y volumétrico total (α_v)
- Contracción longitudinal (β_l), radial (β_r), tangencial (β_t) y volumétrica total (β_v)

Estos dos últimos se realizaron de acuerdo con la Norma DIN 52.184.

3.3.2. Propiedades mecánicas

Para la determinación de la mayoría de estas propiedades, se empleó una máquina universal de ensayo SCHENK-TREVEL, tipo PSW 300. Los ensayos realizados, fueron:

- Compresión paralela a las fibras (σ_c) según la Norma IRAM 9.541.
- Flexión estática (σ_f) y Módulo de elasticidad a la flexión estática (E_f) de acuerdo con la Norma IRAM 9.542.
- Flexión dinámica o esfuerzo de choque; según la Norma IRAM 9.546.
- Dureza Janka (D_j) siguiendo las indicaciones de la Norma IRAM 9.570.
- Corte o esfuerzo de cizalladura (τ) en sentido paralelo a las fibras (siguiendo las orientaciones radial y tangencial de las probetas); de acuerdo con la Norma DIN 52.187.

3.4. Cálculo del coeficiente de variación

Con los datos obtenidos de cada uno de los ensayos fue realizada una evaluación estadística, que comprendió los siguientes valores:

Valor medio (\bar{x}):
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Variancia (s^2):
$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Desviación standard (s):
$$S = \sqrt{S^2}$$

Coefficiente de variación (C.V):
$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$$

De los valores indicados anteriormente, el primero (\bar{x}), representa al promedio aritmético de los resultados individuales registrados, mientras que la desviación estándar (s) indica el desvío encontrado con respecto al valor medio. A su vez, el coeficiente de variación (CV) representa una medida relativa de la variabilidad encontrada con respecto al valor medio o promedio y se expresa en porcentaje.

4. RESULTADOS

Los valores de C.V para las propiedades físicas y mecánicas de algunas especies de la Región del Parque Chaqueño Argentino, extractados de las investigaciones llevadas a cabo, se indican en la Tabla I.

Tabla 1. Coeficiente de variación (en %) de propiedades físicas y mecánicas de algunas especies de la región del Parque Chaqueño Argentino.

Propiedad	Algarrobo negro	Lapacho negro	Mora amarilla	Palo blanco	Queb. blanco	Queb. col. sant.	Alamo I-64	Paraíso Gigante	Pino de Halep o
Peso específico aparente (r_{12})	6	8,6	5,8	8,49	8,04	8,44	2,78	5,8	12,53
Hinchamiento volumétrico total (a_v)	6,9	8,99	17,77	8,22	15,57	17,07	4,21	4,78	14,92
Contracción volumétrica total (b_v)	9,85	8,8	16,95	10,59	15,4	18,64	3,96	3,92	14,23
Compresión longitudinal (s_c)	9,6	9,65	9,59	11,89	12,64	21,39	6,86	5,74	9,35
Flexión estática (s_f)	12,6	14,64	15,9	13,43	14,44	24,73	8,22	12,87	10,86
Módulo de elasticidad (E_f)	7,33	15,91	31,5	18,33	12,98	25,73	11,63	9,87	20,85
Flexión dinámica	36,85	38,85	22,35	47,65	37,99	48,72	12,31	16	35,27
Dureza Janka (D_{jr}) radial	16,19	12,83	14,22	15,04	8,33	10,16	16,57	14,97	15,1
Dureza Janka tangencial (D_{jt})	18,16	14,7	11,42	18,77	9,71	9,27	6,72	8,1	11,1
Corte paralelo fib. orientación radial ($t_{ }$)	24,82	25,35	18,65	21,64	18,18	16,7	7,76	19,88	11,38
Corte paralelo a las fibras orientación tangencial (t_{\perp})	23,72	23,12	21,89	15,58	23,13	9,3	22,98	25,32	13,53

5. CONCLUSIONES

De la observación de la Tabla 1 surge que mientras en algunas propiedades existe una gran variación de valores de CV, en otras esta variación es pequeña. Ello demuestra en forma contundente:

1. La necesidad de estudiar la variabilidad de las propiedades físicas y mecánicas de la madera especie por especie mediante los respectivos ensayos normalizados y sistemáticos
2. Dentro de lo posible, acompañarlos por ensayos químicos relacionados con la estructura anatómica de la madera

3. Efectuar las respectivas evaluaciones estadísticas y de esta forma encontrar datos concretos sobre las variaciones de las propiedades físicas y mecánicas que posteriormente pueden ser utilizadas en investigaciones aplicadas o en recomendaciones para futuros usos y empleos de la madera.

6. BIBLIOGRAFÍA

Coronel, E.O.1984. Bestimmung einiger holztechnologischer Eigenschaften der Baumart *Aspidosperma quebracho-blanco* Schlecht. (Quebracho blanco) und ihre Bewertung durch experimentellen Vergleich der IRAM, und DIN Normen für Schnittholzsortierung, unter besonderer Berücksichtigung der argentinischen Holzverwertung und Verwendung. Tesis doctoral, der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg i. Br. Rep. Federal de Alemania.

Coronel, E.O.1989. Estudio y determinación de las propiedades físico-mecánicas de las maderas del Parque Chaqueño Valores y variaciones de las propiedades 1ª Parte, Instituto de Tecnología de la Madera, Fac. de Ciencias Forestales/Univ. Nac. de Santiago del Estero. Serie de publicaciones 8906.

DIN 1982 .Taschenbuch N° 31 Normen über Holz.

DIN-Deutschen Institut für Normung e.V. Beuth-Verlag GmbH, Berlín.

IRAM 1984. Maderas. Ensayos de propiedades físicas y mecánicas. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales; Catálogo de Normas IRAM, Buenos Aires, Argentina.

Keylwerth, R.1966. Die Bedeutung der mathematischen Statistik für Holzforschung und Holzwirtschaft. Holz als Roh und Werkstoff

Labate, P. 1964. Peso específico de maderas de especies forestales indígenas, exóticas e importadas. Administración Nacional de Bosques, Buenos Aires, Argentina.

Pearson, R; Williams, J. A 1952. Review of Methods for Sampling of Timber. Australia, Forest Products Journal, Vol. 8. N° 9

Galante, J.J. 1982. Tecnología de la Madera. Librería y Editorial Nigar S.R.L., Buenos Aires, Argentina.

