

EFFECTO DEL PEG 300 Y 600 EN LA ESTABILIDAD DIMENSIONAL DE LA MADERA *Aspidosperma quebracho-blanco* Schlecht

E. O. Sanabria; J. M. Paz; M. E. Cayré; W. Frank

Facultad de Agroindustrias, Universidad Nacional del Nordeste,
Comandante Fernández Presidencia Roque Sáenz Peña-Chaco-Argentina. C. P. 755, 3700

RESUMEN

La especie *Aspidosperma quebracho-blanco* Schlecht es la más abundante del Parque Chaqueño y no es utilizada en la producción de bienes de alto valor agregado debido a la inestabilidad dimensional de su madera. Una de las maneras de mejorar la estabilidad dimensional es el engrosado de la pared celular con polietilenglicol (PEG).

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del PEG de peso molecular 300 y 600 en la estabilidad dimensional, utilizando como parámetro de control el coeficiente de retractabilidad de la madera citada.

Las muestras se impregnaron en una Planta Piloto con PEG, a través del proceso Bethell, según Norma IRAM Núm. 9511. Posteriormente se secaron hasta un contenido de humedad (CH) del 10 %. Los mejores resultados se lograron impregnando la madera con PEG 600, a una concentración del 50 % en solución acuosa, a una presión de 12 kg·cm⁻² durante 120 minutos, lo que permitió disminuir el coeficiente de retractabilidad de esta madera en 58.2 %.

PALABRAS CLAVE: polietilenglicol, hinchamiento diferencial, impregnación, bethell.

EFFECT OF THE PEG 300 AND 600 ON THE DIMENSIONAL STABILITY OF WOOD *Aspidosperma quebracho-blanco* Schlecht

SUMMARY

The species *Aspidosperma quebracho-blanco* Schlecht is the most abundant of the "Parque Chaqueño" region but it is not used for high added value goods production because of its dimensional instability. A way to enhance dimensional stability is the swelling of cell walls with polyethylene glycol (PEG).

The aim of this work was to determine the effect of PEG, molecular weight 300 and 600, on the dimensional stability of this wood using the retractability coefficient as control parameter.

Samples were impregnated with PEG in a pilot plant through the Bethell process, following the IRAM Nr. 9511 norm. Subsequently the samples were dried until humidity content (HC) of 10 %. The best results were achieved impregnating wood with PEG 600 at a concentration of 50 % in water solution, at a pressure level of 12 kg·cm⁻² during 120 minutes. These conditions led to the decrease of 58.2 % of the retractability coefficient of this wood.

KEY WORDS: polyethylene glycol, differential swelling, impregnation, bethell.

INTRODUCCIÓN

Las principales especies forestales del Parque Chaqueño son: *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Schinopsis balansae*, *Prosopis alba* y *P. nigra*, siendo la primera la más abundante. La utilización de la madera de

A. quebracho-blanco está dirigida principalmente a la fabricación de tarimas, varillas y carbón ya que no puede ser usada en la elaboración de bienes de alto valor agregado debido a su gran inestabilidad dimensional.

La inestabilidad dimensional es uno de los mayores

problemas en el procesado y uso de la madera, y expresa la tendencia que tiene la misma a contraerse o hincharse acompañando las variaciones del contenido de humedad de la misma por debajo del Punto de Saturación de las Fibras (PSF).

En el Cuadro 1 se presentan los coeficientes de retractabilidad de cuatro maderas, económicamente importantes del Parque Chaqueño, donde se observa que *A. quebracho-blanco* Schlecht tiene uno de los coeficientes más altos, 0.18 %/% (Martínez *et al.*, 2006).

CUADRO 1. Coeficientes de retractabilidad de especies del Parque Chaqueño

| Especie | Coefficiente de retractabilidad (%/%) |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Prosopis nigra</i> | 0.12 |
| <i>Schinopsis balansae</i> | 0.13 |
| <i>Tabebuia ipe</i> | 0.22 |
| <i>Aspidosperma quebracho-blanco</i> | 0.18 |

La estabilidad dimensional de la madera puede ser mejorada por diferentes métodos y uno de los más importantes es el engrosado de la pared celular, donde sustancias químicas son depositadas dentro de la misma, reemplazando parte del agua. De esta manera, la contracción puede ser total o parcialmente eliminada (Sugiyama y Norimoto, 2003). Para este fin pueden utilizarse diferentes productos químicos como: sales de sodio, bario y magnesio, azúcares, polietilenglicol (PEG) de diferentes pesos moleculares y resinas sintéticas.

El PEG es uno de los agentes más utilizados para el engrosado de la pared celular, dando mejores resultados utilizando soluciones acuosas con concentración de hasta 50 % en peso del polímero, cuando es aplicado a la madera verde (Jeremic *et al.*, 2007; Ohmae *et al.*, 2002; Ralph y Edwards, 2004).

Estudios realizados indican que el peso molecular (PM) del PEG usado tiene influencia tanto sobre la estabilidad dimensional, como en las propiedades mecánicas de la madera. Yamaguchi *et al.* (1999a) mejoraron la estabilidad dimensional de la madera de *Chamaecyparis obtusa* Endl con soluciones acuosas calientes de PEG de peso molecular superior a 3,000. Sin embargo, destacaron que los módulos de elasticidad y rotura disminuyen cuando la madera es impregnada con PEG de peso molecular superior a 8,500 (Yamaguchi *et al.*, 1999b).

Teniendo en cuenta los antecedentes antes mencionados, considerando que es necesario mejorar la estabilidad dimensional de esta especie para que pueda ser utilizada en la elaboración de bienes de alto valor agregado, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del PEG 300 y 600 y de diferentes parámetros de impregnación en la mejora de la estabilidad dimensional de la madera de *A. quebracho-blanco* Schlecht.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las dimensiones de las muestras de madera de *A. quebracho-blanco* se adoptaron de una sección similar a la utilizada en la industria de pisos tarugados, de acuerdo al siguiente detalle: 250 mm de largo por 100 mm de ancho por 25 mm de espesor.

Se utilizó para las impregnaciones de las muestras PEG en solución acuosa al 30 y 50 % y una Planta Piloto de Impregnación con una capacidad de 0.045 m³; 1.05 m de longitud y 0.22 m de diámetro, fabricada con acero de 12 mm de espesor capaz de trabajar a presiones interiores de 20 kg·cm⁻², Figura 1.

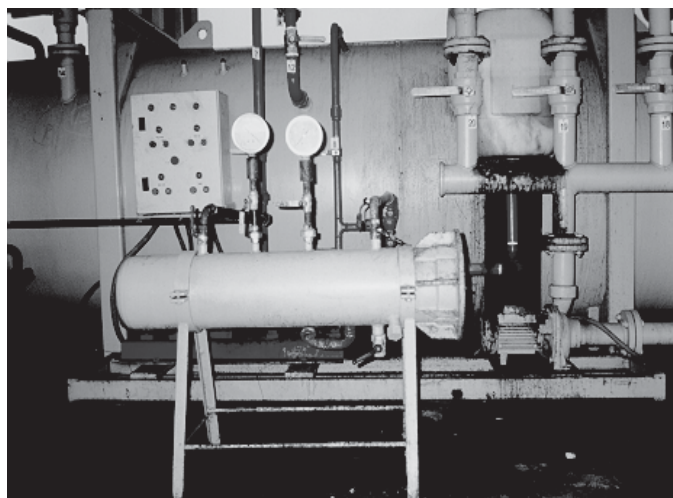


FIGURA 1. Planta piloto de impregnación

La determinación del contenido de humedad se realizó de acuerdo a la Norma IRAM Núm. 9532. Las muestras se impregnaron con PEG a través del proceso Bethell según Norma IRAM Núm. 9511. Posteriormente las mismas fueron secadas hasta 10 % de contenido de humedad (CH).

La estabilización de las muestras se llevó a cabo en cámaras de equilibrio higroscópico constante de 16 %, a una temperatura de 25 °C y una humedad relativa del 78 %, generada por solución salina saturada de NaCl, permanentemente agitada y con circulación forzada de aire sobre la solución a 2.5 m·s⁻¹.

Se adoptó como parámetro de control el coeficiente de retractabilidad, también conocido como hinchamiento diferencial, que representa el porcentaje de hinchamiento que se produce por cada variación unitaria en el porcentaje de contenido de humedad, por debajo del punto de saturación de las fibras (PSF).

En función de los parámetros medidos en la cámara de estabilización, el coeficiente se calculó de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{Coef. de retractabilidad (\% / \%)} = \frac{(L_{16} - L_{10}) * 100}{(EH_c - 10\%) * L_{28} - PSF(L_{16} - L_{10})}$$

Donde:

L_{28} = Dimensión radial al 28 % de CH

L_{16} = Dimensión radial al 16 % de CH

L_{10} = Dimensión radial al 10 % de CH

EH_c = Equilibrio higroscópico de la cámara

PSF = Punto de saturación de las fibras

Para llevar adelante la investigación se adoptó un diseño experimental factorial 2^4 con tres repeticiones por tratamiento. Se utilizaron como variables independientes:

A) Tipo de PEG (PM 300 – PM 600)

B) Concentración de PEG (30 y 50 %)

C) Presión de impregnación (6 y 12 kg·cm⁻²)

D) Tiempo de impregnación (60 y 120 min.)

Se utilizaron como testigo 10 muestras que fueron sometidas a los mismos tratamientos de secado y estabilización que las muestras impregnadas.

Para el análisis estadístico se utilizó el software STATGRAPHICS *Plus* Versión 4.0 (Statistical Graphics Corp., MD 20852, Estados Unidos).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos para cada tratamiento y sus repeticiones, de acuerdo al diseño experimental adoptado, se indican en el Cuadro 2.

El valor medio y la desviación estándar para el coeficiente de retractabilidad de las muestras testigo fue de 0.17 y 0.016, respectivamente. El coeficiente de variación fue de 9.7 %.

El análisis de varianza, con los efectos principales e interacciones, se presenta en el Cuadro 3. Los cuatro efectos principales: tiempo, presión, concentración de PEG y tipo

CUADRO 2. Valores de retractabilidad para cada uno de los tratamientos realizados.

| Tratamiento | Variables Independientes | | | | Respuestas | | |
|-------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|------------|----------|----------|
| | A ² | B ³ | C ⁴ | D ⁵ | Retrac.1 | Retrac.2 | Retrac.3 |
| 1 | 300 | 30 | 6 | 30 | 0.150 | 0.133 | 0.138 |
| 2 | 600 | 30 | 6 | 30 | 0.127 | 0.144 | 0.144 |
| 3 | 300 | 50 | 6 | 30 | 0.115 | 0.121 | 0.133 |
| 4 | 600 | 50 | 6 | 30 | 0.110 | 0.133 | 0.121 |
| 5 | 300 | 30 | 12 | 30 | 0.138 | 0.150 | 0.156 |
| 6 | 600 | 30 | 12 | 30 | 0.116 | 0.133 | 0.121 |
| 7 | 300 | 50 | 12 | 30 | 0.110 | 0.110 | 0.133 |
| 8 | 600 | 50 | 12 | 30 | 0.110 | 0.099 | 0.090 |
| 9 | 300 | 30 | 6 | 120 | 0.156 | 0.150 | 0.150 |
| 10 | 600 | 30 | 6 | 120 | 0.110 | 0.093 | 0.082 |
| 11 | 300 | 50 | 6 | 120 | 0.127 | 0.127 | 0.150 |
| 12 | 600 | 50 | 6 | 120 | 0.087 | 0.076 | 0.082 |
| 13 | 300 | 30 | 12 | 120 | 0.150 | 0.150 | 0.133 |
| 14 | 600 | 30 | 12 | 120 | 0.099 | 0.093 | 0.093 |
| 15 | 300 | 50 | 12 | 120 | 0.115 | 0.110 | 0.121 |
| 16 | 600 | 50 | 12 | 120 | 0.071 | 0.071 | 0.082 |

²Peso molecular PEG [g·mol⁻¹].

³Concentración de PEG en solución acuosa [%].

⁴Presión [kg·cm⁻²].

⁵Tiempo de impregnación [minutos].

CUADRO 3. Análisis de varianza para retractibilidad.

| Efectos | SC ^z | GL ^y | CM [*] | F ₀ |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| A: Tipo de PEG | 0.011656 | 1 | 0.011656 | 128.12 *** |
| B: Concentración | 0.005504 | 1 | 0.005504 | 60.50 *** |
| C: Presión | 0.000954 | 1 | 0.000954 | 10.49 ** |
| D: Tiempo | 0.002523 | 1 | 0.002523 | 27.73 *** |
| AB | 0.000052 | 1 | 0.000052 | 0.57 ^{NS} |
| AC | 0.000090 | 1 | 0.000090 | 1.00 ^{NS} |
| AD | 0.004256 | 1 | 0.004256 | 46.78 *** |
| BC | 0.000320 | 1 | 0.000320 | 3.52 ^{NS} |
| BD | 0.000024 | 1 | 0.000024 | 0.26 ^{NS} |
| CD | 0.000002 | 1 | 0.000002 | 0.02 ^{NS} |
| Desajuste | 0.000750 | 5 | 0.000150 | 1.65 ^{NS} |
| Error Puro | 0.002911 | 32 | 0.000090 | |
| Totales | 0.029113 | 47 | | |

^zSuma de cuadrados.

^yGrados de libertad.

^{*}Cuadrados medios.

^{NS}: No significativo.

*, **, ***: Significativo a una P≤0.05, 0.01 y 0.001, respectivamente.

de PEG afectaron significativamente el coeficiente de retractibilidad. En tanto que, sólo la interacción tipo de PEG-tiempo fue significativa. El desajuste no fue significativo lo que expresa que el diseño experimental adoptado ajusta a los datos.

En la Figura 2 se muestran los efectos principales y en el Cuadro 4 se dan los valores estimados de cada uno de ellos. Se observa que el efecto de mayor influencia fue el tipo de PEG y el de menor incidencia, la presión.

Todos los efectos e interacciones significativas disminuyeron el coeficiente de retractibilidad mejorando, por lo tanto, la estabilidad dimensional de la madera.

Siendo negativa la influencia de los efectos principales, es conveniente para reducir el coeficiente de retractibilidad que los mismos se encuentren en sus niveles superiores.

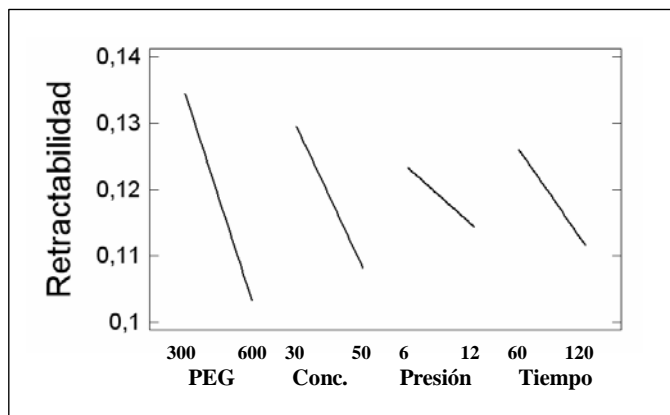


FIGURA 2. Efectos principales para retractibilidad.

Efecto del Peg...

CUADRO 4. Valores estimados para los efectos principales e interacciones para retractibilidad.

| Efectos | Valor Estimado |
|------------------|----------------|
| A: Tipo de PEG | -0.0311 |
| B: Concentración | -0.0214 |
| C: Presión | -0.0089 |
| D: Tiempo | -0.0154 |
| AD | -0.0188 |

En la Figura 4, se muestra la respuesta estimada para retractibilidad, cuando los valores de los efectos presión y tiempo se encuentran en sus límites superiores (12 kg·cm⁻² y 120 minutos). Para estas condiciones, el coeficiente de retractibilidad tiene su menor valor (0.071) trabajando con PEG 600 con una concentración del 50 %. Dicho valor representa una disminución en el coeficiente del 58.2 %, con referencia a los coeficientes de la madera sin tratar.

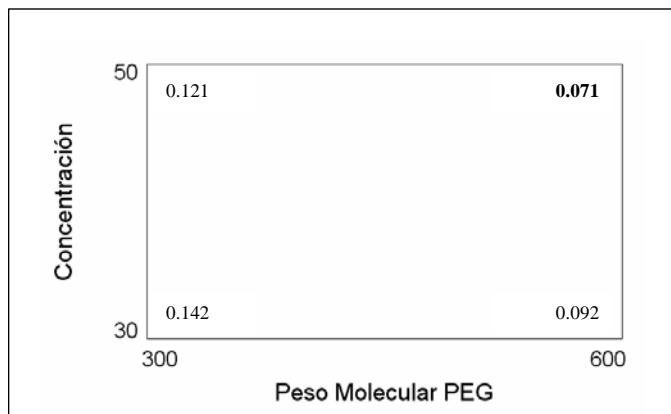


FIGURA 4. Respuesta estimada para retractibilidad (presión=12 kg·cm⁻², tiempo=120 min).

DISCUSIÓN

Para todos los tratamientos realizados en este estudio, los coeficientes de retractibilidad fueron menores que los correspondientes a la madera sin tratar indicando que, tanto el PEG 300 como el PEG 600, en las distintas concentraciones analizadas, mejoran la estabilidad dimensional de la madera. Estos resultados coinciden con los de Martínez *et al.* (2006) quienes reportaron que el uso de PEG de bajos pesos moleculares permite mejorar la estabilidad dimensional de *A. quebracho-blanco*.

Si bien los dos pesos moleculares de PEG ensayados lograron disminuir el coeficiente de retractibilidad, el PEG 600 provocó una reducción mayor que el PEG 300. A pesar de que los pesos moleculares más bajos tienen mayor penetrabilidad de la pared celular (Wallstöm y Lindberg,

1999; Rosca *et al.*, 2005), pueden resultar menos efectivos debido a su mayor volatilidad e higroscopicidad lo que permitiría explicar los resultados obtenidos en este estudio.

En cuanto a los parámetros de impregnación tiempo y presión, los mejores resultados se obtuvieron en los valores ensayados más altos (12 kg·cm⁻², 120 minutos), debido a que estas condiciones favorecen la difusión más rápida del químico dentro de la estructura de la madera provocando un mayor retención del polímero. En efecto, para el mismo rango de presión y tiempo utilizado en este estudio, Judis *et al.* (1999) reportaron que el aumento de la presión y tiempo de impregnación trae aparejado una mayor retención del polímero y como consecuencia una mayor estabilidad dimensional.

El menor valor de retractabilidad (0.071) se obtuvo cuando se trabajó con PEG 600, en solución acuosa al 50 %, impregnando a 12 kg·cm⁻² de presión durante 120 min. El valor de retractabilidad estimado, corresponde a un coeficiente de contracción de 1.99 %, representando una disminución de dicho coeficiente del 58.2 % respecto de la madera sin tratar.

Si comparamos los valores de reducción de la contracción radial obtenidos en esta investigación con los citados por Wallström (1999), se observa que los primeros son ligeramente mayores que los reportados para PEG 600 (48 %), y menores que los obtenidos con PEG 1000 (84 %), Glyoxal (72 %) y Fenol – Formaldehído (92 %). Hay que tener en cuenta que dichos valores fueron obtenidos impregnando maderas de baja densidad lo cual podría favorecer la mayor retención del impregnante.

Por otro lado, la disminución alcanzada en esta investigación es menor que la lograda por Moreno y Medina (1991) impregnando *A. quebracho-blanco* con solución acuosa de extracto de quebracho con 30 % de concentración y trabajando con muestras secas al aire, quienes reportaron 70 % de disminución en la contracción radial.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación, utilizando PEG con el objetivo de mejorar la estabilidad dimensional de la especie *A. quebracho-blanco*, nos llevan a las siguientes conclusiones:

- 1) El PEG 300 y PEG 600, como agentes hinchantes de la pared celular, utilizados en la madera de *A. quebracho-blanco*, mejoran sustancialmente su estabilidad dimensional, como ocurre en diferentes maderas.
- 2) El PEG 600 proporciona un menor coeficiente de

retractabilidad y por ello una mayor estabilidad dimensional que el PEG 300.

- 3) Para obtener buenos resultados de estabilidad dimensional en esta especie, engrosando la pared celular con PEG es conveniente trabajar con PEG 600, en solución acuosa al 50 %, impregnando a 12 kg·cm⁻² de presión durante 120 min.

LITERATURA CITADA

- IRAM 9511. 1994. Preservación de Maderas. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Argentina
- IRAM 9532. 1994. Maderas. Método de determinación de la humedad. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Argentina
- JEREMIC, D.; COOPER, P.; HEYD, D. 2007. PEG bulking of wood cell walls as affected by moisture content and nature of solvent. *Wood Science and Technology* (www.springerlink.com/content/c107132656628t31/full_text)
- JUDIS, M. A.; PAZ, J. M.; SANABRIA, E. 1999. Efecto del peg 300 y los parámetros de impregnación en el coeficiente de contracción de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schlecht. *Yvyrareta* 9(1): 77-80.
- MARTÍNEZ, R.; MEDINA, J.; LEDESMA, R. 2006. Improvement of quebracho blanco Wood dimensional stability using pegs. Results above ten years of research. *European Journal of Scientific Research* 13(2): 251-257
- MORENO, G.; MEDINA, J. 1991. Estabilización dimensional de madera de quebracho blanco por impregnación con tanino. ITM, Serie de Publicaciones 9102.
- OHMAE, K.; MINATO, K.; NORIMOTO, M. 2002. The analysis of dimensional changes due to chemical treatments and water soaking of hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) wood. *Holzforchung*, 56(1): 98-102
- RALPH, J. F.; EDWARDS, S. J. 2004. PEG penetration in three commercially important Tasmanian eucalypt species. *Wood and Fiber Science*, 36(4): 611-619.
- ROSCA, I.; BERGMAN, I.; TANCZOS, I. 2005. Penetrability of resins and polyethylene glycols in ammonia treated spruce Wood. *Holz Roh – Werkst* 63 (6): 403-407.
- SUGIYAMA, M.; NORIMOTO, M. 2003. Dielectric properties of chemically treated wood. *Journal of Material Science* 38(22): 4551 – 4556.
- STATGRAPHICS PLUS. 1999. Version 4. Manugistics, Inc. and Statistical Graphics Corporation. USA
- WALLSTRÖM, L.; LINDBERG, K. A. H. 1999. Measurement of cell wall penetration in wood of water-based chemicals using SEM/EDS and STEM/EDS technique. *Wood Science and Technology* 33(2): 111-122.
- YAMAGUCHI, T.; ISHIMARU, Y.; URAKAMI, H. 1999a. Effect of temperature on dimensional stability of wood with polyethylene glycol I.: Bulking effect. *Mokuzai Gakkaishi. Journal of the Japan Wood Research Society* 45(6): 434-440.
- YAMAGUCHI, T.; ISHIMARU, Y.; URAKAMI, H. 1999b. Effect of temperature on dimensional stability of wood with polyethylene glycol II.: Temperature dependence of PEG adsorption and mechanical properties of treated wood. *Mokuzai Gakkaishi. Journal of the Japan Wood Research Society* 45(6): 441-447.