

Utilización de tallos de *Guadua angustifolia* en la fabricación de tableros de partículas

P. A. Moreno*, D. A. Garay, J. A. Durán, V. W. Styles y S. S. Trejo

Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.
Universidad de Los Andes. Vía principal Chorros de Milla. Edificio Labonac. Apdo. 220. Mérida. Venezuela

Resumen

La industria del sector de paneles aglomerados viene incorporando a su proceso industrial especies forestales tanto de coníferas y latifoliadas, hoy día, mucha de las empresas operan a mitad de su capacidad de producción por la falta continua de su materia prima, debido al agotamiento de sus principales especies o restricciones de explotación. El objetivo de este artículo es determinar la factibilidad tecnológica de *Guadua angustifolia* como materia prima para fabricar tableros aglomerados de partículas homogéneos a dos niveles de densidad teórica (nominal) de 600 kg/m³ y 800 kg/m³ con adhesivo de urea formaldehído al 12% de resinosidad. Las propiedades físicas y mecánicas de los tableros se determinaron siguiendo las estipulaciones de las Normas Alemanas DIN 52361, 52362, 52364 y 52365 y Venezolana Covenin 847-91 para tableros aglomerados de partículas de madera en prensado plano. Los resultados obtenidos permiten indicar que los tableros fabricados con la especie en estudio presentan propiedades acordes con los valores estipulados por las Normas. Se determinó la influencia negativa de la cutícula externa del tallo en la absorción de agua y tracción perpendicular a la superficie del tablero con una densidad de 600 kg/cm³.

Palabras clave: resinosidad, resina, urea formaldehído, *Guadua angustifolia*, tableros de partículas.

Abstract

Use of *Guadua angustifolia* stems in the particleboard production

The industry agglomerated panels incorporated into its manufacturing process tree species of both conifers and hardwoods, today, many companies operate at half of its production capacity for the continued lack of raw material due to depletion of main species or operational restriction. The main objective of this paper was to determine the technological feasibility of *Guadua angustifolia* as raw material for the production of particleboard at two levels of theoretical density (nominal) of 600 kg/m³ and 800 kg/m³ with urea formaldehyde resin content of 12%. The physical and mechanical properties of the boards were determined according to German Norms DIN 52361, 52362, 52364 and 52365, and Venezuelan Covenin Norm 847-91 for flat platen-pressed particleboard. The mechanical properties were static bending (MOR), and tension perpendicular to the board surface (internal adhesion); the physical properties were water absorption and thickness variation by water soaking absorption tests at 2 and 24 hours. The results of this study indicated that the boards manufactured with this species showed values in the physical and mechanical properties that comply with the ones specified by the norms. The presence of the stem external cuticle negatively influenced the water absorption and the tension perpendicular to the board surface of the boards with a density of 600 kg/m³.

Key words: resinosity, resin, formaldehyde urea, *Guadua angustifolia*, particleboard.

Introducción

La industria de paneles aglomerados de partículas en Venezuela, tiene restricciones tecnológicas que impiden el procesamiento de numerosas especies. Por esta razón se desaprovechan cerca del 90% de especies, que ya han sido estudiadas y cuya madera presenta ca-

racterísticas adecuadas para su incorporación al mercado.

Se están estudiando varias especies de plantaciones de rápido crecimiento, con el fin de incorporarlas como abastecimiento de materia prima, para reactivar la industria de paneles aglomerados de partículas.

La utilización de recursos renovables y sustentables como el bambú debe desarrollarse, como producto de diversificación para la fabricación de paneles aglomerados de partículas a base de esta especie.

* Autor para la correspondencia: pmoreno@ula.ve
Recibido: 24-05-10; Aceptado: 23-06-10.

Venezuela, como país tropical presenta condiciones de clima y suelo que favorecen el desarrollo de un amplio número de especies que conforman la familia de las bambusaceae, siendo la *Guadua angustifolia* una de las especies de fácil desarrollo y crecimiento, así como también su distribución geográfica puede abarcar todos los estados del país.

La guadua como todo bambú, no posee corteza, pero a su vez tiene una epidermis dura y cutinizada, cubierta con una capa cerosa que la hace impermeable y que evita la evaporación del agua que contiene sus paredes (Contreras y Díaz, 2004).

En China se fabrican tableros decorativos de bambú desde 1940. Hasta la fecha se han desarrollado 28 productos (INBAR, 1999). Estos tableros se diferencian de los paneles aglomerados de partículas en su proceso de fabricación y el uso de los mismos.

La Corporación de Investigación Tecnológica de Chile, 2003, desarrolló un estudio, para determinar el potencial de *Chusquea culeou* (especie de bambú autóctono), como materia prima para la fabricación de tableros de partículas, y los resultados obtenidos permiten aseverar que es posible producir técnicamente estos tableros, con propiedades adecuadas a partir de esta especie.

Filho y Azzini, 1987, indican que los tallos de bambú en su sección transversal presentan una estructura anatómica caracterizada por numerosos haces fibrovasculares envueltos por células de parénquima.

En la presente investigación se estudió la factibilidad de la fabricación de tableros aglomerados de partículas a dos niveles de densidad teórica de 600 kg/m³ y 800 kg/m³ utilizando *Guadua angustifolia*, así como la determinación de la influencia de la cutícula externa que recubre el tallo sobre las propiedades físicas y mecánicas de los tableros. Dicha factibilidad se estableció sobre la base de comparaciones de las propiedades físicas y mecánicas de los tableros producidos con los valores exigidos por la Norma Alemana DIN y la Norma Venezolana COVENIN, para tableros aglomerados de madera de uso general en prensado plano.

Material y métodos

En el Laboratorio Nacional de Productos Forestales se llevó a cabo el estudio utilizando treinta tallos de *Guadua angustifolia*, de 9 años de edad, trozados a 2,5 m de longitud, procedentes de la población de Santa Cruz de Mora, estado Mérida, Venezuela.

Las muestras a ensayar fueron probetas de 30 mm × 30 mm × 100 mm, de *Guadua angustifolia*, a las que se les determinó la densidad en condición verde, seca al aire y seca al horno, según la Norma DIN 52182.

Los tallos de *Guadua angustifolia* fueron dimensionados en segmentos de 180 mm de longitud, sin tomar en cuenta su posición respecto a la altura del tallo, separándose en lotes iguales para diferenciar a los que se les eliminaría la cutícula de aquellos con cutícula. La eliminación de la cutícula se hizo a través de un disco rotativo cubierto con lija. Posteriormente se introdujeron a la máquina viruteadora con el fin de obtener las partículas necesarias para fabricar los tableros.

Como aglutinante se utilizó resina de urea formaldehído con un contenido aproximado de sólidos de 60%, tiempo de gelación 120 s, peso específico 1.267 kg/m³; formol libre de 0,6%; una viscosidad de 0,255 Pa.s y un pH de 8,31 en una proporción del 12% con respecto al peso seco al horno de las partículas.

Se utilizó sulfato de amonio como catalizador al 30% de concentración de sólidos para acelerar el proceso de fraguado de la cola, en una proporción del 7% en base a la resina líquida y se utilizó agua como solvente.

El proceso de viruteado y tamizado formulado para tableros de partículas se efectuó mediante acople directo y sistemático de las máquinas respectivas, conectadas entre sí por un sistema de transporte neumático. Se virutearon segmentos con cutícula y segmentos sin cutícula por separados, los cuales produjeron partículas con dimensiones promedios de espesor de 0,25 mm, longitud de 20 mm y ancho variable.

El secado de las partículas se efectuó en forma controlada, a una temperatura promedio de 70°C hasta obtener un contenido de humedad menor o igual a 4%.

Se utilizó resina sintética del tipo urea formaldehído en proporción del 12% con respecto al peso seco al horno de las partículas. Para realizar esta operación se empleó la encoladora Drais, por aspersión de la resina y catalizador a una presión de aire aproximadamente de 202,6 kPa y un tiempo de encolado entre 300 y 480 s.

Las partículas ya encoladas, fueron distribuidas de forma manual en formaleas de madera orientadas aleatoriamente para formar un colchón de partículas homogéneo, Luego se realizó un pre-prensado para ser introducido al prensado final. Se fabricaron 4 tableros con cutícula y 4 sin cutícula para cada nivel de densidad.

El prensado del colchón se efectuó en la máquina Becker Van Huller, bajo las siguientes condiciones:

- Presión específica sobre el tablero: 31,14 kg/cm².
- Presión manométrica de la prensa: 150 kg/cm².
- Temperatura de la prensa: 180-200°C.
- Tiempo de prensado: 360 s para tableros de densidad nominal de 600 kg/m³ y 1.080 s para tableros de densidad nominal de 800 kg/m³.
- Espesor del tablero prensado: 19 mm.
- Dimensiones del tablero prensado: 550 mm × 550 mm × 19mm.

Al finalizar el período de prensado, los tableros se ubicaron en el cuarto de acondicionamiento bajo las siguientes condiciones: Temperatura 20°C ± 1°C, humedad relativa 65% ± 2%. El tiempo de permanencia de los tableros en este cuarto fue de 15 días hasta que alcanzaron una humedad de 12% aproximadamente.

Los tableros fueron recortados en los bordes a un tamaño de 500 mm × 500 mm × 19 mm de espesor y de cada uno de ellos se seccionaron las probetas para los ensayos de evaluación de las propiedades físicas y mecánicas, de acuerdo con las Normas Alemanas DIN 52361, 52364, 52362 y 52365, respectivamente. Los ensayos realizados se presentan en la Tabla 1. Se evaluaron las propiedades físicas de densidad, absorción de agua a 2 y 24 horas de inmersión y variación de espesor a 2 y 24 horas y las propiedades mecánicas de resistencia a la flexión (MOR) y tracción perpendicular a la superficie del tablero.

Los resultados obtenidos para las propiedades físicas y mecánicas de los tableros se analizaron estadísticamente mediante el análisis de varianza (ANOVA) aplicado a un modelo estadístico de diseño factorial 2 × 2 (2 densidades y tableros con y sin cutícula). Para realizar las comparaciones de los resultados de cada propiedad se tomó como referencia la Norma Venezolana Covenin 847-91 y la Norma Alemana DIN 68761 para tableros de partículas de madera para uso general en prensado plano.

Tabla 1. Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los tableros de *Guadua angustifolia* a dos niveles de densidad teórica de 600 kg/m³ y 800 kg/m³

Descripción del ensayo	Norma DIN	Número probetas
Contenido de humedad y densidad	52361	10
Resistencia a la flexión	52362	10
Tracción perpendicular	52365	10
Absorción de agua y variación de espesor	52364	10

Resultados

La densidad promedio en condición verde de los tallos de *Guadua angustifolia* fue de 924 kg/m³ a un contenido de humedad de 83%; 794 kg/m³ para la condición seca al aire a un contenido de humedad del 12% y 767 kg/m³ para la condición seca al horno.

El valor promedio de densidad de los tableros de partículas de *Guadua angustifolia*, con y sin cutícula y los coeficientes de variación se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Densidades promedio y coeficiente de variación de los tableros de *Guadua angustifolia* a dos niveles de densidad teórica de 600 kg/m³ y 800 kg/m³

Densidad teórica del tablero (kg/m ³)	Tipo de tablero	Densidad promedio de los tableros (kg/m ³)	Coefficiente de variación (%)
600	CC	585,825	3,308
	SC	576,575	4,453
800	CC	786,675	3,217
	SC	766,525	3,006

CC: con cutícula. SC: sin cutícula.

En la Tabla 3, se presentan los valores de la relación de compresibilidad de los tableros de 600 kg/m³ y de 800 kg/m³ con cutícula y sin cutícula, ensayados en este estudio.

El resultado de valores promedio de los ensayos de propiedades físicas y los coeficientes de variación en tableros de partículas de *Guadua angustifolia*, con y sin cutícula, a dos niveles de densidad de 600 kg/m³ y 800 kg/m³ se presentan en la Tabla 4.

El resultado promedio de los ensayos de las propiedades mecánicas y los coeficientes de variación de tableros de partículas de *Guadua angustifolia*, con y sin cutícula, a los dos niveles de densidad de 600 kg/m³ y 800 kg/m³, se presentan en la Tabla 5.

Discusión

Propiedades físicas

El valor promedio para la absorción de agua a 2 horas de inmersión para los tableros con cutícula de densidad 600 kg/m³ se situó en 51,714% y sin cutícula en 64,196%. Para tableros de densidad 800 kg/m³ con cutícula fue de 24,103% y para tableros sin cutícula 24,603%. Se puede observar que los tableros con den-

Tabla 3. Relación de compresibilidad de los tableros de *Guadua angustifolia* a dos niveles de densidad teórica de 600 kg/m³ y 800 kg/m³

Densidad de la <i>Guadua angustifolia</i> (kg/m ³)	Densidad teórica del tablero (kg/m ³)	Tipo de tablero	Densidad real del tablero (kg/m ³)	Densidad del tablero/ densidad de la especie	Relación de compresibilidad del tablero
794	600	CC	585,825	0,738	0,738 : 1,0
794	600	SC	576,575	0,726	0,726 : 1,0
794	800	CC	786,675	0,991	0,991 : 1,0
794	800	SC	766,525	0,965	0,965 : 1,0

sidad de 600 kg/m³ excedieron el valor máximo estipulado de 25% y no cumplen con la Norma COVENIN 847-91; en el caso de los tableros de 800 kg/m³, cumplieron con la Norma, al situarse por debajo del valor máximo estipulado.

El análisis de varianza indicó diferencia significativa a un 95% de probabilidad para los tableros de 600 kg/m³ con cutícula y sin cutícula y para los tableros de 800 kg/m³ no existió diferencia significativa.

El resultado promedio para la absorción de agua a 24 horas de inmersión para los tableros con cutícula con densidad de 600 kg/m³ se situó en 76,560% y sin

cutícula en 83,559%. Para tableros de densidad 800 kg/m³ con cutícula fue de 44,400% y 46,976% para tableros sin cutícula. Los tableros de densidad 600 kg/m³ con y sin cutícula excedieron el valor máximo de 60% estipulado por la Norma COVENIN 847-91. Los tableros de densidad 800 kg/m³ se situaron por debajo del valor máximo estipulado por dicha Norma, cumpliendo con la misma.

El análisis de varianza indicó diferencia significativa a un 95% de probabilidad para los tableros de 600 kg/m³ con cutícula y sin cutícula y para los tableros de 800 kg/m³ no existió diferencia significativa.

Tabla 4. Valor promedio y coeficientes de variación de las propiedades físicas de los tableros aglomerados de partículas de *Guadua angustifolia* a dos niveles de densidad teórica de 600 kg/m³ y 800 kg/m³

Propiedades físicas				
Propiedad	Densidad teórica (kg/m ³)	Tableros	Valor promedio de la propiedad (%)	Coefficiente de variación (%)
Absorción agua 2 horas (%)	600	CC	51,714	23,735
		SC	64,196	13,962
	800	CC	24,103	25,029
		SC	24,603	24,236
Absorción agua 24 horas (%)	600	CC	76,560	21,393
		SC	83,559	12,895
	800	CC	44,400	15,262
		SC	46,976	15,857
Variación de espesor 2 horas (%)	600	CC	6,575	20,692
		SC	6,705	25,808
	800	CC	6,468	18,068
		SC	6,491	11,229
Variación de espesor 24 horas	600	CC	8,649	19,133
		SC	9,091	18,649
	800	CC	11,647	17,366
		SC	11,590	14,471

CC: con cutícula. SC: sin cutícula.

Tabla 5. Valor promedio y coeficiente de variación de las propiedades mecánicas de los tableros aglomerados de partículas de *Guadua angustifolia* a dos niveles de densidad teórica de 600 kg/m³ y 800 kg/m³

Propiedades mecánicas				
Propiedad	Densidad teórica (kg/m ³)	Tableros	Valor promedio de la propiedad	Coefficiente de variación (%)
Flexión Estática (MOR)	600	CC	228,813 kg/cm ²	12,236
		SC	223,917 kg/cm ²	11,160
	800	CC	310,984 kg/cm ²	10,011
		SC	315,803 kg/cm ²	8,136
Tracción Perpendicular	600	CC	2,650 kg/cm ²	21,016
		SC	4,357 kg/cm ²	21,115
	800	CC	6,379 kg/cm ²	24,512
		SC	7,667 kg/cm ²	12,467

CC: con cutícula. SC: sin cutícula.

Estos resultados confirman los obtenidos por Durán (1981), Garay (1988) y Moreno (2001) en que la facilidad de absorción de agua está en función de la relación de compresibilidad del tablero, la eficiencia de resina, la facilidad de la penetración del fluido (permeabilidad del tablero) por los canales entre las partículas y los capilares de las mismas. Una relación de compresión baja absorbe más agua en comparación con una relación de alta compresión, debido a la existencia de mayor porosidad en el tablero, es decir, mayor volumen de espacio vacío para acomodar un mayor volumen de agua. Los valores bajos de absorción de agua asociados con una alta densidad del tablero y con una alta relación de compresibilidad, son también el resultado de un mejor contacto entre las partículas encoladas del colchón que está siendo comprimido en la prensa para la obtención del tablero final, de la mejor eficiencia de la resina y el curado de la misma, lo que produce una junta partícula-partícula con excelentes propiedades de adhesión.

La densidad de la materia prima ha sido uno de los más importantes factores en la determinación de cuales especies son usadas en la manufacturación de los tableros compuestos a base de madera. Especies de madera de baja densidad producen tableros dentro del rango deseado de densidades en uso actualmente, con propiedades mecánicas superiores a los fabricados con especies de alta densidad (Maloney, 1993). La gran cantidad de especies de alta densidad presentes en nuestros bosques naturales y plantaciones disponibles para su uso, hace necesario intensificar la investigación sobre esta materia prima, con el fin de desarro-

llar técnicas para su utilización en el campo de los productos compuestos a base de madera.

Actualmente se admite la relación de compresibilidad de 1,3:1,0 como una regla útil para la determinación del uso de una especie de madera o cualquier otra materia prima lignocelulósica para su transformación en productos compuestos de densidad media. El uso de partículas de especies de alta densidad, producirían tableros más pesados y con propiedades aceptables, pero también con ciertas dificultades en su trabajabilidad con la maquinaria convencional existente, lo cual causaría resistencia para su aceptación en los mercados convencionales actuales. De ahí el reto en el uso de las especies de más alta densidad en el campo de los productos compuestos a base de madera o cualquier otra materia prima ligno-celulósica.

Moreno (2004), en un estudio exploratorio de tableros fabricados con *Bambusa vulgaris*, encontró resultados similares para esta propiedad a 2 y 24 horas de inmersión en agua, presentando el mismo comportamiento de absorción de agua para los tableros de 600 kg/m³ y de 800 kg/m³ de densidad.

En exámenes microscópicos realizados a cortes de secciones transversales de tallos de *Guadua angustifolia* en el Laboratorio de Anatomía de Madera de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, se pudo observar la alta presencia de tejido parenquimático envolviendo los haces vasculares (Fig. 1a y b). Esto caracteriza a las especies de bambusaceae, permitiendo inferir que la tasa de absorción de agua sea bastante alta y acelerada en el parénquima y esa podría ser otra de

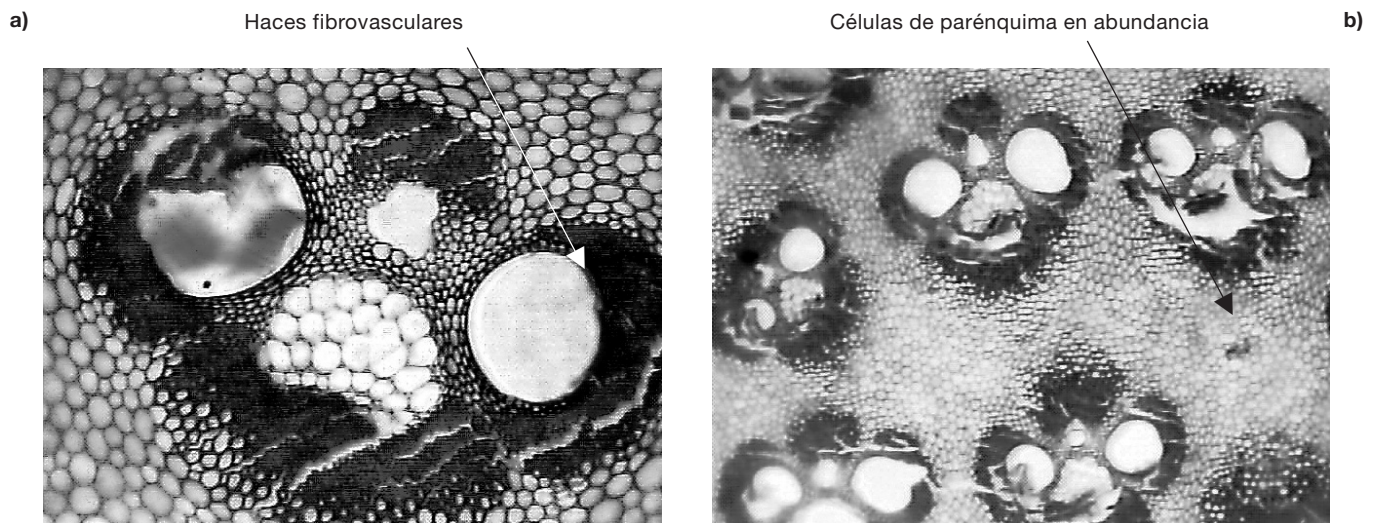


Figura 1. Estructura anatómica de *Guadua angustifolia* en sección transversal (León, Williams, 2005). Laboratorio de Anatomía de Maderas. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Mérida, Venezuela).

las razones para que los tableros de baja densidad a las 2 y 24 horas excedan el valor máximo y no cumplan con las Normas. Las células de parénquima se caracterizan por tener paredes muy delgadas y gran cantidad de agua puede ser alojada en sus cavidades celulares.

Otra causa probable de estos resultados, como lo indica Londoño (2002), es la presencia de cutícula ubicada en la parte externa de los tallos, encontrándose una alta concentración de cuerpos silicios, causantes de su gran dureza. Esto significa que una partícula con cutícula en el tablero posee una cara que es más impermeable a la absorción de agua, pero que también pudiera llegar a interferir en la adherencia partícula-adhesivo-partícula.

Los tableros de densidad 600 kg/m^3 presentan una baja relación de compresibilidad de 0,738:1,0 para los tableros con cutícula y de 0,726:1,0 para los tableros sin cutícula. Los valores obtenidos de la absorción de agua para 2 y 24 horas para la densidad de 600 kg/m^3 confirman que los tableros con cutícula absorben menos agua que los sin cutícula y esto es soportado por el análisis de varianza.

El valor promedio para la variación de espesor a 2 horas para los tableros con cutícula de densidad 600 kg/m^3 se situó en 6,575% y sin cutícula en 6,705%. Para tableros de densidad 800 kg/m^3 con cutícula fue de 6,254% y para tableros sin cutícula de 7,416%. Los tableros de densidad 600 kg/m^3 con y sin cutícula excedieron muy ligeramente el valor máximo de 6% estipulado por la Norma COVENIN 847-91 y DIN 68761. Para los tableros de densidad 800 kg/m^3 se situaron

muy ligeramente por encima del valor máximo estipulado por estas Normas. Para variación de espesor a 24 horas de inmersión, los tableros de densidad 600 kg/m^3 y 800 kg/m^3 con y sin cutícula se situaron por debajo del valor máximo de 15% estipulado por la Norma COVENIN 847-91 y DIN 68761, cumpliendo con las mismas.

El análisis de varianza para la variación de espesor a 2 horas de inmersión indicó que no existe diferencia significativa a un 95% de probabilidad para los tableros de 600 kg/m^3 y 800 kg/m^3 con cutícula y sin cutícula, cabe destacar que los valores promedios de esta propiedad en los diferentes tableros se situaron muy ligeramente por encima del valor máximo de 6% estipulado por la norma. El análisis de varianza para la variación de espesor a 24 horas de inmersión indicó que no existe diferencia significativa a un 95% de probabilidad para los tableros de 600 kg/m^3 y 800 kg/m^3 con cutícula y sin cutícula.

Propiedades mecánicas

El valor promedio obtenidos de la flexión estática para los tableros con cutícula de densidad 600 kg/m^3 se situó en $228,813 \text{ kg/cm}^2$ y sin cutícula en $223,917 \text{ kg/cm}^2$. Para tableros de densidad 800 kg/m^3 con cutícula fue de $310,984 \text{ kg/cm}^2$ y para tableros sin cutícula de $315,803 \text{ kg/cm}^2$. Los tableros de densidad 600 kg/m^3 y 800 kg/m^3 con y sin cutícula se situaron por encima del valor mínimo de 180 kg/cm^2 estipulado por

la Norma COVENIN 847-91 y DIN 68761, cumpliendo con las mismas.

El incremento en la densidad del tablero resulta en un contacto más íntimo entre las partículas encoladas del colchón que está siendo comprimido en la prensa para su consolidación en el tablero final. En el caso de tableros de baja densidad, parte de la resina se pierde en los espacios vacíos entre las partículas, todo lo contrario de lo que ocurre en un tablero de mayor densidad donde esta resina se distribuye y se hace más activa sobre las partículas contribuyendo a una mayor eficiencia y acción adhesiva sobre las juntas partícula-partícula. Por lo tanto, con un incremento en la densidad del tablero no solamente se obtiene una mayor eficiencia y efectividad de la resina, sino que también provee una mayor cantidad de madera para resistir la presencia de esfuerzos mecánicos.

El análisis de varianza indicó que no existe diferencia significativa a un 95% de probabilidad para los tableros de 600 y 800 kg/m³ con cutícula y sin cutícula.

El valor promedio de tracción perpendicular para los tableros con cutícula de densidad 600 kg/m³ se situó en 2,650 kg/cm² y sin cutícula en 4,357 kg/cm². Para tableros de densidad 800 kg/m³ con cutícula fue de 6,379 kg/cm² y para tableros sin cutícula de 7,667 kg/cm². Los tableros de densidad 600 kg/m³ con cutícula se situaron por debajo de 3,5 kg/cm² valor mínimo estipulado por las Normas COVENIN 847-91 y DIN 68761, no cumpliendo con las mismas, mientras que los tableros sin cutícula se situaron por encima del valor mínimo, cumpliendo con estas Normas. Los tableros de densidad 800 kg/m³ con y sin cutícula sobrepasaron ampliamente el valor mínimo exigido por estas Normas. El análisis de varianza indicó que para la tracción perpendicular existe diferencia significativa a un 95% de probabilidad tanto para los tableros de 600 kg/m³ como para los de 800 kg/m³ con y sin cutícula.

La baja adhesión interna en los tableros de densidad 600 kg/m³ con cutícula, pudo haberse dado por la presencia de la misma, interfiriendo de manera negativa en la adhesión de partícula-adhesivo-partícula, originando enlaces débiles en los mismos.

Se puede apreciar un aumento de la tracción perpendicular al aumentar los niveles de densidad del tablero. Los valores de la propiedad aumentan debido al mayor contacto relativo entre partículas, así como también a que se obtiene una densificación mayor en el centro del tablero debido a que hay una mayor cantidad de partículas a prensar, por lo tanto, el gradiente de densidad vertical es menos pronunciado y el tiem-

po de cierre es mayor que en el caso de tableros de menor densidad. Maloney (1993), establece que en la fabricación de tableros aglomerados de partículas, se ha encontrado que una densidad de tablero de 0,15 a 0,20 por encima de la densidad de la especie de madera es necesaria para obtener propiedades físicas y mecánicas aceptables, a menos que el objetivo sea la producción de tableros de baja densidad.

Conclusiones

La absorción de agua a 2 y 24 horas de inmersión para tableros de densidad 600 kg/cm³ con cutícula y sin cutícula, no cumplió con las especificaciones de la Norma Venezolana Covenin 847-91. Los tableros de densidad 800 kg/m³ si cumplieron con las especificaciones de la Norma.

La variación de espesor a 2 horas de inmersión para tableros de densidad 600 kg/m³ con cutícula y sin cutícula se situaron muy ligeramente por encima del valor máximo de la norma y para los tableros de 800 kg/m³ se registró la misma condición. Para la variación de espesor a las 24 horas de inmersión, los tableros a las dos densidades con y sin cutícula cumplieron con las especificaciones de las Normas Venezolanas Covenin 847-91.

La flexión estática para los tableros a las dos densidades con y sin cutícula cumplió con los valores mínimos estipulados por la Norma Covenin.

La tracción perpendicular para los tableros de densidad 600 kg/m³ con cutícula no cumplió con la Norma; caso contrario para los tableros sin cutícula a la misma densidad y para los tableros de densidad 800 kg/m³ con y sin cutícula cumplieron con la Norma.

La cutícula o epidermis presente en los tallos de *Guadua angustifolia*, afectó de forma negativa la absorción de agua en los tableros de densidad 600 kg/cm³ y en la tracción perpendicular los tableros de 600 kg/m³ con cutícula.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el Proyecto F0-540-04-01-C año 2005. Consejo de Desarrollo Científico Humanístico y Tecnológico (CDCHT). Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. La empresa Química Intequim C. A., donó la resina urea formaldehído. Rómulo Reyes propietario de la finca en el

Municipio Pinto Salinas de la Población de Santa Cruz de Mora del estado Mérida, Venezuela, donde se extrajo la materia prima. Al Profesor William León, del Laboratorio de Anatomía de Maderas de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Mérida, Venezuela, por la preparación de muestras y fotografías microscópicas de la especie en estudio. Virginia Sánchez por la revisión del trabajo.

Referencias bibliográficas

- CONTRERAS G., DÍAZ G., 2004. Inmunización de la guadua. Disponible en URL: <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%invertir/bambu/inmunizacion.pdf> [consulta: 23 noviembre 2005]
- DURÁN J., 1981. Utilización de los aclareos de las especies de la plantación de Caparo para tableros aglomerados de Partículas. Parte I, teca. Universidad de Los Andes, Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Mérida, Venezuela.
- FILHO M., AZZINI A., 1987. Estructura anatómica, dimensiones das fibras e densidade básica de colmos de *Bambusa vulgaris* schard. IPEF 36, 43-50.
- CORPORACIÓN DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA DE CHILE, 2003. Universidad Austral de Chile, FONDEF, Santiago.
- GARAY D., 1988. Producción de tableros aglomerados de partículas a partir de mezclas de especies de los llanos occidentales. Universidad de Los Andes, Centro de Estudios Forestales de Postgrado, Mérida, Venezuela.
- INBAR, 1999. Bamboo panel boards. A state of the art review. Technical Report 12.
- LONDOÑO X., 2002. Estudio anatómico de los diferentes órganos de la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) con énfasis en el culmo, Cenicafe, Colombia.
- MALONEY T., 1993. Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing. Updated edition. Miller Freeman Inc, San Francisco, USA. 688 pp.
- MORENO P., 2001. Efectos de las sales CCA sobre las propiedades físicas y mecánicas y durabilidad inducida en tableros de partículas de Pino caribe. Universidad de Los Andes, Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado, Programa Tecnología de Productos Forestales. Mérida, Venezuela.
- MORENO P., 2004. Utilización de los culmos de *Bambusa vulgaris* en la fabricación de tableros de partículas. Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Sin publicar.
- NORMAS DIN (Deutsche Normen). Números 52360 / 52361 / 52362 / 52363 / 52364 / 52365/ 68761.
- NORMAS VENEZOLANAS COVENIN, 1993. Comisión Venezolana de Normas Industriales. N° 847-91 (provisional). Tableros de Partículas. Ministerio de Fomento.