

Penetración y absorción de un preservante hidrosoluble en maderas de clones de álamo (*Populus* spp.)

G.D. KEIL¹, M.E. OTAÑO¹, R.M. MARLATS^{2,4} & M.L. LUNA^{3,4}

¹ Departamento Tecnología e Industrialización de la Madera, ² Departamento 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. Paseo del Bosque s/n. 1900 La Plata, Argentina. ⁴ CIC Pcia.Bs.As.

KEIL G.D., M.E. OTAÑO, R.M. MARLATS & M. L. LUNA. 1997. Penetración y absorción de un preservante hidrosoluble en maderas de clones de álamo (*Populus* spp.). Rev. Fac. Agron., La Plata 102 (2): 147-154.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la penetración y la absorción de un preservante hidrosoluble en relación a las características físico anatómicas de la madera de distintos clones de *Populus* spp. (álamo).

Los clones de álamo utilizados fueron: *P. deltoides* cv Argentina- 568/1; *P. x deltoides* cv Harvard y *P. deltoides* cv USA- Stoneville 66. En probetas fueron evaluadas: la densidad normal de la madera, la penetración y absorción del preservante en exposiciones total, axial, radial y tangencial. La impregnación se realizó con el método Bethell (vacío-presión-vacío) y el preservante hidrosoluble utilizado fue CCB (cromo, cobre, boro) al 2% de concentración. Con microscopio óptico se registraron la densidad y diámetro de los vasos, y el grosor de la pared de las fibras en los leños de primavera y verano. Mediante microscopio electrónico de barrido provisto de equipo para análisis de dispersión de rayos X se observaron los espectros de energía característicos del cromo y el cobre sobre las paredes celulares. Los valores de absorción y el grado de penetración del preservante fueron significativamente distintos y pueden asociarse a diferencias físicas y anatómicas, cuya especificidad llega a nivel clonal.

Se observó que en la deposición del preservante fue mayor la proporción de cromo que de cobre, posiblemente por la mayor capacidad de fijación del cromo en la madera.

Palabras clave: *Populus* spp., clones, preservación, absorción, características anatómicas.

KEIL G.D., M.E. OTAÑO, R.M. MARLATS & M. L. LUNA. 1997. Penetration and absorption of hydrosoluble preservative in wood of different poplar (*Populus* spp.) clones. Rev. Fac. Agron., La Plata 102 (2): 147-154.

The purpose of this work was to estimate the penetration and absorption of an hydrosoluble preservative in poplar (*Populus* spp.) wood clones and their relationship with physical and anatomical characteristics. The poplar clones used were *P. deltoides* cv Argentina- 568/1; *P. x deltoides* cv Harvard and *P. deltoides* cv USA- Stoneville 66. Wood density; axial, tangential, radial and total absorption and penetration were evaluated on wood samples. The preservative was applied by the Bethell method (vacuum-pressure-vacuum). The hydrosoluble preservative was CCB (chrome, copper and boron) at 2 % concentration. Vessel density and diameter and thickness of wall fibers in spring and summer wood were registered with a light microscope. An scanning electron microscope with dispersive energy X-ray analysis was used to corroborate the preservative fixation on cell walls.

The values of preservative absorption and degree of penetration were significantly different and can be associated with physical and anatomical differences at clonal level.

In the deposition of the preservative the chrome proportion was higher than the copper one, probably due to better chrome fixation in the wood.

Keywords: *Populus* spp., clones, preservation, absorption, anatomical characteristics.

INTRODUCCIÓN

La Argentina posee alrededor de 70.000 ha cultivadas con *Populus* spp. (álamo), las cuales proveen anualmente de 180.000 m³ de madera para aserrado, 25.000 m³ para deboinado y 200.000 m³ para celulosa (Dirección de Recursos Forestales Nativos de la República Argentina, 1995). Un mayor uso de esta especie forestal se lograría mediante la impregnación de su madera 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) trabajando con diferentes clones de álamo, observaron que distintas densidades de la madera influyeron en la penetración y absorción de productos hidrosolubles.

En lo referente a las características anatómicas del leño, Kozlowski (1971) encontró que éstas variaban de la periferia al centro y de la base a la copa en un mismo individuo. Siau (1971) evaluó la proporción del parénquima axial entre especies y su asociación con los niveles de penetración de los preservantes. A su vez, McMilling & Manwiller (1984) comprobaron que el tamaño, la distribución y la condición de actividad de los vasos fueron factores importantes en la penetración de preservantes.

Ante la variabilidad de respuestas a la preservación, Erdoiza & Castillo (1986) definieron como indicadores de la eficiencia de la impregnación a los grados de penetración y a los valores de absorción del preservante.

Entre los diferentes preservantes se encuentran los productos hidrosolubles. Su efectividad fue estudiada por Hegarty & Curran (1986), quienes relacionaron los niveles de microdistribución de sus componentes en el leño con la velocidad del deterioro de la madera. Vick & Kuster (1992) vincularon el aumento de la protección con la presencia de depósitos hemiesféricos de cromo, cobre y arsénico (CCA) en maderas de pinos tratadas con este preservante.

Según la Junta del Acuerdo de Cartagena (1988) los preservantes hidrosolubles de mayor difusión, efectividad y bajo costo son los compuestos de cromo, cobre y arsénico (CCA) y cromo, cobre y boro (CCB).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la penetración y la absorción del preservante hidrosoluble CCB en la madera de distintos clones de álamos a fin de establecer la relación entre los valores hallados con las características físicas y anatómicas y corroborar la presencia y distribución del preservante en el leño.

Como hipótesis de trabajo se consideró que la absorción y el grado de penetración de los preservantes hidrosolubles, para condiciones constantes en la madera de álamos, están asociados a diferencias en los caracteres físicos y anatómicos cuya especificidad llega a nivel clonal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron tres clones provenientes de un ensayo comparativo de crecimientos de 10 años de edad de *Populus* spp. plantado en la Estación Experimental Julio Hirschhorn de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (34° 55' S; 57° 57' W; 5 m snm).

Los clones fueron: 1-*Populus deltoides* cv Argentina-568/1, 2- *Populus x deltoides* cv Harvard y 3- *Populus deltoides* cv USA- Stoneville 66.

Siguiendo las técnicas recomendadas por Erdoiza & Castillo (1986), se utilizaron probe-

tas extraídas de zonas centrales, medias y periféricas de las trozas ubicadas entre 1-2 m a partir de la base del tronco. Se emplearon 10 árboles por clon, a partir de los cuales se extrajeron probetas de 2 x 2 x 10 cm con el eje mayor orientado según la dirección longitudinal de los elementos conductores. Estas se secaron al aire hasta alcanzar un contenido de humedad del 15%. Se determinaron los grados de penetración y los valores de absorción totales y en las exposiciones axial, radial y tangencial. Para el estudio de los efectos en las exposiciones parciales se sellaron con barniz epoxi 4 caras por probeta, dejando 2 libras, de acuerdo a la orientación a evaluar. Para las determinaciones de penetración se cortaron las probetas longitudinal y transversalmente, estableciéndose el grado alcanzado por el preservante mediante el uso de Cromo S azul e integración de superficies expresadas porcentualmente al total de las probetas.

El número de probetas ensayadas para exposiciones total y parciales fue de 240 por clon.

La impregnación se realizó aplicando el método Bethell. Los valores de vacío inicial y final fueron de 600 mm Hg durante 15 min. cada uno y la presión 3 kg.cm⁻² durante 10 min.

El preservante utilizado fue un producto hidrosoluble cromo-cupro-bórico (CCB) aplicado al 2% de concentración.

Los cálculos de absorción se realizaron por diferencias de pesos entre antes y después de los tratamientos, relacionándolos con sus respectivos volúmenes (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988).

La densidad normal de la madera se determinó según la Norma IRAM 9544 (Instituto Argentino de Normalización, 1973).

Las mediciones del diámetro y densidad de los vasos y grosor de pared de las fibras, tanto en el leño de primavera como en el de verano, se realizaron a través de microscopía óptica (MO) sobre cortes obtenidos con xilótomo (20-30 µm de espesor) y teñidos con safra-

nina fast-green.

Los resultados obtenidos se sometieron al análisis de la varianza y, ante diferencias significativas ($q \leq 0.05$), se aplicó el test de comparación de medias de Tukey. En el análisis de la varianza, los porcentajes de penetración se transformaron mediante la fórmula $\arcsin P/100$; donde P es el porcentaje del dato analizado (Steel & Torrie, 1990). Además se calcularon los coeficientes de variabilidad (CV %) de la absorción media de preservante, según exposición.

La fijación del cromo y el cobre (no se puede identificar el boro por esta técnica) sobre las paredes de vasos, fibras y células parenquimáticas se verificó con microscopio electrónico de barrido, provisto de equipo para análisis de dispersión de energía de rayos X (MEB-EDAX). Las muestras fueron montadas sin tratamiento previo y metalizadas con baño de oro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los grados de penetración según clones y exposición de corte fueron significativamente diferentes (Tabla 1).

En los clones A-568-1 y Stoneville 66, el grado de penetración aparece sin diferencias significativas para todas las exposiciones. El cv Harvard alcanzó los mayores valores de penetración en las exposiciones total y axial, en tanto que en la tangencial y la radial no se observaron diferencias significativas entre ellas. Siau (1971) halló que la diferencia de parénquima axial variaba entre 1 y 18% en maderas americanas y hasta 50 % en tropicales, y era más permeable que las fibras, relacionando esta característica con los niveles de penetración en las distintas exposiciones. En los clones ensayados el parénquima axial fue escaso, por lo cual las diferencias en los grados de penetración estarían condicionados por otras características del leño.

Los clones A-568-1 y Stoneville 66, arro-

Tabla 1. Grado de penetración media de CCB en porcentaje.*Average CCB penetration in percentage.*

<i>Según exposición de corte por clon</i>				
<i>Exposición del corte</i>	<i>A-568-1</i>	<i>Harvard</i>	<i>Ston.66</i>	
Total	90,00 a	75,94 a	86,71 a	
Tangencial	88,48 a	64,97 b	84,47 a	
Radial	86,07 a	63,22 b	82,51 a	
Axial	81,67 a	75,00 a	90,00 a	

<i>Entre clones según exposición de corte</i>				
<i>Clones</i>	<i>Total</i>	<i>Axial</i>	<i>Tangencial</i>	<i>Radial</i>
cv A-568-1	90,00 a	81,67 a	88,48 a	86,07 a
cv Stoneville 66	86,71 a	90,00 a	84,47 a	82,51 a
cv Harvard	75,94 b	75,00 b	64,97 b	63,22 b

Para cada columna letras iguales agrupan tratamientos sin diferencias significativas.

For each column same letters join treatments without meaningful differences.

jaron valores de penetración en todas las exposiciones con diferencias significativamente superiores a los alcanzados por el cv Harvard.

Erdoiza & Castillo (1986) analizaron la susceptibilidad de impregnación de las maderas agregando a los grados de penetración los valores de absorción del preservante y sobre la base de estos parámetros realizaron una clasificación de las especies. Los valores de absorción completarían este concepto (Tabla 2).

Se observa que el cv A-568-1 alcanzó valores de absorción sin diferencias significativas, según la exposición. En el cv Harvard, el valor de absorción total tuvo diferencias significativas respecto de las exposiciones parciales y el menor valor se logró con la exposición radial. El cv Stoneville 66, no presentó diferencias significativas entre la exposición total y la axial, y el menor valor se alcanzó en la exposición radial. Pese a la variabilidad que se observa, la exposición radial fue en todos los casos menor a las otras, siendo la total la de mayor capacidad de absorción.

Los clones Stoneville 66 y A-568-1 alcanzaron los máximos valores de absorción en las exposiciones total y parciales, con diferencias significativas comparadas con el cv Harvard.

Los coeficientes de variabilidad de la absorción media de preservante fueron en todos los casos de medios a altos; la utilización de probetas según lo recomendado por Erdoiza & Castillo (1986), resultó adecuada para captar dicha variabilidad, teniendo en cuenta que en un mismo individuo las características del leño varían de la periferia al centro y de la base a la copa (Kozlowski, 1971).

Con respecto a las características físicas, las densidades normales de los clones fueron diferentes (Tabla 3).

Se registraron distintos valores de densidad normal entre los clones, lo cual ratifica lo hallado por Zobel & Talbert (1988) quienes comprobaron el estricto control genético que se ejerce sobre las características del leño.

Al asociarse las diferencias de densidades normales con la absorción y los grados

Tabla 2. Absorción media de CCB (kg.m^3).

Average CCB absorption (kg.m^3).

Según exposición de corte por clon						
Exposición	A-568-1	CV(%)	Harvard	CV(%)	Ston.66	CV(%)
Total	611,5a	19,51	529,0a	22,15	641,5a	11,64
Axial	593,5a	24,57	437,5 b	27,23	623,5ab	13,94
Tangencial	590,5a	18,22	532,5 bc	48,17	578,0 bc	17,77
Radial	586,5a	13,26	294,5 c	28,09	532,5 c	17,19

Entre clones según exposición de corte				
Clon	Total	Axial	Tangencial	Radial
cv Stoneville 66	641,5 a	623,5 a	578,0 a	532,5 a
cv A 568-1	611,5 a	593,5 a	590,5 a	586,5 a
cv Harvard	529,0 b	437,5 b	532,5 b	294,5 b

Para cada columna letras iguales agrupan tratamientos sin diferencias significativas.

For each column same letters join treatments without meaningful differences.

de penetración, se observó que la menor densidad del cv Harvard coincidió con los menores valores de estas variables. Baonza Merino *et al.* (1992) trabajando con otros clones, preservante (fluoruro sódico) y tratamiento (inmersión durante días) observaron que la variación de la densidad entre clones no ejerció

influencias en la absorción y penetración de productos hidrosolubles; esto explicaría la variabilidad de respuestas asociadas a los tipos de preservantes, métodos y clones a utilizar.

Los bajos coeficientes de variabilidad de la densidad de la madera pueden deberse a la escasa diferencia entre albura y duramen debida a la edad de los árboles (10 años) y a la estandarización del contenido de humedad de las probetas (15 %).

Las características anatómicas estudiadas mostraron diferencias a nivel clonal (Tabla 4).

En el cv Stoneville 66 se registraron el número de vasos en el leño de primavera y el grosor de las paredes de las fibras en los leños de primavera y verano, significativamente mayores que en los otros clones. Estas observaciones junto con la mayor densidad de su madera, confirman lo hallado por Zobel & Talbert (1988) respecto de la interdependencia del carácter grosor de las paredes de las fibras y la densidad de la madera.

Los resultados obtenidos demuestran que la facilidad de penetración y absorción del pre-

Tabla 3. Densidad normal y coeficientes de variabilidad comparados.

Compared normal density and variability coefficient.

Clones	Stoneville 66	A- 568-1	Harvard
Densidad [gr.cm^{-3}]	0.4654 *	0.3849 **	0.3475 ***
CV [%]	4.62	5.23	2.34

Para la fila igual número de asteriscos agrupan tratamientos sin diferencias significativas.

For each row same asterisk number join treatments without meaningful differences.

Tabla 4. Características anatómicas comparadas del leño de primavera y de verano.
 Compared anatomic characteristics of the spring and summer wood.

Leño de primavera			
Clon	Número de vasos.mm ⁻²	Diámetro Vasos[μ]	Grosor de pared de Fibras [μ]
Stoneville 66	57.30 a	47.54 a	2.04 a
A- 568-1	41.60 b	49.41 a	1.58 b
"Harvard"	46.20 b	47.22 a	1.40 b
Leño de verano			
Clon	Número de vasos.mm ⁻²	Diámetro Vasos[μ]	Grosor de pared de Fibras [μ]
Stoneville 66	104.30 a	34.73 a	3.10 a
A- 568-1	87.60 a	38.06 a	2.16 b
"Harvard"	81.67 a	36.94 a	2.28 b

Para cada columna letras iguales agrupan tratamientos sin diferencias significativas.
 For each column same letters join treatments without meaningful differences.

servante varía según el clon y podría estar asociada con las características de su estructura anatómica, corroborando lo expresado por Mc Milling & Manwiller (1984).

El análisis MEB-EDAX permitió corroborar la presencia del preservante en la madera, así como su distribución en el leño.

La proporción de cromo fue siempre ma-

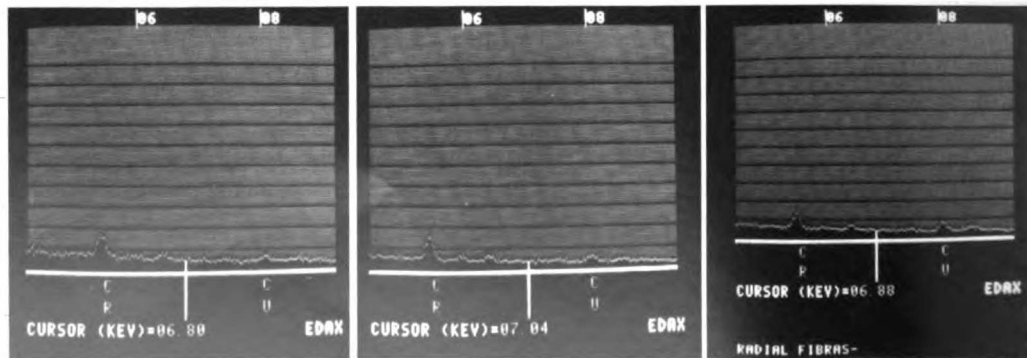


Foto a. *Populus deltoides* cv Harvard

Foto b. *Populus deltoides* cv A-568-1

Foto c. *Populus deltoides* cv Stoneville 66

Figura 1. Análisis MEB-EDAX sobre las paredes celulares. Espectros de energía característicos del cromo (Cr) y el cobre (Cu).

SEM-EDXA analysis on cell walls. Characteristic energy spectra of chrome (Cr) and copper (Cu) elements.

mayor que la de cobre. Las razones que expliquen esto podrían hallarse en la mayor capacidad de fijación del cromo en la pared.

Se observaron depósitos hemisféricos sobre la superficie interna de las paredes de vasos, no detectándose este tipo de deposiciones en otras zonas del leño (Figura 2). Depósitos similares fueron hallados en elementos de conducción de la madera de diferentes pinos del sudeste de Estados Unidos por Vick & Kuster (1992), tratada con productos CCA (cromo, cobre, arsénico).

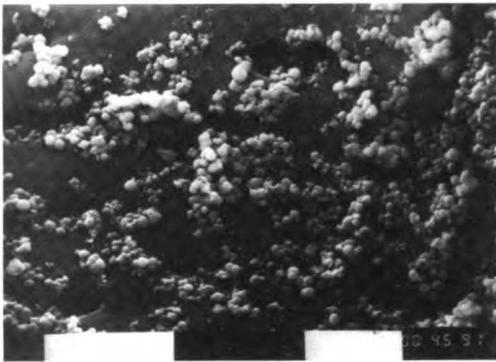


Figura 2. Microfotografía con MEB. *Populus deltoides* cv A-568-1. Depósitos hemisféricos del preservante. Escala: 10 μ m

SEM Micrograph. *Populus deltoides* cv A-568-1. Hemispherically shaped deposits of preservative. Scale bar: 10 μ m

A través del análisis MEB- EDAX se corroboró que los depósitos correspondieron al preservante (Figura 3).

Estos podrían constituir la parte del preservante que no se combinó con los elementos de la pared celular, aumentando probablemente el efecto de protección. Hegarty & Curran (1986) relacionaron la disminución del deterioro de la madera con la distribución del cromo, cobre y arsénico en el leño, agregando un elemento de diagnóstico al efecto de

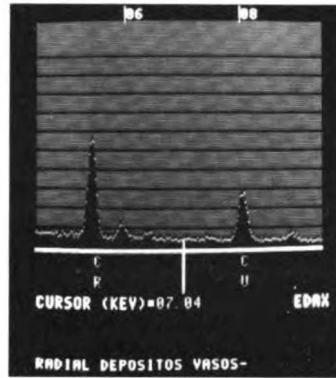


Figura 3. Análisis MEB- EDAX sobre los depósitos hemisféricos. Espectros de energía característicos del cromo (Cr) y el cobre (Cu).

SEM-EDXA analysis of hemispherically shaped deposits. Characteristic energy spectra of chrome (Cr) and copper (Cu) elements.

los preservantes.

CONCLUSIONES

La absorción y el grado de penetración de los preservantes hidrosolubles, para condiciones constantes en la madera de álamos, estuvieron asociados a diferencias en los caracteres físicos y anatómicos cuya especificidad llegó a nivel clonal.

En *Populus deltoides* cv Argentina-568/1, *Populus x deltoides* cv Harvard y *Populus deltoides* cv USA- Stoneville 66 la absorción y el grado de penetración se relacionaron con la densidad normal del leño, el diámetro y la densidad de los vasos, y el grosor de la pared de las fibras, en los leños de primavera y verano.

AGRADECIMIENTOS

Al señor P. Cánaves por su colaboración

en el armado de la planta piloto de impregnación y a los editores por la lectura crítica del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Baonza Merino V., T. Troya Franco, A. Navarrete Varela & E. Sanchez Hernandez.** 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: 351-352.
- Dirección de Recursos Forestales Nativos de la República Argentina.** 1995. Anuario de Estadística Forestal. pp. 7.
- Erdolza S.J.J. & M.I. Castillo.** 1986. Técnicas para la determinación de la retención y penetración de las sustancias preservadoras dentro de la madera. Boletín Técnico La Madera y Su Uso N° 20. Instituto de Ecología, C. LACITEMA, Universidad Autónoma de Méjico. 31 pp.
- Hegarty B.M. & P.M.T. Curran.** 1986. Biodeterioration and microdistribution of copper-chrome-arsenic (CCA) in wood submerged in Irish coastal waters. Journal of the Institute of Wood Science 10, Israel (6): 245-253.
- Instituto Argentino de Normalización.** 1973. Norma técnica 9544. Método de determinación de la densidad aparente. Bs As. 5 pp.
- Junta del Acuerdo de Cartagena.** 1988. Manual del Grupo Andino para la Preservación de Maderas. Lima, Perú. 3:22 pp.
- Kozlowski T.T.** 1971. Growth and development of trees. Vol II, Academic Press, Nueva York, USA. pp. 145-147.
- McMilling C.W. & F.G. Manwiler.** 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., G.D. Keil, R.M. Marlats & M.L. Luna.** 1996. Comportamiento de la madera de distintos clones del género *Populus* L. sometida al tratamiento de vacío-presión con sales hidrosolubles. Proceedings of 20a International Poplar Commission, Budapest, Hungary. pp. 42-44.
- Siau J.F.** 1971. Transport processes in wood. Springer Verlag, Berlín. pp. 245-246.
- Silva Lepage E.** 1986. Manual de preservacao de madeiras. Vol I y II. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de Sao Paulo. pp. 456.
- Steel R.G.D. & J.H. Torrie.** 1990. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2da. Edición (1ra. en español). Mc Graw Hill Latinoamericana S.A. México. 622 pp.
- Vick C.B. & T.A. Kuster.** 1992. Mechanical interlocking of adhesive bonds to CCA treated southern pine a scanning electron microscopic study. Wood and fiber science 24: 36-46.
- Zobel B. & J. Talbert.** 1988. Applied forest tree improvement. John Wiley and Son, New York, USA. pp. 421-424.