

ABSORCIÓN DE PRESERVANTES HIDROSOLUBLES EN MADERAS DE CLONES DE SAUCES (*Salix sp.*): RELACIONES CON LOS MÉTODOS INDUSTRIALES DE APLICACIÓN Y LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ANATÓMICAS.

HIDROSOLUBLE PRESERVER ABSORTION IN WILLOW WOODS (*Salix sp.*) CLONES: RELATIONSHIPS WITH INDUSTRIAL METHODS APPLIED, PHYSICAL AND ANATOMIC CHARACTERISTICS.

Gabriel G. Keil⁽¹⁾
Marcelo E. Otaño⁽¹⁾
María L. Luna^(3,4)
Raúl M. Marlats^(2,4)

Fecha recepción: Septiembre 2000:

Fecha aceptación: Febrero 2001

(1) Departamento Tecnología e Industrialización de la Madera, (2) Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. CC 31, 1900 La Plata, Argentina. (3) Cátedra de Morfología Vegetal, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. (4) Comisión de Investigaciones Científicas PBA. 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina.

SUMMARY

The purpose of this work was to evaluate the hidrosoluble salt preserver absorption, retention and effective retention: chromated copper arsenate type C(CCA-C) applied by the Bethell and Lowry methods, and to relate these parameters with the physical and anatomic characteristics of the two willow clones wood: *Salix nigra* 4 and *S. babylonica* var Sacramenta x *S. alba* cv (A-131- 25). There were also determined the apparent normal and anhydrous density and the volumetric dried weight, together with the humidity content. The quantified anatomic characters were: vessel density and diameter, fiber wall thickness and vessel and fiber element length. The absorption, retention and effective retention values were similar in both clones in the Bethell method and significantly different in the Lowry method. The different found between clones may be associated to the wood physical characteristics.

Key words: *Salix ssp.*, CCA, Bethell, Lowry, physical and anatomic characteristics.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la absorción, retención y retención efectiva del preservante hidrosoluble: arseniato de cobre cromatado tipo C (CCA-C), aplicado mediante los métodos Bethell y Lowry y relacionar estos parámetros con las características físicas y anatómicas de la madera de dos clones de sauce: *Salix nigra* 4 y *S. babylónica* x *S. alba* cv (A-131-25). Se determinaron: la densidad aparente normal, anhidra y básica, junto con el contenido de humedad. Los caracteres anatómicos cuantificados fueron: densidad y diámetro de vasos; grosor de la pared de las fibras y longitud de elementos de vaso y fibras. Los valores de absorción, retención y retención efectiva fueron similares en ambos clones para el método Bethell y significativamente distintos para el método Lowry. Las diferencias encontradas entre clones pueden asociarse a las características físicas de las maderas.

Palabras clave: *Salix spp.*, CCA, Bethell, Lowry, características físicas y anatómicas.

INTRODUCCION

La Argentina posee alrededor de 51.000 ha plantadas con sauces (*Salix spp.*), esta superficie se ubica en el Delta del Río Paraná y constituye la más extensa del mundo con clones del género.

La región produce anualmente 600.000 m³ de madera de sauce destinada en un 60-70 % a la fabricación de papel para diario y el resto para distintos productos de aserrado. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación; 1999).

Una mayor difusión de la madera aserrada de sauces se lograría mediante la impregnación con preservantes fungicidas e insecticidas que permitiesen aumentar su baja durabilidad natural (OTAÑO *et al.*, 1996).

SILVA LEPAGE (1986) estableció que para la comprensión y el dominio de los procesos de preservación de las maderas deben conocerse sus características físicas y anatómicas, la sustancia preservante y el método de impregnación.

Con respecto a las características físicas, ZOBEL & TALBERT (1988) hallaron un estricto control genético del grosor de las paredes de las fibras y la densidad de la madera, en tanto que BAONZA MERINO *et al.* (1992) y KEIL *et al.* (1998) trabajando con diferentes clones de álamo,

observaron que distintas densidades de la madera influyeron en la penetración y absorción de productos hidrosolubles.

MCMILLING & MANWILLER (1984) comprobaron que el tamaño, la distribución y la condición de actividad de los vasos fueron factores importantes en la absorción de preservantes.

Ante la variabilidad de respuestas a la preservación, ERDOIZA Y CASTILLO (1986) definieron como indicadores de la eficiencia de la impregnación a los valores de absorción, retención y retención efectiva del preservante.

Los preservantes hidrosolubles de mayor difusión, efectividad y bajo costo son los compuestos de cromo, cobre y arsénico (CCA) para todo tipo de uso y cromo, cobre y boro (CCB) sólo para interiores (IRAM 9600, 1998).

Como hipótesis de trabajo se consideró que la absorción, retención y retención efectiva de un preservante hidrosoluble, para condiciones constantes del material de ensayo, varían según el método industrial y la madera empleados, asociándose esta variación a diferencias en los caracteres físicos y anatómicos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la absorción, retención y retención efectiva del preservante hidrosoluble de óxidos de arseniato de cromo cromatado tipo C (CCA-C), aplicado mediante los métodos Bethell y Lowry y relacionar estos parámetros con las características físicas y anatómicas de la madera de dos clones de sauce de amplia difusión en el Delta Bonaerense.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con dos clones provenientes del Delta del Río Paraná correspondiente a la Provincia de Buenos Aires. Los clones ensayados fueron: *Salix nigra cv 4* y *S. babylónica x S. alba cv (A-131-25)*.

Se utilizaron probetas extraídas de zonas centrales, medias y periféricas de las trozas ubicadas entre 1 y 3 metros a partir de la base del tronco (ERDOIZA & CASTILLO, 1986).

Se seleccionaron aleatoriamente 5 árboles por clon en distintos rodales de 12 años de edad, de los cuales se obtuvieron trozas de 2 metros de largo a partir del primer metro de altura desde la base. Estas trozas se aserraron en tablones de 2 pulgadas de espesor y se estibarón durante 6 meses hasta alcanzar un contenido de humedad de equilibrio con el medio ambiente. A partir de ellos se extrajeron listones de sección cuadrada de 2 cm x 2 cm y finalmente se elaboraron probetas de 2 cm x 2 cm x 10 cm, con su mayor dimensión según la dirección longitudinal de los elementos conductores.

Se emplearon 50 probetas por clon y por método de impregnación, totalizando 200 probetas ensayadas.

El preservante utilizado fue arseniato de cobre cromatado tipo C (CCA-C), al 2% de concentración, peso en volumen. La composición del

producto fue la siguiente: 34,2 % de óxido de cromo, 13,3 % de óxido de cobre y 24,5 % de óxido de arsénico; es decir que el factor óxido de compuesto fue del 72 %.

Los valores y tiempos de vacío y presión empleados en los dos métodos de impregnación se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Valores y tiempos de vacío y presión de los dos métodos de impregnación.

Table 1. Value and times of vacuum an pressure of two preservation methods.

		MÉTODO	
		Bethell	Lowry
Vacío inicial	Valor (mmHg)	600	-
	Tiempo (minutos)	15	-
Presión	Valor (Kg.cm ⁻²)	3	3
	Tiempo (minutos)	10	10
Vacío final	Valor (mmHg)	600	600
	Tiempo (minutos)	15	15

Los cálculos de absorción (A), retención (R) y retención efectiva (RE) se realizaron empleando las fórmulas (1), (2) y (3) respectivamente (JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA, 1988):

$$A(\text{Kg.m}^{-3}) = \frac{P_f(\text{g}) - P_i(\text{g})}{V(\text{cm}^3)} \times 1000 \quad (1)$$

$$R(\text{Kg.m}^{-3}) = A(\text{Kg.m}^{-3}) \times \frac{C(\%)}{100} \quad (2)$$

$$RE(\text{Kg.m}^{-3}) = R(\text{Kg.m}^{-3}) \times \frac{FO(\%)}{100} \quad (3)$$

Donde:

Pf(g) = pesos de las probetas después de la impregnación

Pi(g) = pesos de las probetas antes de la impregnación

V(cm³) = volumen de la madera impregnada

C(%) = concentración de la solución (2%)

FO(%) = factor óxido del preservante (72%)

Las densidades aparentes normal (Dn), anhidra (Do) y básica (Db) de la madera se determinaron sobre 40 probetas por clon, evaluando un total de 80 probetas y aplicando las fórmulas (4), (5) y (6) respectivamente (IRAM 9544, 1985).

$$D_n(\text{g.cm}^{-3}) = \frac{P_{sa}(\text{g})}{V_{sa}(\text{cm}^3)} \quad (4)$$

$$Do(\text{g.cm}^{-3}) = \frac{Po(\text{g})}{Vo(\text{cm}^3)} \quad (5)$$

$$Db(\text{g.cm}^{-3}) = \frac{Po(\text{g})}{Vsa(\text{cm}^3)} \quad (6)$$

Donde:

Psa(g) = peso de la probeta seca al aire

Vsa(cm³) = volumen de la probeta seca al aire

Po(g) = peso de la probeta seca en horno a 102 ± 3 °C hasta peso constante

Vo(cm³) = volumen de la probeta seca en horno a 102 ± 3 °C hasta peso constante

El contenido de humedad (CH) se determinó utilizando los pesos obtenidos para los ensayos de densidad y aplicando la fórmula (7) (IRAM 9532, 1963), a fin de constatar que el mismo se encuentre en las condiciones óptimas para impregnar la madera por los métodos propuestos (CH < 25%).

$$CH(\%) = \frac{Psa(\text{g}) - Po(\text{g})}{Po(\text{g})} \times 100 \quad (7)$$

Las probetas se pesaron en balanza analítica con precisión de 0,01 gramos. El volumen se obtuvo por el método de desplazamiento de agua (CORONEL, 1994). El secado total de las probetas se realizó en un horno eléctrico provisto de termómetro y termostato.

Para el estudio anatómico se realizaron cortes con xilótomo (20-30 μm) y disociados según la técnica de JEFFREY (1917), los cuales fueron teñidos con safranina fast-green y safranina respectivamente según el carácter a destacar. Los caracteres anatómicos cuantificados fueron: densidad de vasos (número/milímetro cuadrado), diámetro del lumen de los vasos (micrones), grosor de la pared de las fibras (micrones) y longitud de elementos de vaso y fibras (micrones).

Los resultados obtenidos se sometieron al análisis de la varianza y, ante diferencias significativas (q ≤ 0,05), se aplicó el test de comparación de medias de Tukey. Al conjunto de datos de cada variable se le calculó el coeficiente de variabilidad y se adoptó la clasificación propuesta por PIMENTEL GÓMES (1978): menor del 10 %, baja; entre 10 y 20 %, media y mayor del 20 %, alta.

RESULTADOS Y DISCUSION

Absorción y Retención

Los valores de absorción, retención y retención efectiva obtenidos según el método de impregnación Lowry (presión-vacío) o de célula vacía fueron significativamente diferentes entre los dos clones (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de absorción, retención, retención efectiva y coeficientes de variabilidad según el método de Lowry.

Table 2. Absortion, retention effective retention and variability coefficient values according to Lowry method.

	Clon	
	S. 131-25	S. nigra 4
Absorción^(*) (Kg.m⁻³)	229,743 a	258,068 b
Retención^(*) (Kg.m⁻³)	4,59 a	5,16 b
Retención efectiva^(*) (Kg.m⁻³)	3,31 a	3,72 b
CV (%)	19,84	12,30

**Letras distintas indican diferencias significativas para q ≤ 0,05.*

En todas las variables analizadas los valores fueron significativamente mayores para *S. nigra 4* que para *S. 131-25*. El conjunto de datos tuvo un coeficiente de variabilidad medio para los dos clones.

Los valores de absorción, retención y retención efectiva obtenidos por el método de impregnación Bethell (vacío-presión-vacío) o de célula llena no presentaron diferencias significativas entre los dos clones (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de absorción, retención, retención efectiva y coeficientes de variabilidad según el método Bethell.

Table 3. Absortion, retention effective retention and variability coefficient values according to Bethell method.

	Clon	
	S. 131-25	S. nigra 4
Absorción^(*) (Kg.m⁻³)	380,63 a	388,37 a
Retención^(*) (Kg.m⁻³)	7,61 a	7,77 a
Retención efectiva^(*) (Kg.m⁻³)	5,43 a	5,62 a
CV (%)	18,71	11,57

**Letras iguales indican diferencias no significativas para q ≤ 0,05.*

Como se observa en la Tabla 3, estadísticamente el método Bethell, no produjo diferencias para el nivel de confianza empleado, si bien los valores absolutos fueron mayores para *S. nigra 4* respecto de *S. 131-25*.

Los valores del coeficiente de variabilidad de la absorción de preservante fueron medios en los dos casos, presentando mayor variabilidad los valores

de *S. 131-25* para los dos métodos de preservación ensayados.

Si se tiene en cuenta lo expresado por ERDOIZA & CASTILLO *op. cit.* (1986) al definir como indicadores de la eficiencia de la impregnación a los valores de absorción, retención y retención efectiva del preservante, el método Bethell otorga una mayor protección a la madera, puesto que la impregna con 2.5 a 3 kilogramos más de óxidos que el método Lowry, para *S. 131-25* y *S. nigra 4*, respectivamente.

Densidades y Contenido de Humedad

Los valores de densidad aparente normal, anhidra y peso seco volumétrico obtenidos según la Norma IRAM 9544 para los dos clones se detallan en la Tabla 4.

El valor de densidad aparente normal y el peso seco volumétrico para *S. nigra 4* fue obtenido a un contenido de humedad del 10,95 %, mientras que para *S. 131-25* el contenido de humedad fue del 11,45 %.

Los valores de densidad aparente normal, anhidra y peso seco volumétrico fueron significativamente mayores para *S. nigra 4* que para *S. 131-25*, aún conteniendo medio punto menos de humedad, coincidiendo con los mayores valores obtenidos para los parámetros analizados en la impregnación. KEIL *et al.* (1998) trabajando con distintos clones de *Populus sp* arribó a conclusiones similares. En tanto, BAONZA MERINO *et al.* (1992) encontraron también en clones de álamos, una relación directa entre las densidades de la madera y la penetración y absorción de productos hidrosolubles.

Los coeficientes de variabilidad para los tres tipos de densidad aparente y para los dos clones fueron bajos.

La densidad significativamente mayor del *S. nigra 4*, sustentaría la mayor retención de preservante, puesto que estos compuestos se fijan en la pared celular cuando la madera es sometida a la impregnación por los métodos industriales ensayados.

Con la identificación de la densidad como único factor asociado a las diferencias encontradas en uno de los métodos, se cumplió lo recomendado por SILVA LEPAGE (1986), acerca de que cada método de preservación debe examinarse en sus resultados a través de las características físicas y anatómicas de la madera a la cual se aplica. Estos resultados constituyen conocimientos básicos para aumentar el espectro de utilidad de la madera de sauce al permitir aumentar su durabilidad, como lo señalan OTAÑO *et al.* (1996), con un preservante hidrosoluble (CCA-C), recomendado para todo tipo de uso (IRAM 9600, 1998).

Los valores del contenido de humedad obtenidos según la Norma IRAM 9532 para los dos clones se detallan en la tabla 5.

Tabla 5. Contenido de humedad según Norma IRAM 9532 y coeficiente de variabilidad.

Table 5. Humidity content according IRAM standards 9532 and variability coefficient.

Clon de <i>Salix spp.</i>	Contenido de humedad (%) ^(*)	CV (%)
<i>S. nigra 4</i>	10,95 a	5,56
<i>S. 131-25</i>	11,47 b	2,62

* Letras distintas indican diferencias significativas para $q \leq 0,05$.

Los valores del contenido de humedad en equilibrio higroscópico, obtenidos en idénticas condiciones de temperatura y humedad relativa, fueron significativamente mayores para *S. 131-25* que para *S. Nigra 4*, 11,47 % y 10,95 %, respectivamente. Siendo los coeficientes de variabilidad bajos en ambos casos.

La diferencia en el contenido de humedad seco al aire entre los dos clones no tuvo incidencia en los valores de densidad normal. Este hecho se infiere a partir de los valores densidad anhidra, obtenidos al 0 % del contenido de humedad para ambos clones y en que se mantuvieron las diferencias significativamente mayores para el *S. nigra*, de igual modo que las densidades normal y básica.

Si bien los valores absolutos de densidad, diámetro y longitud de vasos, fueron mayores para *S. nigra 4*, en ninguno de los casos estas diferencias llegaron a ser significativas. Los coeficientes de variabilidad fueron altos para densidad de vasos en ambos clones y medios para las otras dos variables en los dos clones.

Aunque el clon *S. nigra 4* presentó los mayores valores en longitud y espesor de pared de las fibras, estas diferencias tampoco fueron significativas con respecto a *S. 131-25*, sin embargo explicarían la mayor densidad de la madera de *S. nigra 4*, analizada en la tabla 4. Los coeficientes de variabilidad fueron: altos para longitud de fibras de *S. 131-25* y medios para las otras variables de estudio.

Los valores altos y medios de los coeficientes de variación, determinados en las características del leño, son comprensibles a través de la variabilidad comprobada en las especies forestales tanto transversal como longitudinalmente, descrita por ZOBEL & TALBERT (*op cit.*, 1988), y que está asociada a las diferentes etapas de crecimiento involucradas en el tronco de los árboles.

Tabla 4. Densidad normal, anhidra y el peso seco volumétrico según Norma IRAM 9544; junto al coeficiente de variabilidad de cada uno de ellos.

Table 4. Apparent normal and anhydrous density and the volumetric dried weight, according to 9544 IRAM standards; together with variability coefficient of each one.

Clon	Densidad	CV	Densidad	CV	Densidad	CV
	Normal ^(*) # (g.cm ⁻³)	(%)	Anhidra ^(*) (g.cm ⁻³)	(%)	Básica ^(*) # (g.cm ⁻³)	(%)
S. 131-25	0,455 a	4,18	0,435 a	9,70	0,412 a	4,10
S. nigra 4	0,521 b	7,64	0,517 b	8,18	0,495 b	7,64

* Letras distintas indican diferencias significativas para $q \leq 0,05$.

Características del Leño

Los valores medios y los coeficientes de variabilidad de los elementos de vaso y fibra se muestran en las tablas 6 y 7, respectivamente.

Tabla 6. Características de los vasos y sus coeficientes de variabilidad. (*)

Table 6. Vessel characteristics and their variability coefficients.

Clon	Densidad de vasos		Diámetro de vasos		Longitud de vasos	
	Promedio (n°.mm ⁻²) ^(*)	CV (%)	Promedio (v) ^(*)	CV (%)	Promedio (v) ^(*)	CV (%)
S. nigra 4	53,568 a	21,79	52,901 a	11,33	692,484 a	14,33
S. 131-25	50,811 a	29,58	52,673 a	14,47	657,811 a	13,92

* Letras distintas indican diferencias significativas para $q \leq 0,05$.

Tabla 7. Características de las fibras y sus coeficientes de variabilidad.

Table 7. Characteristics fibers and its variability coefficients.

Clon	Longitud de fibras		Espesor de pared de fibras	
	Promedio (v) ^(*)	CV (%)	Promedio (v) ^(*)	CV (%)
S. nigra 4	1197,000 a	15,30	3,691 a	19,54
S. 131-25	1137,388 a	22,50	3,484 a	18,95

* Letras distintas indican diferencias significativas para $q \leq 0,05$.

Las diferencias no significativas en las principales variables anatómicas entre los dos clones estarían justificando las similitudes de los valores en los parámetros de impregnación cuando se empleó el método Bethell. MCMILLING & MANWILLER (1984), comprobaron respecto de este método, que similares valores de tamaño, distribución y actividad de vasos produjeron valores parecidos en la absorción de preservantes.

CONCLUSIONES

El método Bethell produjo retenciones significativamente mayores que el método Lowry. Con el método Lowry las diferencias entre los clones ensayados, fueron asociadas a las diferencias de la densidad de la madera.

Las densidades aparentes presentaron valores significativamente mayores para *Salix nigra* 4, valores asociados con una mayor cantidad de pared celular.

AGRADECIMIENTOS

A ANWOOD S.A. por la provisión del preservante utilizado y a los Ingenieros Forestales Natalia De Cristóforo y Sebastián Farina que en la última etapa de su formación profesional colaboraron de manera entusiasta en el desarrollo del presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

BAONZA MERINO V., Troya Franco T., Navarrete Varela, A. y E. Sanchez Hernandez E., 1992. Protección. El cultivo de los álamos y sauces complementos de la agricultura. Proceedings of 19th Session of the International Poplar Commission, Zaragoza, España. Vol II. pp. 351-352.

CORONEL E.O., 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.
- ERDOIZA S.J.J. y Castillo M.I., 1986. Técnicas para la determinación de la retención y penetración de las sustancias preservadoras dentro de la madera.
- IRAM 9600, 1998. Preservación de maderas, Maderas preservadas mediante procesos con presión en autoclave. Instituto de Racionalización de Materiales. Buenos Aires. 22 pp.
- IRAM 9544, 1985. Método de determinación de la densidad aparente. Instituto de Racionalización de Materiales. Buenos Aires. 5 pp.
- IRAM 9532, 1963. Método de determinación del contenido de humedad en maderas. Instituto de Racionalización de Materiales. Buenos Aires. 5 pp.
- JEFFREY E.C., 1917. The anatomy of woody plant. University of Chicago Press, Chicago, USA: 478 pp.
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA, 1988. Manual del Grupo Andino para la Preservación de Maderas. Lima, Perú. 3:22 pp.
- KEIL G.D., Otaño M.E., Marlats R.M. y Luna M.L., 1998. Penetración y Absorción de un Preservante Hidrosoluble en Maderas de Clones de Alamo (*Populus L.*). Revista de la Facultad de Agronomía. UNLP. 102 (2). pp 147-153.
- MCMILLING C.W. y Manwiler F.G., 1984. The wood and bark of hardwoods growing on southern pine sites. Report SO-29, Southern Forest Experiment Station, Forest Service of United States Department of Agriculture. pp. 6-8.
- OTAÑO M.E., Keil G.D., Marlats R.M. y Luna M.L., 1996. Comportamiento de la madera de distintos clones del género *Populus L.* sometida al tratamiento de vacío-presión con sales hidrosolubles. Proceedings of 20th International Poplar Commission, Budapest, Hungary. pp. 42-44.
- PIMENTEL GÓMEZ F., 1978. Curso de Estadística Experimental. Ed. Hemisferio Sur S. A. Buenos Aires, Argentina. pp- 1-7.
- SECRETARÍA de AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA y ALIMENTACIÓN, 1999. Argentina: oportunidades de Inversión en Bosques Cultivados. Proyecto Forestal de Desarrollo, Convenio de Préstamo BIRF N° 3948-AR. pp 125-136.
- SILVA LEPAGE E., 1986. Manual de preservacao de madeiras. Vol I y II. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de Sao Paulo. pp. 456.
- ZOBEL B. y Talbert J., 1988. Applied forest tree improvement. John Wiley and Son, New York, USA. pp. 421-424.