



EVALUACIÓN DE TRES ADHESIVOS EN LA FABRICACIÓN DE TABLEROS ENLISTONADOS DE *Aspidosperma quebracho blanco* ESTABILIZADO CON POLIETILENGLICOL

EVALUATION OF THREE ADHESIVES IN THE MANUFACTURE OF *Aspidosperma quebracho blanco* WOOD BLOCKBOARDS STABILIZED WITH POLYETHYLENE GLYCOL

Ernesto Osvaldo Sanabria; María Elisa Cayré; Walter Adrián Frank

Universidad Nacional del Chaco Austral UNCAUS, Comandante Fernández 755, 3700- Presidencia Roque Sáenz Peña – Chaco - Argentina
 Correo-e: sanabria@uncaus.edu.ar, sanabria@fai.unne.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se evaluó que tipo de adhesivo es factible de utilizar en la fabricación de tableros enlistonados de madera de *Aspidosperma quebracho-blanco* impregnada con polietilenglicol (PEG). Se analizaron tres tipos de adhesivos: polivinil acetato (PVAc), urea-formaldehído (UF) y fenol-formaldehído (PF) para conformar los tableros. La calidad adhesiva se determinó mediante la resistencia de la línea de adhesivo en tableros fabricados con madera impregnada y sin impregnar. El uso de PEG como estabilizante de la madera de *Aspidosperma quebracho-blanco* no interfirió en el proceso de adhesión cuando se utilizaron adhesivos UF y PF. Con el adhesivo PVAc provocó una disminución (< 15 %) de la resistencia en la línea de adhesivo respecto de la madera sin impregnar. El adhesivo que mejor se comportó de acuerdo a la Norma Española UNE 56-777-92. Determinación de la resistencia en la línea de adhesivo, fue el UF. Los adhesivos PVAc y PF no lograron pasar las especificaciones mínimas de 10 N·mm⁻² aún en los tableros fabricados con madera sin impregnar.

Recibido: 15 de mayo, 2010
 Aceptado: 31 de agosto, 2010
 doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.05.030
[http:// www.chapingo.mx/revistas](http://www.chapingo.mx/revistas)

PALABRAS CLAVE: PEG, PVAc, PF, UF.

ABSTRACT

This study analyzed what type of adhesive is most suitable for use in the manufacture of *Aspidosperma quebracho-blanco* wood blockboards impregnated with polyethylene glycol (PEG). Three types of adhesives that could potentially be used to form the boards were analyzed: polyvinyl acetate (PVAc), urea-formaldehyde (UF) and phenol-formaldehyde (PF). Bond quality was determined by the glue-line strength in boards made with impregnated and non-impregnated wood. The use of PEG as a stabilizer of *Aspidosperma quebracho-blanco* wood did not interfere in the adhesion process when UF and PF adhesives were tested. The PVAc adhesive decreased (<15%) the resistance of the glue line in comparison with the non-impregnated wood. The adhesive that performed the best according to the Spanish standard UNE 56-777-92, pertaining to the determination of glue-line strength, was the UF one. The PVAc and PF adhesives failed to reach the minimum specifications of 10 N·mm⁻² even in those boards manufactured with non-impregnated wood.

KEY WORDS: PEG, PVAc, PF, UF

INTRODUCCIÓN

La industrialización de la madera se divide en productos de aserraje o primera transformación (durmiertes, madera dimensionada, tarimas, etc.) de menor valor agregado y productos de carpintería o de segunda transformación (muebles, aberturas, tirantes, entre otros productos.) de mayor valor agregado. Para estos últimos productos, el algarrobo (*Prosopis nigra*) es la especie más utilizada (70 %) en la provincia del Chaco, Argentina.

De acuerdo con un documento publicado por el Consejo Económico y Social (CONES) la industria

INTRODUCTION

Wood industry products are divided into two types: lower value-added products involving only sawing or primary processing of wood (railroad ties, dimensional lumber, pallets, etc.) and higher value-added products involving carpentry or secondary processing (furniture, doors and windows, braces, among other products). For the latter products, the black carob tree (*Prosopis nigra*) is the most used species (70%) in the province of Chaco, Argentina.

According to a paper published by the Economic and Social Council (known by the acronym CONES in Argentina),

del mueble de madera en el Chaco está detenida en un círculo vicioso de baja rentabilidad debido al aumento del precio de la materia prima (*Prosopis nigra*), la falta de inversiones y, principalmente, a la mala inserción en los mercados. En función de este diagnóstico, se propusieron políticas tendientes a favorecer la comercialización en los grandes centros urbanos de la Argentina, eliminando la intermediación. Sin embargo, dado el problema de las existencias de algarrobo el documento resalta que la política de cambio en la inserción debe acompañarse indefectiblemente del desarrollo comercial de maderas alternativas. Al ritmo actual de explotación de *Prosopis nigra*, la especie que tiene mayor horizonte de existencia es *Aspidosperma quebracho-blanco* (207 años) seguida por *Caesalpinia paraguariensis* (7.5 años) y por *Bumelia obtusifolia* (7.3 años).

La inestabilidad dimensional es uno de los mayores problemas en el procesado y uso de la madera de quebracho blanco en la producción de bienes de alto valor agregado, 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) (Vignote y Martínez, 2006). Sin embargo, la estabilidad dimensional puede ser mejorada por diferentes métodos y uno de los más importantes es el engrosado de la pared celular con sustancias químicas depositadas dentro de la misma, reemplazando parte del agua. De esta manera, la contracción puede ser total o parcialmente eliminada (Sugiyama y Norimoto, 2003).

Estudios realizados sobre *Aspidosperma quebracho-blanco* han demostrado que el uso de mezclas de polietilenglicol (PEG) disminuyen significativamente los valores de contracción e hinchamiento (Sanabria y Paz, 2000; Sanabria et al., 2007) sin afectar los valores de resistencia a la flexión. Por lo tanto, una alternativa para el uso de *Aspidosperma quebracho-blanco* en la elaboración de productos de mayor valor agregado es la fabricación de tableros por medio de listones de madera estabilizada unidos entre sí por medio de un adhesivo.

La adhesión es un proceso complejo que está influenciado por las propiedades físicas y químicas tanto de la madera como del adhesivo (Lee et al., 2006; Pizzi, 2000; Kamke y Lee, 2007). La resistencia de la línea de adhesivo en el material es crucial en la determinación del desempeño de la estructura del tablero.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la calidad de tres diferentes tipos de adhesivos en tableros enlistonados de madera de *Aspidosperma quebracho-blanco* impregnada con PEG mediante la determinación de la resistencia de la línea de adhesivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras

Las muestras utilizadas para este trabajo fueron aserradas radialmente a partir de árboles de *Aspidosperma*

the wood furniture industry is caught up in a vicious circle of low profitability due to rising raw material (*Prosopis nigra*) prices, lack of investment, and, especially, poor market integration. Based on this assessment, policies were proposed to encourage marketing in major urban centers in Argentina, thereby eliminating middlemen. However, given the problem of carob tree stocks, the paper stresses that the marketing policy change should unfailingly be accompanied by commercial development of alternative woods. At the current harvesting rate of *Prosopis nigra*, the species that has the greatest time horizon is *Aspidosperma quebracho-blanco* (207 years) followed by *Caesalpinia paraguariensis* (7.5 years) and *Bumelia obtusifolia* (7.3 years).

Dimensional instability is one of the biggest problems in the processing and use of *quebracho-blanco* wood in the production of high value-added goods, and it expresses the tendency to shrink or swell in concert with changes in its moisture content below the fibre saturation point (FSP) (Vignote and Martínez, 2006). However, the dimensional stability can be improved by different methods, one of the most important of which is thickening the cell wall with chemical substances deposited within it, replacing some of the water. Thus, the shrinkage can be completely or partially eliminated (Sugiyama and Norimoto, 2003).

Studies of *Aspidosperma quebracho-blanco* have shown that the use of polyethylene glycol (PEG) mixtures significantly reduce shrinkage and swelling values (Sanabria and Paz, 2000; Sanabria et al., 2007) without affecting flexural strength values. Therefore, an alternative to the use of *Aspidosperma quebracho-blanco* in the making of higher value-added products is the manufacture of boards using stabilized wood slats or strips bound together by an adhesive.

Adherence is a complex process influenced by both physical and chemical wood properties and the adhesive (Lee et al., 2006; Pizzi, 2000; Kamke and Lee, 2007). The resistance of the glue line in the material is crucial for determining the performance of the board structure.

Therefore, the objective of this study was to evaluate the quality of three different types of adhesives in *Aspidosperma quebracho-blanco* wood blockboards impregnated with PEG by determining the resistance of the glue line

MATERIALS AND METHODS

The samples used for this study were sawn radially from *Aspidosperma quebracho-blanco* trees extracted from a native forest. Their useful shaft had an average diameter of 350 to 450 mm, which corresponds to the diameter used industrially by sawmills, from which the samples were extracted. In all cases the moisture content was above 30%. A total of 180 samples were sawn.

quebracho-blanco extraídos de bosque nativo cuyo fuste útil tenía un diámetro medio de 350 a 450 mm, que corresponde al diámetro utilizado industrialmente por aserraderos, de los cuales se extrajeron las muestras. En todos los casos el contenido de humedad fue superior al 30 %. Se aserraron un total de 180 muestras.

Las dimensiones de las muestras fueron de 650 mm x 75 mm x 25 mm (largo; ancho y espesor) de acuerdo con la Norma IRAM 9511 (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, 1994).

Tratamiento de estabilización

Los listones se impregnaron con una mezcla predeterminada de PEG de diferentes pesos moleculares (Sanabria y Paz, 2000) en planta piloto que posee la Cátedra de Tecnología Industrial I, en la UNCAus, en Presidencia Roque Sáenz Peña, Chaco, Argentina, utilizando el proceso Bethel según norma IRAM 9511 (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, 1994).

Las muestras impregnadas se secaron hasta un 10 % de contenido de humedad (CH) con pautas adecuadas de secado y posteriormente se estabilizaron 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 una circulación forzada de aire sobre la solución de 2.5 m·s⁻¹.

La determinación del contenido de humedad se realizó según la Norma IRAM 9532 (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, 1994).

Fabricación de tableros

Para la conformación de los tableros los listones estabilizados se garlopearon y cepillaron en las cuatro caras y se encolaron utilizando entre 150 y 200 g de adhesivo por metro cuadrado de tablero. Los adhesivos utilizados y sus respectivos contenidos de sólidos se muestran en el Cuadro 1.

La prensa utilizada fue del tipo industrial hidráulica de platos calientes (de 120 cm de ancho por 240 cm de largo) de tal manera que el fraguado de la resina se produjera a una temperatura cercana los 50 °C para la resina PVAc y los

CUADRO 1. Tipo de adhesivo y su respectivo porcentaje de sólidos
TABLE 1. Type of adhesive and its respective percentage of solids

Tipo de adhesivo	% de sólidos
PF (Fenol-Formaldehído)	39
PVAc (Polivinil acetato)	49
UF (Urea-Formaldehído)	30

The sample sizes were 650 mm x 75 mm x 25 mm (length, width and thickness) according to the Standard IRAM 9511 (Argentine Institute of Rationalization of Materials, 1994).

Stabilization treatment

The strips were impregnated with a predetermined PEG mixture of different molecular weights (Sanabria and Paz, 2000) in a pilot facility belonging to the Industrial Technology I program, at the Universidad Nacional del Chaco Austral, in Presidencia Roque Sáenz Peña, Chaco, Argentina, using the Bethel process according to standard IRAM 9511 (Argentine Institute of Rationalization of Materials, 1994).

The impregnated samples were dried to 10% moisture content (MC) following accepted guidelines for drying and then stabilized in chambers of constant hygroscopic equilibrium of 16%, at a temperature of 25 °C and relative humidity of 78%, generated by saturated NaCl saline solution, shaken constantly and with a forced air circulation on the 2.5 m·s⁻¹ solution.

The moisture content determination was performed according to Standard IRAM 9532 (Argentine Institute of Rationalization of Materials, 1994).

Board manufacturing

To make the boards, the stabilized strips were edged and planed on all four sides and glued using between 150 and 200 g of adhesive per square of board. The adhesives used and their respective solids contents are shown in Table 1.

An industrial hydraulic press with hot plates (120 cm wide and 240 cm in length) was used. With it, the curing of the resin was produced at a temperature near 50 °C for the PVAc resin and 120 °C-140 °C for the PF and UF resins, with a press time of 30 to 40 minutes. Once the board was placed into the press, it was subjected to two types of pressures:

Pressure, with an upper plate and a lower one, perpendicular to the plane of the board to produce the setting of the resin by temperature.

Air pressure parallel to the plane of the board – that is perpendicular to the glue joints, up to 15 kg·cm⁻² so that while the resin was setting maximum pressure was maintained on the side edges that were embedded with the adhesive.

By Standard UNE 56-777-92/1,1992, each board

120 °C-140 °C para las resinas PF y UF, con un tiempo de prensado de 30 a 40 minutos. Una vez dispuesto el tablero en la prensa se aplicaron dos tipos de presiones:

Presión, con un plato superior y otro inferior, perpendicular al plano del tablero para producir el fraguado de la resina por temperatura.

Presión neumática y paralela al plano del tablero, esto es perpendicular a las uniones de cola, de hasta 15 kg·cm⁻², de tal manera que mientras se produjo el fraguado de la resina se mantuvo la máxima presión sobre los cantos laterales que estuvieron embebidos con el adhesivo.

Por Norma UNE 56-777-92/1,1992, cada tablero debe tener como mínimo 5 (cinco) uniones de cola, esto es 6 (seis) tablas adheridas por cola a ensayar. Se fabricaron cinco tableros con madera impregnada y cinco tableros con madera sin impregnar para los respectivos testigos. Esto se realizó para cada uno de los adhesivos a analizar conformándose un total de 30 tableros.

Determinación de la resistencia en línea de adhesivo

Los tableros se pasaron por una lijadora de contacto para uniformar el espesor de los mismos y se extrajeron 10 probetas aleatoriamente de cada uno, perpendiculares a la línea del adhesivo y se realizaron los ensayos de cortadura de cola de acuerdo a la Norma Española UNE 56-777-92/1, 1992.

Se realizaron 300 ensayos de cortadura de cola entre muestras testigos y muestras impregnadas. Las probetas fueron extraídas y analizadas de acuerdo al detalle de la Figura 1 exigidas por la Norma Española UNE 56-777-92/1,

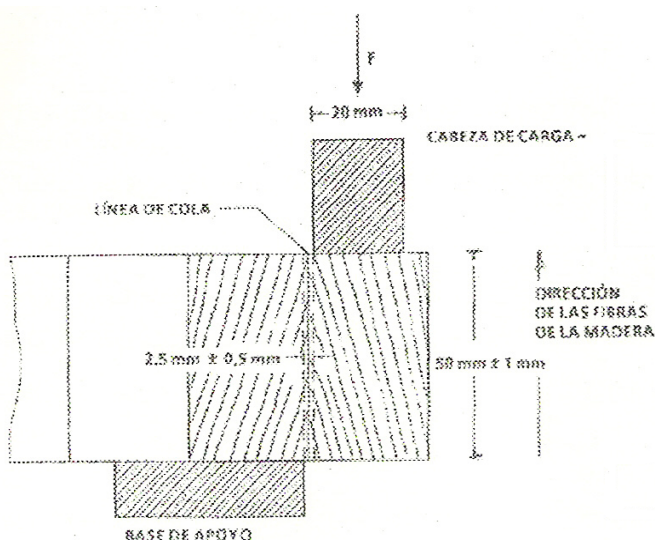


FIGURA 1. Detalle del enlistonado del tablero y análisis de las probetas

FIGURE 1. Details of the wood blockboard and analysis of the specimens

must have at least 5 (five) glue joints, that is 6 (six) strips bonded together by the glue to be tested. Five boards were manufactured with impregnated wood and five with non-impregnated wood for the respective controls. This was done for each of the glues to analyzed, for a total of 30 boards.

Determination of glue-line strength

The boards were passed through a belt sander to standardize their thickness, and 10 specimens were taken randomly from each one, perpendicular to the glue line. Shear tests of the glue line were conducted based on the Spanish Standard UNE 56-777-92/1, 1992.

In total, 300 glue-line shear tests on the control and impregnated samples were conducted. Specimens were extracted and analyzed as detailed in Figure 1 and as required by the Spanish Standard UNE 56-777-92/1, 1992. Test specimens are shown in Figure 2.

The trials were conducted using a Universal Testing Machine (CIFIC brand, Rosario, N° 830.805) with a capacity of 10 tons, a 0.01-mm elongation measuring gauge, load measurement, direct dial reading with different scales from 0 to 10,000 kg, with electronic analog load and elongation sensors and PC registry, at the Forestry Department facilities of the Universidad Nacional de Misiones (UNAM) in Eldorado, Argentina.

Statistical Analysis

The descriptive statistics used for the expression of the results were arithmetic mean, standard deviation and coefficient of variation.

The statistical comparison of the glue-line resistance values for impregnated and non-impregnated samples corresponding to each adhesive was performed using the Student test.

A one-way analysis of variance (ANOVA) was used to compare the resistance values of the different adhesives. When the *F*-test was significant ($p_v \leq 0.05$), the Tukey test was used to examine differences among the means.

All statistical analyses described above were performed with STATGRAPHICS *Plus* Version 4.0 (Statistical Graphics Corp., MD 20852, USA).

RESULTS AND DISCUSSION

Table 2 lists the shear strength values of the adhesives tested using impregnated and non-impregnated wood.

1992. En la Figura 2 se observan las probetas a ensayar.

Los ensayos se realizaron en la Máquina Universal de Ensayos Marca CIFIC, Rosario, N° 830.805 con capacidad de 10 toneladas, medición de alargamientos por comparador de 0.01 mm, medición de cargas, lectura directa sobre dial y con distintas escalas de 0 a 10,000 kg, con sensores analógicos de carga y alargamiento electrónicos y registro en PC, de la Facultad de Ciencias Forestales de Eldorado, dependiente de la Universidad Nacional de Misiones (UNAM), Argentina.

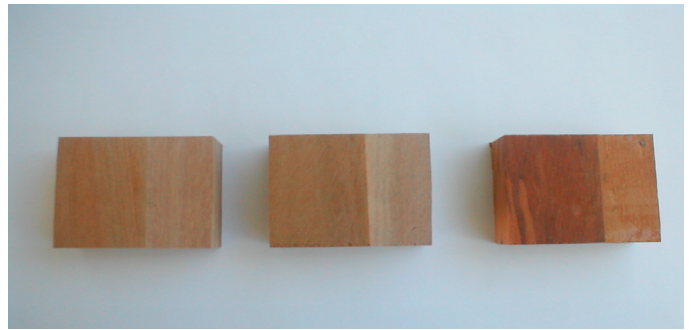


FIGURA 2. Probetas extraídas de tableros

FIGURE 2. Specimens extracted from boards

Análisis Estadístico

Los estadísticos descriptivos utilizados para la expresión de los resultados fueron media aritmética, desviación estándar y coeficiente de variación.

La comparación estadística entre los valores de resistencia a la línea de adhesivo para muestras impregnadas y sin impregnar correspondientes a cada adhesivo se realizó con la prueba de Student.

Se utilizó análisis de varianza (ANOVA) de una vía para comparar los valores de resistencia de los distintos adhesivos. Cuando el F-test fue significativo ($p \leq 0.05$) se aplicó la prueba de Tukey para examinar las diferencias entre las medias.

Todos los análisis estadísticos descritos anteriormente se realizaron con STATGRAPHICS Plus Versión 4.0 (Statistical Graphics Corp., MD 20852, USA).

For each type of adhesive, the average values of glue-line resistance obtained with impregnated and non-impregnated specimens were compared with the Students t-test to determine the influence of the stabilizer on the adhesion process. For the PF ($p_v = 0,141$) and UF ($p_v = 0,876$) adhesives, no significant differences were detected, while for the PVAc adhesive, the resistance values obtained in the untreated samples were significantly higher ($p_v = 3,45 \times 10^{-6}$) than those obtained in the impregnated samples, indicating that the presence of the stabilizer affects the adhesive-wood interaction.

The average resistance values of the different adhesives used in this study in impregnated samples were statistically compared. The analysis of variance indicated that there are statistically significant differences ($p < 0,05$) among the average glue-line resistance values. The Tukey test revealed that the glue-line resistance values for the boards produced with UF glue were significantly higher than those obtained with the PF and PVAc adhesives, between which no significant differences were detected at 95% confidence.

The standard UNE 56-777-92/1, 1992, specifies that the glue joints must meet or exceed a minimum resistance of $10 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$ to allow the board to be used in the international market. The UF adhesive produced the

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se listan las resistencias al corte de los adhesivos probados utilizando madera impregnada y sin impregnar.

Para cada tipo de adhesivo, los valores medios de resistencia en la línea de adhesivo obtenidos con muestras impregnadas y sin impregnar se compararon con

CUADRO 2. Resistencia en la línea de adhesivo
TABLE 2. Glue-line resistance

Adhesivo	Muestras Impregnadas			Muestras sin Impregnar		
	Media ^z	EE ^y	CV ^x	Media	EE	CV
PF	5,77 ^{a,1}	0,18	14,3	6,01 ¹	0,13	9,60
PVAc	6,20 ^{a,1}	0,13	9,36	7,07 ²	0,10	7,16
UF	15,08 ^{b,1}	0,56	11,90	15,25 ¹	0,97	19,12

^zmedia aritmética [N.mm⁻²]

^y Error estándar

^x Coeficiente de Variación [%]

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey

Medias con el mismo número dentro de filas son iguales de acuerdo a la prueba de t- Students

^z arithmetic mean [N.mm⁻²]

^y Standard Error

^x Coefficient of Variation [%]

Means with the same letter within columns are equal according to the Tukey test

Means with the same number within rows are equal according to the Students t-test

la prueba de t-Students a fin de determinar la influencia del estabilizante sobre el proceso de adhesión. Para los adhesivos PF ($p_v = 0,141$) y UF ($p_v = 0,876$) no se detectaron diferencias significativas, en tanto que, para el adhesivo PVAc los valores de resistencia obtenidos en las muestras sin tratar fueron significativamente más altos ($p_v = 3,45 \times 10^{-6}$) que los obtenidos en las muestras impregnadas indicando que la presencia del estabilizante afecta la interacción adhesivo-madera.

Los valores medios de resistencia de los distintos adhesivos usados en este estudio en muestras impregnadas fueron comparados estadísticamente. El análisis de varianza realizado indicó que existen diferencias estadísticamente significativas ($p_v < 0,05$) entre los valores medios de resistencia en la línea de adhesivo. La prueba de Tukey permitió determinar que los valores de resistencia en la línea de adhesivo para los tableros fabricados con el adhesivo UF fueron significativamente más altos que los obtenidos con los adhesivos PF y PVAc entre los cuales no se detectaron diferencias significativas al 95 % de confianza.

La norma UNE 56-777-92/1, 1992, específica que las uniones encoladas deben superar una resistencia mínima de $10 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$ para que el tablero se pueda utilizar en el mercado internacional. El adhesivo UF produjo los valores más altos de resistencia en la línea de adhesivo tanto para las muestras estabilizadas con PEG como para las no tratadas, superando en 50 % el límite impuesto por la norma. Estudios realizados con otras especies de madera tratada con PEG también reportan la formación de uniones fuertes utilizando adhesivos UF (Unger *et al.*, 2001).

Para los adhesivos PF y PVAc, los valores de resistencia en la línea de adhesivo fueron inferiores a los especificados por la norma UNE 56-777-92/1, 1992. Muchos factores pueden contribuir al desarrollo de una insuficiente resistencia en la línea de adhesivo. La presencia de preservantes y estabilizantes pueden interferir en la adhesión interfacial entre la madera y el adhesivo (Lee *et al.*, 2006; Örs *et al.*, 2004; Özçifçi, 2008). Se ha reportado que para lograr uniones estables con adhesivos del tipo PF en maderas tratadas con PEG fue necesario remover el PEG de las capas superficiales (Unger *et al.*, 2001). Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que los bajos valores de resistencia en la línea de adhesivo obtenidos para los adhesivos PF y PVAc no pueden atribuirse exclusivamente a la presencia de PEG dado que, las muestras testigos (no impregnadas) tampoco superan los valores mínimos impuestos por la norma antes citada.

Un factor con alta incidencia en la encolabilidad es la densidad de la madera. En maderas con densidades básicas altas se pueden producir uniones débiles debido fundamentalmente a la mala transferencia de adhesivo o

highest glue-line resistance values, both for PEG-stabilized samples and those not treated, exceeding by 50 % the limit imposed by the standard. Studies with other wood species treated with PEG also reported the formation of strong bonds using UF adhesives (Unger *et al.*, 2001).

For the PF and PVAc adhesives, the glue-line resistance values were lower than those specified by the standard UNE 56-777-92/1, 1992. Many factors may contribute to insufficient glue-line strength. The presence of preservatives and stabilizers can interfere with the interfacial adhesion between wood and adhesive (Lee *et al.*, 2006; Örs *et al.*, 2004; Özçifçi, 2008). It has been reported that to achieve stable bonds with PF-type adhesives in PEG-treated wood, it was necessary to remove the PEG from the surface layers (Unger *et al.*, 2001). However, the results of this study demonstrate that the low glue-line resistance values obtained for the PF and PVAc adhesives can not be attributed solely to the presence of PEG as the control samples (non-impregnated) also do not meet or exceed the minimum values imposed by the above-mentioned standard.

A factor with high incidence in gluability is wood density. Woods with high relative densities can produce weak bonds due mainly to poor adhesive transfer or excessive lateral runoff when applying pressure (Carmona *et al.*, 2000). Although *Aspidosperma quebracho-blanco* is a dense wood ($> 700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) of diffuse porosity, this property alone can not explain the results explained in this study. Indeed, Lee *et al.* (2006) worked with pine (*Pinus korainensis*) and larch (*Larix leptolepis*) wood samples of similar densities and under the same operating conditions and found that the glue-line resistance values were dependent on the species. The weakest bonds were obtained with PF adhesives for pine and UF ones for larch.

The differences between the glue-line resistance values obtained in this study can be attributed to specific interactions between the wood of the species *Aspidosperma quebracho-blanco* and the different adhesives used. They can also be associated with the manufacturing process, as curing times, the amount of adhesive and the pressing applied are critical to achieving optimum adhesion between the surfaces (López and Correal, 2009).

CONCLUSIONS

The use of PEG as a stabilizer of *Aspidosperma quebracho-blanco* wood does not interfere in the adhesion process when using UF and PF adhesives. PVAc adhesives cause a decrease (<15%) in glue-line strength in untreated wood.

The use of UF adhesives is recommended for the manufacture of *Aspidosperma quebracho-blanco* wood blockboards stabilized with PEG as they produce strong

a un excesivo escurrimiento lateral al momento de aplicar la presión (Carmona *et al.*, 2000). Si bien *Aspidosperma quebracho-blanco* es un madera densa ($> 700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) y de porosidad difusa esta propiedad por sí misma no permitiría explicar los resultados obtenidos en este estudio. En efecto, Lee *et al.* (2006) trabajaron con madera de pino (*Pinus korainensis*) y alerce (*Larix leptolepis*) de densidades semejantes y bajo las mismas condiciones de operación y determinaron que los valores de resistencia en la línea de adhesivo eran dependientes de la especie. Las uniones más débiles se obtuvieron con adhesivos PF para madera de pino y UF para madera de alerce.

Las diferencias entre los valores de resistencia en la línea de adhesivo obtenidos en este estudio pueden ser atribuidas a interacciones específicas entre la madera de la especie *Aspidosperma quebracho-blanco* y los diferentes adhesivos usados y también estar asociadas al proceso de fabricación, ya que los tiempos de curado, la cantidad de adhesivo y el prensado aplicado son fundamentales para lograr una óptima adhesión entre las superficies (López y Correal, 2009).

CONCLUSIONES

El uso de PEG como estabilizante de la madera de *Aspidosperma quebracho-blanco* no interfiere en el proceso de adhesión cuando se utilizan adhesivos UF y PF. Con adhesivos PVAc provoca una disminución ($< 15 \%$) de la resistencia en la línea de adhesivo respecto de la madera sin tratar.

El uso de adhesivos UF es recomendado para la fabricación de tableros enlistonados de *Aspidosperma quebracho-blanco* estabilizado con PEG puesto que produce uniones fuertes cuya resistencia supera aproximadamente en un 50 % las especificaciones mínimas impuesta por norma UNE 56-777-92/1, 1992.

El uso de adhesivos PVAc y PF bajo las condiciones de operación usadas en este estudio no es recomendado para la fabricación de tableros enlistonados de *Aspidosperma quebracho-blanco* porque no superan las especificaciones mínimas de resistencia de la línea de adhesivo.

LITERATURA CITADA

CARMONA, R. J.; ESPINOZA, F.; BULL, C. 2000. Influencia de la densidad de la madera en la encolabilidad de *Pinus radiata* D.DON. Revista de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 14: 55-63.

IRAM 9511. 1994. PRESERVACIÓN DE MADERAS. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires Argentina. Argentina. 16 p.

bonds whose strength exceeds by about 50% the minimum specifications set by standard UNE 56-777-92/1, 1992.

The use of PVAc and PF adhesives under the operating conditions used in this study is not recommended for the manufacture of *Aspidosperma quebracho-blanco* wood blockboards because they fall short of the minimum specifications established for glue-line strength.

End of English Version

IRAM 9532. 1994. MADERAS. Método de determinación de la humedad. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires. Argentina. 15 p.

KAMKE, F. A.; LEE, J. N. 2007. Adhesive penetration in wood. A review. Wood and Fiber Science 39(2): 205-207.

LEE, D. H.; LEE, M. J.; SON, D. W.; PARK, B. D. 2006. Adhesive performance of woods treated with alternative preservatives. Wood Science and Technology. 40: 228-236

LÓPEZ, L. F.; CORREAL, J. F. 2009. Estudio exploratorio de los laminados de bambú *Guadua angustifolia* como material estructural. Maderas. Ciencia y Tecnología 11(3): 171-182.

ÖRS, Y; ATAR, M.; KESKIN, H. 2004. Bondin Strenght of some adhesives in wood materials impregnated with inmersol-aqua. International Journal of Adhesion & Adhesives. 24: 287 – 294.

ÖZÇİFÇİ, A. 2008. Impacts of impregnation with boron compounds on the bonding strength of wood materials. Construction and Building Materials. 22 (4): 541-545.

PIZZI, A. 2000. Tannery row – The story of some natural and synthetic Wood adhesives. Wood Science and Technology. 34: 277-316.

SANABRIA, E. O.; PAZ, J. M. 2000. Mejoras en la estabilidad dimensional de madera con mezclas de Polietilenglicol. Revista Forestal YVYRARETA. 10: 11-14

SANABRIA, E. O.; PAZ, J. M.; CAYRÉ, M. E.; FRANK, W. A. 2007. Efecto del PEG 300 y 600 en la estabilidad dimensional de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schlecht, Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 13 (2): 163-168.

SUGIYAMA, M.; NORIMOTO, M. 2003. Dielectric properties of chemically treated wood. Journal of Material Science 38 (22): 4551 – 4556.

UNE 56-777-92/1. 1992. TABLEROS ALISTONADOS. Determinación de la Resistencia de las líneas de adhesivo. Copia legal autorizada por convenio con IRAM. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 3 p.

UNGER, A.; SCHNIEWIND, A. P.; UNGER, W. 2001. Conservation of wood artifacts. A handbook. Springer. Berlín. 578 p.

VIGNOTE PEÑA, S.; MARTÍNEZ ROJAS, I. 2006. Tecnología de la Madera. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 687 p.