

Determinación de las propiedades de resistencia de los tableros aglomerados de partículas, fabricados con vástago de plátano y adhesivo fenol formaldehído (R10/R13%)

Wilver Contreras / Mary E. de Contreras / Yoston Contreras / Darío Garay
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela

Resumen

Se fabricaron 8 tableros de vástago de plátano con adhesivo fenol formaldehído (FF) en resinosidades R10% y R13% que respondan a lo establecido por la Norma Venezolana COVENIN N° 847-91. Ambos tipos de tableros superaron lo exigido por la norma consultada. Cuantitativamente los tableros de R10% fueron mejores que los de R13%. Esto se debió, entre otras razones, a la gran variación técnica y dificultades del proceso de fabricación. Los tableros presentaron buena rigidez y agradable apariencia física, proyectando usos para la fabricación de cerramientos internos y muebles.

Abstract

Eight plantain shoot boards were made with phenol formaldehyde adhesive (PF) with 10% and 13% resinosity, which comply with the Venezuelan Regulation, COVENIN No. 847-91. Both types of boards exceeded the requirements of this regulation. Quantitatively, the 10%R boards were better than the 13%R. This was due, among other reasons, to the large technical variation and difficulties during the manufacture process. The boards were rigid and had an appealing appearance, which allowed foreseeing possible uses in the manufacture of indoor closings and furniture.

El empleo de los residuos de plantaciones de musáceas como el plátano, banano o cambur representan una alternativa cada día más factible a nivel mundial en la fabricación de insumos para la industria de la construcción de viviendas, muebles y objetos diversos de artesanía. El presente trabajo se enmarca en la elaboración de tableros aglomerados de partículas. Sobre este punto, Peraza y Peraza (2003) definen los tableros de partículas a partir de la Norma LINE EN 312, como "aquellos productos que se obtienen aplicando presión y calor a partículas de madera o de otros materiales lignocelulósicos (cáñamo, lino, bagazo y similares), a las que se las ha aplicado previamente un adhesivo". Esta norma está incluida dentro de la Norma armonizada europea EN 13.986 de Tableros derivados de la madera, expuesta en el Mercado CE de la Comunidad Europea (CE), y propuesta en diciembre del año 2002 por la Directiva Europea de Productos de la Construcción.

La elaboración de este tipo de tableros a nivel industrial u otra forma de producción se hace a partir de materias primas consideradas como residuos agroindustriales. En la actualidad los residuos de las plantas musáceas en Venezuela y muchos países productores, ubicados en zonas tropicales, son una oportunidad vigente y trascendental por su bajo costo como materia prima, además de generar beneficios económicos paralelos a los productores agrícolas de estos rubros.

Descriptores:

Tableros aglomerados de partículas; Resinosidad; Tableros de vástago de plátano con adhesivo fenol formaldehído.

Descriptors:

Agglomerate particleboards; resinosity; plantain shoots with phenol formaldehyde adhesive.

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN | Vol. 24 N° III | 2008 | pp. 15-25 | Recibido el 19/09/08 | Aceptado el 02/12/08

Estos productos industriales estandarizados y normalizados permiten contribuir al aporte de insumos constructivos para viviendas sociales, y con ello disminuir la ascendente crisis habitacional del país, estimada en 2,5 millones de viviendas (Contreras et al., 2006). El vástago de plátano, las hojas y las conchas del fruto, continúan siendo un residuo agroindustrial renovable, económico, permanente en el tiempo y con mínimos daños ambientales en su proceso de obtención, por lo que su uso aporta un mejor comportamiento ecoeficiente en la cadena de producción de los tableros. El vástago de plátano está constituido por elementos adheridos entre sí en forma de cascarones o capas, los cuales conforman el “seudo tallo” de todas las plantas musáceas.

Según Maloney (1993), los tableros de partículas son paneles manufacturados de materiales lignocelulósicos (usualmente madera), en forma de piezas discretas o partículas, combinadas con resinas sintéticas –u otros adhesivos– sometidos a presión y calor en una prensa hidráulica. Es un proceso en el cual los enlaces entre partículas son creados por el adhesivo o aglutinante añadido. Por otro lado, la Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho expone una definición genérica del producto de tableros de madera al decir que son piezas en las que predominan la longitud y la anchura sobre el espesor, y en las que la madera es el elemento constitutivo principal (AITIM, 1994).

Otra definición más actualizada de tableros de partículas es la que expresa que se trata de tableros fabricados en trozos pequeños de madera u otras materias lignocelulósicas (por ejemplo: astillas, hojuelas, virutas, etc.) aglomeradas por medio de un aglutinante orgánico y uno o más de los agentes que se mencionan a continuación: calor, presión, humedad, catalizador, etcétera. Se incluyen los tableros de virutas largas orientadas (Oriented Strand Borrad-OSB, FAO, 2002).

La actualidad de la industria de los tableros aglomerados de partículas en Venezuela ha venido siendo afectada negativamente en los últimos años desde el punto de vista de dinamismo, cantidad y producción como consecuencia de la situación política y social que deriva de la propuesta del establecimiento de un nuevo estamento político del Estado venezolano. Este sector industrial, representado por la Asociación Nacional de Fabricantes de Aglomerados (ANFA), ha disminuido de manera significativa la proyección del uso de materiales lignocelulósicos tradicionales,

especialmente la madera sólida proveniente de especies latifoliadas. Según CVG Proforca (2007), la nueva tendencia internacional y nacional es la elaboración de tableros a partir de especies de madera de rápido crecimiento. Se puede hacer mención, entre otros, del uso del pino caribe (*Pinus caribaea*, variedad *Hondurensis*) para la manufactura industrial, ya sea de los tableros de fibra hechos por el consorcio industrial extranjero MASISA C.A. como de los tableros de virutas largas orientadas (OSB) a ser fabricados por la empresa estatal Pulpaca S. A., aún en construcción. Ambas plantas localizadas al oriente del país, en el estado Monagas.

No se puede dejar de mencionar que con la finalidad de cubrir el déficit nacional de este tipo de productos, se ha generado en los últimos años una apreciable presencia en el mercado venezolano de productos forestales de valor agregado de importación, tal como pueden ser los tableros aglomerados de partículas, fibras y OSB, provenientes de Ecuador y de Brasil (ANFA, 2006). De ahí que la presente investigación busque ratificar su vital importancia, con mayor razón cuando por más de un decenio ha venido siendo propuesta la urgente necesidad de hacer uso de este material de desecho ubicado en las plantaciones agroindustriales de plátano del Sur del Lago de Maracaibo, las cuales cuentan con una cantidad aproximada de más de 50 mil hectáreas (véanse Contreras y Owen de Contreras, 1997a y 1997b; Contreras et al., 2002).

Por último, y coincidiendo con Narendra (2005), el uso de fibras naturales alternativas para la manufactura de tableros aglomerados y otros productos industriales a partir de los residuos de plantación de las musáceas del plátano, cambur o banano, se ubican dentro de la filosofía de la ecoeficiencia y el ecodiseño, representando, entre otros, una propuesta que se adapta a la actual tendencia internacional de búsqueda efectiva de una armonía entre la actividad industrial con el medio ambiente y el establecimiento del desarrollo sostenible global.

Materiales y métodos

El trabajo fue desarrollado en las secciones de tableros aglomerados y contrachapados del Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF-ULA-MPPA). El material utilizado como materia prima para la producción de tableros aglomerados está constituido por partículas de vástago

de plátano (Musa, Grupo AAB, cv, "HARTON"), proveniente de la zona Sur del Lago de Maracaibo, cercano a la población de El Vigía, capital del distrito Alberto Adriani del estado Mérida. Como agente aglutinante se utilizó el adhesivo fenol formaldehído (FF) fabricado por la Industria Química RESIMON C.A, ubicada en la ciudad de Valencia, estado Carabobo.

Considerando la metodología recomendada por Moslemi (1974) y Maloney (1993 y 1977) se fabricaron un total 8 tableros, 4 tableros con resinosidad R10% y 4 tableros con resinosidad R13%. De cada uno se extrajeron las probetas correspondientes para los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas según las recomendaciones técnicas de las normas alemanas de la Deustcher Industrie Normen (DIN, 1996) y las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM, 1975). La distribución y extracción de las diferentes probetas de ensayos se realizó a partir del diagrama propuesto por Garay (1997; 1988). Se compararon los resultados obtenidos con la Norma Venezolana N° 847-91 para tableros aglomerados de partículas de madera (COVENIN, 1991), y los resultados obtenidos por Contreras y Owen (1997a), de la investigación de elaboración de tableros aglomerados de partículas de vástago de plátano con adhesivo urea-formaldehído (UF).

El cuadro 1 expone las especificaciones técnicas para la producción de tableros aglomerados de partículas de vástago de plátano, determinándose el contenido de sólidos de los tableros elaborados según la norma americana ASTM (1975), de contenidos no volátiles de soluciones de resinas de urea formaldehído D1490-67.

Para determinar el Coeficiente de Esbeltez se halló la geometría y tamaño de las partículas, a partir de la toma

de porciones de muestras al azar de las ocho diferentes bolsas contentivas de partículas de vástago de plátano debidamente secadas a un contenido de humedad promedio de 6,2%. Éstas se pesaron y clasificaron de acuerdo a su tamaño en grandes, medianas y pequeñas. Cada grupo se pesó y de cada uno de ellos se tomaron 30 muestras para determinar su largura, anchura y espesor. Con los datos de peso se halló la proporción en que cada grupo participa en los tableros. Con los promedios de largo y espesor, se calculó el Coeficiente de Esbeltez, mediante la siguiente fórmula matemática (1):

$$E = l/e \quad (1)$$

Donde:

E= Coeficiente de esbeltez

l = Longitud de las partículas (mm)

e = espesor de las partículas (mm)

Resultados y discusión

A. Proceso de manufactura de los tableros

Respecto al proceso de realización de los 8 tableros aglomerados de partículas, se puede señalar que el mismo fue satisfactorio, a pesar de las dificultades y gran variabilidad técnica en los procesos desarrollados en su gran mayoría de forma manual y usando equipos diseñados para fabricar tableros de partículas con madera sólida. Además, los equipos que actualmente conforman la infraestructura de investigación de las Secciones de Aglomerados y Con-

Cuadro 1

Especificación de la elaboración de los tableros aglomerados de partículas al 10% y 13% de resinosidad con una densidad teórica de 0,64 g/cm³

Especificación al 10% de Resinosidad		Especificación al 13% de Resinosidad	
Peso de Partículas (CH 2,5%)	3.347,27g	Peso de Partículas (CH 2,5%)	3.258,40g
Cola Líquida	543g	Cola Líquida	687g
Catalizador al 7%	38g	Catalizador al 7%	48g
Fenol-formaldehído	505g	Fenol-formaldehído	639g
Agua	134g	Agua	79g
Cantidad de Tableros	4	Cantidad de Tableros	4

Fuente: elaboración propia.

trachapados del LNPF-ULA-MPPA, están tecnológicamente desactualizados con más de 20 años de atraso, pero aún cumplen con los estándares mínimos establecidos para la realización de proyectos de investigación.

A pesar de esto, la fabricación de los diferentes productos forestales que en estas Secciones se realicen no puede ser nunca desestimada ya que esta institución, como se expone en Barrios et al. (2008), tiene en su historial institucional una multiplicidad de trabajos de primer nivel, los cuales han sido realizados en esa desde su fundación en el año 1961.

B. Coeficiente de esbeltez de las partículas

El cuadro 2 expone el valor promedio del Coeficiente de Esbeltez (E). El mismo fue de 96,52 encontrándose dentro del rango indicado por Medina (1975) y Peredo (1988), quienes sugieren un rango de 60 a 120 para la fabricación de tableros de partículas, cuyas propiedades físicas y mecánicas sean aceptables.

C. Determinación de los esfuerzos de diseño de las propiedades físicas y mecánicas de los tableros

El cuadro 3 resume los valores promedios determinados de cada una de las probetas extraídas de los tableros manufacturados y que fueron sometidas a los diferentes ensayos de las propiedades físicas y mecánicas. Se muestran también los valores comparativos según lo exigido por la Norma Venezolana N° 847-91, y los resultados de los valores promedios de los esfuerzos de diseño de los tableros de similares condiciones, es decir, elaborados a partir de partículas de vástago de plátano y adhesivo urea formaldehído (UF) con resinosidad R10%.

C1. Propiedad Física de Densidad

Al analizar las propiedades físicas expuestas en el cuadro 3 se puede apreciar en cuanto a la propiedad de Densidad que en el resultado promedio de todas las probetas ensayadas de los tableros elaborados se obtuvo el valor de 0,61 g/cm³ para los de R10%, y 0,63 g/cm³ para los de R13%. Al comparar con la norma venezolana COVENIN N° 847-91, se determina que ambos tipos de tableros son de mediana densidad, ya que los promedios obtenidos están dentro del rango de 0,60 a 0,80 g/cm³. A pesar de

la mínima diferencia de densidades entre tableros fabricados, se observa que los tableros realizados con R13% de resinosidad, son ligeramente más densos que los elaborados con R10%. Esta diferencia encuentra explicación en su mayor contenido de cola y menos pérdida de material en el proceso de fabricación.

Otro factor técnico por reseñar es que la densidad real de los tableros fabricados es ligeramente menor a la densidad teórica planteada para ambos tipos de tableros (0,64 g /cm³) mostrada en el cuadro 1. La causa es muy similar a lo acontecido según lo expuesto por Contreras y Owen de Contreras (1997a). La diferencia de pérdida de densidad se debió a que durante el proceso de elaboración de los tableros se perdió cierta cantidad de partículas por las siguientes causas: la manipulación de las partículas de una máquina a otra; otras que en forma de polvillo se adherían a las paredes de la encoladora; y las partículas de mayor tamaño que no entraron en el tamiz de clasificación y uniformización de partículas de la línea de producción de la Sección de Aglomerados del LNPF-ULA-MPPA.

Se debe señalar, a modo de reflexión técnica, que la comparación que se realiza en el cuadro 3 respecto a la Norma Venezolana COVENIN N° 847-91 es sólo referencial, ya que la misma está definida para tableros aglomerados de partículas de madera sólida. Los tableros comparados son fabricados con vástago de plátano que es una Musaceae, perteneciente a la clasificación de monocotiledóneas, siendo un material anatómico con propiedades físico-mecánicas muy diferentes al material lignocelulósico de las maderas latifoliadas y coníferas.

Por ello, y partiendo de la experiencia desarrollada por Contreras y Owen de Contreras (1997a), a partir de los resultados obtenidos de los análisis realizados se pueden elaborar criterios con mayor tecnicismo en lo que se refiere a la factibilidad y proyección de uso de los tableros investigados. Y es que al analizar cada uno de los tableros manufacturados, desde el punto de vista de la propiedad de Densidad, se determinó que todos presentan una buena fortaleza y rigidez con miras a su manipulación.

La textura es lisa y agradable a la vista, con una variación de colores pardos desde la zona central del tablero hacia las orillas, con tonos oscuros que van hasta lo medianamente claro.

La zona central del tablero es donde se concentra el mayor calor, a una temperatura promedio al momen-

to del prensado de 180°C y un tiempo de prensado de 10 minutos. Esto reporta que en futuras investigaciones se debe estudiar con mayor cuidado que la prolongación de mayores tiempos de prensado de un colchón de partículas de vástago de plátano pudiera llegar a estar cerca de quemarse, lo cual repercutiría en la calidad técnica y estética del futuro tablero.

Otro factor técnico que incide directamente con la densidad de los tableros es su calidad y facilidad de corte del producto forestal al ser sometido al proceso de aserrado y labrado mecanizado. Al momento de preparación y extracción de las probetas, según el diagrama de Garay (1988), se pudo constatar que fue fácil el proceso de corte de los tableros de resinosidad R10% y R13%, dejando una cantidad significativa de polvo, lo cual obligó al uso de máscaras de protección. Se identificó en los perfiles

transversales de cada una de las probetas extraídas, espacios huecos. Esto indica que la densidad teórica debió ser un poco mayor a fin de asegurar la total solidez y compactación de los tableros. De ahí que se recomiende, para próximas investigaciones, subir la densidad teórica promedio de 0,70 g/cm³. Esto trae como acotación técnica que las partículas de vástago de plátano son muy bajas de peso, hecho por el cual su volumen físico es mayor. Tener que distribuir gran cantidad de partículas en la encoladora y en el encofrado de 55 cm x 55cm x 30 cm para la formación del colchón del tablero hizo que se generaran los siguientes problemas técnicos:

- dificultad en el proceso de encolado, el cual se desarrolló en dos partes a fin de poder garantizar la humectación uniforme de todas las partículas al momento del encolado. Este aspecto puede ser resuelto, entre

Cuadro 2
Coeficiente de esbeltez de las partículas de los tableros de vástago de plátano

Rango de tamaño en ancho (mm)	Proporción en peso (%)	Largo (l) (mm)	Espesor(e) (mm)	E=l/e
> 20 mm	8,11	25,08	0,23	109,04
10 - 20 mm	45,32	17,49	0,15	116,60
< 10 mm	46,57	7,03	0,11	63,91
Promedio	100,00	16,53	0,16	96,52

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 3
Resumen comparativo de los valores promedios obtenidos de los ensayos de los tableros de vástago de plátano con FF, respecto a los valores de la Norma Venezolana COVENIN N° 847-91 y los tableros de vástago de plátano con UF

Ítems	Propiedades	Tableros de vástago de plátano con adhesivo fenol-formaldehído		Normas Covenin N° 847-91	Tableros de vástago de plátano con adhesivo urea-formaldehído (R10%) (Contreras y Owen de C., 1997)
		R10 %	R 13 %		
Mecánicas	Densidad gr/cm ³	0,61	0,63	0,60 - 0,80 g/cm ³ mediana densidad	0,68
	Absorción Agua % 2h	24,20	24,99	25	74,15
	Absorción Agua % 24h	58,70	59,80	60	99,24
	Variación Esp. % 2h	5,19	6,29	6	33,31
	Variación Esp. % 24h	14,86	15,33	15	37,90
	Flexión estática MOR kg/cm ²	181,58	181,40	180	145,44
	Adhesión interna (Tracción Perpendicular) kg/cm ²	3,93	4,51	3,50	1,13

Fuente: elaboración propia.

otras alternativas de mezclas, con la incorporación de otras especies de materiales lignocelulósicos de mayor densidad, que pueden ser desde la madera sólida hasta gramíneas;

- al momento de la formación del colchón se debió ir comprimiendo por partes las partículas encoladas, garantizando de esta forma meter dentro del encofrado la cantidad total de éstas.

C2. Propiedad Física de Absorción de Agua a 2 y 24 horas

El cuadro 3 muestra el porcentaje promedio de 24,20% de la propiedad física de Absorción de Agua (humedad) a un tiempo de 2 horas de inmersión, que es el valor correspondiente a las probetas de los tableros aglomerados de partículas de vástago de plátano con R10% de resinosidad. Este valor cumple con lo exigido por la Norma COVENIN N° 847-91, ya que es ligeramente menor al 25%. Respecto a las probetas inmersas en agua por 24 horas se obtuvo un valor promedio de 58,70%, el cual cumple con el máximo del 60% permitido por la norma venezolana.

Respecto a los tableros con R10% y R13% de resinosidad, como se aprecia en el cuadro 3, son mejores los primeros. En los tiempos de inmersión de 2 y 24 horas ambos tableros cumplen con lo exigido por la norma. Además, estas probetas arrojaron un porcentaje mínimo de diferencia entre sí. De igual manera, estos superan significativamente los valores determinados en esta propiedad (74,15% para 2 horas y 99,24% para 24 horas de inmersión), de los tableros de vástago de plátano con adhesivo urea-formaldehído (R10%) determinados por Contreras y Owen de C. (1997a).

Los valores obtenidos están en los límites inferiores a lo exigido por la norma, siendo importante el rol que desempeña el adhesivo de fenol formaldehído en mantener la mayor cohesión de las partículas y la compactación del tablero, una vez que éste es sometido a altas exigencias de uso o de factores ambientales, como la lluvia o corrientes de agua.

Schnee (1969) reseñó que la composición de la estructura molecular de las fibras del vástago de plátano es altamente higroscópica y con alto contenido de azúcar. En ese sentido, para disminuir o simplemente mantener los valores alcanzados en el presente trabajo, se recomienda que en el proceso de manufactura industrial este material lignocelulósico sea previamente tratado con sustan-

cias conservadoras de los ataques de agentes xilófagos y de repelentes de la humedad. De esta forma, se aumentarían los estándares de calidad del producto final y un mayor posicionamiento de este tipo de tableros aglomerados en el mercado, tanto nacional como internacional.

C3. Propiedad Física de Variación de Espesor a 2 y 24 horas

En los ensayos de Variación de Espesor de los tableros aglomerados de partículas de vástago de plátano con R10 % de resinosidad, aún sobre los de R13% y los definidos por Contreras y Owen de Contreras (1997a), obtuvo los mejores valores promedios en esta propiedad expuesta en el cuadro 3. Se halló el valor de 5,19% a las 2 horas y 14,86% a las 24 horas de inmersión, razón por la cual se puede señalar que cumple con el mínimo establecido por la Norma COVENIN N° 847-91 que estipula un 6% para 2 horas y 15% para 24 horas.

Respecto a los tableros aglomerados de partículas de vástago de plátano con R13% de resinosidad se obtuvieron valores promedios de 6,29% a las 2 horas y 15,33% a las 24 horas de inmersión. Estos valores indican que a pesar de la insignificante diferencia numérica, no cumple con la norma venezolana.

Desde el punto de vista cuantitativo, estos resultados revelan una aparente contradicción numérica entre los valores obtenidos de la propiedad física de Absorción de Agua y los de Variación de Espesor entre los tableros con R10% y R13% de resinosidad. Partiendo de que las diferencias porcentuales son mínimas, un factor técnico de estudio es conocer que existe una clara diferencia entre la capacidad que tienen las células del vástago de plátano o de una célula de madera sólida en almacenar agua en su estructura molecular, y otro factor es la capacidad intrínseca que tienen éstas respecto a sus límites de expansión o hinchamiento para poder mantener en su estructura microscópica una determinada cantidad de moléculas de agua. Aquí se pone de manifiesto la propiedad higroscópica que tienen las fibras del vástago de plátano.

Otro detalle técnico se puede deber a la localización que tuvo cada una de las probetas sacadas de los tableros manufacturados según el gráfico propuesto por Garay (1988), correspondiente al diseño de ubicación y extracción de todas las probetas que conforman el estudio de determinación de las propiedades físicas y mecánicas de un tablero aglomerado de partículas. Y es que al momento de la manufactura del colchón de los table-

ros en la Sección de Contrachapados del LNPF-ULA-MPPA se presentó una cantidad significativa de partículas para el tamaño del encofrado, así como la difícil maniobrabilidad de éstas que ya estaban impregnadas con el adhesivo fenol formaldehído, lo que no permitió que existiera una verdadera uniformidad, ya que se formaban especies de pelotas o grumos de fibras que obligaban a su continuo deshilachamiento.

Esto repercutió, como ya se expuso anteriormente, en que la densidad de todos los tableros no fuera homogénea en toda su sección transversal, hecho que muestra ciertos espacios vacíos y, por ende, diferencias de densidad entre tipos de probetas extraídas. Los resultados que se exponen en las figuras 1, 2, 3 y 4 muestran que existe variabilidad en los valores promedio obtenidos de las distintas propiedades físicas y mecánicas estudiadas.

En ese sentido, al estudiar con más detalle la figura 1, donde se compara los valores promedios entre tableros de la Variación de Espesor a 2 horas, se puede apreciar con más precisión técnica que el tablero identificado como E (8,03%) de R10% y los tableros identificados como G (8,09%) y J (7,26%) de R13% de resinosidad, arrojaron valores promedios que extrapolan de manera negativa los valores exigidos por la norma. De igual manera, en la figura 2 se muestra esa extrapolación negativa de variación de resultados en lo que respecta a los valores promedios del tablero C (17,05%) de R10% de resinosidad. De manera distinta, y con menor variación entre valores de probetas,

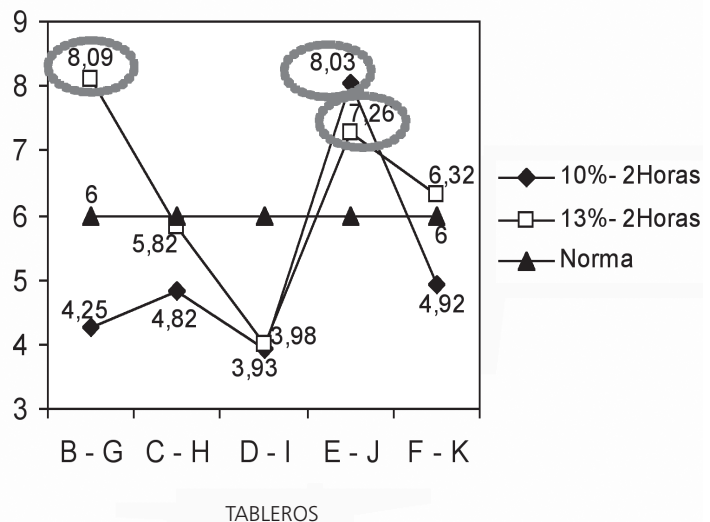
se proyecta que en el ensayo de 24 horas de Variación de Espesor las probetas de los tableros con R13% de resinosidad no tuvieron valores extremos, sino que se ubican dentro de los rangos de valores de 14,92% al 16,02%.

Todo lo antes dicho permite recomendar técnicamente para ser considerado al momento de proyectar una planta industrial de tableros donde se utilice esta materia prima, que a partir del tipo de estructura anatómica que caracteriza a las partículas que componen el vástago de plátano se tome la previsión de diseñar para la etapa de formación del colchón, un mecanismo de deshilachamiento y distribución de las partículas, obteniéndose de esta forma un colchón más homogéneo para la futura conformación del tablero. Esto repercutirá en poder obtener un tablero que cumpla con todos los requerimientos de las normas.

C4. Propiedad Mecánica de Flexión Estática (Módulo de Ruptura MOR kg/cm²).

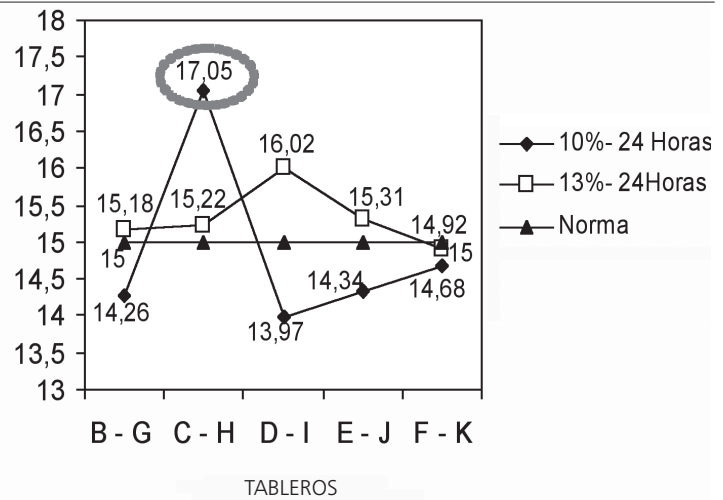
En los ensayos de propiedad mecánica de Flexión Estática, según lo expuesto en el cuadro 3, se puede definir que los tableros aglomerados de partículas de vástago de plátano con resinosidad R10% con el valor promedio de 181,58 kg/cm² supera el mínimo exigido por la Norma COVENIN N° 847-91 que establece el valor de 180 kg/cm². De igual forma supera, por unas milésimas, los valores de 181,40 kg/cm² de los tableros con R13%, y con un mayor rango numérico el valor de 145,44 kg/cm² que fue hallado por Contreras y Owen de Contreras (1997a).

Figura 1
Resultados de los valores promedios de Variación de Espesor a 2 horas, para los tableros aglomerados de vástago de plátano con adhesivo fenol formaldehído (FF) con resinosidad R10% y R13%, respecto a la Norma COVENIN N° 847-91.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2
Resultados de los valores promedios de la propiedad física de Variación de Espesor a 24 horas, para los tableros aglomerados de vástago de plátano con adhesivo fenol formaldehído (FF) con resinosidad R10% y R13%, respecto a la Norma venezolana COVENIN N° 847-91.



Fuente: elaboración propia.

Igual que se señaló en los puntos C2 y C3, al existir variabilidad de densidad en las probetas obtenidas e irregularidad en la etapa del proceso de elaboración del colchón, la figura 3 permite deducir que en los ensayos se encontraran valores que extrapolan los valores promedios del ensayo de Flexión Estática. Se aprecia en la figura que el tablero identificado como E (187,29 kg/cm²) de R10% y el tablero identificado como J (189,06 kg/cm²) de R13% de resinosidad, arrojaron valores promedios extremos que superan notablemente lo exigido por la norma.

A pesar de que en la presente propiedad mecánica de Flexión Estática los tableros cumplen con la Norma COVENIN N° 847-91, los valores son bajos en relación con lo que comúnmente se obtiene en valores de probetas de tableros aglomerados de partículas de madera sólida, todo ello a pesar de que en la presente investigación se obtienen valores altos, como los expuestos en la figura 3. Muestra de ello, y a modo de comparación, es el caso de la manufactura de tableros con el Caucho del estado Amazonas, Venezuela (*Hevea brasiliensis*), desarrollados por Garay et al. (2006). Los resultados promedios para la flexión estática en los tableros de densidad 0,600 kg/cm³ fue de 184,51 kg/cm² a 220,53 kg/cm², y para los tableros de densidad 0,800 g/cm³ fue de 230,76 kg/cm² a 310,31 kg/cm².

Estos bajos valores pueden atribuirse a la irregularidad de formas y tamaños de las partículas obtenidas en el proceso de transformación de las conchas o cascarones de vástago de plátano (pseudo tallo) en la cortadora que está diseñada para sacar astillas o virutas de madera sólida. La

máquina viruteadora se encuentra ubicada en la Sección de Aglomerados del LNPF-ULA-MPPA. Esta irregularidad y diversidad de tamaños de partículas, especialmente muy pequeños con dimensiones no mayores de 10 milímetros y de una cantidad significativa de polvillo, pudo ocasionar que no se entrecruzaran o trabaran al momento del prensado, lo que podría contribuir a ofrecer menor resistencia al momento del ensayo y ocasionar la falla del tipo seca.

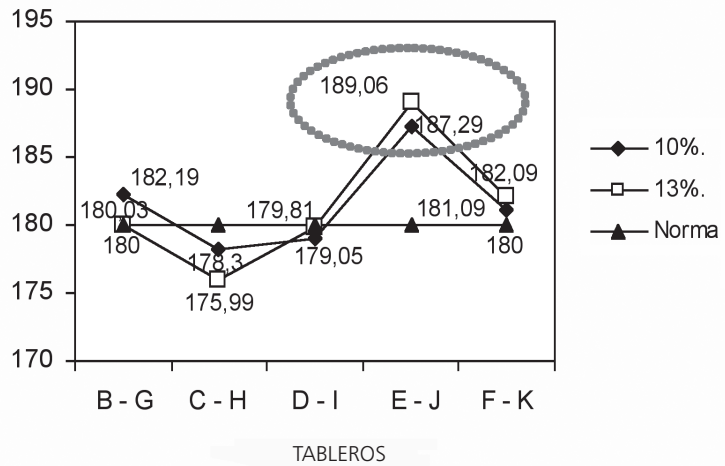
Por lo antes mencionado se recomienda en una futura investigación o proceso de manufactura industrializada prever que en el proceso de corte de partículas se diseñe una cortadora especial para cascarones de vástago de plátano según las indicaciones de tamaños expuestas por Moslemi (1974) y Maloney (1993).

C5. Propiedad Mecánica de Tracción Perpendicular.

En esta propiedad se conjugan aspectos técnicos de importancia, entre otros: la calidad de la superficie y traba de cada una de las partículas; la calidad del proceso de aplicación y humectación del adhesivo; la calidad de formación del colchón; la presión y tiempo de prensado adecuados, entre otros. Así se podrá garantizar una buena calidad futura del tablero respecto a la extracción de clavos y tornillos.

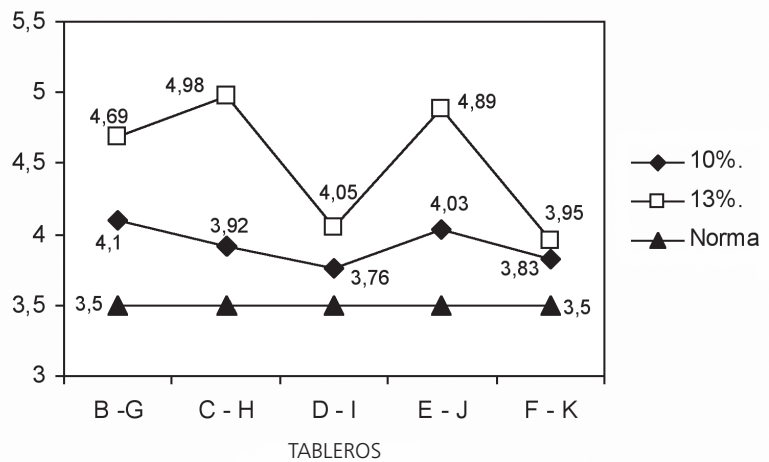
Otro detalle técnico, se relaciona con el punto de vista formal y estético. El adhesivo fenol formaldehído es de color rojo muy oscuro, razón por la cual se esperaba que su aplicación sobre las partículas de color pardo claro en las cantidades de R10% y R13% de resinosidad pudie-

Figura 3
Resultados de los valores promedios de Flexión Estática (MOR) de los tableros aglomerados de vástago de plátano de resinosidad al 10% y 13% con la Norma COVENIN N° 847-91.



Fuente: elaboración propia.

Figura 4
Resultados de los valores promedios de Tracción Perpendicular de los tableros aglomerados de vástago de plátano con adhesivo fenol formaldehído con resinosidad al R10% y R13%, respecto a la Norma Venezolana COVENIN N° 847-91.



Fuente: elaboración propia.

ran afectar y dar un aspecto negativo al tablero desde el aspecto formal. Se determinó que las cantidades aplicadas no afectan la coloración del acabado superficial final de los tableros, y que los mismos son muy agradables a la vista, y que el cambio de coloración es debido a la alta temperatura y tiempo a los cuales estuvieron sometidos durante el prensado.

En los ensayos de tracción perpendicular los resultados fueron excelentes, llegando a ser los mejores tableros aquellos fabricados con R13% de resinosidad, cuyo valor promedio fue de 4,51 kg/cm². Éste es mayor que los valores de los tableros de R10% de resinosidad, cuyo valor promedio fue de 3,93 kg/cm². Ambos tableros superan el valor mínimo de 3,5 kg/cm² estipulado por la Norma COVENIN

N° 847-91 para tableros de mediana densidad. Todo ello indica que sí existió una buena adherencia entre el adhesivo fenol formaldehído y las partículas de vástago de plátano. La figura 4 muestra, además de lo comentado, que existió una uniformidad entre los valores determinados en el ensayo sin tener la presencia de valores extremos que indiquen que haya existido un mal proceso de encolado. Es decir, se indica técnicamente que hubo buena adherencia entre el adhesivo y las partículas de vástago de plátano, y que definitivamente existió una correlación directa entre la cantidad de resina, la calidad de la impregnación de todas las partículas de diversos tamaños y parámetros de temperatura y tiempo de fraguado.

Conclusiones y recomendaciones

Se concluye que existió gran variabilidad técnica en los procesos de manufactura de los tableros aglomerados de partículas de vástago de plátano con adhesivo fenol formaldehído (FF) con R10% y R13% de resinosidad. Aun así, ambos tipos de tableros superan las expectativas técnicas según las exigencias de la Norma Venezolana COVENIN N° 847-91 para tableros aglomerados de partículas de madera sólida, la proyección de uso de una materia prima alternativa en la manufactura de insumos para la industria de la construcción de edificaciones y de muebles, así como los valores de los esfuerzos de diseño de los tableros fabricados por Contreras y Owen de Contreras (1997a) con el mismo material y adhesivo urea formaldehído con R10%.

Los tableros con R10% de resinosidad respecto a los de R13% —exceptuando los ensayos de Tracción Perpendicular— obtuvieron en el resto de las propiedades físicas y mecánicas los mejores resultados de la presente investigación. Se recomienda de manera especial su uso en la fabricación de muebles y afines, así como también en la multiplicidad de cerramientos decorativos para espacios

interiores de edificaciones. De igual forma se recomienda realizar tratamientos preventivos con sustancias conservadoras contra el ataque de agentes xilófagos y contra la humedad de las partículas de vástago de plátano, con el fin de aumentar sus estándares de calidad y seguridad.

En futuras investigaciones donde se contemple la realización de tableros aglomerados a partir de partículas de vástago de plátano, se recomienda realizar tableros aglomerados con las mismas características técnicas de este estudio mejorando la uniformidad de las partículas y la posibilidad de realizar mezclas de partículas de vástago de plátano con las hojas, las conchas de los frutos y otras especies de madera sólida y gramíneas.

Por último, y con la vigencia tecnológica de la siguiente propuesta, se deben realizar estudios de factibilidad económica e industrial para la fabricación de tableros aglomerados de vástago de plátano a fin de conocer los costos de fabricación y producción industrial de los mismos de forma que se amplíen con gran fortaleza sus propias perspectivas competitivas comerciales y tecnológicas dentro del ya enriquecido mundo de la productividad de productos forestales alternativos.

Referencias bibliográficas

- AITIM-Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho (1994) *Guía de la madera para la construcción el diseño y la decoración* (AITIM) 1ª Edición. Edición Rústica. Madrid, España.
- AITIM-Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho (1975) American Society for Testing and Materials. *Novolatile content of urea-formaldehyde resins solutions D1490-67-1973*. In *Annual book of ASTM standards*. Part 22: Wood and adhesives. Philadelphia. USA.
- ANFA (2006) "Importaciones de tableros de madera para satisfacer demanda nacional", *Diario El Nacional*, Cuerpo A, pág. 3. Caracas, Venezuela.
- Barrios E.; Contreras W. y Sosa M. (2008) *El Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF) y su rol histórico en la investigación tecnológica de la madera como material de construcción en Venezuela*. Universidad de Los Andes. Universidad Central de Venezuela. Universidad Nacional Experimental de Guayana. CODEPRE-ULA. Mérida Venezuela.
- Contreras. W. y Owen de Contreras, M. (1997a) "Tableros aglomerados de partículas de vástago de plátano (Musa, Grupo AAB, cv "Harton")", *Revista Forestal Latinoamericana* N° 22/97: 73-104 IFLA. Mérida Venezuela.
- Contreras. W. y Owen de Contreras, M. (1997b) "Utilización de la planta musácea Plátano (Musa paradisíaca) en la fabricación de tableros de partículas de plátano y cemento", *Revista Forestal Latinoamericana* N° 21/97: 67-93. Mérida Venezuela. IFLA. Mérida. Venezuela.

- Contreras, W.; de Contreras, M.; Cloquell V., Contreras Y. y Garay D. (2006) "Diseño de tableros de partículas de caña brava y adhesivo fenol-formaldehído (R 10% y R 13%)", *Revista Forestal Latinoamericana* N° 39, pp: 39-57. IFLA. Mérida, Venezuela.
- Contreras, W.; de Contreras, M. y Contreras Y. (2002) *Posibles incidencias de una planta agroindustrial de insumos constructivos a partir de residuos de plátano*. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela.
- COVENIN-Norma Venezolana (1991) Norma Venezolana para Tableros de partículas de madera, provisional N° 847-91. Caracas, Venezuela.
- CVG Proforca. (2007) [En Línea]: La construcción de viviendas con madera en Venezuela. Documento electrónico. Fecha de Consulta el 22/03/08. Disponible en: <http://www.cvgproforca.com>.
- DIN-Deustcher Industrie Normen (1996) DIN EN 317. DIN EN 322. Berlin. Germany.
- FAO (2002) *Yearbook. Forest Products 1996-2000*. FAO Forestry, Series 35. FAO Statistics Series N° 158. Rome. Italy.
- Garay, D. (1997) Tableros aglomerados de partículas. Trabajo presentado como requisito para ascender a la categoría de Profesor Agregado. Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.
- Garay, D. (1988) Producción de tableros aglomerados de partículas a partir de mezclas de especies de los Llanos Occidentales. Tesis presentada para optar al Título Magister Scientae en Tecnología de Productos Forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- Garay, D.; Durán, J.; Moreno, P.; Salazar, C. y Urrea, E. (2006) Fabricación de tableros aglomerados de partículas de (Hevea brasiliensis) caucho con resina sintética del tipo urea formaldehído. IV Congreso Forestal Venezolano. Upata, estado Bolívar. Venezuela.
- Maloney, T. (1977) *Modern Particleboard*. Miller Freeman Publications. San Francisco, EEUU.
- Maloney, T. (1993) *Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing*. Miller Freeman Inc. San Francisco, EEUU.
- Medina, A. (1975) Seminario sobre proceso de fabricación de tableros de partículas de madera. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida, Venezuela.
- Moslemy, A. (1974) *Particleboard. Vol. I: Materials*. Southern Illinois. EEUU.
- Narendra, Y. (2005) "Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications", *Trends in Biotechnol* 23: 22-28.
- Peraza F. y Peraza E. (2003) Mercado CE para Tableros y Casas de Madera. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la madera y el Corcho-AITIM. Madrid, España.
- Peredo, M. (1988) "Fabricación de tableros de partículas para uso exterior", *Bosque*. 9 (1): 35-42.
- Schnee, L. (1969) *Plantas de Venezuela*. Ediciones CoBo. Caracas, Venezuela. University Press. Illinois. EEUU.

Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad de Los Andes (CDCHT-ULA), al Ing. For. MSc. Will Stayle Valero y a los Técnicos Peritos Forestales Elexides J. Marquez y Rolando Betancourt, así como a todo el personal que labora en sus distintas dependencias del LNPF-ULA-MPPA.