



TÓPICO: 3. Caracterización de madera estructural CÓDIGO: A4468290

**ESTUDIO DE LA LONGITUD DE FIBRA, DENSIDAD, DUREZA Y DURABILIDAD DEL SAUCE
SALIX BABYLONICA X SALIX ALBA 'RAGONESE 131-27'.
STUDY OF THE FIBER LENGTH, DENSITY, HARDNESS AND DURABILITY OF WILLOW
SALIX BABYLONICA X SALIX ALBA 'RAGONESE 131-27'.**

Cobas, Ana Clara¹; Correa, Maria Veronica²; Tortoriello, Miguel¹; Cichero, Renso¹

¹Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina;

²Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT), Argentina

Resumen

En los últimos tiempos se ha avanzado, tanto en conocimiento como en difusión, en la construcción de viviendas económicas de madera, material que debe ser resistente, durable y de costo aceptable. Esto ha motivado el estudio de especies ventajosas en cuanto al rápido crecimiento y facilidad de propagación, como el caso del sauce. Este trabajo se basó en el estudio integral del *Salix babylonica x Salix alba* 'Ragonese 131-27', de manera de determinar cuál es la variación axial y radial que tienen las propiedades anatómicas, físicas y mecánicas (densidad, longitud de fibra y dureza) que determinarán su aptitud de uso estructural. Asimismo, se estudió su durabilidad natural, a fin de determinar la necesidad, o no, de preservar la madera con un producto biocida antes de usarla en estructuras en contacto con el suelo y al exterior. Se estudiaron 6 ejemplares extraídos de un rodal ubicado en la EEA Delta del Paraná. De cada una de estas trozas, se confeccionaron probetas para determinar la densidad, longitud de fibra y dureza Janka. Los resultados promedios obtenidos indican que la madera de este sauce posee una densidad de 400 Kg/m³, una longitud de fibras de 1025 µm y un valor de dureza Janka de 256 Kg/cm². En cuanto al estudio de la durabilidad natural, el valor obtenido establece que esta madera es medianamente resistente.

Palabras-clave: *Sauce, Durabilidad, Propiedades, Estructural.*

Abstract

In recent times, progress has been made, both in knowledge and dissemination, in the construction of low-cost wooden houses; this material must be resistant, durable and of acceptable cost. This has motivated the study of advantageous species in terms of rapid growth and ease of propagation, as in the case of the willow. This work was based on the integral study of *Salix babylonica x Salix alba* 'Ragonese 131-27', in order to obtain the axial and radial variation of the anatomical, physical and mechanical properties (density, fiber length and hardness) that determine its suitability for structural use. Likewise, its natural durability was studied, in order to determine the need, or not, to preserve the wood with a biocidal product before using it in structures in contact with the ground and outdoors. Six logs extracted from a stand located in the EEA Delta del Paraná were studied. From each of these logs, specimens were made in order to determine the density, Janka hardness and fiber length. The average results obtained indicate that the wood of this willow has a density of 400 Kg/m³, the fiber



length was 1025 μm and the Janka hardness value 256 Kg/cm^2 . In terms of natural durability, the value obtained establishes that this wood is moderately resistant.

Keywords: Willow, Durability, Properties, Structural

1. Introducción

La madera puede ser vista como un material higroscópico, como un agregado de fibras y finos, o como una masa de diferentes sustancias químicas en combinación, pero fundamentalmente como un producto biológico generado durante la actividad de crecimiento del cambium en años sucesivos (Monteoliva, 2010). Es un material biológico, anisotrópico y heterogéneo, de amplio uso histórico -y creciente- por la humanidad, ya sea como fuente energética, destinando sus fibras para la industria celulósica-papelera, o en diversos usos sólidos, tanto no estructurales (ej. muebles, pisos, pallets, paneles) como estructurales portando cargas en viviendas, edificios, etc. El desarrollo de las sociedades está así fuertemente ligado al uso de la madera y sus derivados, a la vez que constituye un reservorio de carbono, que es extraído y fijado desde la atmósfera. (e.g. Hacke & Sperry, 2001; Rice et al, 2004; Martínez Meier et al, 2008).

La madera ha servido como material de construcción desde la prehistoria, es un material que ofrece muchas ventajas y también algunas desventajas a quien lo usa. Entre sus mejores características están el ser uno de los pocos materiales de construcción renovables; su transformación requiere mucho menos energía por unidad de peso que el acero, el aluminio o el hormigón armado; proporciona mejor aislamiento térmico por unidad de espesor que los metales o el hormigón armado; posee una mayor relación entre rigidez y peso que algunos materiales utilizados en la construcción; trabajar y unir la madera es relativamente fácil pues se requieren herramientas simples; y en ciertas circunstancias posee larga duración. Sin embargo, el uso de la madera en la construcción presenta algunos inconvenientes que han de ser considerados por cualquier programa, por ejemplo, la madera se quema, se pudre, contrae al secar, es susceptible al ataque de insectos y puede resultar más costosa que otros materiales.

A nivel mundial, el uso de la madera en la construcción es un tema estudiado por mucho tiempo en varias disciplinas (ingeniería civil, arquitectura, ingeniería forestal, entre otras). Países como Estados Unidos, tienen la mayoría de sus viviendas construidas en madera, mientras que en Australia podemos encontrar el edificio de madera de ingeniería más grande de ese país, se inauguró en 2018 y cuenta con 10 pisos y 45 metros de altura. Aunque el uso de la madera en la construcción de importantes edificios públicos y residencias privadas tiene varios precedentes históricos, en nuestro país generalmente se considera a ésta como el material para construcciones provisionales y /o de mala calidad. Una de las principales causas de esta creencia es la falta de conocimiento por parte de la población de las ventajas que tiene la construcción con este material. Además, la madera, como todo tejido en un ser vivo, está sujeta a variación fenotípica (dada por la influencia ambiental) y genética (dada por la historia evolutiva de la especie), las que, en especies longevas como los árboles, pueden determinar una amplia variabilidad aún dentro del mismo individuo (Barnett y Jeronimidis, 2003). Así, la madera producida por árboles de la misma especie no es idéntica en sus propiedades físicas y mecánicas, existiendo variabilidad entre individuos y dentro del mismo árbol. Todas las características anatómicas y físico-mecánicas dentro del árbol exhiben un rango en sus valores que dependen de la edad de formación



(variabilidad radial, madera juvenil o madura) y de la altura en el fuste (variabilidad axial). Conocer esta variabilidad permite establecer su aptitud para determinados usos de manera adecuada (Barnett y Jeronimidis, 2003). Otra consideración a tener en cuenta es que los estudios sobre las propiedades de la madera para uso sólido no han sido analizados desde grupos multidisciplinarios lo que permitiría una comprensión integral de las necesidades para el uso en estructuras y las características propias del material y no solo información parcializada de la disciplina que la estudió.

El sauce *Salix babylonica x Salix alba* 'Ragonese 131-27' está siendo estudiado por el INTA Concordia para fines estructurales, enfocado en la construcción de viviendas sociales. En los últimos tiempos se ha avanzado, tanto en conocimiento como en difusión, en la construcción de viviendas económicas de madera, destacando que el término económico no está relacionado con la calidad, sino con un producto confiable y durable de costo no muy elevado. Esto ha motivado el estudio de especies con ciertas ventajas en cuanto a crecimiento y facilidad de propagación, que no eran consideradas "buenas" para uso estructural, como el caso del sauce.

Si se pretende incorporar a la madera como material para la construcción, es necesario conocer sus características físicas, anatómicas y mecánicas, como así también los métodos que pueden mejorar algunas de estas propiedades, como por ejemplo la durabilidad, de manera de valorizar la madera de salicáceas para uso estructural.

2. Metodología

Se trabajó con la especie *Salix babylonica x Salix alba* 'Ragonese 131-27', el material fue obtenido de un ensayo con manejo silvícola de Edgardo Casaubón de la EEA Delta del Paraná. Se seleccionaron 6 ejemplares en buenas condiciones fitosanitarias y representativos del rodal. Se tomó como muestra la troza basal de 2 m de largo y fue cortada en cruz para facilitar la posterior formación de las tablas a ensayar. El material a estudiar fue cedido por el responsable del INTA Concordia, el Dr. Martín Sanchez Acosta.

Se tomó una tabla central por altura (base y 2 m), se marcaron los anillos de crecimiento, se midió el ancho de cada uno de ellos y se determinó la edad de los ejemplares.

Para la determinación de la densidad básica se tomaron probetas de 8 cm³ como mínimo (IRAM 9544) en cada una de las posiciones de muestreo sobre el radio (cada tres años una posición radial). El volumen verde se calculó por desplazamiento de fluidos (inmersión en agua) sobre las probetas saturadas en agua (humedad mayor al 30%). El peso seco se determinó luego del secado en estufa a una temperatura de 105 ± 3 °C hasta peso constante.

Para la determinación de la longitud de fibra se consideraron las mismas posiciones radiales que en el caso de densidad, se tomó una astilla de cada una de ellas y se procedió a macerarlas (Franklin, 1945) en una solución de ácido acético y agua oxigenada a 60 °C por 24 hs. El material macerado fue puesto sobre un portaobjetos y se tomaron fotos en un microscopio. Las fotos fueron analizadas posteriormente a través del programa Imagen TOOLS.

Para la realización del ensayo de dureza Janka se siguió la norma ASTM D 143 – 94 (Reapproved 2000) (Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber). Se ensayaron 30 probetas por árbol de dimensiones 5 cm x 5 cm x 15 cm.



Herrera y Gómez-Nava (1980) y otros autores coinciden al indicar que el estudio para evaluar la durabilidad natural de la madera en contacto con el suelo o enterrada proporciona datos más precisos, pero el tiempo para obtenerlos es excesivo. De ahí la importancia de los métodos in vitro o de laboratorio que en poco tiempo permite obtener la información por medio de índices. Asimismo, mencionan que la bibliografía existente sobre durabilidad natural de la madera, demuestra que en numerosas experiencias realizadas en diversos, países, existe una buena correlación entre los resultados en los ensayos en laboratorio y la durabilidad de prueba en contacto con el suelo o enterradas. Se emplearon dos hongos xilófagos pertenecientes a la familia de las Poliporáceas, las cuales son recomendadas para estudios de este tipo, *Trametes versicolor* y *Perenniporiella neofulva*. Se tomó como referencia la norma ASTM D2017-62t y se calculó el porcentaje de pérdida de peso (%PP) de cada probeta de madera empleando la siguiente relación:

$$\%PP = \left[\frac{(PSI - PSF)}{PSI} \right] * 100$$

donde:

PSI = Peso seco inicial (gr) antes del proceso de pudrición,

PSF = Peso seco final (gr) después del proceso de pudrición.

Dichos valores (%PP) son interpretados según la Norma ASTM 02017-62t, para la clasificación de las especies forestales en base a su durabilidad natural.

3. Resultados y Discusión

3.1. Variación radial y axial de ancho de anillo (Figuras 1, 2 y 3)

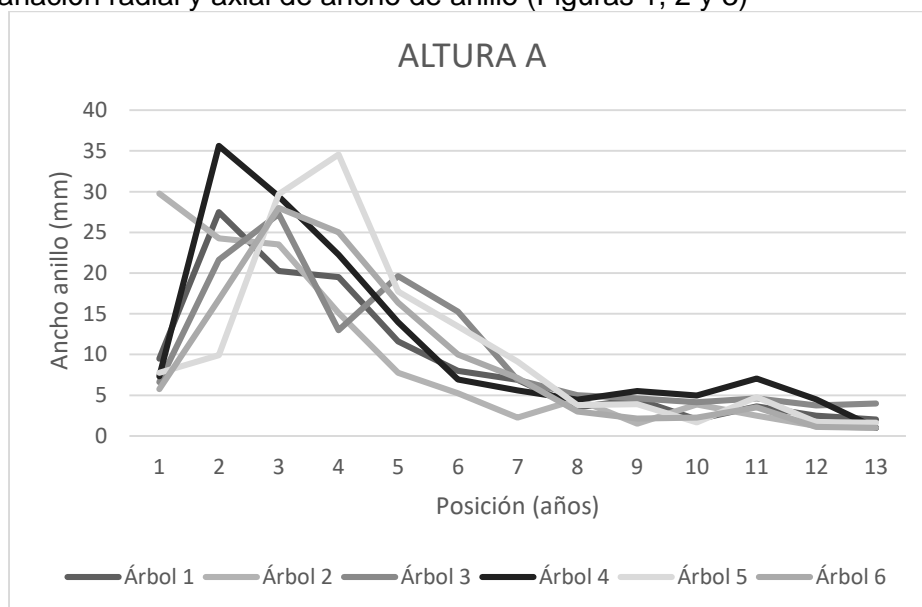


Figura 1: variación radial del ancho de anillo en la altura A (0.3 m)

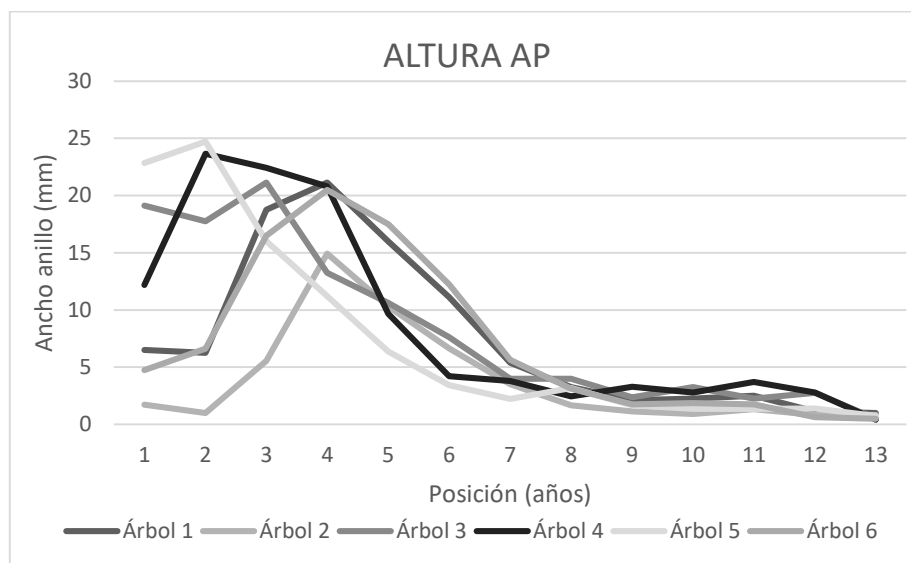


Figura 2: Variación radial del ancho de anillo en la altura AP (2 m)

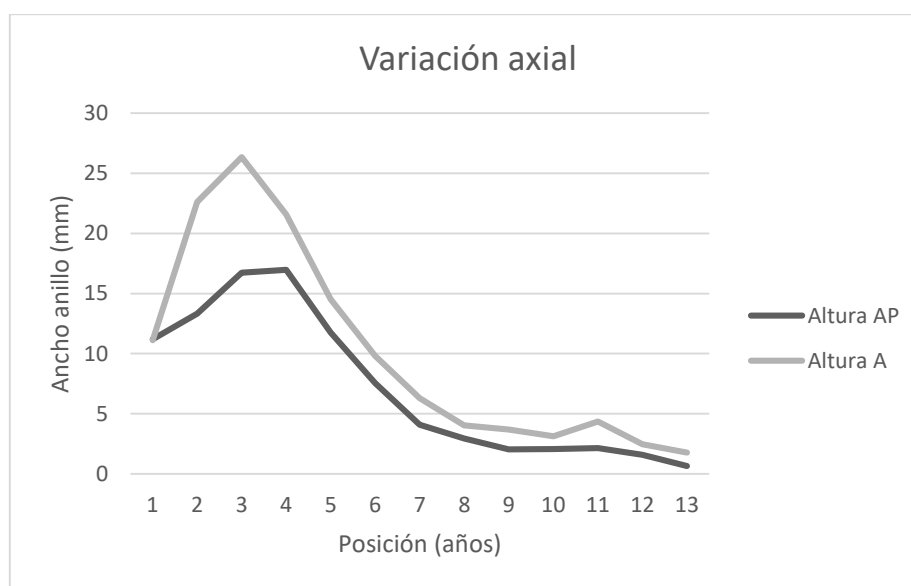


Figura 3: Variación axial del ancho de anillo en sauce

La variación radial encontrada en ambas alturas (Figura 1 y 2) presenta un aumento del ancho de los anillos de crecimiento con la edad hasta el año 4. Luego disminuye hasta lograr una estabilización en el año 8 y se mantiene constante hasta el año 13. Si consideramos la variación axial (Figura 3), observamos que el ancho de anillo disminuye con la altura principalmente en los primeros años de crecimiento (2 a 5) aunque esta diferencia no fue significativa. ($p > 0,05$).

3.2. Variación radial y axial de la densidad

El valor promedio de densidad obtenido fue de 400 Kg/cm^3 . La densidad no presenta patrones de variación homogéneos en el sentido médula-corteza si consideramos al árbol como fuente de variación (Figura 4 y 5). Esto coincide con la bibliografía de



saucos (Bonavía de Guth y Ragonese 1980, Cobas *et al.* 2013, Cobas *et al.* 2014) y de otras Salicáceas como diferentes especies de *Populus* (Matyás y Peszlen 1997, DeBell *et al.* 2002). Si tomamos el promedio podemos observar que la densidad disminuye con la edad hasta la posición radial 3 (9 años) y luego incrementa. Esto se puede observar en ambas alturas.

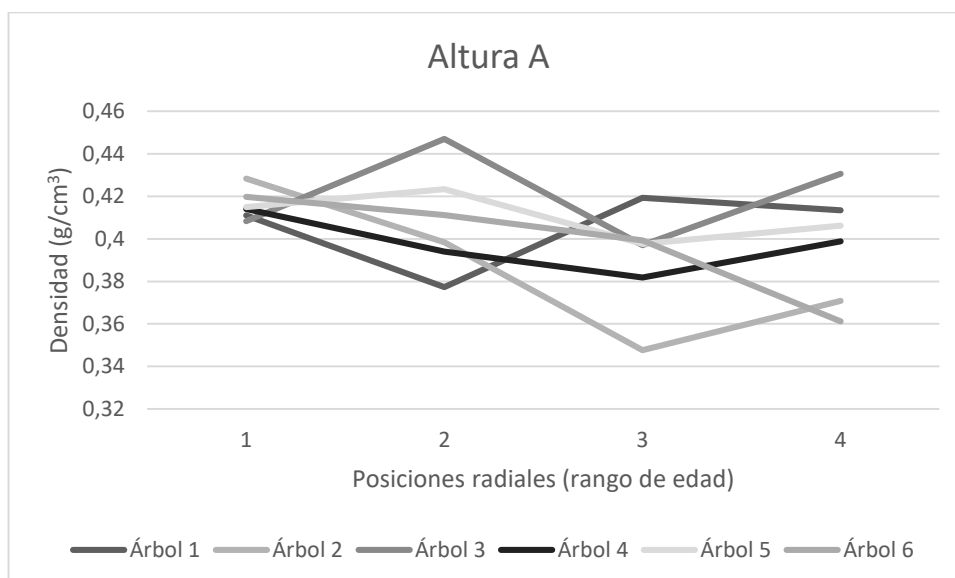


Figura 4: Variación radial de la densidad en la altura A (0,3 m), en sauce

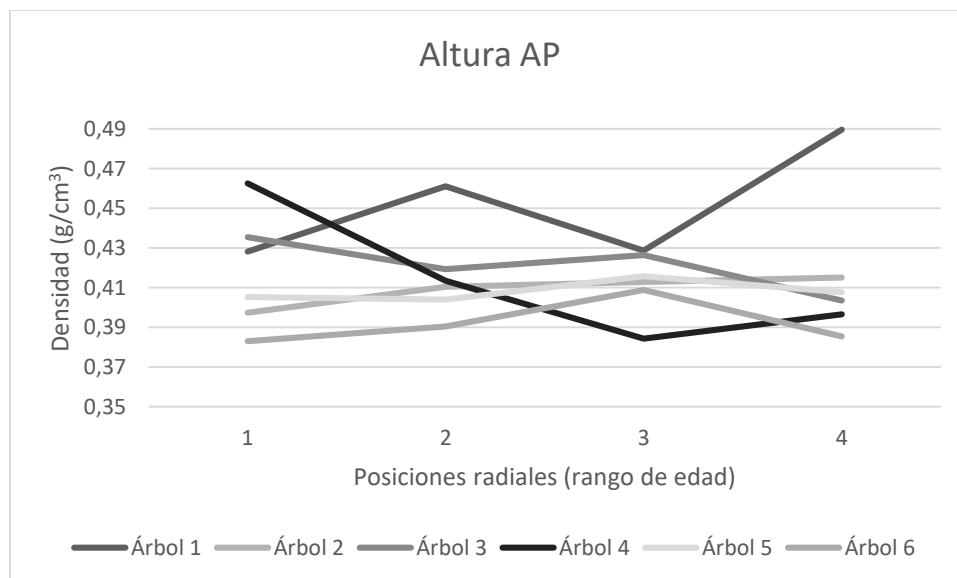


Figura 5: Variación radial de la densidad en la altura AP (2 m), en sauce

Si observamos la variación axial (Figura 6), podemos mencionar que la densidad aumenta con la altura sin embargo no es una variación significativa ($p > 0,05$).

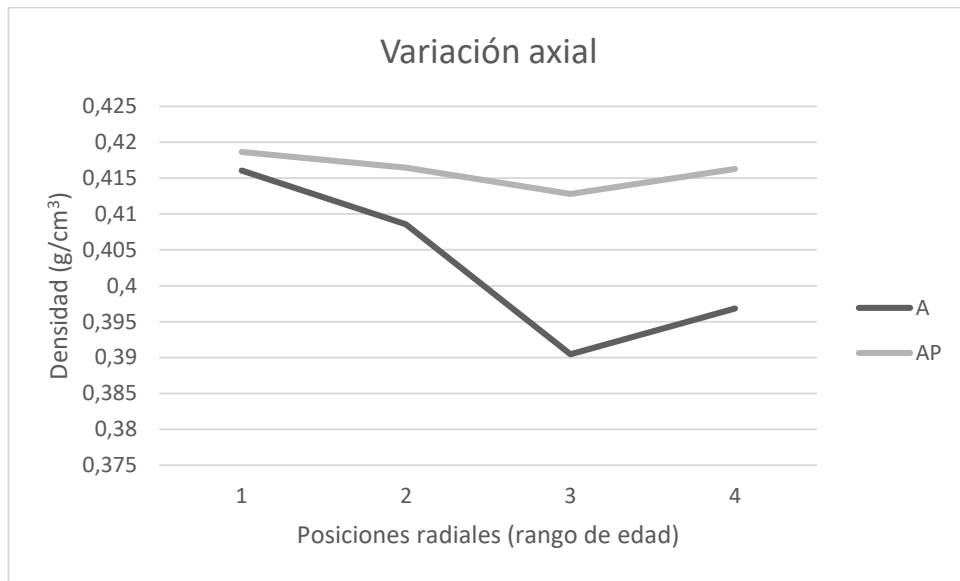
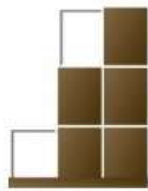


Figura 6: Variación axial de la densidad en sauce

3.3. Variación axial y radial de la longitud de fibra

El patrón general de variación encontrado para la longitud de fibra (valor promedio de 1025 μm) en sauce (Figuras 7 y 8) consiste en el aumento de sus valores de médula a corteza en ambas alturas muestreadas. Resultados similares fueron presentados por Deka et al (1992) para sauces híbridos de 14 años en Canadá y por Bonavía y Ragonese (1980), Monteoliva *et al* (2005) y Cobas et al (2014) para sauce americano.

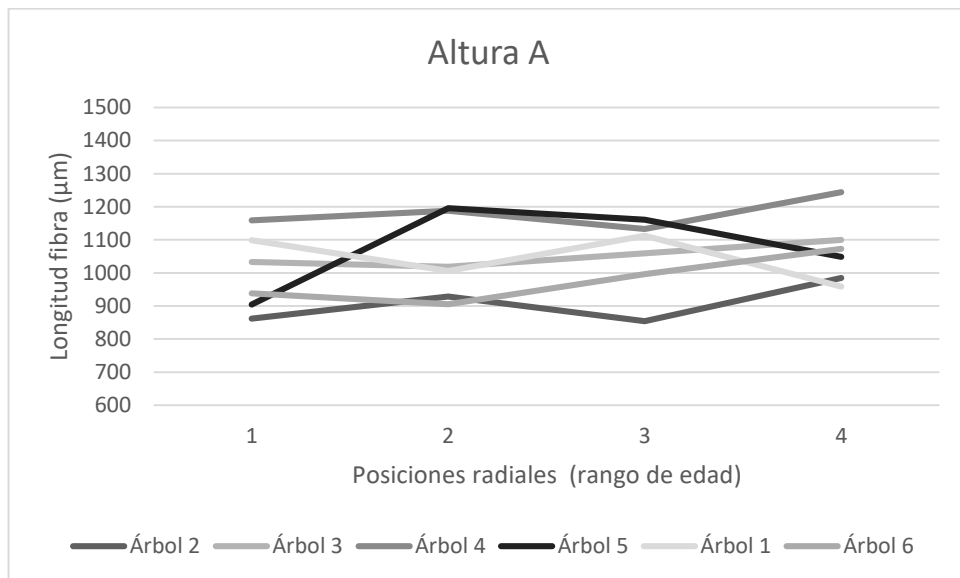


Figura 7: Variación radial en la altura A (0,3 m) de la longitud de fibra en sauce

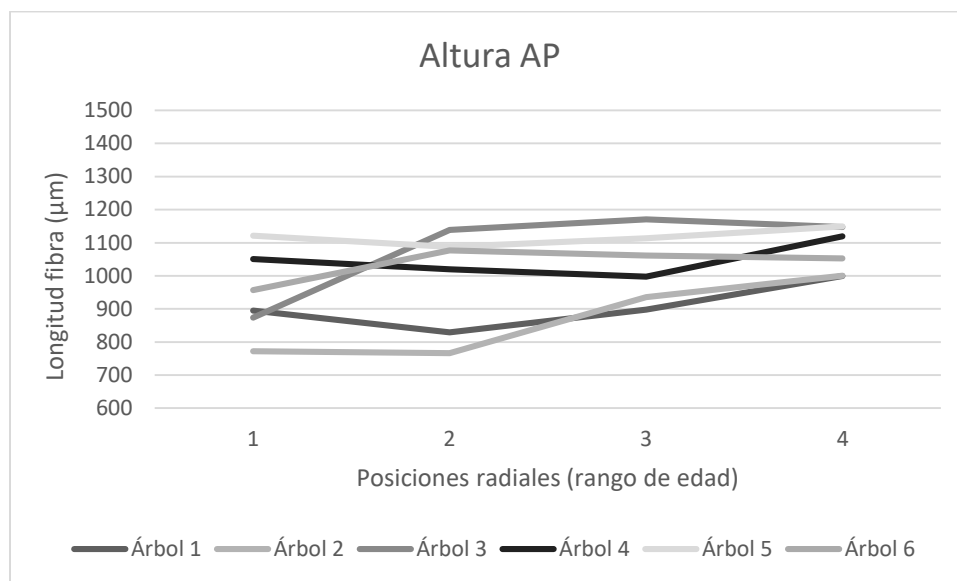


Figura 8: Variación radial en la altura AP (2 m) de la longitud de fibra en sauce

De acuerdo a la Figura 9, la longitud de fibra presenta una disminución con la altura de muestreo, sin embargo, la misma no fue significativa ($p > 0,05$).

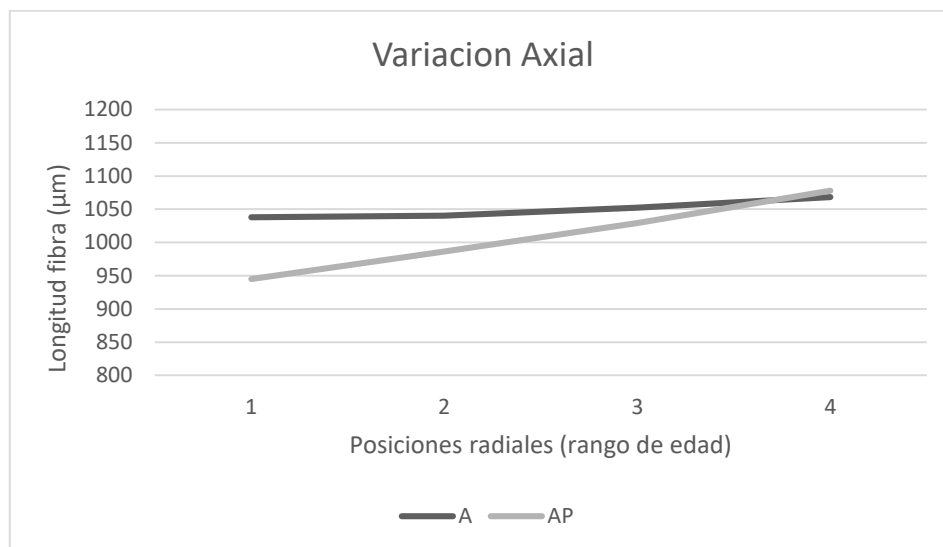


Figura 9: Variación axial de la longitud de fibra en sauce

3.4. Dureza Janka

El valor de dureza Janka obtenido fue de 256 Kg/cm², con un desvío estándar de 48,8 y un coeficiente de variación de 19%

El valor obtenido es similar al encontrado por Cuevas (2002) e Hidalgo Tomé (2014) para *Populus x euramericana*. Según la clasificación de García y García (1949), la madera de sauce Ragonese "131-27" se podría clasificar como blanda, lo que implicaría mejor trabajabilidad, pero menor retención de tornillos o clavos.

3.5. Durabilidad natural



Se presentan los datos obtenidos (Figura 10), el promedio de pérdida para el control fue del $0,09\% \pm 0,04$, para los 20 días de incubación se registró un promedio de $11,91\% \pm 0,99$. Posteriormente para 40 días de incubación el promedio fue $17,09 \pm 0,58$. La mayor pérdida de peso se observó luego de 60 días de incubación y en promedio el valor fue de $27,9\% \pm 0,91$, respecto del peso inicial. Según la Normativa ASTM D2017-62t, el valor obtenido luego de 60 días de incubación, se ubica en el rango de porcentaje de pérdida de peso de entre 25% y 44 %, así se establece que esta madera se encuentra en la categoría medianamente resistente, pudiendo tener una vida útil de entre 5 a 10 años.

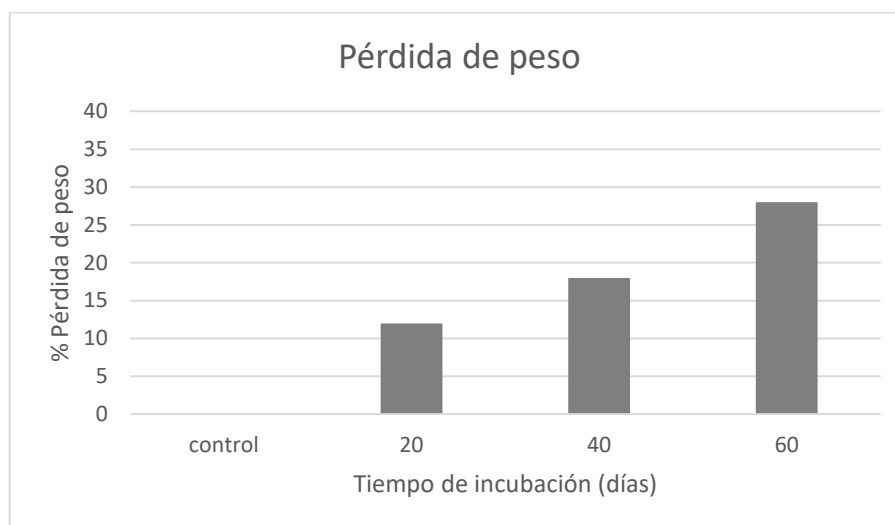


Figura 10: Porcentaje de pérdida de peso

4. Conclusiones

De acuerdo al valor de densidad promedio obtenido, 400 Kg/cm^3 , se puede clasificar a la madera de este sauce como semidensa, con una longitud de fibra promedio de $1025 \mu\text{m}$.

La variación axial y radial para la densidad y la longitud de fibra en la primera troza comercial (base a 2 m) no fue significativa, por lo tanto, se podría considerar homogénea en ese sector.

El valor de dureza Janka obtenido de 256 Kg/cm^2 la clasifica como madera blanda, permitiendo mejor trabajabilidad, pero disminuyendo la retención de tornillos y clavos. La madera de sauce *Salix babylonica x Salix alba* 'Ragonese 131-27' presentó una durabilidad natural medianamente resistente (5 a 10 años) por lo que se tendría que considerar realizar un tratamiento preservante antes de su utilización, principalmente si las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de patógenos.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Martín Sanchez Acosta, del INTA Concordia por el aporte de los ejemplares a estudiar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ASTM D2017-62t Standard Test Method of Accelerated Laboratory Test of Natural Durability.

ASTM D 143 – 94 (Reapproved 2000) (Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber).

Barnet, J. y Jeronimidis, G. (2003). Wood Quality and its biological basis. CRC Press.

Bonavía de Guth, E. y Ragonese, A. (1980). Evaluación de las características del leño en relación a la calidad del papel de algunos híbridos de sauces obtenidos en Castelar (INTA). IDIA n° 393-394: 25–30.

Cobas, A; Area, M y Monteoliva, S. (2013). Transición de madera juvenil a madura en un clon de *Populus deltoides* implantados en la provincia de Buenos Aires. Maderas. Ciencia y Tecnología. Univ. Bío-Bío. ISSN 0717-3644.

Cobas, A; Monteoliva, S. y Area, M. (2014). Patrones de variación de la densidad de la madera y morfometría celular de *Salix babylonica* para la determinación de la edad de transición entre madera juvenil y madura. Maderas. Ciencia y Tecnología. Univ. Bío-Bío. vol.16 n°3.

Cuevas, D. (2002). Propiedades mecánicas de *Populus x euramericana* (Dode) Guinier creciendo en Valdivia, Chile. *Bosque (Valdivia)*, 23(2), 93-98.

DeBell, D., Singleton, R., Harrington, C. y Gartner, B. (2002). Wood density and fiber length in young *Populus* stem: relation to clone, age, growth rate, and pruning. *Wood and Fiber Sci.* 34 (4): 529-539.

Deka, G., Wong, B. y Roy, D. (1999). Variation of specific gravity, fiber length and cell wall thickness in young *Salix* clones. *Journal of Wood Chemistry and Technology* 14 (1): 147–158.

Franklin GL (1945) Preparation of thin sections of synthetic resins and woody resin composites and a new method for wood. *Nature* 155: 3924–3951.

Hacke U., Sperry, J. (2001). Functional and ecological xylem anatomy. *Perspectives in plant ecology, evolution and systematics* 4 (2): 97-115.

Herrera R.J., Gomez-Nava y Barretero, G.E. (1980). Durabilidad natural de la madera de catorce especies forestales mexicanas. *Bol. Tec. Instituto Nacional de Investigación Forestal.* 67 p.

Hidalgo Tomé, I. (2014). Estudio de tratamientos alternativos para mejorar la estabilidad dimensional y la dureza de *Populus x euramericana* y *Pinus pinaster*. Universidad de Valladolid. 195.

IRAM 9544 (1985). Método para la determinación de la densidad aparente. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.

Martinez-Meier A., Sanchez L., Pastorino M., Gallo L., Rozenberg P. (2008). What is hot in tree rings? The case of surviving Douglas-firs to the 2003 drought and heat wave. *Forest Ecology and Management* 256, 837–843.

Mátyás, C. y Peszlen, I. (1997). Effect of age on selected wood quality traits of poplar clones. *Silvae Genetica* 46 (2-3): 64-72.

Monteoliva, S., Senisterra, G. y Marlats, R. (2005). Variation of Wood density and fiber length in six willow clones (*Salix spp*). *IAWA Journal* 26 (2): 197-202.

Monteoliva, S. (2010). La madera como material: estructura anatómica y propiedades. - 1a ed. La Plata: Universidad Nacional de La Plata, Internet. ISBN 978-950-34-0646-5.

Rice KJ, Matzner SL, Byer W, Brown JR. (2004). Patterns of tree dieback in Queensland, Australia: the importance of drought stress and the role of resistance to cavitation. *Oecologia* 139: 190-198.