

Recibido 21 junio de 2018 // Aceptado 25 de marzo de 2019 // Publicado online 05 de agosto de 2020

# Propiedades mecánicas de la madera de álamos de cortinas forestales de Río Negro, Patagonia, Argentina

MEDINA, A.A.<sup>1</sup>; MANZIONE, P.<sup>2</sup>; BAUCIS, A.G.<sup>1</sup>; CATALÁN, M.A.<sup>1</sup>; LAFFITTE, L.<sup>1</sup>; ANDÍA, I.R.<sup>1</sup>

## RESUMEN

En la provincia de Río Negro, Argentina, existen en la actualidad 6000 km de longitud lineal de cortinas cortavientos de álamo. Su función principal es la protección de cultivos frutihortícolas, pero son además un recurso forestal real y potencial. El objetivo de este trabajo es conocer algunas propiedades mecánicas de la madera estos álamos, información no existente y esencial para optimizar su aprovechamiento y maximizar su valor en diferentes usos. Se aparearon 15 ejemplares de los álamos más representados en cortinas forestales (álamo chileno, conti 12 y boleana) de chacras de la localidad de Allen. De cada árbol se extrajo una troza de 1,5 m de largo desde la cual se obtuvieron probetas para ensayos de propiedades mecánicas de resistencia estática de flexión, compresión (Norma ASTM D-143), resistencia al aplastamiento (Norma ASTM D-5764-97) y dureza (Norma IRAM-9570). Por un lado, los resultados obtenidos fueron del orden de los reportados para madera de otros álamos cultivados en diferentes zonas de nuestro país, algunas de ellas habilitadas para uso estructural. Por otro lado, los valores obtenidos fueron del rango de los reportados para pino ponderosa, madera ampliamente utilizada en Patagonia en la construcción de cabreadas, estructuras portantes (tirantes, vigas, columnas, etc.) y bastidores de entramados en paneles estructurales. La madera de boleana y conti 12 presentó mayores valores de resistencia a la flexión, a la compresión y al desgaste que la del álamo chileno (MOR flexión: 66,7 Mpa, MOE flexión: 8562,15 Mpa, MOR compresión: 31,22 Mpa, MOE compresión: 8270,52 Mpa, dureza radial: 1,63 kN/cm<sup>2</sup>). La resistencia al aplastamiento no presentó variaciones significativas entre ellos (conti 12: 29,42 Mpa, boleana: 30,08 Mpa y chileno: 29,65 Mpa). Estos resultados resaltan el potencial que presenta la madera de los álamos de cortinas forestales de los valles irrigados de Río Negro para ampliar sus posibilidades de uso.

**Palabras clave:** tecnología de la madera, cortinas protectoras, populicultura.

## ABSTRACT

*In Río Negro province, Argentina, there are currently 6000 km of linear length of poplar windbreaks. Its main function is the protection of fruit and vegetable crops but they are also a real and potential forest resource. The objective of this work is to know the mechanical properties of the wood these poplars, nonexistent and essential information to optimize their use and maximize their value in different uses. Fifteen specimens of the most represented poplars in forest curtains (chileno, conti 12 and boleana) of farms in Allen were cutted. From*

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Comahue, Asentamiento Universitario San Martín de los Andes, Pasaje de la Paz 235, (8370), San Martín de los Andes, Neuquén, Argentina. Correo electrónico: andrepampa@yahoo.com.ar

<sup>2</sup>Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ingeniería, Departamento de Mecánica Aplicada, Grupo de Estudio de Polímeros Sintéticos y Naturales (GEPsYN), Buenos Aires 1400 (8300) Neuquén.

each tree a 1.5 m long log was extracted to obtain wood for mechanical properties tests of static resistance of bending, compression (ASTM D-143), dowel bearing strenght (ASTM D-5764-97) and hardness (IRAM-9570). The results obtained were of the order of those reported for wood from other poplars grown in different areas of our country, some of them accepted for structural use. On the other hand, the values obtained were from the range of those reported for ponderosa pine, wood widely used in Patagonia in the construction, load-bearing structures (beams, columns, etc.) and frames of trusses in structural panels. The wood of boleana and conti 12 presented higher values of resistance to flexion, compression and hardness than chilean poplar (MOR flexion: 66.7 Mpa, MOE flexion: 8562.15 Mpa, MOR compression: 31.22 Mpa, MOE compression: 8270.52 MPa, radial hardness: 1.63 kN / cm<sup>2</sup>). The dowel bearing strenght did not show significant variations among them (conti 12: 29.42 MPa, boleana: 30.08 MPa and chilean: 29.65 MPa). These conclusions highlight the potential of poplar wood from Río Negro forest windbreaks to expand their possibilities of use.

**Keywords:** wood technology, forest curtains, poplar cultivation.

## INTRODUCCIÓN

La plantación de álamos en los valles irrigados del norte de la Patagonia comenzó a principios del siglo pasado con el objetivo de establecer cortinas protectoras de cultivos frutihortícolas. Tempranamente se implantaron *Populus nigra* L. cv. *italica* "álamo criollo" y *P. nigra* cv. *thaisiana* "álamo chileno", este último caracterizado por tener un periodo fenológico extendido, brindando protección prolongada a los cultivos. Posteriormente se fueron plantando otros cultivares de *P. nigra* y del híbrido Euroamericano *Populus x canadensis* (*P. deltoides* x *P. nigra*); de este último el clon 'conti 12' tuvo preferencia por su forma disciplinada y gran rusticidad. Otra especie ampliamente implantada fue *Populus alba* L. var. *bolleana* (Lauche) Otto, conocida en la región como "boleana" (García, 2011; Serventi, 2011).

En la provincia de Río Negro existen en la actualidad 6000 km de longitud lineal de cortinas y unas 900 ha de plantaciones en macizo de álamo. El destino de la madera de estas cortinas ha sido tradicionalmente la fabricación de envases y embalajes frutihortícolas, pero también se utiliza con otros fines. En el año 2011 se consumieron 68565 m<sup>3</sup> de madera de álamo en los aserraderos del Alto Valle de Río Negro, alcanzando una producción de 36177 m<sup>3</sup>, principalmente de cajones, madera aserrada, pallets y bins, tanto con destino local como regional e internacional (CFI, 2012). El empleo de una tecnología inapropiada ha generado la idea de que la madera de álamo es de baja calidad, sin embargo algunos ejemplos de fabricación de muebles, aberturas y construcción de viviendas prefabricadas con un manejo adecuado de esta muestran excelentes resultados (García, 2011).

El conocimiento de las propiedades mecánicas de estas maderas es esencial para optimizar su aprovechamiento y maximizar su valor en diferentes usos ya que estas definen su comportamiento frente a procesos de transformación. Si bien existe información de propiedades mecánicas de la madera de álamos cultivados en Argentina (Cortizo *et al.*,

2014; Calderón *et al.*, 2006; Membrivez *et al.*, 2007; Manavella *et al.*, 2014; Cortizo y Monte Verde, 2017; Filippetti *et al.*, 2017), esta es nula de los álamos de cortinas forestales de la región Norpatagónica.

Como lo indican numerosas referencias bibliográficas (Beaudoin *et al.*, 1992; Zhang *et al.*, 2003; Monteoliva y Senisterra, 2008; Yu *et al.*, 2008; Huda *et al.*, 2014) la madera de los álamos puede variar significativamente entre sitios y entre especies, variedades y clones, por lo que es necesario conocer sus propiedades para cada especie o entidad genética en cada zona de cultivo.

El objetivo de este trabajo es conocer las propiedades mecánicas de la madera de tres de los álamos más cultivados en valles irrigados de Río Negro (álamo chileno, conti 12 y boleana).

Estos resultados serán de utilidad para analizar la posible ampliación del abanico de uso de estas maderas. En futuros escenarios de desarrollo forestal de la región también podrán ser importantes en la elección de especies y el desarrollo de programas de mejoramiento forestal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se aparearon 5 ejemplares de cada especie (tabla 1) de buen estado sanitario de cortinas protectoras de chacras de la localidad de Allen, provincia de Río Negro (39° 0' 17.06" S, 67° 50' 41.14" O; 240 m s. n. m.). Se eligieron estas especies por su representatividad en las cortinas de la zona (SSDFI, 2017).

El clima de la región es árido frío, con temperatura media anual 15,5 °C y precipitación media anual 243,7 mm. Los suelos son xerofluventes típicos, con más de 100 cm de profundidad, de muy escasa evolución y con un horizonte A bajo en materia orgánica. En profundidad se superponen distintas capas de acumulación fluvial de antiguos planos aluviales (Bran, 2014).

Ejemplar	Álamo	DAP (cm)	Altura total (m)
1	chileno	42	27,2
2	chileno	44,7	21,2
3	chileno	45	22
4	chileno	45,5	25
5	chileno	42	28
6	conti 12	44,5	28,1
7	conti 12	44	25
8	conti 12	42	29
9	conti 12	44	29
10	conti 12	42,2	26,5
11	boleana	36,4	17,8
12	boleana	37	20
13	boleana	37,6	22
14	boleana	37,8	23,1
15	boleana	40,2	23,5

**Tabla 1.** Características de los árboles estudiados.

A partir de 0,5 m de la base de cada árbol se extrajo una troza de 1,5 m de largo desde la cual se cortaron y estibarón por un año tablas de 2 pulgadas de espesor. De cada tabla se elaboraron en carpintería 7 probetas por árbol para cada uno de los siguientes ensayos de propiedades mecánicas de resistencia estática: flexión, compresión (Norma ASTM

D-143), resistencia al aplastamiento con perno de diámetro de 8 mm (Norma ASTM D-5764-97) y de dureza (Norma IRAM-9570). Las propiedades mecánicas fueron determinadas al 8% de contenido de humedad de la madera, punto en el cual la densidad media de esta fue de 0,45 g/cm<sup>3</sup> en álamo boleana, 0,44 g/cm<sup>3</sup> en álamo conti 12 y 0,39 g/cm<sup>3</sup> en álamo chileno.

Se realizó un análisis de varianza con la utilización del programa Infostat (2016) para la comparación de los valores de propiedades mecánicas entre las especies.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los ensayos de propiedades mecánicas de la madera de las tres especies de álamo estudiadas se presentan en la tabla 2.

Por un lado, los valores de las propiedades mecánicas de las maderas ensayadas fueron del orden de los reportados para madera de otros álamos cultivados en diferentes zonas de nuestro país (Calderón *et al.*, 2006; Martinuzzi, 2007; Membrivez *et al.*, 2007; Cortizo *et al.*, 2014; Manavella *et al.*, 2014; Cortizo y Monteverde, 2017; Filippetti *et al.*, 2017). Cabe destacar que la madera de algunos de ellos, por ejemplo *Populus deltoides* 'Australiano 129/60' y 'Stonerville 67', cultivados en el Delta del Paraná, ha sido aprobada por el Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad en Obras Civiles (CIRSOC) para su uso estructural (INTI, 2016) con base en los valores de sus propiedades mecánicas. Nuestros resultados posicionan preliminarmente a la madera de los álamos estudiados

Álamo	Resumen	Flexión (Mpa)		Compresión (Mpa)		Dureza (kN/cm <sup>2</sup> )		Rap (Mpa)
		MOR	MOE	MOR	MOE	Radial	Tangencial	
boleana	n	5	5	5	5	5	5	5
	Media	74,29 a	9747,8 ab	38,48 b	10036,91 b	1,93 a	2,11 b	30,08 a
	DE	7,77	517,2	3,27	364,86	0,5	0,35	4,32
	CV	10,45	5,31	8,48	3,64	26,05	16,51	14,38
chileno	n	5	5	5	5	5	5	5
	Media	66,7 a	8562,15 a	31,22 a	8270,52 a	1,63 a	1,72 a	29,65 a
	DE	7,95	979,92	2,91	655,77	0,15	0,08	0,25
	CV	11,91	11,44	9,31	7,93	8,93	4,43	0,85
conti 12	n	5	5	5	5	5	5	5
	Media	76,32 a	10269,82 b	39,66 b	10222,11 b	2,1 a	1,91 ab	29,42 a
	DE	3,82	956,15	0,86	817,8	0,12	0,03	3,46
	CV	5,01	9,31	2,18	8	5,66	1,42	11,77

**Tabla 2.** Valores de las propiedades mecánicas de la madera de los álamos analizados.

MOR: módulo de rotura; MOE: módulo de elasticidad; DE: desvío estándar; CV: coeficiente de variación, Rap: resistencia al aplastamiento. Valores medios con letras distintas indican diferencias significativas, prueba de Tukey (significancia  $\alpha = 0,05$ ).

en posibilidad de competencia con las de otros álamos cultivados en diferentes regiones de Argentina.

Por otro lado, los valores de las propiedades estudiadas fueron del rango de los reportados para *Pinus ponderosa* cultivado en Patagonia (Martinuzzi, 2007; Letourneau *et al.*, 2014), madera ampliamente utilizada en la región con fines estructurales en la construcción de cabreadas, estructuras portantes (tirantes, vigas, columnas, etc.) y bastidores de entramados en paneles estructurales.

La comparación estadística entre los diferentes álamos mostró que la madera de los álamos boleana y conti 12 presentó mayores valores de resistencia a la flexión, a la compresión y al desgaste (dureza) que el álamo chileno. La resistencia al aplastamiento no presentó variaciones significativas entre ellos para el diámetro de bulón ensayado (tabla 2).

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo indican la posibilidad de ampliar el abanico de usos de la madera de álamos de cortinas forestales implantadas en los valles irrigados de Río Negro, utilizada tradicionalmente para la fabricación de envases y embalajes frutihortícolas. En este sentido, alientan a la realización de nuevos estudios orientados a consolidar su uso en estructuras portantes de distinto tipo.

A su vez, la incorporación de las construcciones con madera al sistema tradicional (INTI, 2016) señala a estos árboles como un recurso forestal potencial y a la populicultura como una interesante actividad para tener en cuenta en proyectos de diversificación de la matriz productiva regional.

Por un lado, sería de gran utilidad proseguir con estos estudios en mayor número de ejemplares, en otras especies de álamo y en distintos sitios de cultivo con el fin de conocer características tan importantes respecto a calidad de la madera como la variabilidad de sus propiedades.

Por otro lado, y debido a que el CIRSOC (INTI, 2016) se basa en la actualidad en la técnica de determinación de propiedades mecánicas en tablas de madera a escala de utilización para su aprobación para usos estructurales, vemos la apremiante necesidad de avanzar en dichos ensayos.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo del técnico forestal Nicolás Mantilaro en la elaboración de probetas para ensayos de propiedades mecánicas. La colaboración del técnico regional de la Subsecretaría de Desarrollo Foresto-Industrial del Ministerio de Agroindustria de la Nación Julio García, al consultor privado e ingeniero agrónomo Norberto Serventi y al presidente de la Cámara de Forestadores y Empresarios Madereros y Afines de Norpatagonia Nazareno Olivetti, en la elección de las cortinas de álamo y los contactos para la colección del material y su procesado inicial. A la estudiante Evelyn Riquelme por su colaboración en ensayos de laboratorio.

## BIBLIOGRAFÍA

- ASTM D 143-94. 2000. Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber. Annual Book of ASTM Standards. Section 4, Construction. Volume 04.09 Wood. Philadelphia, EUA.
- ASTM D 5764-97a. 2002. Standard Test Methods for Evaluating Dowel Bearing-Strength of Wood and Wood-Based Products.
- BEAUDOIN, M.; HERNÁNDEZ, R.; KOUBAA, A.; POLIQUIN, J. 1992. Interclonal, intraclonal and within-tree variation in wood density of poplar hybrid clones. *Wood Fiber Science* 24 (2): 147-153.
- BRAN, D.E. 2014. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de Río Negro. INTA, Provincia de Río Negro. Ediciones INTA.
- CALDERÓN, A.D.; ROIG, F.A.; ZANETTI, R.P.; AGUADO, E.G.; FURLANI, A.M.; ARTINEZ, F.G. 2006. Características físico mecánicas de maderas de clones de álamo ensayadas en la provincia de Mendoza, República Argentina—Parte II. III Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina, Buenos Aires.
- CFI (CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES). 2012. Censo de Industrias de la Madera de la Provincia del Neuquén y zonas de influencia del Alto Valle del Río Negro. Neuquén. 69 p.
- CORTIZO, S.; MONTEVERDE, S.; FERNÁNDEZ, E.; REFORT, M.; TARABORELLI, C.; KEIL, G.; ABBIATI, N. 2014. Características técnicas de un nuevo genotipo de álamo para su inscripción en el Registro Nacional de Variedades. IV Congreso Internacional de Salicáceas en la Argentina. La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- CORTIZO, S.; MONTEVERDE, M.S. 2017. Seis nuevos clones de Álamo, recientemente incorporados al Registro Nacional de Cultivares de Argentina, mejoran la oferta clonal de la cadena foresto industrial de las Salicáceas. Jornadas de Salicáceas 2017. V Congreso Internacional de Salicáceas en Talca, Chile, 9 p.
- DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C.W. 2016. INFOSTAT, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. (Disponible: <http://www.infostat.com.ar> verificado: 02 de junio de 2018).
- FILIPPETTI, M.C.; GUILLAUMET, A.A.; TORTORIELLO, M.; MOSSRE, C.A. 2017. Potencial uso estructural de la madera de *Populus deltoides* cultivado en el noroeste de la provincia de Buenos Aires. I Congreso Latinoamericano de Estructuras de Madera. II Congreso Ibero-Latinoamericano de la Madera en la Construcción. Junín, Argentina.
- GARCÍA, J. 2011. El cultivo de las Salicáceas en los valles irrigados de la Patagonia, pasado, presente y futuro. 3.º Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. Neuquén, Argentina.
- HUDA, A.; KOUBAA, A.; CLOUTIER, A.; HERNÁNDEZ, R.; FORTIN, Y. 2014. Variation of physical and mechanical properties of hybrid poplar clones. *Bioresources* 9 (1): 1456-1471.
- INTI (INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL). 2016. Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad en Obras Civiles (CIRSOC). Reglamento Argentino de Estructuras de Madera (601). Buenos Aires.
- IRAM (INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN) 9570. 1971. Método de ensayo de la dureza Janka. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 6 p.
- LETOURNEAU, F.J.; MEDINA, A.A.; ANDIA, I.R.; ANDENMATTEN, E.; DE AGOSTINI, N.; MANTILARO, N. 2014. Caracterización xilo-tecnológica de la madera de una plantación adulta de *Pinus ponderosa* de la Patagonia Argentina. *Revista de investigaciones agropecuarias*, 40 (2), 196-201.
- MANAVELLA, R.D.; GUILLAUMET, A.A.; FILIPPETTI, M. C.; TORTORIELLO, M. 2014. Determinación de la Resistencia al Aplastamiento en Madera de Álamo para Uniones Tipo Clavija.

xxxvi Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural. Montevideo. Uruguay.

MARTINUZZI, F. 2007. Fichas Técnicas de Maderas. Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Madera y Muebles. (Disponible: <http://www.inti.gov.ar/maderaymuebles> verificado: 20 de junio de 2018).

MEMBRIVEZ, F.; GENOVESE, F.; REVIGLIO, H.; ARCIDÁCONO, R.; BONINO, G.; DI MENZA, A.; LUCERO, C.; MARTÍNEZ ARAUJO, N.; NAVARRO, N.; NIETO, A.; OBERTI, N. 2007. Caracterización físico mecánica de la madera de álamo del sur de Mendoza. Iberomadera, Buenos Aires, Argentina. 21 p.

MONTEOLIVA, S.; SENISTERRA, G. 2008. Efecto del sitio, el origen y el clon sobre el crecimiento y propiedades de la madera de *Populus*. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, 17 (3): 261-270.

SERVENTI, N. 2011. Las cortinas forestales en los valles irrigados de Norpatagonia. 3.º Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. Neuquén, Argentina.

SSDFI (SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO FORESTO INDUSTRIAL). 2017. Inventario Nacional de Plantaciones Forestales bajo riego. Región Patagónica. Ministerio de Agroindustrias, Presidencia de la Nación.

YU, Q.; ZHANG, S.Y.; PLIURA, A.; MACKAY, J.; BOUSQUET, J.; PERINET, P. 2008. Variation in Mechanical Properties of Selected Young Poplar Hybrid Crosses. Forest Science 54 (3) 255-259.

ZHANG, S.Y.; YU, Q.; CHAURET, G.; KOUBAA, A. 2003. Selection for Both Growth and Wood Properties in Hybrid Poplar Clones. Forest Science, 49 (6): 901-908