

Madera de Sauce (*Salix* sp): Tecnología, Fabricación de Mobiliario y Construcción de Vivienda

KEIL G^{1,3}; SPAVENTO E.^{2,3}; MUÑOZ E.⁴; CORTÉS R.^{5,7}; ARAMBURU D.^{6,7}; ROCHE N.^{6,7}; RUSSO G.^{6,7}; URRETABIZKAYA M.^{6,7}; REFORT M.^{8,3}

¹Profesor Titular-Director del Laboratorio de Investigaciones en Madera (LIMAD); ²Profesora Adjunta; ³Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCyF)-UNLP; ⁴Ing. Civil docente Facultad Regional la Plata (FRLP)-UTN; ⁵Profesor Adjunto; ⁶Estudiante; ⁷Taller de Diseño Industrial-Facultad de Bellas Artes (FBA)-UNLP; ⁸Auxiliar Docente. E mail. eleanaspavento@yahoo.com.ar

La madera de sauce (*Salix* sp), de amplia difusión en la región del Delta del Río Paraná y zonas costeras del Río Plata, Argentina, es utilizada principalmente en productos de bajo valor agregado como material macizo –cajones frutihortícolas- y/o triturado -tableros aglomerados y pulpa-, usos que no contemplan la producción de madera de calidad. Como hipótesis de trabajo se consideró que la madera de sauce, con el empleo de tecnologías apropiadas -aserrado, secado, preservación- y clasificación por grados de calidad, es apta para usos de mayor valor agregado. Los objetivos preliminares de este trabajo fueron: caracterizar físico-mecánicamente la madera de *Salix babylonica* x *Salix alba* "Ragonese 131/27 INTA" proveniente de un ensayo sobre manejo de INTA Delta; constatar su aptitud para fabricación de muebles aplicando diseño como parte del proceso; y verificar/evaluar el comportamiento de su madera aplicada en muros estructurales y cerchas presentes en una construcción en seco. La caracterización de la madera se realizó en el LIMAD (FCyF-UNLP) mediante ensayos estandarizados (IRAM): contenido de humedad, densidad, flexión estática, dureza Janka y compresión paralela. El diseño y la fabricación del mobiliario fue realizado en el Taller de Diseño Industrial (FBA-UNLP) mediante la propuesta de una familia de muebles destinados a viviendas sociales utilizando como premisas: uso intensivo, desgaste cotidiano y características físico-mecánicas de la madera. Para ello se empleó madera maciza y tableros enlistonados de sauce con uniones y encastres fabricados con herramientas eléctricas de carpintería tradicional, facilitando así su producción en serie. En la FRLP-UTN se construyó un salón de usos múltiples, SUM, de 60 m² empleando madera del clon de sauce indicado con vigas de 2" x 4" seca, cepillada y preservada superficialmente con fungicida-insecticida para la construcción de muros exteriores portantes, interiores no portantes y cerchas, todo rigidizados con tableros fenólicos de 10 mm. En base a los estudios y experiencias realizados se concluye: la madera de sauce resultó liviana y blanda; presentó baja resistencia a compresión paralela y flexión estática y baja rigidez en flexión; en el diseño y fabricación de mobiliario hogareño se pudo observar, además de las características estéticas, un comportamiento aceptable en trabajabilidad, adhesividad y resistencia general; como material estructural para la construcción, se observó buen comportamiento en cuanto a resistencia en flexión y compresión paralela a las fibras, retención de clavos espiralados y retención de tornillos en el armado de entramados de muros y cerchas.

Palabras clave: tecnología, muebles, diseño industrial, paneles portantes, cerchas

Introducción

La madera de sauce (*Salix* sp), de amplia difusión en la región del Delta del Río Paraná y zonas costeras del Río Plata, Argentina, llega a ser la más importante del mundo en superficie, abarcando aproximadamente unas 51.000 hectáreas (Faustino *et.al.*, 2006). En la (figura 1) se puede visualizar en verde la superficie de álamo y en rojo la de sauce.

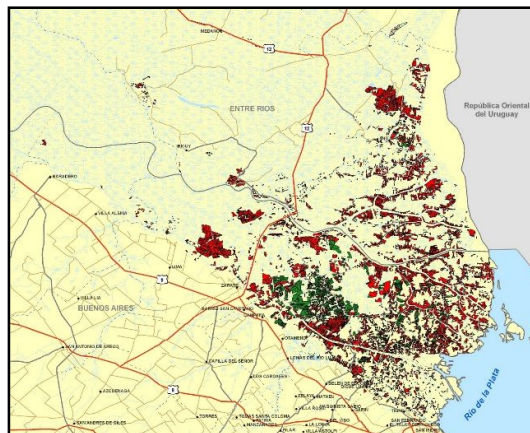


Figura 1. Superficie de sauce y álamo

Los clones “Americano” y los híbridos ‘Ragonese 131-25’ y ‘Ragonese 131-27’ conforman la mayor parte de las plantaciones actuales en el Delta, estos híbridos muestran mayor crecimiento y características adecuadas para usos sólidos (Cerrillo, 2010). Actualmente, la madera es utilizada en productos de bajo valor agregado como material macizo –cajones frutihortícolas- y/o triturado -tableros aglomerados y pulpa- y principalmente para la fabricación de papel de diario, usos que no contemplan la producción de madera de calidad (Atencia, 2010), entre estas últimas dos industrias consumen alrededor del 90% del sauce que se produce en dichas regiones, (Figura 2).

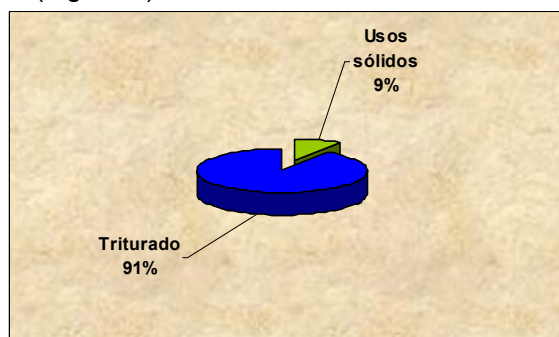


Figura 2. Utilización del sauce

La tendencia productiva forestal del Delta apunta sin duda a la obtención de madera de calidad (aserrado o debobinado) de salicáceas (sauce y álamo), a través de apropiadas prácticas silvícolas, plantación de clones adecuados, para luego trabajarla con adecuados procesos de elaboración, destinando los residuos a la industria del triturado para pasta celulósica o tableros aglomerados (Martinuzzi, 2010; Álvarez, 2010). Martinuzzi (2010) afirma que la madera de sauce tiene aptitud tecnológica para numerosos usos de mayor calidad (tableros contrachapados, tableros alistonados, vigas laminadas, muebles, usos civiles), para los cuales hoy día no es aplicada, producto de que tiene ciertas dificultades tecnológicas, posibles de solucionar a través de procesos adecuados para tratar el material (desarrollo de programas de secado y aserrado, aplicaciones de tratamientos superficiales para el aumento de la dureza, entre otros).

Hipótesis

Se consideró que la madera de sauce, con el empleo de tecnologías apropiadas -aserrado, secado, preservación- y clasificación por grados de calidad, es apta para usos de mayor valor agregado que los actuales, como muebles y viviendas.

Objetivos

Los objetivos de este trabajo fueron:

- 1) Caracterizar físico-mecánicamente la madera de *Salix babylonica* x *Salix alba* "Ragonese 131/27 INTA" proveniente de un ensayo sobre manejo de INTA Delta.
- 2) Constatar su aptitud para fabricación de muebles aplicando diseño como parte del proceso.
- 3) Verificar/evaluar el comportamiento de su madera aplicada en muros estructurales y cerchas instaladas en una construcción en seco.

Materiales y métodos

Se empleó madera de *Salix babylonica* x *Salix alba* "Ragonese 131/27 INTA" proveniente de un ensayo del INTA Delta, implantado en el año 2000 – turno de corta de 16 años-. Se utilizaron guías de un año de edad como material de plantación, a una distancia de 4 x 4 m. La plantación recibió podas de formación al primer año y sistemáticas del fuste durante 3 años posteriores. Con la misma partida de madera, de 4000 pie madereros de volumen de vigas de 2" x 4" de escuadría y largo variable superior a 3 m, se realizaron los diferentes trabajos planteados en el presente estudio: caracterización tecnológica, diseño y fabricación de muebles, construcción de una vivienda. El material fue recibido en estado seco al aire, sin cepillar, posteriormente las piezas fueron cepilladas en las 4 caras, dimensionadas según ensayo y lijadas para las dos primeras líneas de investigación.

La caracterización de la madera se realizó en el Laboratorio de Investigaciones en Maderas (LIMAD), de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAYF) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), mediante ensayos estandarizados: contenido de humedad (norma IRAM 9532), densidades aparentes, normal y anhidra (norma IRAM 9544), flexión estática (norma IRAM 9542), dureza Janka (norma IRAM 9570) y compresión paralela (norma IRAM 6541).

El diseño y la fabricación del mobiliario fue realizado por estudiantes en el Taller de Diseño Industrial, Facultad de Bellas Artes (FBA), (UNLP), mediante la propuesta de una familia de muebles destinados a viviendas sociales utilizando como premisas: uso intensivo, desgaste cotidiano y características físico-mecánicas de la madera. Para ello se empleó madera maciza y tableros enlistonados de sauce con uniones y encastrados fabricados con herramientas eléctricas de carpintería tradicional, facilitando así su producción en serie.

En la Facultad Regional La Plata (FRLP) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), se autoconstruyó, con participación de docentes y estudiantes de esa casa de estudios y de la FCAYF (UNLP), un salón de usos múltiples (SUM), de 60 m² empleando madera del clon de sauce indicado. Se trabajó con vigas de 2" x 4" de escuadría, seca, cepillada en cuatro caras y preservada superficialmente por dos manos de pincelado, con un producto fungicida-insecticida de la Empresa Direth SA, para el armado de: muros exteriores portantes, interiores no portantes y cerchas, todo rigidizados con tableros fenólicos *Eucalyptus grandis* de 10 mm. Las uniones de la madera de sauce en los nudos de las cerchas fueron fijadas de ambos lados con tableros fenólicos de *E. grandis* de 18 mm, unidos con clavos espiralados de 2,5" aplicados con clavadora neumática y distribuidos según esquema de unión de las piezas.

Resultados y discusión

Caracterización Tecnológica.

En base a los parámetros físico mecánicos obtenidos, la madera de sauce resultó liviana (densidad aparente normal al 12% de contenido de humedad, 0,465 g/cm³) y densidad aparente anhidra 0,430 g/cm³) rango: 0,35 a 0,55 g/cm³ (Coronel, 1994) y 0,30-0,45 g/cm³ (Rivero Moreno, 2004), respectivamente.

Los resultados de dureza clasificaron a la madera como blanda (37,10 MPa), rango 34-49 MPa (Rivero Moreno, 2004).

La madera ensayada presentó baja resistencia a compresión paralela (27,22 MPa), rango 20,01-30 (Rivero Moreno, 2004).

Los valores de módulo de rotura (MOR) en flexión estática clasificaron a la madera como de baja en resistencia (49,46 MPa) y los valores del módulo de elasticidad (MOE), la clasificaron como baja en rigidez (4536,59 MPa) – buena elasticidad-, rango 49-93 MPa y valores menores a 9800 MPa, respectivamente (Rivero Moreno, 2004).

Los valores encontrados son similares a los hallados por Murace *et. al.* (2007), estudiando otros dos clones de sauces implantados en la zona del Delta del Río de La Plata: *Salix babylonica* x *Salix alba* "Ragonesa 131/25 INTA y el *Salix nigra* 4. Asimismo, comparando el sauce con dos especies que poseen certificado de aptitud técnica (CAT) por la Secretaría de Vivienda de Nación de Argentina, en el sistema constructivo de entramado planteado en el presente trabajo, *Pinus ellioti* y *Eucaliptus grandis*, se puede inferir que ambas especies poseen propiedades tecnológicas cuyos parámetros se encuentran dentro del mismo rango clasificatorio que el hallado para la madera del sauce en estudio (Suirez *et. al.*, ca 1994, Manual para Productores de Eucaliptos de la Mesopotamia Argentina, ca 1996, Sánchez Acosta, ca 1995, Sánchez Acosta 2003, Cadamda, 2017). Por lo tanto, se podría inferir que la madera de *Salix*, también sería apta para las aplicaciones que se proponen en el presente trabajo y se potenciarían las alternativas de uso con mayor valor agregado.

Diseño de mobiliario

Para el diseño y la fabricación del mobiliario se tomaron problemas del ámbito como el uso intensivo y el desgaste diario más otros problemas respecto a la madera como la tendencia a deformarse y su flexibilidad, para generar la idea de durabilidad del producto.

A partir de esa idea se optó por utilizar 100 % madera sólida de sauce en todos los muebles más el uso de carpintería tradicional para generar estructuras cerradas, sólidas y seguras. En ese sentido, todos los muebles fabricados presentan patas con un travesaño inferior, esto hace que se vean resistentes y que también lo sean. Además, se aplicaron biseles en los contornos con el objetivo de eliminar las aristas vivas, que pueden dañar o pueden incomodar al usuario. El detalle de los biselas, además se logra un efecto que realza la madera e integra las formas (Figuras 3 y 4).



Figura 3. Familia de mobiliario de dormitorio. Figura 4. Mesa de tablero alistonado y biselada.

Todas las superficies de apoyo fueron fabricadas a partir de tableros enlistonados de sauce, las estructuras lineales son de sauce sólido, esto hace que los muebles sean livianos. En cuanto a las uniones y encastres de las partes se decidió resolverlas de manera tal que puedan ser fabricadas con herramientas eléctricas de carpintería tradicional, facilitando así su producción seriada.

Un primer intento por revalorizar la madera de sauce se encuentra desarrollado por el Centro Metropolitano de Diseño (2003) donde, en su publicación denominada Operación Salix se observa el desarrollo de nuevas líneas de productos, muebles domésticos, en madera maciza y tableros de listones de *Salix spp*, con el objetivo de penetrar innovadoramente en el mercado nacional y latinoamericano. En el mismo trabajo se reafirma, lo que se corrobora con el presente trabajo, sobre la aptitud de esta madera para el procesamiento, el fresado, la capacidad de ser teñida y la posibilidad de trabajar con una amplia gama de formas y colores.

Construcción del SUM

El proyecto constructivo se emplazó en la FRLP - UTN. Dicho predio se ubica en la localidad de Berisso (La Plata-Argentina), en las calles 58 y 126 de dicha localidad.

Mediante el estudio geotécnico se analizaron las características del suelo en la zona de emplazamiento, para ello se realizó el ensayo *Standard Penetration Test* (SPT). Se realizaron dos perforaciones de 6 m de profundidad, con un equipo semi – manual, a rotación con barreno trépano cola de pescado e inyección de agua para la recuperación del detrito de perforación.

El sistema constructivo empleado fue el denominado *plataform frame*, ampliamente utilizado en EEUU y Canadá, el cual se basa en la utilización de vigas reticuladas de fundación, paneles portantes de muro y cabreadas o cerchas, todos auto-construido con madera de distintas especies cultivadas en Argentina (Keil et al, 2015). Con sistemas de aislación térmica, acústica e hidrófuga y terminaciones según diseño. La construcción dispone de una superficie cubierta de 60 m² la cual cuenta con un área externa (terrace) con deck y semicubierta, e internamente cuenta con: un área destinada a vivienda para casero del Polideportivo de la institución y un área independiente destinada a un laboratorio de energías alternativas de la misma de la FRLP -UTN.

Base: en base al análisis geotécnico se definieron las fundaciones de hormigón armado, 16 dados de 50 x 50 x 60 cm de altura. Sobre los dados se conectaron mediante conectores metálicos empotrados en los cubos de hormigón, 4 vigas reticuladas de madera de *E. grandis* de escuadría 1"x 3", colocadas en forma paralela al eje mayor de la construcción. La madera fue preservada con dos manos aplicadas a pincel con fungicida e insecticida de la empresa Direth SA. Sobre las vigas reticuladas se unieron mediante clavos espiralados aplicados con clavadora neumática, vigas de *Pinus elliotii* de 2" x 6", impregnadas con CCA por método de célula llena (Behell), estas vigas se colocaron en forma transversal a las vigas reticuladas y separadas 40 cm de eje a eje de viga. Sobre las vigas de pino se colocó el polietileno de 200 micrones y sobre él, tableros fenólicos de *E. grandis* de 18 mm de espesor.

Muros: los paneles de muro fueron armados en obra con madera de sauce ensayado en el presente trabajo, de escuadría 2" x 4" y rigidizados con tableros fenólicos de *E. grandis* de 10 mm de espesor. Se utilizaron vigas de sauce de escuadría 2"x4" para la nivelación superior de los paneles de muro. Se utilizaron clavos espiralados de 2", 2½", 3" y 4" de longitud, aplicados mediante clavadora neumática (Figuras 5, 6 y 7).



Figura 5. Vigas predimensionadas. Figura 6. Protección. Figura 7. Muro en obra.

Aislamiento y revestimiento de muros: en el interior de los muros se colocaron 100 mm de espesor de lana de vidrio y hacia el interior de la vivienda, polietileno de 200 micrones como barrera de vapor, fijado con tablas cepilladas de 1"x3" de *E. grandis* y sobre ellas un

revestimiento tableado con base de MDF con terminación melamínico. Hacia el exterior del muro, rigidizado con tableros fenólicos de 10 mm, se colocó la barrera gas permeable fijada con tablas sin cepillar de $\frac{1}{2}$ "x3" de *E. grandis*, siendo los soportes para el revestimiento exterior de placas cementicias en listones de 20 cm de ancho imitando el diseño de una conífera, colocados en forma horizontal solapados para el escurrimiento del agua hacia el exterior de la construcción.

Cerchas: fueron armadas con vigas cepilladas en 4 caras de sauce de 2"x4" de escuadría, unidas con tableros fenólicos de *E. grandis* de 18 mm de espesor, clavados a ambos lados de la cercha (Figuras 8, 9 y 10).



Figura 8. Armado cercha. Figura 9. Cerchas terminadas. Figura 10. Cerchas colocadas.

Techo: sobre la cercha se colocaron tableros fenólicos de *E. grandis* de 10 mm de espesor, sobre ellos se instaló la membrana hidrófuga fijada con tablas sin cepillar de *E. grandis* de $\frac{1}{2}$ "x3" de escuadría, sobre las tablas se colocaron a martillo las clavaderas de *E. grandis* de 2"x3" de escuadría, con clavos espiralados de 5" y 6" pulgadas. Finalmente se colocaron las chapas sinusoidales galvanizadas N°25 con tornillos autoperforantes con arandelas de silicona junto a las terminaciones del techo: Cumbreas, babetas y cenefas de zinc.

Aislamiento interno de cielorraso: entre las cerchas se colocó lana de vidrio de 50 mm de espesor, sostenida por polietileno de 200 micrones, sujeto con tablas cepilladas de *E. grandis* de escuadría 1"x3", sobre las cuales se instaló el cielorraso de placas de yeso.

Aberturas: En este caso se emplearon aberturas exteriores (ventanas/puertas) de aluminio tipo Módena con doble vidrio hermético (4+9+4). Las puertas interiores fueron de placas de pino revestidas en Guatambú (*Balforodendron riedelianum*). En la aislación con el exterior se empleó cinta adhesiva Rothoblass y espuma de poliuretano y se colocaron babetas de zinc para el escurrimiento del agua exterior. Tablas de *E. grandis* con $\frac{1}{2}$ "x3" de escuadría cepilladas se emplearon en los contramarcos de las aberturas.

Semicubierto: se generaron dos espacios semicubiertos, con cielorraso de tableros fenólicos facetados denominados *plakimbre* en el mercado local. En el piso se colocaron tablas de *E. camandulensis* de 1"x3".

La madera del *Salix babylonica* x *Salix alba* "Ragonese 131/27 INTA" como material estructural en la construcción de vivienda, se comportó de manera similar a la reportada por Keil et al (2015), empleando *E. grandis*, en dos edificaciones anteriores realizadas en la FCAYF-UNLP. En este caso, se pudo constatar un buen comportamiento en cuanto a resistencia en flexión y compresión paralela a las fibras, retención de clavos espiralados y retención de tornillos en el armado de entramados de muros y cerchas. Restan realizar los ensayos de los entramados estructurales, de modo de poder obtener un Certificado de Aptitud Técnica (CAT) para la

construcción de edificaciones, de modo de incorporar la madera de *Salix*, a los ya existentes en Argentina, para *Pinus* y *E. grandis*.

Conclusión

En base a los estudios y experiencias realizados se concluye lo siguiente: la madera de sauce resultó liviana y blanda; presentó baja resistencia a compresión paralela y flexión estática y baja rigidez en flexión; en el diseño y fabricación de mobiliario hogareño se pudo observar, además de las características estéticas, un comportamiento aceptable en trabajabilidad, adhesividad y resistencia general; como material estructural para la construcción de viviendas, se observó buen comportamiento en cuanto a resistencia en flexión y compresión paralela a las fibras, retención de clavos espiralados y retención de tornillos en el armado de entramados de muros y cerchas. Lo ante dicho, potenciaría la utilización del recurso *Salix* en usos de mayor valor agregado, destinando la madera de menor calidad a usos de menor valor agregado, como embalajes y triturados.

Referencias Bibliográficas

Álvarez, J.L. 2010. El Sauce resultará irremplazable cuando pretendamos aumentar significativamente la superficie forestada en el Delta. Jornada Técnica sobre el Sauce. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Buenos Aires Norte. Estación Experimental Agropecuaria Delta del Paraná. Buenos Aires. 4 pp.

Atencia, M.E. 2010. Usos sólidos de madera de sauce experiencia en secado – aplicación en la elaboración de pisos Jornada Técnica sobre el Sauce. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Buenos Aires Norte. Estación Experimental Agropecuaria Delta del Paraná. Buenos Aires. 10 pp.

C.A.T. para viviendas de madera de eucalipto. 2017. <http://www.cadamda.org.ar/portal>. 3 pp.

Centro Metropolitano de Diseño. 2003. Operación Salix: Gestión de diseño en la cadena de valor del mueble de Salix. Gobierno de la ciudad de Buenos Aires. Secretaría de Desarrollo Económico. 39 pp.

Cerrillo, T. 2010. El Mejoramiento Genético. Una herramienta en búsqueda de aportes tecnológicos para incrementar la productividad del sauce, en función de la capacidad forestal, la adaptabilidad y el potencial tecnológico de su madera. Jornada Técnica sobre el Sauce. Buenos Aires.

Dirección de Producción Forestal del MAGyP. 2012. Plantaciones forestales en las islas del Delta del Paraná. Área de Sistemas de Información Geográfica (SIG) e Inventario Forestal. <http://deltaforestal.blogspot.com.ar/2012/01/plantaciones-forestales-en-las-islas.html>

Faustino L.; Coco J.I.; Monteoliva S.E. 2006. Influencia del patrón de crecimiento y la edad sobre algunas propiedades de la madera en sauces. Jornadas de Salicáceas. Buenos Aires. 8 pp.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Buenos Aires Norte. Estación Experimental Agropecuaria Delta del Paraná. Buenos Aires. 3 pp.

Keil, G; E. Spavento; E. Muñoz; S. Alegre; C. Taraborelli & M. Refort. (2015). “Construcción en madera: acción conjunta entre organismos estatales de educación/ extensión e investigación, una experiencia Argentina”. Revista Ciência da Madeira (*Brazilian Journal of Wood Science*). Classificação Qualis 2014: B4 em Ciências Agrárias / B4 em Materiais. DOI: 10.12953/2177-6830/rcm.v6n2p112-121. <http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira>.

Manual para Productores de Eucaliptos de la Mesopotamia Argentina. Ca 1996. Propiedades de la madera de Eucalipto. 12 pp.

Martinuzzi, F. 2010. Jornada Técnica sobre el Sauce. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Buenos Aires Norte. Estación Experimental Agropecuaria Delta del Paraná. Buenos Aires. 2 pp.

Murace M.; G. Keil; M. Otaño; M. Luna & E. Spavento. (2007). Código A 31. “Estudios xilotecnológicos en madera de *Salix nigra* 4 y *Salix babilónica* x *S. alba* “A 131-25” cultivados