

**INFLUENCIA DE LA CLASE DIAMÉTRICA DE EXPLOTACIÓN Y LAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-ANATÓMICAS EN LA DURABILIDAD DE LA
MADERA DE CUATRO CLONES DE *Populus deltoides* MARSHALL**

**INFLUENCE OF THE DIAMETRICAL CLASS OF EXPLOTATION AND THE
PHYSICAL-ANATOMICAL WOOD CHARACTERISTICS ON NATURAL
DURABILITY OF FOUR *Populus deltoides* MARSHALL CLONES**

Natalia N. De Cristófano¹

Mónica A. Murace²

María L. Luna³

¹Ingeniera Forestal. Ayudante Diplomado. Cátedra de Industrias Forestales I, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP).

²Licenciada en Biología. Ayudante Diplomado. Cátedra de Protección Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP).

³Doctora en Ciencias Naturales. Jefe Trabajos Prácticos. Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP). Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC).

¹CC 31 (1900), La Plata - Buenos Aires - Argentina. e mail indforest1@ceres.agro.unlp.edu.ar

SUMMARY

The purpose of this study was to evaluate the natural durability of four *Populus deltoides* clones woods belonging to different diametrical classes of exploitation and to determinate its relationship with the density and the anatomical characteristics of the material. Two diametrical classes of *Populus* clones from Delta Paranaense (Argentina) were employed: class I: 15 a 20 cm; class II: 25 a 30 cm. Laboratory degradation and density tests were performed according with IRAM 9518 and 9544 Standards, respectively. The anatomical features were studied from macerations and microtome sections stained with safranin. A relationship between diametrical class, loss weight, wood density and the anatomical characteristics was not found. In the studied clones, growth rate affected slightly wood density and, in addition, this parameter did not determined in a larger part a greater resistance to decay. Correlations between weight losses, apparent normal density and anatomy were founded for analized clones.

Key words : poplar, durability, diametrical classes, density, anatomy.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar la durabilidad natural de la madera de cuatro clones de *Populus deltoides* pertenecientes a diferentes clases diamétricas de explotación y establecer su relación con la densidad y características anatómicas del material. Se trabajó con madera de clones de *Populus* de la región del Delta Paranaense de 2 clases diamétricas: I: 15 a 20 cm; II: 25 a 30 cm. Los ensayos de degradación y densidad se realizaron según Normas IRAM 9518 y 9544, respectivamente. Los estudios anatómicos se realizaron a partir de disociados y cortes con micrótopo teñidos con safranina. En las maderas ensayadas no se encontró una estrecha relación entre clase diamétrica, pérdida de peso, densidad y caracteres anatómicos. En los clones estudiados la velocidad de crecimiento tuvo poco efecto sobre la densidad y no siempre determinó mayor resistencia a la degradación. Se verificó correlación entre pérdida de peso, densidad y anatomía para los clones estudiados.

Palabras clave: álamo, durabilidad, clases diamétricas, densidad, anatomía.

INTRODUCCIÓN

La madera de álamo (*Populus* sp, Salicaceae) que se comercializa en Argentina proviene principalmente de montes implantados en las provincias de Buenos Aires y Entre Ríos (Rodrigo 2000).

En la actualidad la madera de álamo se utiliza para la fabricación de envases, tableros compensados, enchapados, mueblería y placas de aglomerados sin el conocimiento, mediante métodos estandarizados, de sus propiedades físico-mecánicas como tampoco de su durabilidad. Estas características constituyen una herramienta a tener en cuenta al momento de definir sus usos y su posible diversificación en el mercado (Petray 1997-1998).

La durabilidad natural hace referencia a la resistencia que ofrece la madera a su degradación. Si bien diversos agentes deterioran la madera en servicio, el mayor daño lo ocasionan los hongos xilófagos. Estos producen una rápida modificación de las propiedades físico-mecánicas del material como resultado de la degradación de la celulosa y la lignina (Highley 1987, Highley *et al.* 1994).

Entre los factores determinantes de la durabilidad natural se pueden mencionar las características físico-anatómicas de la madera y la situación de uso. En este sentido, las proporciones de los diferentes tipos celulares así como las dimensiones de sus paredes y lúmenes son importantes en la determinación de la densidad, de las propiedades mecánicas y, en consecuencia, de los posibles usos del material (Butterfield *et al.* 1993; Rao *et al.* 1997).

Por otro lado, en algunas especies se comprobó una relación inversa entre la durabilidad y la velocidad de crecimiento (Junta del Acuerdo de Cartagena 1988; Zakel & Morrell 1992). De acuerdo con esto la hipótesis planteada es que aquellas maderas pertenecientes a una clase diamétrica menor (menor velocidad de crecimiento) presentarían una mayor densidad y en consecuencia una mayor durabilidad con respecto a maderas de una clase diamétrica superior.

Para los clones en estudio no se hallaron hasta el momento antecedentes que relacionen la durabilidad con la clase diamétrica de explotación y los aspectos físicos y anatómicos.

El objetivo de este estudio fue evaluar la durabilidad natural en cuatro clones de *Populus deltoides* pertenecientes a dos clases diamétricas de explotación y establecer su relación con la densidad y las características anatómicas del material.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con maderas de cuatro clones de *Populus deltoides* provenientes de plantaciones comerciales de 10 años de edad del establecimiento “Las Ánimas” ubicado sobre el arroyo Martínez, Ibicuy, provincia de Entre Ríos, Argentina. Los clones ensayados fueron: *P. deltoides* cv I 72, *P. deltoides* cv Catfish 2, *P. deltoides* cv I 74, *P. deltoides* cv Stoneville 109.

Se seleccionaron aleatoriamente 16 árboles por clon de dos clases diamétricas (clase I: 15 a 20 cm; clase II: 25 a 30 cm), consideradas como diferentes velocidades de crecimiento. De cada árbol se obtuvieron trozas de 4 m de longitud correspondientes a la zona de aprovechamiento comercial. De éstas se extrajeron rodajas de 10 cm de espesor a partir de las cuales se elaboraron probetas cúbicas de 20 mm de lado, libres de defectos y con superficie pulida.

Densidad Aparente Normal

La densidad aparente normal (DAN) se determinó según Norma IRAM 9544 (1985) sobre un total de 40 probetas por clon (20 por cada clase diamétrica).

Ensayos de durabilidad natural

La durabilidad del material fue determinada según Norma IRAM 9518 (1962). Se prepararon frascos con una mezcla de tierra (40 g) y arena (160 g) secadas en estufa a 103 °C.

2° C durante 72 h, tamizada y humedecida con 43 cm³ de agua destilada. Sobre el sustrato fueron colocadas dos tablillas (*feeder streeps*) de 20 mm de lado. Cada frasco fue esterilizado y posteriormente inoculado con trozos de micelio de *Pycnoporus sanguineus* (L. ex. Fr.) Murr. Bull. Cepa 163 (LPSC). Una vez que éste cubrió los *feeder streeps* se incorporaron las probetas.

Se utilizaron 40 probetas por clon (20 por clase diamétrica). Éstas fueron colocadas en estufa a 103 ± 2 °C durante 3 días y luego pesadas para obtener su peso anhidro inicial (Poi). Posteriormente se humectaron por inmersión en agua destilada hasta alcanzar un 30% de contenido de humedad, se esterilizaron y colocaron, de a pares, en los frascos sobre cada *feeder streep*. Además se emplearon 20 probetas por clon (10 por clase diamétrica) como testigos.

El material estuvo expuesto a degradación durante 90 días. Las condiciones medias de temperatura y humedad durante el ensayo fueron de 27 °C y 70 % de HR. Cumplido el tiempo de ensayo las probetas fueron extraídas de los frascos y colocadas en estufa a 103 ± 2 °C. Transcurridas 72 h de secado fueron pesadas para determinar el peso anhidro final (Pof). Con los pesos obtenidos se calculó el porcentaje de pérdida de peso (Pp %) del material empleando la fórmula:

$$Pp (\%) = \frac{(Poi - Pof)}{Poi} * 100$$

Con los Pp (%) calculados se determinó la clase de resistencia de acuerdo con la clasificación de Findlay (Norma ASTM D2017 -78).

Estudios anatómicos

Para determinar los caracteres cuantitativos del leño se empleó madera sana. Para medir la longitud de las fibras y de los elementos de vaso se realizaron disociados según la técnica de Jeffrey (1917). El diámetro de los vasos, la densidad de vasos y el espesor de la pared de las fibras fueron calculados a partir de cortes con xilótomo (30 µm de espesor) teñidos con safranina. Las mediciones fueron realizadas con un microscopio óptico Nikon Labophot 2.

Con los resultados obtenidos se realizó análisis de la varianza (p < 0.05) y ante diferencias significativas se aplicó el test de comparación de medias de Tuckey (p < 0.05). Se calcularon los coeficientes de variabilidad (CV %) en todos los análisis planteados. También

se realizaron análisis de correlación entre los valores de Pp (%), DAN y caracteres anatómicos para cada clase de los clones en estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A) Relación entre las clases diamétricas, DAN y durabilidad natural (Pp%) de los clones ensayados

Tabla 1. Valores de DAN y Pp (%) de cada clase diamétrica para cada clon.

Table 1. Apparent normal density (AND) and weight losses (Wl %) values of each diametrical class and clone.

Clon	Clase diamétrica (cm)	DAN (g/cm ³)	Pp (%) Media
Catfish 2	I	0.38 a (8,19)	48,09 a (16,38)
	II	0.37 ab (4,01)	53,79 b (8,68)
I 72	I	0.37 a (6,37)	47,47 a (12,11)
	II	0.37 ab (9,62)	47,60 ab (13,60)
I 74	I	0.37 a (7,09)	49,03 a (7,52)
	II	0.35 b (5,29)	53,79 b (12,58)
Stoneville 109	I	0.40 a (7,68)	49,72 a (16,33)
	II	0.43 b (6,92)	49,37 ab (16,39)

Letras distintas denotan diferencias significativas con Tukey ($p < 0,05$). Los coeficientes de variación se indican entre paréntesis.

*Different letters represent statistical differences with Tukey ($p < 0,05$). Coefficient of variation is given between brackets.

Las diferencias significativas halladas entre clases en los Pp (%) en los clones *Catfish 2* e *I 74* podrían relacionarse con su menor tasa de crecimiento, en coincidencia con lo propuesto por la Junta del Acuerdo de Cartagena (1988).

Según se observa en la Tabla 1, sólo en el clon *I 74*, la menor tasa de crecimiento (clase diamétrica I) se correspondió con una mayor DAN y una menor pérdida de peso, siendo estas diferencias significativas.

Contrariamente a lo esperado, en el clon *Stoneville 109* la clase diamétrica II presentó el valor más alto de DAN, si bien esto no determinó diferencias significativas en los Pp (%).

Algunos autores sostienen que la densidad puede servir como criterio de durabilidad debido a que las maderas más densas por lo general son más durables (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988). En el presente trabajo, si bien sólo en el clon *I 74* la menor Pp (%) de la clase I (menor velocidad de crecimiento) se correspondió con una mayor DAN, en todos los clones se verificó correlación inversa para los valores de Pp (%) y DAN. Los *r* estimados fueron: $r=-0.99$; $r=-0.92$; $r=-0.98$ y $r=-0.67$ para *P. deltoides* cv *Catfish 2*, *I 74*, *I 72* y *Stoneville 109*, respectivamente.

La uniformidad registrada en los valores de densidad entre clases para todos los clones coincide con lo expuesto por Zhang (1995), quien concluyó que en maderas con porosidad difusa la tasa de crecimiento no influye significativamente en la densidad.

B) Caracteres anatómicos, DAN y durabilidad natural (Pp%) de los clones ensayados

Tabla 2. Caracteres anatómicos, DAN y valores de Pp (%) de los clones en estudio para cada clase diamétrica.

Table 2. Anatomical characters, AND and WI (%) values for each diametrical class and clone.

Clon	Clase	Espesor pared fibras (μm) *	Lumen fibras (μm) *	Densidad vasos ($\text{n}^\circ/\text{mm}^2$) *	Diámetro vasos (μm) *	DAN (g/cm^3) *	Pp (%) Media*
Catfish 2	I	2.72 a (4.91)	15.86 a (10.56)	33.3 a (9.5)	60.78 a (11.54)	0.38 a	48,09 a
	II	2.70 ab (11.54)	16.3 ab (16.76)	38 b (7.54)	69.58 b (8.24)	0.37 ab	53,79 b
I 72	I	3.42 a (18.8)	12.37 a (17.8)	48.7 a (7.52)	59.22 a (12.07)	0.37 a	47,47 a
	II	2.74 b (5.78)	14.55 b (16.7)	28.6 b (8.0)	72.88 b (9.78)	0.37 ab	47,60 ab
I 74	I	2.90 a (18.6)	13.61 a (19.7)	37.67 a (4.08)	61.42 a (6.16)	0.37 a	49,03 a
	II	2.67 ab (9.38)	15.32 ab (17.8)	37.60 ab (7.9)	65.9 ab (6.04)	0.35 b	53,79 b
Stoneville 109	I	2.75 a (9.05)	11.69 a (19.6)	38.5 a (11.16)	58.62 a (10.05)	0.40 a	49,72 a
	II	2.80 ab (13.56)	14.6 b (18.5)	30.1 b (16.8)	60.80 ab (8.12)	0.43 b	49,37 ab

*Letras distintas denotan diferencias significativas con Tukey ($p \leq 0,05$). Los coeficientes de variación se indican entre paréntesis.

*Different letters represent statistical differences with Tukey ($p \leq 0,05$). Coefficient of variation is given between brackets.

Según se observa en la Tabla 2 sólo en el clon *Catfish 2* las diferencias significativas en los Pp (%) entre clases se relacionaron con diferencias significativas en la densidad y diámetro de vasos. De este modo un mayor Pp (%) se asoció con una menor densidad de vasos y un menor diámetro de vasos.

C) Relación entre la DAN y los caracteres anatómicos

Algunos autores sostienen que la densidad de la madera está asociada a sus características anatómicas. Rao *et al.* (1997) consideran que las proporciones de los diferentes tipos celulares en la madera junto con el espesor de sus paredes celulares y las dimensiones de sus lúmenes son importantes para determinar, entre otras, propiedades como la densidad. Asimismo Butterfield *et al* (1993) mencionan que en maderas con porosidad difusa, un aumento en la densidad está relacionado con un incremento en el espesor de las paredes de las fibras y su proporción en el leño.

Las diferencias significativas halladas entre clases para los caracteres anatómicos estudiados no siempre se tradujeron en diferencias significativas en los valores de DAN estimados. Asimismo, se verificó para cada uno de los clones en estudio, una relación directa entre DAN y espesor de pared de fibras e inversa entre DAN y diámetro y densidad de vasos (Tabla 3).

Tabla 3. Coeficientes de correlación (r) entre DAN y caracteres anatómicos para los clones ensayados.

Table 3. Correlation coefficients (r) between AND and the anatomical characters of the analyzed clones.

Clon	Espesor pared fibras (μm)	Densidad vasos (μm)	Diámetro vasos ($\text{n}^\circ/\text{mm}^2$)
Catfish 2	0,8014	-0,9355	-0,8810
I 72	0,8866	-0,8324	-0,9387
I 74	0,8524	-0,9480	-0,8818
Stoneville 109	0,5789	-0,5229	-0,5121

CONCLUSIONES

- ✍ Las maderas estudiadas resultaron no resistentes a la degradación (Pp % ? 45, ASTM D-2017) en ambas clases diamétricas de explotación y livianas (DAN: 0.351 - 0.550 g/cm³, Coronel, 1994)
- ✍ La velocidad de crecimiento, la densidad y los caracteres anatómicos no siempre se comportaron como factores determinantes de la durabilidad entre clases.
- ✍ Se verificó la existencia de correlación entre los Pp (%), DAN y anatomía para todos los clones en estudio.
- ✍ Las diferencias significativas en los valores de densidad obtenidos entre clases no pudieron ser explicadas en su totalidad por los aspectos anatómicos.

AGRADECIMIENTOS

A la Licenciada Ana María Bucszinsky del Instituto Spegazzini, Fac. de Cs. Naturales y Museo (UNLP-CONICET) por el aporte de la cepa xilófaga.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASTM D-2017. 1978. American Society for Testing and Materials. Standard method accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. In anual book.
- BUTTERFIELD, R.P., CROOK, R.P., ADAMS, R. & MORRIS, R.. 1993. Radial variation in wood specific gravity, fibre length and vessel area for two central american hardwoods: *Hyeronima alchorneoides* and *Vochysia guatemalensis*: natural and plantation-grown trees. IAWA J. (14) 2: 153-161.
- CORONEL, E.. 1994. Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas. 1ra. Parte. Instituto de Tecnología de la Madera (ITM). 187 pp.
- HIGHLEY, T.. 1987. Biochemical aspects of white-rot and brown-rot decay. The International Research Group on Wood Preservation. IRG/WP/1319 22 pp.
- HIGHLEY, T., CLAUSEN, C., CROAN, S., GREEN, F., ILLMAN, B. & MICALES, J.. 1994. Research on Biodeterioration of Wood, 1987-1992. USDA, Forest Service. Research Paper FPL-RP-529. 20pp.
- IRAM 9518. 1962. Toxicidad, Permanencia y Eficacia de Preservadores de Madera. Instituto de Racionalización de Materiales. 12 pp.
- IRAM 9544. 1985. Instituto Argentino de Racionalización de los Materiales. Método para la determinación de la densidad aparente. 6 pp.

- JEFFREY, E.C.. 1917. The anatomy of woody plants. University of Chicago Press, Chicago, USA: 478 pp.
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. 1988. Manual del Grupo Andino para la Preservación de Maderas. 1ra. Ed., Lima. Perú. 400 pp.
- PETRAY, E.M.. 1997-98. Aptitudes tecnológicas de distintos clones de *Salix* (Sauces) y *Populus* (Álamos), principales características físico-mecánicas. SAGPYA Forestal. 5. 13-17.
- RAO, R.V., AEBISCHER, D.P. & DENNE, M.P.. 1997. Latewood density in relation to wood fibre diameter, wall thickness and fibre and vessel percentages in *Quercus robur* L. IAWA Journal. 18 (2). 127-138.
- RODRIGO, E.H.. 2000. La industria maderera en cifras. 109 pp.
- ZAKEL, R.A. & MORRELL, J.J.. 1992. Wood microbiology. Decay and its prevention. Academic Press Inc. 476 pp.
- ZHANG, S.Y.. 1995. Effect of growth rate on wood specific gravity and selected mechanical properties in individual species from distinct wood categories. Wood Science and Technology 29(1995) 451-465.