

Impregnación de maderas de *Pinus radiata*, *P. pinaster*, *P. pinea* y *P. halepensis*: relación entre la absorción de preservantes hidrosolubles y sus características físicas y anatómicas

M. E. OTAÑO ⁽¹⁾, G. D. KEIL ⁽¹⁾, M. L. LUNA ^(3,4), B. DÍAZ ⁽¹⁾ & R. M. MARLATS ^(2,4)

⁽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⁾Cat. Morfología Vegetal, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. ⁽⁴⁾Comisión de Investigaciones Científicas PBA. 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina

M. E. Otaño, G. D. Keil, M. L. Luna, B. Díaz & R. M. Marlats. 1999. Impregnación de maderas de *Pinus radiata*, *P. pinaster*, *P. pinea* y *P. halepensis*: relación entre la absorción de preservantes hidrosolubles y sus características físicas y anatómicas. Rev. Fac. Agron., La Plata 104 (1): 75-84.

El objetivo de este trabajo fue determinar los niveles de absorción de preservantes hidrosolubles en maderas de *Pinus radiata* D. Don, *P. pinaster* Ait., *P. pinea* L. y *P. halepensis* Mill., aplicados por el método Bethell con dos tiempos de presión y su relación con las características físicas y anatómicas. Se determinaron: densidad anhidra y contenido de humedad según normas IRAM-9544 y 9532 respectivamente. En el proceso de impregnación los valores de vacío inicial y final fueron de 600 mm Hg durante 15 minutos cada uno y dos tiempos de presión (3 kg.cm⁻²) de 10 y 30 minutos. Los preservantes utilizados fueron CCA-C y CCB, aplicados al 2% peso/volumen. El estudio anatómico se efectuó con microscopio óptico y microscopio electrónico de barrido con equipo para análisis de dispersión de energía de rayos X. Los resultados indicaron que un mayor tiempo de presión produjo mayores niveles de absorción. Los niveles de absorción de mayor a menor se dieron en el siguiente orden: *P. halepensis*, *P. pinaster*, *P. pinea* y *P. radiata*, asociados inversamente con la densidad anhidra. Los caracteres anatómicos cuantificados no explicaron el comportamiento diferencial de absorción de las especies. La presencia de altos contenidos de resinas explicarían las menores absorciones en la madera de *P. radiata*. Se identificaron los elementos constitutivos de los preservantes, hallándose las siguientes relaciones: cromo mayor que cobre y éste mayor que arsénico en CCA-C y mayor proporción de cromo con respecto al cobre en CCB.

Palabras clave: Preservación; *Pinus* spp.; Método Bethell; Preservantes hidrosolubles; Características físico-anatómicas.

M. E. Otaño, G. D. Keil, M. L. Luna, B. Díaz & R. M. Marlats. 1999. Impregnation of *Pinus radiata*, *P. pinaster*, *P. pinea* y *P. halepensis* wood: relationship among the absorption of water-soluble preservatives and their physical and anatomical characteristics. Rev. Fac. Agron., La Plata 104 (1): 75-84.

The object of this work was to estimate the absorption levels of water-soluble preservatives in *Pinus radiata* D. Don, *P. pinaster* Ait., *P. pinea* L. y *P. halepensis* Mill. woods, applied by Bethell process using two different times of pressure, and its relationship with their physical and anatomical characteristics. The oven-dry density and the wood moisture content were estimated, according to IRAM 9544 and IRAM 9532 standards respectively. The initial and final vacuum value applied during 15 min. was 600 mmHg each one, while two pressure times (3 kg.cm⁻²) 10 min. and 30 min. were used. The preservatives employed (2% weight/volume) were CCA-C and CCB. The anatomical analysis

was carried out with light and scanning electron microscopes, the last with dispersive x-ray analyzer. The results showed that a greater pressure time produced greater absorption levels. The absorption levels registered were, in descendent grade: *P. halepensis*, *P. pinaster*, *P. pinea* y *P. radiata* and they were inversely related with the oven-dry density values. The quantitative anatomical characters were not correlated with the absorption levels. The presence of high resin amounts could explain the lower absorption level in *P. radiata* wood. The constitutive elements of the preservatives were identified. The ratio observed was chrome greater than copper and the last greater than arsenic in CCA-C, and chrome greater than copper in CCB.

Keywords: Preservation; *Pinus* spp.; Bethell method; water-soluble preservatives; physical and anatomical characteristics

INTRODUCCIÓN

La Provincia de Buenos Aires, Argentina, en su litoral Atlántico posee alrededor de 15.000 has cultivadas con pinos (*Pinus* L.) existiendo unas 140.000 has. más, con ambientes favorables para ampliar esta superficie plantada (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, 1994).

Si bien las funciones principales de las forestaciones de la zona son la protección y un marco propicio para la recreación, también generan productos maderables que abastecen en parte las necesidades locales (Dirección de Recursos Forestales Nativos de la República Argentina, 1995).

Actualmente no existe una planificación sobre el manejo y aprovechamiento de estos recursos que puedan aportar mayor cantidad y calidad de madera, teniendo en cuenta que sus núcleos urbanos se caracterizan por mantener un ritmo de construcción más activo que el resto del país.

Entre las mejoras posibles está el aumento de la durabilidad de la madera producida por estos bosques. La utilización de preservantes permitiría prolongar la vida útil de aquellos productos forestales que durante su empleo están sometidos a la acción de diversos agentes destructores, posibilitando su uso en condiciones para las cuales no presentan aptitud natural (Picaseño & Manrique, 1974). Para ello es necesaria la comprensión de los procesos de preservación; que se logra conociendo y asociando las características físicas y anató-

micas de la madera con la sustancia preservante y el método de impregnación (Silva Le page, 1986).

Headley (1984) halló en pinos, que la principal causa de la impermeabilidad de sus maderas se debió a la presencia de un alto contenido de resinas en sus leños.

Erdoiza & Castillo (1986) clasificaron a las maderas de pinos como susceptibles a la impregnación, haciendo hincapié en el rol que cumplen los radios en la distribución del preservante.

Según Santini (1988) los canales resiníferos que no se hallan obstruidos por resinas endurecidas son conductos potenciales que facilitan la circulación del preservante, dependiendo esto de su tamaño, número y distribución. Además mencionó que los radios participan secundariamente en el transporte de líquidos, en particular en especies que presentan traqueidas radiales.

Cooper & Churma, (1990) estudiaron la distancia de difusión de líquidos en distintas maderas de pinos, para correlacionar luego estos datos con lo que sucede durante la preservación y encontraron que la distancia de difusión era mayor en especies menos densas.

Entre los diferentes tipos de preservantes hidrosolubles, el arseniato de cobre cromatado (CCA-C) es recomendado por el Servicio Nacional de Sanidad como un producto apto para la impregnación por vacío-presión (IAS-CAV, 1996), debido a su efectividad en maderas expuestas a todo tipo de riesgo. Este, es

asimismo, el más difundido en el país. Por otro lado, los productos cromo cupro bóricos (CCB) presentan un rango de uso acotado a maderas para interiores (IRAM 9600, 1998).

De acuerdo a lo precedentemente expuesto, se tomó como hipótesis de trabajo que los mayores valores de absorción de los preservantes hidrosolubles (CCA-C y CCB) se corresponden con mayores tiempos de presión aplicados en los tratamientos y que existen diferencias en las absorciones de las maderas de las distintas especies de pinos asociadas a sus características físicas y anatómicas.

El objetivo de este trabajo fue determinar el nivel de absorción de productos hidrosolubles CCA-C y CCB en maderas de *Pinus radiata*, *P. pinaster*, *P. pinea* y *P. halepensis*, aplicados por el método Bethell con dos tiempos de presión y relacionar estos niveles con las características físicas y anatómicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con madera de *Pinus pinea* L., *P. halepensis* Mill., *P. radiata* D. Don, y *P. pinaster* Ait. proveniente de bosques implantados en el Parque Florentino Ameghino, Partido de General Alvarado, Provincia de Buenos Aires (57°45'S; 38°24'W).

Se seleccionaron aleatoriamente 5 árboles por especie en rodales de 35 años de edad, extrayéndose de cada árbol una troza de 2 metros de largo a partir del primer metro de altura desde su base.

Las trozas fueron aserradas en tablas de 3 cm. de espesor y estibadas hasta alcanzar el contenido de humedad de equilibrio con el ambiente (Erdoiza & Castillo, 1986).

Se obtuvieron listones de albura de 2 cm. x 2 cm. de escuadría y finalmente, probetas de 2 x 2 x 10 cm., con la mayor dimensión orientada según la dirección longitudinal de los elementos conductores.

Se extrajeron 35 probetas por especie para la determinación de la densidad anhidra según norma IRAM-9544 (1985) y contenido de humedad según norma IRAM-9532 (1963). Para la impregnación se emplearon 30 probetas por especie y por tratamiento, ensayándose un total de 240 probetas.

La impregnación se realizó aplicando el método Bethell con ligeras modificaciones en los tiempos y cargas de presión respecto de las técnicas industriales para adaptarlo al tamaño de las probetas (Kumar & Morrell, 1997). Los valores de vacío inicial y final fueron de 600 mm Hg durante 15 minutos cada uno.

Se plantearon dos tratamientos con distintos tiempos de presión (3 kg.cm⁻²) de 10 y

Tabla 1. Composición de las muestras y métodos ensayados.

Sample composition and methods assaid.

Especie	preservante	tiempo de presión	n° de probetas	total de probetas
<i>Pinus pinea</i>	CCA-C	10 min. / 30 min.	30	
	CCB	10 min. / 30 min.	30	
<i>Pinus halepensis</i>	CCA-C	10 min. / 30 min.	30	
	CCB	10 min. / 30 min.	30	
<i>Pinus radiata</i>	CCA-C	10 min. / 30 min.	30	
	CCB	10 min. / 30 min.	30	
<i>Pinus pinaster</i>	CCA-C	10 min. / 30 min.	30	
	CCB	10 min. / 30 min.	30	240

30 minutos. Los preservantes utilizados fueron dos productos hidrosolubles: CCA-C y CCB, aplicados al 2% peso/volumen.

En la Tabla 1, se detallan los tratamientos realizados.

El volumen de las probetas se determinó con calibre promediando dos mediciones por cada una de las 3 direcciones y con precisión del 0,01 cm.

Se registraron los pesos de las probetas, previo e inmediatamente posterior a la impregnación, pesos inicial y final respectivamente, con una precisión del 0,01 gramo. La absorción de preservante se calculó a través de la siguiente ecuación (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988):

$$\text{Absorción (Kg.m}^{-3}\text{)} = \frac{\text{Peso final (g) - Peso inicial (g)}}{\text{Volumen (cm}^3\text{)}} \times 1000$$

El estudio anatómico se efectuó con microscopio óptico (MO), microscopio electrónico de barrido (MEB) y microscopio electrónico de barrido con equipo para análisis de dispersión de energía de rayos X (MEB-EDAX). Para el análisis al MO se realizaron cortes con xilótomo (20-30 mm) en las orientaciones transversal, longitudinal radial y longitudinal tangencial, los cuales fueron teñidos con safranina fast-green (D'Ambroggio, 1986). Se realizaron también disociados según el método de Boodle (1916). Se determinaron la densidad de radios y de canales resiníferos axiales y la longitud de traqueidas y fibrotraqueidas.

Para el análisis con MEB y MEB-EDAX se obtuvieron cortes con bisturí de material impregnado, los cuales fueron montados sin tratamiento previo y metalizados con oro-paladio y oro respectivamente. Este análisis se efectuó con el fin de corroborar el depósito de los elementos constitutivos de los preservantes sobre las paredes celulares.

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de la varianza ($q \leq 0,05$) y ante diferencias significativas se aplicó test de com-

paración de medias de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). Se calcularon los coeficientes de variabilidad (CV %) en todos los análisis planteados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Absorción según especies, preservantes y tiempos de presión.

En la Tabla 2, se observan los valores de absorción media que mostraron las distintas especies independientemente del preservante y del tiempo de presión.

Tabla 2. Absorción por especie. Test de rango de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Species absorption. Tukey range test ($\alpha \leq 0.05$).

Especies	Absorción (kg. m ⁻³)	Rango ⁽¹⁾
<i>Pinus halepensis</i>	583,71	a
<i>Pinus pinaster</i>	571,64	a
<i>Pinus pinea</i>	560,54	a
<i>Pinus radiata</i>	477,30	b

⁽¹⁾ Letras distintas identifican tratamientos con diferencias significativas.

La especie que manifestó la mayor absorción promedio fue *Pinus halepensis*, seguida por *P. pinaster*, *P. pinea* y finalmente *P. radiata* que presentó una diferencia significativa con respecto al grupo formado por las tres primeras especies.

Tabla 3. Absorción por tiempo de exposición. Test de rango de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Absortion by exposition times. Tukey range test ($\alpha \leq 0.05$).

Tiempo de presión	Absorción (kg. m ⁻³)	Rango ⁽¹⁾
30 minutos	579,37	a
10 minutos	517,22	b

⁽¹⁾ Letras distintas identifican tratamientos con diferencias significativas.

Considerando el total de especies y productos ensayados en conjunto, el tratamiento de 30 minutos de presión siempre presentó los mayores valores de absorción que el tratamiento con 10 minutos (Tabla 3), siendo ésta la relación esperada entre ciertos límites (Kumar & Morrell, 1989b). Estos resultados confirman la medida adecuada de las probetas

Tabla 4. Absorción media por tipo de preservante. Test de rango de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Average for absorption by preservative type. Tukey range test ($\alpha \leq 0.05$).

Tipo de preservante	Absorción (kg. m ⁻³)	Rango ⁽¹⁾
CCA-C	555,36	a
CCB	541,24	a

⁽¹⁾ Letras distintas identifican tratamientos con diferencias significativas.

empleadas para el experimento, puesto que sus dimensiones resultaron suficientes para detectar la influencia de los tiempos de exposición a presión constante.

No se observó una absorción diferencial de productos hidrosolubles en ninguno de los casos ensayados (Tabla 4). El empleo de preservantes con similitud de solubilidad y concentración produjo un comportamiento sin diferencias significativas. Los elementos componentes particulares de cada uno de ellos no

Tabla 5. Interacción entre absorción por especies - tiempos de presión - tipos de preservantes ($p \leq 0,05$).

Interaction among species - absorption - preservative types ($p \leq 0.05$).

Interacciones	Significancia de las interacciones
Especies por tiempos de presión	No significativas
Especies por tipos de preservante	Significativas
Tiempos de presión por tipo de preservante	No significativas
Especies por tiempos de presión y tipos de preservante	No significativas

aparecieron influyendo sobre la absorción.

En el análisis de las interacciones entre las variables en estudio sólo se encontraron diferencias entre especies por tipos de preservantes, siendo las restantes no significativas.

Análisis de las propiedades físicas y anatómicas del leño

El ordenamiento encontrado entre las especies para la absorción, de mayor a menor (Tabla 2) coincide con un ordenamiento inverso de las mismas respecto de su densidad anhidra (Tabla 6). *P. halepensis*, la especie que mostró mayor absorción de ambos productos preservantes, tuvo el menor valor de densidad anhidra. En el otro extremo, *P. radiata*, mostró la menor absorción de ambos produc-

Tabla 6. Densidad anhidra de la madera. Test de rango de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Wood oven-dry density. Tukey range test ($\alpha \leq 0.05$).

Especie	Densidad anhidra (Kg.m ⁻³)	Rango ⁽¹⁾	Desvío estándar	CV (%)
<i>Pinus radiata</i>	606	a	0,48	0,07
<i>Pinus pinea</i>	578	b	0,96	0,17
<i>Pinus pinaster</i>	510	c	0,71	0,14
<i>Pinus halepensis</i>	388	d	0,42	0,11

⁽¹⁾ Letras distintas identifican tratamientos con diferencias significativas.

Tabla 7. Contenido de humedad de la madera. Test de rango de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Content of wood moisture. Tukey range test ($\alpha \leq 0.05$).

Especie	Contenido de humedad	Rango ⁽¹⁾	Desvío estándar	CV
<i>Pinus radiata</i>	14,32	a	0,03	0,21
<i>Pinus pinaster</i>	14,23	a	0,07	0,49
<i>Pinus halepensis</i>	13,97	b	0,03	0,21
<i>Pinus pinea</i>	13,93	b	0,03	0,22

⁽¹⁾ Letras distintas identifican tratamientos con diferencias significativas.

tos y el mayor valor de densidad anhidra.

Resultados similares obtuvo Siau (1971), clasificando a las maderas por densidades de hasta 510 Kg.m⁻³ como fácilmente, 690 Kg.m⁻³ moderadamente y 740 Kg.m⁻³ difícilmente impregnables. Cabe destacar que el autor citó además de la densidad, la influencia de otros factores sobre la preservación, expresando que para el mismo método y sustancia preservante, la facilidad de la impregnación varía con las especies y como consecuencia con las características anatómicas.

Cooper & Churma (1990) hallaron en maderas que la velocidad de difusión de los líquidos era casi el doble en las menos densas y debido a esto, los valores de absorción registrados inmediatamente después de la impregnación fueron mayores.

Estos antecedentes explicarían para las

especies aquí estudiadas la relación inversa encontrada entre los valores de absorción y densidad de la madera.

La variación del contenido de humedad, entre otros factores, es de extrema importancia durante el proceso de preservación. Contenidos de humedad por debajo del punto de saturación de fibras (PSF) podrían provocar cambios no significativos en la absorción de preservante (Kumar & Morrell, 1989a). Es común encontrar que cada autor elija el valor del contenido de humedad de las muestras de ensayo (Kumar & Morrell, 1997). Del ensayo se desprende que la diferencia en el contenido de humedad observado, de 0,39% entre valores extremos, no interfirió en el comportamiento de las especies a los distintos tratamientos (Tabla 7).

En cuanto al análisis anatómico, ninguno

Tabla 8. Longitud de traqueidas y de fibrotraqueidas. Test de rango de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Length of tracheids fiber and tracheids. Tukey range test ($\alpha \leq 0.05$).

Especies	Longitud de traqueidas(μ)	Rango ⁽¹⁾	Especies	Longitud de fibrotraqueidas (μ)	Rango ⁽¹⁾
<i>P. halepensis</i>	2.390,67	a	<i>P. halepensis</i>	2.349,29	a
<i>P. pinaster</i>	2.347,33	a	<i>P. radiata</i>	2.272,00	a b
<i>P. radiata</i>	1.901,47	b	<i>P. pinea</i>	2.118,80	a b
<i>P. pinea</i>	1.775,47	b	<i>P. pinaster</i>	1.998,00	b

⁽¹⁾ Letras distintas identifican tratamientos con diferencias significativas.

Tabla 9. Densidad de radios y de canales axiales. Test de rango de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Density of ray and axial canal. Tukey range test ($\alpha \leq 0.05$).

Especies	Densidad de radios (N°. mm ⁻²)	Rango ⁽¹⁾	Especies	Densidad de canales (axiales (N. mm ⁻²))	Rango ⁽¹⁾
<i>Pinus radiata</i>	26,600	a	<i>Pinus pinea</i>	39,40	a
<i>Pinus pinea</i>	24,800	a	<i>Pinus halepensis</i>	38,30	a
<i>Pinus halepensis</i>	19,100	b	<i>Pinus pinaster</i>	30,10	b
<i>Pinus pinaster</i>	16,300	b	<i>Pinus radiata</i>	26,50	b

⁽¹⁾ Letras distintas identifican tratamientos con diferencias significativas.

de los caracteres cuantificados permitiría explicar, para las especies estudiadas, los diferentes valores de absorción registrados (Tablas 8 y 9).

Considerando la densidad de radios, por ejemplo, según lo expresado por Erdoiza & Castillo (1986) y Santini (1988) sería de esperar que *P. radiata* y *P. pinea* presentasen los mayores valores de absorción asociados a la mayor densidad de radios. Pero los resultados muestran lo contrario.

Con respecto a los canales resiníferos los resultados coinciden con lo esperado para *P. radiata*, el cual presentó la menor densidad de canales axiales, junto a la menor absorción. En el análisis con MEB-EDAX se observó, en la mencionada especie, la presencia de resinas obstruyendo los canales resiníferos axiales y radiales aún en material impregnado (Foto 1), mientras que en el resto de las especies los canales no se encontraban obstruidos (Foto 2).

Se observaron también depósitos de resinas sobre las puntuaciones de las traqueidas y de los campos de cruzamiento (Foto 3). En las restantes especies dichas puntuaciones se encontraron libres de depósitos (Foto 4). De acuerdo a lo expresado por Headley (1984) esto explicaría la menor absorción de preservante en *P. radiata* con respecto a las otras especies ensayadas, junto a la mayor densidad anhidra (Tabla 2).

El análisis MEB-EDAX permitió observar

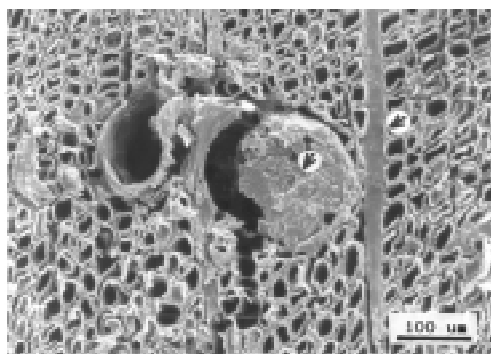


Foto 1. *Pinus radiata*. Fotomicrografía con MEB: depósitos de resina en canal axial y en radios (flechas).

Pinus radiata. SEM micrograph: resin deposits in axial duct and in rays (arrows).

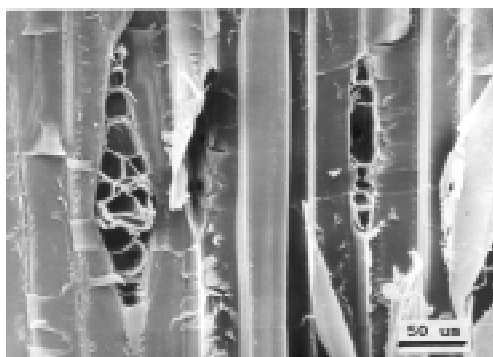


Foto 2. *Pinus halepensis*. Fotomicrografía con MEB: radios y canal resinífero radial sin depósitos de resina.

Pinus halepensis. SEM micrograph: rays and radial duct without resin deposits.

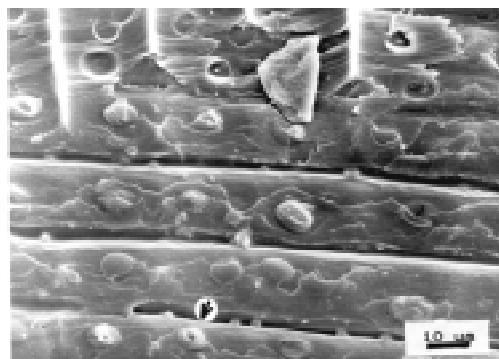


Foto 3. *Pinus radiata*. Fotomicrografía con MEB: depósitos de resina sobre las puntuaciones de los campos de cruzamiento (flecha).

***Pinus radiata*.** SEM micrograph: resin deposits on cross-field pits (arrow).

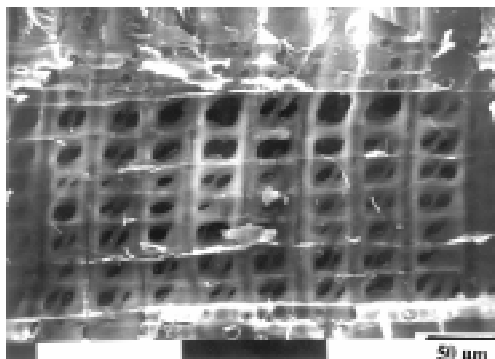


Foto 4. *Pinus pinaster*. Fotomicrografía con MEB: puntuaciones de los campos de cruzamiento sin depósitos.

***Pinus pinaster*.** SEM micrograph: cross-field pits without deposits.

la distribución homogénea de los preservantes en los tejidos. Se visualizaron, en algunos casos, depósitos amorfos correspondientes al preservante, los cuales le conferirían una protección extra a la madera, según lo expresado por Keil *et al.* (1997) (Foto 5).

También, se identificaron los depósitos constitutivos de los preservantes, hallándose para el CCA-C que la relación de proporci-

nes fue cromo mayor que cobre y éste mayor que arsénico (Foto 6), esto coincide con lo hallado por Salamah & Habibah (1990). Para el

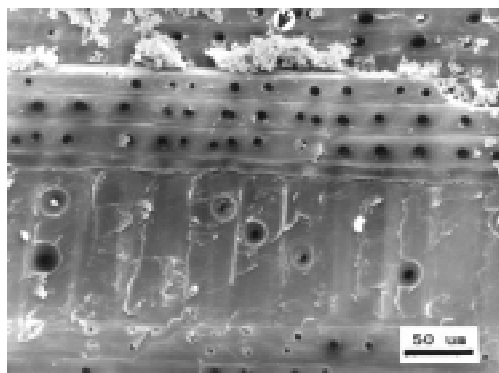


Foto 5. *Pinus pinea*. Fotomicrografía con MEB: depósitos amorfos de preservante sobre los radios (flecha).

***Pinus pinea*.** SEM micrograph: amorphous deposits of preservative on rays (arrow).

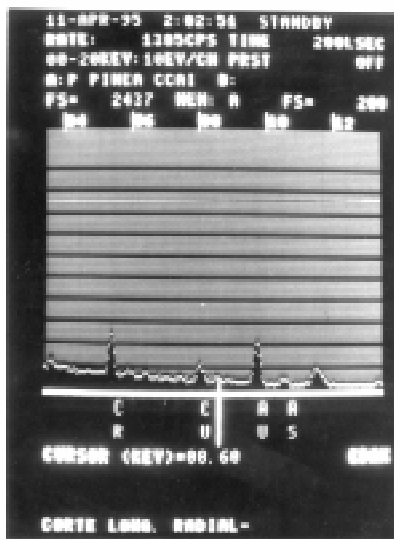


Foto 6. *Pinus pinea*. Análisis MEB-EDAX: espectros de energía característicos de cromo, cobre y arsénico.

***Pinus pinea*.** SEM X-ray analysis: characteristic energy spectra of chrome, copper and arsenic.

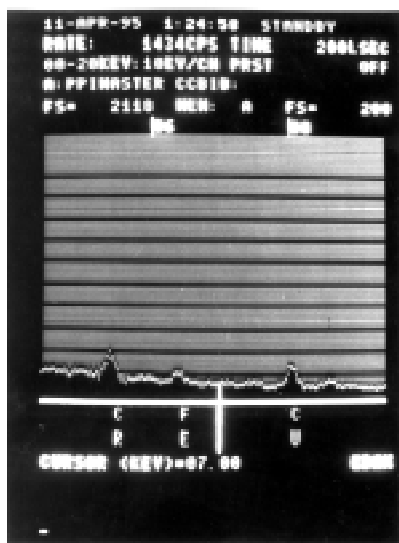


Foto 7. *Pinus pinaster*. Análisis MEB-EDAX: espectros de energía característicos de cromo y cobre.

***Pinus pinaster*.** SEM X-ray analysis: characteristic energy spectra of chrome and copper.

producto CCB se registró mayor proporción de cromo con respecto al cobre, aclarándose que el boro no puede ser detectado a través de esta técnica (Foto 7).

Se reafirma entonces lo expresado por Silva Lepage (1986) en cuanto a la necesidad de buscar correlaciones entre las características físicas y anatómicas, la sustancia preservante y el método de impregnación. En la medida que ello se cumpla, la eficiencia de los procesos podrá ser mayor, al igual que el espectro de usos de maderas naturalmente poco durables.

CONCLUSIONES

Los resultados permitieron confirmar la hipótesis planteada, puesto que un mayor tiempo de presión, a igualdad de condiciones en los restantes parámetros del proceso de

impregnación, produjo mayores niveles de absorción en las especies de pino ensayadas.

Las cuatro especies manifestaron comportamientos diferenciales ante la preservación, correspondiendo los niveles de absorción a la siguiente jerarquización: *P. halepensis* mayor que *P. pinaster*, éste mayor que *P. pinea*, siendo el de menor valor de los cuatro el *P. radiata*, asociándose con los valores de la densidad anhidra en una relación inversa.

No se encontró una relación entre los caracteres anatómicos cuantificados y los valores de absorción, aunque la presencia de altos contenidos de resina explicarían las absorciones significativamente menores en madera de *P. radiata* con respecto a los restantes pinos estudiados.

AGRADECIMIENTOS

Al señor P. Cánaves por su participación en el armado de la planta piloto de impregnación, a los señores Mario Sánchez y Xavier Krizkauský por su colaboración en las observaciones con MEB-EDAX y en la realización del material fotográfico. A los alumnos Sebastián Farina y Natalia De Cristóforo por su participación en la toma de datos durante los ensayos.

BIBLIOGRAFÍA

- Boodle, L. A.** 1916. A method of macerating fibres. Bull. Miscellaneous Institut. Royal Botanic Garden. Kew. 4: 108-110.
- Cooper, P. A. & R. Churma.** 1990. Estimating diffusion path length in treated wood. Forest Product Journal. 40 (11/12): 61-63.
- D'Ambroggio de Argüeso, A.** 1986. Manual de Técnicas en Histología Vegetal. Ed. Hemisferio Sur. 83 pp.
- Dirección de Recursos Forestales Nativos de la República Argentina.** 1995. Anuario de Estadística Forestal. pp 7.
- Erdoiza, 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.

- Headley, M. E.** 1984. Treatability and durability of radiata pine heartwood. Reprint, New Zealand Forest Service. N° 1564. 14 pp.
- IASCAV.** 1996. Manual de procedimientos, criterios y alcances para el registro de productos fitosanitarios en la República Argentina. SAGPyA 1. 264 pp.
- IRAM 9532.** 1963. Método de determinación de humedad. 6 pp.
- IRAM 9544.** 1985. Método para la determinación de la densidad aparente. 6 pp.
- IRAM 9600.** 1998. Preservación de maderas. Maderas preservadas mediante procesos con presión en autoclave. 23 pp.
- Junta del Acuerdo de Cartagena.** 1988. Manual del Grupo Andino para la Preservación de maderas, 3: 22.
- 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.). Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 102 (2): 147-154.
- Kumar, S. & J. J. Morrell.** 1989a. Moisture content of Western Hemlock: Influence on treatability with chromated-copper-arsenate Type-C. Offprint from: *Holzforschung* vol.43 (4): 2.
- Kumar, S. & J. J. Morrell.** 1989b. Penetration and absorption of different CCA compositions in six western conifers. *Forest Product Journal* 39 (10): 19-24.
- Kumar, S. & J. J. Morrell.** 1997. Effect of fatty acid removal on treatability of Douglas-fir. Department of Forest Products, Oregon State University, Corvallis. 8 pp.
- Picaseño, L. M. & R. Manrique.** 1974. Preservadores a base de cobre, cromo y arsénico, su fijación en la madera y su efecto sobre hongos xilófagos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales - UNAM-SAG, Mexico. 11 pp.
- Santini, E. J.** 1988. Biodeterioração e preservação da madeira. UFSM/CEPEF/FATEC. 125 pp.
- Salamah, B. T. S. & B. T. M. Habibah.** 1990. Qualitative determination of copper arsenic preservative in treated timbers by full cell process. *Frim Technical Report*, 20: 4.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca.** 1994. Guía Forestal Argentina. Primera Edición. 69 pp.
- Siau, J. F.** 1971. Transport processes in wood. Springer Verlag, Berlín : 245-246.
- Silva Lepage, E.** 1986. Manual de preservacao de madeiras. Vol I y II. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 456 pp.