

---

## Diferencias físicas y mecánicas de la madera de cuatro clones de *Populus deltoides* seleccionados por el Programa de Mejora de INTA

Physical and mechanical differences of the wood of four *Populus deltoides* clones selected by the INTA Breeding Program

Cortizo, Silvia<sup>1</sup>; Monteverde, María Silvana<sup>2</sup> y Abbiati, Nora<sup>3</sup>

<sup>1</sup> E.E.A. Delta del Paraná, INTA. Cátedra de Genética, FAUBA.  
[cortizo.silvia@inta.gob.ar](mailto:cortizo.silvia@inta.gob.ar)

<sup>2</sup> Programa BID 2853-INTA. Cátedra Genética y Mejoramiento, FCA-UCU. Cátedra Genética, FCyT-UADER. [monteverde.silvana@inta.gob.ar](mailto:monteverde.silvana@inta.gob.ar)

<sup>3</sup> Cátedra de Biometría, FCA-UNLZ. [norabbi2000@yahoo.com.ar](mailto:norabbi2000@yahoo.com.ar)

### Resumen

A pesar de que las propiedades físicas y mecánicas determinan en gran medida los posibles usos de la madera, especialmente para aplicaciones de alto valor, éstas han sido poco utilizadas como criterio de selección. El presente trabajo tiene por objetivo estudiar dichas propiedades en cuatro clones de *Populus deltoides* (Guayracá INTA, Ñacuturú INTA, Paycarabí INTA y Hovyú INTA) seleccionados en poblaciones originadas de semillas del SE de Estados Unidos introducidas al país entre 1977 y 1979. Se analizaron 6 árboles por clon de 13 a 15 años con DAP de entre 25,8 y 44,4 cm siguiendo los protocolos establecidos en las normas IRAM 9532, 9544, 9543, 9570, 9542, 9596, 9747 y 9551. Si bien la madera de los cuatro clones se clasifica como liviana, estable y muy elástica se detectaron diferencias significativas para 13 de las 16 variables analizadas, sugiriendo la presencia de distintas aptitudes para la industria.

**Palabras clave:** *Populus deltoides*, álamo, propiedades físicas, propiedades mecánicas.

### Abstract

Although the physical and mechanical properties of wood largely determine their suitability, especially for high value-added applications, they have been infrequently used as selection criteria. The objective of this study was to determine these properties in four *Populus deltoides* clones (Guayracá INTA, Ñacuturú INTA, INTA Paycarabí and Hovyú INTA) selected in populations originated from seeds that have been introduced from the SE of the United States between 1977 and 1979. Six trees between 13 and 15 years with DAP from 25.8 to 44.4 cm per clone were analyzed following the protocols established in the IRAM 9532, 9544, 9543, 9570, 9542, 9596, 9747 and 9551 standards. Although the wood of the four clones was classified as light, stable and very elastic, 13 of the 16 variables analyzed presented significant clonal differences, suggesting the presence of different skills for the industry.

**Key words:** *Populus deltoides*, poplar, physical properties, mechanical properties.

### Introducción

El álamo, considerado uno de los árboles de más rápido crecimiento de climas templados (Zsuffa *et al.* 1996), ocupa una superficie de 14.500 hectáreas en el Delta del Paraná correspondiente a terrenos naturales altos o aquellos más bajos protegidos de las inundaciones por un dique perimetral (Borodowski *et al.*, 2014). Su madera se destina principalmente para usos sólidos (debobinado y aserrado) y en menor medida para triturado (papel y tableros) (Barros, 2006).

Los responsables de una explotación forestal dependen cada vez más del suministro de clones mejorados y de prácticas intensivas de manejo para producir de manera eficiente y responder a la creciente demanda de productos de madera y fibra (Hernández *et al.*, 1998; Zobel y Talbert, 1984). Desde los primeros pasos en la domesticación de la especie (Henry, 1914) se han logrado numerosos clones mejorados utilizando como criterios de selección: adaptabilidad, crecimiento, forma y tolerancia a factores bióticos y abióticos (Pliura *et al.*, 2007; Stanton *et al.*, 2010a). Dado que la

madera es el objetivo final del proceso de mejora y que sus propiedades físicas y mecánicas determinan en gran medida la producción y utilización, la incorporación de criterios de calidad en los programas de selección presenta un creciente interés (Nocetti, 2008; Stanton *et al.*, 2010b; Balatinecz *et al.*, 2010). Sin embargo, este tipo de selección ha sido frecuentemente problemática debido a las diversas aplicaciones de la madera (Riemenschneider *et al.*, 2001). La densidad básica y las características de las fibras, importantes en la industria del papel, han sido abordadas por algunos programas de mejora (Posey *et al.*, 1969; Murphey *et al.*, 1979; Yanchuk *et al.*, 1983; Nepveu *et al.*, 1985; Beaudoin *et al.*, 1992; Koubaa *et al.*, 1998), pero la selección de genotipos adecuados para usos sólidos ha sido aún menos explorada (Zobel y Jett 1995; Huda *et al.*, 2014). El presente trabajo tuvo por objetivo estudiar las propiedades físicas y mecánicas de cuatro clones de *Populus deltoides* (Guayracá INTA, Ñacuturú INTA, Paycarabí INTA, Hovyú INTA) seleccionados en el marco del Programa de Mejoramiento de álamo del INTA a partir de poblaciones originadas de semillas del SE de Estados Unidos introducidas al país entre 1977 y 1979.

### Materiales y Métodos

Los clones *P. deltoides* Guayracá INTA, Ñacuturú INTA, Paycarabí INTA y Hovyú INTA fueron seleccionados en el marco del programa de Mejoramiento de INTA a partir de familias de medios hermanos introducidas por Celulosa Argentina S.A. entre los años 1977 y 1979 desde Mississippi, Illinois y Tennessee y cedidas al programa en 1982 (Alonzo, 1982). De los 1.100 genotipos recibidos se seleccionaron 140 individuos en base a crecimiento y densidad básica de la madera que fueron clonados y sometidos a una nueva ronda de selección en base a crecimiento y sanidad, dando lugar a una serie de clones experimentales que fueron evaluados en distintos ensayos de la red del programa (Cortizo *et al.*, 2014, 2015; Cortizo y Monteverde 2014).

Las propiedades físicas y mecánicas de la madera fueron evaluadas en el Laboratorio de Investigaciones en Maderas (LIMAD) de la UNLP, en probetas tomadas de listones de 2.200 mm de longitud y secciones de 50 x 50 mm, 20 x 150 mm y 20 x 40 mm provenientes de la segunda troza de 6 árboles por clon de 13 a 15 años y de 25,8 a 44,4 cm de DAP. Las tablas fueron estibadas hasta alcanzar la humedad de equilibrio higroscópico. Para las determinaciones de densidad aparente normal y anhidra se aplicó el protocolo definido en la norma IRAM 9544, en 30 probetas por árbol de 20 x 20 x 20 mm libres de defectos. Para la determinación de los cambios dimensionales (contracción normal máxima, coeficiente de contracción, punto de saturación de las fibras y coeficiente de anisotropía) se prepararon 30 probetas libres de defectos de 20 x 20 x 50 mm de lado perfectamente radiales y 30 perfectamente tangenciales por cada árbol, siguiendo el protocolo definido en la norma IRAM 9543. Para las determinaciones de las propiedades mecánicas: dureza Janka y flexión estática se prepararon 30 probetas de 50 x 50 x 150 mm y 60 de 20 x 20 x 300 mm utilizando el protocolo definido en las normas IRAM 9570 e IRAM 9542, respectivamente. Las mediciones se llevaron a cabo en una máquina universal de ensayos de 5000 Kg marca ALFRED J. AMSLER & Co, Schaffouse–Suisse 7928. Para el resto de las propiedades mecánicas: corte paralelo a las fibras, compresión perpendicular y paralela a las fibras se prepararon 30 probetas 50 x 50 x 65 mm, 50 x 50 x 150 mm y 50 x 50 x 200 mm siguiendo las normas IRAM 9596, IRAM 9547 e IRAM 9551, las cuales fueron evaluadas utilizando una prensa universal de 25 toneladas marca ALFRED J. AMSLER & Co, Schaffouse–Suisse 5380. Los datos fueron analizados con el procedimiento GLM del programa estadístico SAS (2012) versión 9.4. Para detectar diferencias entre medias se utilizó la prueba de Tukey. En todos los casos se comprobó el cumplimiento de los supuestos necesarios del análisis de varianza.

### Resultados y Conclusiones

Aun cuando los valores de densidad normal y anhidra obtenidos corresponden al de maderas livianas (Coronel, 1994; Rivero Moreno, 2004) existieron diferencias clonales ( $F=32,48$ ;  $P<0,0001$ ;  $F=28,39$ ;  $P<0,0001$  respectivamente) que permitieron separar a Hovyú INTA del resto de los clones analizados. Los valores de contracción máxima radial y tangencial hallados se encuentran dentro de los rangos normales aceptables: 1,5 a 7,00% y 3,60 a 15,00% respectivamente (Coronel, 1994) presentándose diferencias significativas solamente en el plano tangencial ( $F=4,43$ ;  $P=0,0161$ ). La misma tendencia se observó para el coeficiente de contracción ( $F=9,69$ ;  $P=0,0161$ ). Para ambas variables el clon Guayracá INTA presentó mayores cambios dimensionales que el clon Paycarabí INTA, siendo intermedios los valores de los otros dos clones. Con respecto al punto de saturación de las fibras los valores obtenidos resultaron normales y distintos entre los clones ( $F=6,67$ ;  $P=0,0029$ ), siendo Hovyú INTA más estable que Guayracá y Ñacuturú INTA, mientras que Paycarabí INTA no se diferenció de ninguno de los anteriores. El coeficiente de anisotropía fue alto en relación a la densidad y resultó

similar para todos los clones ( $F=0,02$ ;  $P=0,9965$ ). Si bien la madera se clasifica como estable a moderadamente estable, los valores obtenidos para los clones Guayracá y Ñacurutú INTA indican que podrían presentarse algunos problemas de secado, especialmente en programas rápidos, por lo cual se recomienda poner especial atención durante este proceso para evitar roturas y distorsiones en las tablas (Tabla 1).

**Tabla 1.** Valores medios de densidad aparente anhidra y normal y de las variables relacionadas con cambios dimensionales para los distintos clones analizados. Las medias dentro de una columna seguidas de la misma letra no presentan diferencias significativas para un valor de  $p=0,05$ .

Table 1. Mean values of normal and anhydrous density and variables related to dimensional changes for all the clones analyzed. Means within a column following by the same letter are not statistically different at  $p=0.05$ .

Clones analizados	Densidad aparente ( $\text{kg/m}^3$ )		Contracción normal máxima (%)		Coeficiente de contracción		Punto de saturación de las fibras	Coeficiente de anisotropía (T/R)
	Anhidra	Normal (12%)	Radial	Tangencial	Radial	Tangencial		
Guayracá INTA	446 <sup>a</sup>	468 <sup>a</sup>	4,16 <sup>a</sup>	8,36 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	30,82 <sup>a</sup>	2,03 <sup>a</sup>
Ñacurutú INTA	430 <sup>a</sup>	460 <sup>a</sup>	3,89 <sup>a</sup>	7,10 <sup>ab</sup>	0,13 <sup>a</sup>	0,22 <sup>bc</sup>	31,46 <sup>a</sup>	2,00 <sup>a</sup>
Paycarabí INTA	430 <sup>a</sup>	457 <sup>a</sup>	3,33 <sup>a</sup>	6,33 <sup>b</sup>	0,12 <sup>a</sup>	0,19 <sup>c</sup>	29,97 <sup>ab</sup>	1,96 <sup>a</sup>
Hovyú INTA	355 <sup>b</sup>	377 <sup>b</sup>	3,74 <sup>a</sup>	7,25 <sup>ab</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,24 <sup>ab</sup>	27,56 <sup>b</sup>	1,99 <sup>a</sup>

Con respecto a la Dureza Janka, la madera de los clones Ñacurutú, Paycarabí y Hovyú INTA resultó blanda en el plano transversal (rango 30,1-50 MPa) y muy blanda en los planos radial y tangencial (<30 MPa) según con la clasificación de Coronel (1995), siendo además menos resistente en todos los planos ( $F=85,43$ ; 23,96 y 28,98 y  $P<0,0001$ , respectivamente) que la correspondiente al clon Guayracá INTA (Tabla 2). La resistencia a la compresión perpendicular fue alta (rango 7,6-9,8 MPa), siendo dentro del rango mayor para Guayracá que para Paycarabí mientras que Ñacurutú no se diferenció de ninguno de éstos clones, y mediana (rango 5,1-7,5 MPa) para Hovyú INTA ( $F=25,74$ ;  $P<0,0001$ ). En cambio para la variable compresión paralela de las fibras todos los clones presentaron una resistencia media (rango 30,1-40 MPa), aun cuando ésta resultó menor para Hovyú INTA con respecto a Guayracá y Ñacurutú INTA, mientras que el clon Paycarabí INTA no logró diferenciarse de ninguno de los anteriores ( $F=8,72$ ;  $P=0,0008$ ). En cuanto a la resistencia al corte paralelo de las fibras, fue baja para Hovyú INTA (rango 4,1-8,5 MPa) y significativamente menor al resto de los clones que presentaron resistencias medias (rango 8,6-12 MPa) aun cuando Guayracá INTA presentó un valor significativamente mayor ( $F=34,25$ ;  $P<0,0001$ ). La resistencia a la rotura en flexión estática es baja aun cuando el clon Ñacurutú INTA presentó valores significativamente mayores ( $F=16,91$ ;  $P<0,0001$ ). Finalmente la madera de éstos clones se clasifica como muy elástica siendo mayor para Ñacurutú INTA que para Guayracá y Hovyú INTA y sin diferencias con ninguno de ellos para Paycarabí INTA ( $F=4,81$ ;  $P=0,0118$ ). Todos los rangos indicados para flexión estática corresponden a la clasificación de Rivero Moreno (2004).

**Tabla 2:** Valores medios de Dureza Janka, compresión perpendicular, paralela y corte paralelo a las fibras y de flexión estática (MOR y MOE). Las medias dentro de una columna seguidas de la misma letra no presentan diferencias significativas para un valor de  $p=0,05$ .

Table 2. Mean values of Janka hardness, strength perpendicular and parallel to grain, shear parallel to grain and values of static flexion (MOR and MOE). Means within a column following by the same letter are not statistically different at  $p=0.05$ .

Clones analizados	Dureza Janka (MPa)			MOR (MPa)			MOR (MPa)	MOE (MPa)
	Transversal	Radial	Tangencial	Compresión perpendicular	Compresión paralela	Corte paralelo		
Guayracá INTA	58,73 <sup>a</sup>	35,70 <sup>a</sup>	40,05 <sup>a</sup>	9,71 <sup>a</sup>	36,31 <sup>a</sup>	11,55 <sup>a</sup>	52,89 <sup>b</sup>	5176 <sup>b</sup>
Ñacurutú INTA	36,28 <sup>b</sup>	21,63 <sup>b</sup>	22,74 <sup>b</sup>	8,75 <sup>ab</sup>	37,95 <sup>a</sup>	10,02 <sup>b</sup>	79,22 <sup>a</sup>	6808 <sup>a</sup>
Paycarabí INTA	41,37 <sup>b</sup>	22,27 <sup>b</sup>	25,49 <sup>b</sup>	8,58 <sup>b</sup>	34,95 <sup>ab</sup>	10,21 <sup>b</sup>	63,64 <sup>b</sup>	5969 <sup>ab</sup>
Hovyú INTA	30,06 <sup>c</sup>	20,15 <sup>b</sup>	21,67 <sup>b</sup>	6,53 <sup>c</sup>	32,67 <sup>b</sup>	7,04 <sup>c</sup>	52,88 <sup>b</sup>	5402 <sup>b</sup>

Los resultados similares a los reportados por otros autores para *P. deltoides* (Klasnja *et al.*, 2003; Pliura *et al.*, 2007; Membrivez, *et al.*, 2007; Calderón *et al.*, 2011) indican que los clones estudiados podrían ser utilizados para la fabricación de productos de interior de madera sólida y/o para triturado. Así por ejemplo, Guayracá INTA de mayor densidad y dureza podría resultar en un mayor rendimiento para la industria del papel y mayor resistencia para la industria del aserrado mientras que

Paycarabí INTA, de mayor estabilidad, podría ser más adecuado para molduras.

## Bibliografía

- Alonzo, A. 1982. Informe anual de la Sección de Silvicultura, 1982. INTA.4 pp.
- Balatinecz, J.; Mertens, P.; De Boever, L. and Yukun, H. 2010. Properties, Processing and Utilization. In *Poplars and willows: trees for society and the environment*. Isebrands, J.G. and Richardson, J. (Ed): 527-556
- Barros, J. 2006. Situación actual del sector forestal en la región del Delta del Paraná, República Argentina. Comunicación. Actas I Jornadas de Salicáceas República Argentina.
- Beaudoin, M, *et al.* 1992. Interclonal, intraclonal and within-tree variation in wood density of poplar hybrid clones. *Wood Fiber Science* 24(2): 147-153.
- Borodowski, E.; Signorelli, A. y Battistella, A. 2014. Salicáceas en el Delta del Paraná: situación actual y perspectivas. Actas Jornadas de Salicáceas 2014: 13 pp.
- Calderón, A. *et al.* 2011. Características físico mecánicas de maderas de clones de álamo ensayadas en la provincia de Mendoza, República Argentina. Parte1. Jornadas de Salicáceas 2011: 9 pp.
- Coronel, E. 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: 187 pp.
- Coronel, E. 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.
- Cortizo, S. *et al.* 2015. Guayracá INTA, un nuevo clon de álamo remitido a inscripción en el Registro Nacional de Variedades. XXIX Jornadas. Forestales de Entre Ríos: 5 pp.
- Cortizo, S. y Monteverde, S. 2014. Crecimiento y calidad de madera de clones experimentales de álamo en fase avanzada de mejora. VI Reunión GEMFO: 36 – 39.
- Cortizo, S.; Monteverde, S.; Fernandez Tschieder, E.; Refort, M.; Taraborelli, C.; Feil, G. Abbiati, G. 2014. Características técnicas de un nuevo genotipo de álamo para su inscripción en el Registro Nacional de Variedades. Actas Jornadas de Salicáceas 2014: 10 pp.
- Henry, A. 1914. The artificial production of vigorous trees. *Journal of the Department of Agriculture and Technical Institute, Irish Free State* 15: 34-52.
- Hernández, R. Koubaa, A.; Beaudoin, M and Fortin, Y. 1998. Selected mechanical properties of fast-growing poplar hybrid clones. *Wood fiber Science* 30(2): 138-147.
- Huda, A.; Koubaa, A. Cloutier, A. Hernández, R. and Fortin, Y. 2014. Variation of physical and mechanical properties of hybrid poplar clones. *Bioresources* 9(1): 1456-1471.
- Klasnja, B.; Kopitovic, S. and Orlovic, S. 2003. Variability of some wood properties of eastern cottonwood (*Populus deltoides* Bartr.) clones. *Wood Sci Technol* 37: 331-337.
- Koubaa, A. Hernández, R.; Beaudoin, M. and Poliquin, J. 1998. Interclonal, intraclonal and within-tree variation in fiber length of poplar hybrid clones. *Wood Fiber Science* 30(1): 40-47.
- Membrivez, F. *et al.* 2007. Caracterización físico mecánica de la madera de álamo del sur de Mendoza. IBEROMADERA 2007, Buenos Aires, Argentina: 21 pp.
- Murphey W.; Bowersox, T. and Blankenhorn. 1979. Selected wood properties of young *Populus* hybrids. *Wood Science* 11(4): 263-267.
- Nepveu, G.; Barneoud, C. Polge, H. and Aubert, M. 1985. Clonal variability in growth stress and other wood properties in *Populus* species, assessment of wood quality by increment cores. *AFOCEL*: 337-357.
- Nocetti, M. 2008. Genetic improvement of trees for wood production with particular reference to wood traits. *Forest@* 5(1): 112-120.
- Pliura, A.; Zhang, S.; MacKay, J. and Bousquet, J. 2007. Genotypic variation in wood density and growth traits of poplar hybrids at four clonal trials. *Forest Ecology and Management* 238 1–3: 92–106.
- Posey, C.; Bridgewater, F. and Buxton, J. 1969. Natural variation in specific gravity, fiber length, and growth rate of eastern cottonwood in the southern Great Plains. *Tappi* 52(8): 1508-1511.
- Riemenschneider, R. *et al.* 2001. Poplar breeding strategies. Ed: Dickmann, D.; Isebrand, J.; Eckenwalde, J. and Richardson, J. *Poplar culture in North America*. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canadá: 43-76.
- Rivero Moreno, J. 2004. Propiedades Físico-Mecánicas de *Gmelina arborea* Roxb. y *Tectona grandis* Linn. F. Proveniente de Plantaciones Experimentales del Valle del Sacta. Cochabamba. Bolivia: 73 pp.
- SAS Institute Inc. 2002-2012 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. Version 9.3.
- Stanton, B.; Neale, D. and Li, S. 2010(a). *Populus* Breeding: From the Classical to the Genomic Approach. Ed: Jansson, S. *et al.* *Genetics and Genomics of Populus*. DOI 10.1007/978-1-4419-1541-2\_14.
- Stanton, B. *et al.* 2010(b). The Domestication and Conservation of *Populus* and *Salix* Genetic Resources. In *Poplars and willows: trees for society and the environment*. I., J. and R., J. (Ed): 124-176.
- Yanchuk, A.; Dancik, B. and Micko, M. 1983. Intraclonal variation in wood density of trembling aspen in Alberta. *Wood Fiber Science* 15(4): 387-394.
- Zobel, B. and Jett, J. 1995. *Genetics of wood production*. Springer-Verlag, Berlin, Germany. Ed: Timell, E. D. 303 pp. DOI 10.1007/978-3-642-79514-5.
- Zobel, B. and Talbert, J. 1984. *Applied forest tree improvement*. Ed: John Wiley & Sons. NY: 505 pp.
- Zsuffa L, Giordano E, Pryor L., Stettler R. 1996 Trends in poplar culture: some global and regional perspectives. In: *Biology of Populus and its implications for management and conservation*. Ed: Stettler R., Bradshaw H. Jr., Heilman P., Hinckley T. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada: 515-539.