

## **Fabricación y propiedades físicas de aglomerados de *Pennisetum purpureum schum*, *Philodendron longirrhizum* y *Musa acuminata***

### *Production and physical properties of agglomerates of *Pennisetum purpureum schum*, *Philodendron longirrhizum* and *Muse acuminata**

M.Sc. Alexander Gaitán, PhD. Gerardo Fonthal, PhD. Hernando Ariza-Calderón

Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Universidad del Quindío, Colombia.

**RESUMEN** Se obtuvieron aglomerados fabricados con partículas lignocelulósicas provenientes de plantas encontradas en la región del Quindío - Colombia como son la “guasca de plátano”, el “tripeperro” y el “pasto elefante” y se compararon con aglomerados comerciales de madera. Estas partículas fueron mezcladas con una resina termoestable, prensadas y sometidas a temperatura durante un tiempo determinado y posteriormente se dejaron curar a temperatura ambiente. Al concluir el proceso de fabricación y curado, el aglomerado fue sometido a pruebas y análisis mecánico de flexión, tracción, compresión, dureza y de absorción de agua teniendo en cuenta las normas ASTM para tableros de partículas de madera. El aglomerado también fue sometido a análisis termográfico con el fin de observar su capacidad de aislante térmico. Los resultados muestran que los aglomerados fabricados presentan mejores resultados que el comercial en cuanto a la absorción de agua, aislamiento térmico y dureza y resultados similares en los ensayos mecánicos de flexión, tracción y compresión excepto para el aglomerado de “tripeperro”.

**Palabras clave:** Análisis mecánico, termografía, absorción de agua, tablero de partículas lignocelulósicas, aglomerados de fibras vegetales.

**ABSTRACT** Agglomerates made from lignocellulosic particles from plants found in the region of Quindío - Colombia such as “guasca de plátano”, “tripeperro” and “pasto elefante”, were obtained and they were compared with wood commercial agglomerates purchased on the local market. These particles were mixed with a thermosetting resin, and pressed under temperature for a certain time and then allowed to cure at room temperature. At the conclusion of the manufacturing process and curing, the agglomerate was subjected to mechanical analysis of bending, tension, compression, hardness and water absorption according to ASTM standards for wood particleboard. The agglomerate was also subjected to thermography analysis in order to observe its thermal insulation. Results show that the agglomerates made by us, present better results than the commercial one regarding water absorption, thermal insulation and hardness and similar results in the mechanical tests of bending, tension and compression, except to the agglomerate of “tripeperro”.

**Keywords:** Mechanical analysis, thermography, water absorption, board of lignocellulose particles, natural fibers agglomerates.

## **INTRODUCCIÓN**

Un tablero aglomerado de partículas lignocelulósicas es un material del tipo composite que generalmente está conformado por una resina (matriz), aglutinada con una fibra o ripio de madera (refuerzo). (ASTM, 1986) La industria de los aglomerados ha tenido un crecimiento anual mundial de 5,7%, en los últimos 10 años, (Chalaye, 2002) debido a que se pueden obtener resistencias mecánicas por unidad de peso que aventaja a todos los materiales convencionales, se pueden fabricar piezas únicas de

grandes dimensiones y de formas irregulares y su fabricación tiene un menor consumo energético y menores emisiones de anhídrido carbónico (López, 2010). Según García (2009), esas energías son: fibras vegetales,  $10^6$  J/kg, fibra de vidrio,  $10^7$  J/kg y fibra de carbono  $10^8$  J/kg; es decir, el gasto energético para los aglomerados de fibras vegetales, es menor que las otras alternativas. Los aglomerados se fabrican con fibras minerales, de vidrio, carbono y aramida, o más comúnmente de recursos petrolíferos

no renovables, sin embargo, las preocupaciones ambientales, han incentivado la sustitución de las fibras sintéticas por fibras naturales. Por otro lado, las fibras vegetales tienen ventajas productivas (facilidad de adquisición, bajo costos de procesamiento), físicas (baja densidad, características de aislamiento y resistencia estructural), bioquímicas (inocuidad, biodegradabilidad) entre otras, lo cual justifica el usar las fibras vegetales como elemento reforzante en la matriz polimérica. (Cadena y Bukla, 2002) Las desventajas de usar fibras vegetales como refuerzo, según Puglia *et al.* (2004), son: calidad variable dependiendo de las condiciones edafoclimáticas del sitio de cosecha, limitada temperatura en el procesamiento, bajas propiedades al esfuerzo comparadas con las fibras minerales, baja durabilidad en el tiempo, bajo punto de ignición y la susceptibilidad de absorber agua por los altos contenidos de hidroxilos (Nguong, 2013).

La especie vegetal con la que más se ha trabajado en el mundo para hacer biomateriales compuestos es el bambú con productos desarrollados comercialmente (Okubo *et al.* 2004; Abdul *et al.*, 2012; Faruk *et al.*, 2012; Siti, 2013). Otros materiales como el algodón, lino, cáñamo, yute, sisal, kenaf, henequén, abacá, piña, coco, ramina, cascarilla de arroz han sido utilizados para elaborar aglomerados con aplicaciones en la industria del automóvil y la aeronáutica (Chandramohan & Marimuthu, 2011; Begum & Islam, 2013; Ku *et al.*, 2011; Faruk *et al.*, 2012; Koronis *et al.*, 2013). También se han utilizado partes de la planta del plátano para la fabricación de biocomposites (Kumar, 2014; Sailesh, 2014).

En Latinoamérica, se han hecho estudios sobre aglomerados con fibras naturales, con resultados nada mejor que la madera, por ejemplo, con guasca de plátano sin resina Cuesta (2011); Álvarez *et al.* (2007); vena de la hoja del plátano Betancourt, (2013); cascarilla de arroz Bedoya (2009); Cadena y Bukla (2002); cisco del grano del café Medina, (2008); guadua Moreno, (2010); residuos de productos agrícolas Rivarola *et al.* (2006) y caña brava Contreras *et al.* (1999). Canché (2010), reporta que se fabricaron aglomerados con celulosa de Agave en matriz de polipropileno con resultados excelentes y con productos terminados.

La información acerca de la industria de aglomerados de madera en Colombia se detalla en un informe del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2007), que involucra establecimientos industriales y dice que en el país existen un total de 66 empresas productoras e importadoras de tableros en base de madera. Aquí se incluye tanto tableros aglomerados como contrachapados, especificando que en el país, para el año 2005 hubo un consumo de 350 000 m<sup>3</sup> de estos productos.

El objetivo de este trabajo es comparar las resistencias mecánicas, de absorción de agua y de aislamiento térmico entre aglomerados reforzados con tres fibras vegetales de la región central andina de Colombia con el aglomerado comercial de madera de la empresa más representativa de este país: TABLEMAC<sup>1</sup>.

## MÉTODOS

Las fibras vegetales utilizadas para la fabricación de los platos aglomerados de este trabajo, provienen de las partes vege-

tales de plantas encontradas en la región de los Andes centrales de Colombia: el tallo de la gramínea *Pennisetum purpureum* schum (Pasto elefante, pasto de Napier, pasto Uganda), la raíz aérea de la hemiepífita *Philodendron longirrhizum* (Tripeperro, tripillo, chimche, tripepollo) y el seudotallo de la *Musa acuminata* (Guasca, calceta o yagua de Plátano).

Se hizo secado de la parte vegetal en un horno a temperatura de 70 °C durante 3 días. El pasto elefante y Tripeperro una vez seco se llevó a aserrado para así obtener ripio; la guasca, en cambio, fue previamente tratada con NaOH, por el procedimiento de Flores y González (2011) y llevada después de seca a un molino de cuchillas para poder desfibrarla. El tratamiento sobre la guasca es debido a que ella posee una resina propia que impide el acoplamiento con la úrea-formaldehído (Álvarez *et al.*, 2007).

Con la balanza de humedad se llevó el ripio a una humedad entre el 3% y el 13%, según norma para tableros de partículas de madera ASTM-D-1554-86 y la ASTM D1490, (ASTM, 1986, ASTM, 2013), en donde también se especifica que la resina no debe sobrepasar el 20% del peso total de la fibra.

Como aglomerante se usó resina urea-formaldehído con un contenido de sólidos del 63%, tiempo de gelación de 40s a 60s y un PH (25 C) de 9,0, siendo la resina usada en la industria de la madera. La fibra y la resina son mezcladas por medio mecánico durante 7 minutos buscando homogeneidad y la mezcla se vacía en las formaletas elaboradas para tal fin, de la máquina de planchas térmicas.

Para los análisis mecánicos y dureza se utilizó una máquina Universal, adaptada a las dimensiones de las piezas a estudiar y calibrada con la máquina servo hidráulica de la serie UMIB-600 Ibertest.



FIGURA 1. Plato de aglomerado fabricado por moldeo por planchas térmicas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Proceso de Fabricación de Tableros

La temperatura de moldeo fue de 160 °C, y la presión de 107 psi durante 10 min. La proporción de fibra y resina en la elaboración del plato fue de: fibra vegetal, 14 g; urea formal-

<sup>1</sup> TABLEMAC, Medellín-Colombia. (La mención de marcas comerciales de los equipos, instrumentos o materiales específicos obedece únicamente a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con los autores).

dehído, 28 mL y catalizador; 1 g. El plato así fabricado tuvo las siguientes medidas 9 cm x 9 cm en los lados y 0,5 cm de espesor (Figura 1). La densidad volumétrica se midió, dando como resultado: Guasca, 0,689 g/cm<sup>3</sup>; Pasto elefante, 0,722 g/cm<sup>3</sup> y Tripeperro, 0,728 g/cm<sup>3</sup>. Según la Norma ASTM para tableros de partículas aglomeradas la densidad de nuestros platos está catalogada como media.

## ANÁLISIS MECÁNICO

**Prueba y análisis de flexión.** De acuerdo a la norma ASTM 1037 (1992), las dimensiones de la probeta debe ser: 9 cm x 3,5 cm con un espesor de 0,5 cm, y para el análisis deben ser sometidas a flexión mecánica de tres puntos (Figura

2) a una velocidad de 5 mm/s. La prueba fue realizada en 3 probetas de aglomerados por cada una de las tres fibras, como también en tres probetas de aglomerado comercial para efectos de comparación. A la derecha, se muestra una gráfica representativa de los tres ensayos, en la que se evidencia la deformación sufrida por las probetas a causa del aumento de carga sobre ellas. Se nota que el aglomerado comercial y los aglomerados de pasto elefante y de guasca tienen resistencias similares, a pesar de que al aglomerado comercial le incorporan agregados endurecedores como parafina y otros polímeros (Besednjak, 2005). La probeta de tripeperro mostró un límite elástico más amplio frente a las demás aunque el punto de fractura fue con menor carga que los otros tres aglomerados.

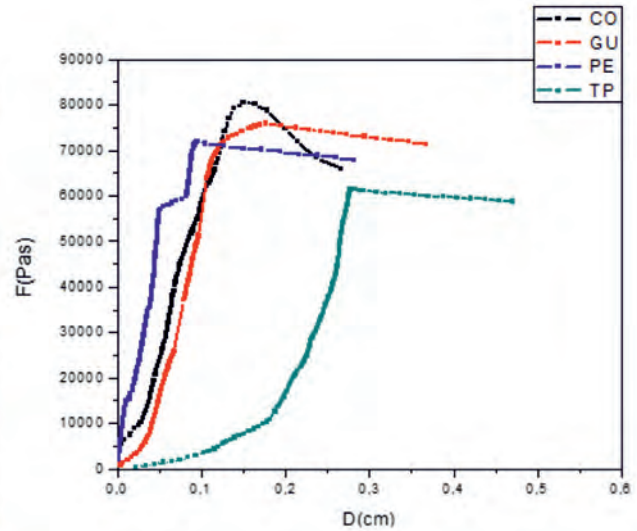
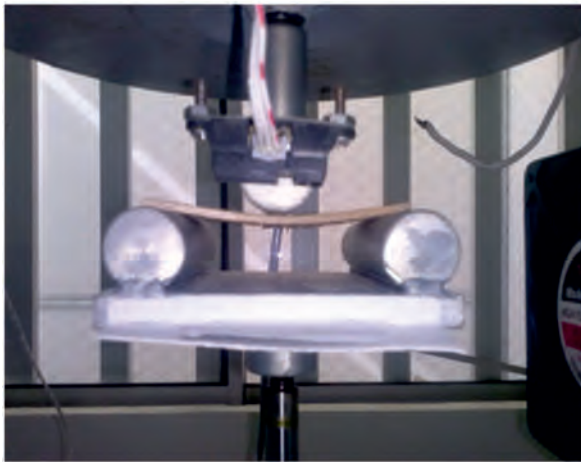


FIGURA 2. Izquierda: ensamble experimental para realizar la prueba de flexión mecánica. Derecha: gráfica esfuerzo vs deformación obtenida en los ensayos de flexión. CO: comercial, GU: guasca, TP: tripeperro, PE: pasto elefante.

**Prueba y análisis de compresión.** Las dimensiones de la probeta son similares a la probeta de flexión, lo mismo que la velocidad de acuerdo a la norma ASTM 1037 (1992). Se hicieron también tres ensayos por cada fibra y su comparación con el aglomerado comercial. El arreglo experimental es como aparece a la izquierda en la Figura 3.

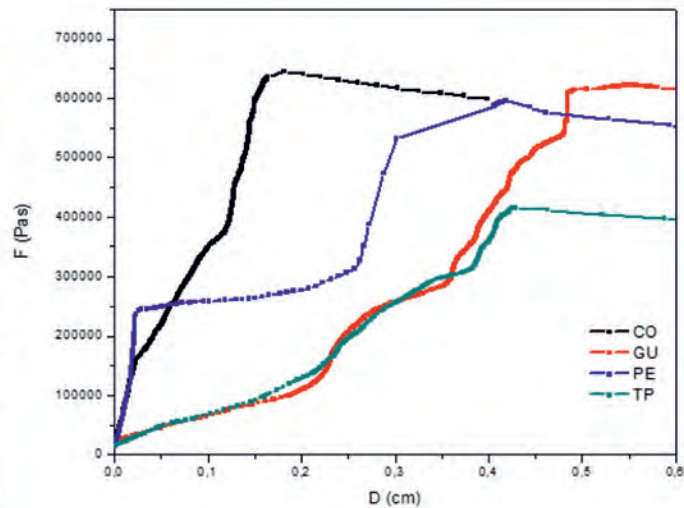
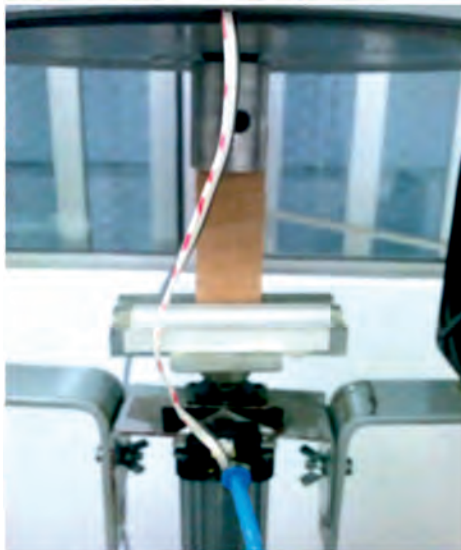


FIGURA 3. Izquierda: Ensamble experimental para realizar la prueba de compresión mecánica. Derecha: Gráfica Esfuerzo vs Deformación obtenida en los ensayos de compresión. CO: comercial, GU: Guasca, TP: Tripeperro, PE: Pasto elefante

A la derecha de la figura se puede observar que el aglomerado comercial aunque tiene una gran resistencia a la deformación también tiene una zona elástica muy corta como se evidenció en la medida de flexión. La guasca muestra que posee una zona de elasticidad más prolongada al ser sometida a una carga en comparación al aglomerado comercial y un esfuerzo máximo comparable con éste último. Todos los aglomerados, incluyendo el comercial tienen rompimientos parciales mostrados en la figura como escalones, debido a rompimientos parciales de haces

de fibras antes que todo el material fracture. El aglomerado de tripeperro presenta un comportamiento similar a la flexión, es decir, es el más frágil.

**Prueba y análisis de tracción.** La prueba fue realizada en probetas de aglomerados con la geometría que aparece en la Figura 4. En el ensayo de tracción la probeta es sometida a un esfuerzo de tensión uniaxial aumentando progresivamente la carga hasta encontrar su punto máximo de resistencia a la fractura, como se muestra en la Figura 5, a la izquierda.

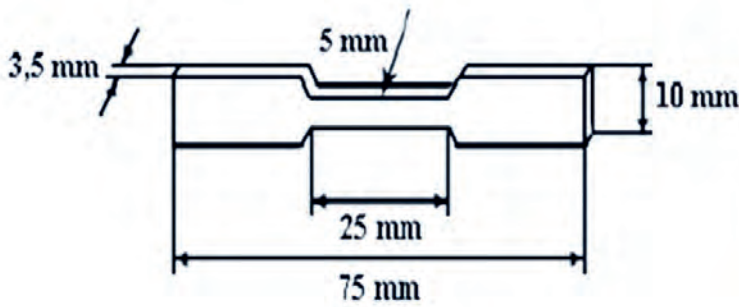


FIGURA 4. Probetas para análisis de tracción según norma (ASTM E).

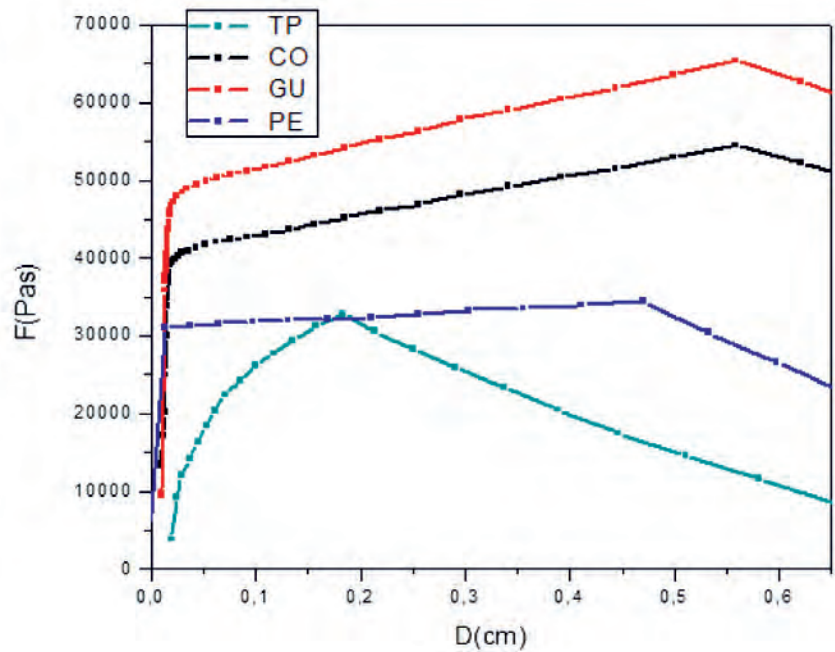


FIGURA 5. Izquierda: Ensamble experimental para realizar la prueba de tracción mecánica. Derecha: Gráfica Esfuerzo vs Deformación obtenida en los ensayos de tracción. CO: comercial, GU: Guasca, TP: Tripeperro, PE: Pasto elefante.

A la derecha de esa figura, se muestra como la guasca presenta un mayor punto de estricción que las demás probetas. El aglomerado de pasto elefante resiste menos al esfuerzo de tracción que los dos anteriores pero con la misma pendiente en la parte elástica, es decir tiene el mismo coeficiente de elasticidad. La probeta de tripeperro rompe con el menor esfuerzo de todas, pero con un gran desplazamiento antes de la rotura, lo cual se constituye en un material muy elástico-plástico.

**Prueba y análisis de dureza a la penetración.** La probeta para este ensayo es de 5 cm x 4 cm con un espesor de 0,5 cm.

El procedimiento para este ensayo se hizo basado en la norma ASTM F 1306 (1990).

En esta prueba el elemento punzante de forma cónica es obligado a penetrar en el material durante tres minutos y con una presión de 107 psi, dejando una huella, (Figura 6) cuyo diámetro se mide con fotos tomadas con el estereomicroscopio y el programa Motic Images Plus 5.0, y la profundidad con ayuda de un pie de rey. Los resultados de esta prueba se presentan en la Tabla 1. Como se puede ver, el aglomerado de guasca de plátano resultó ser el más duro, mientras que el comercial el más blando.

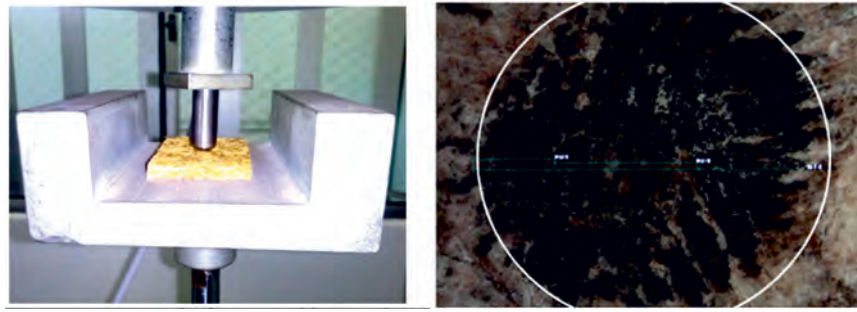


FIGURA 6. Izquierda: Ensamble experimental para realizar la prueba de dureza mecánica. Derecha: huella dejada por el muescador para el Aglomerado Comercial.

**TABLA 1. Diámetro y profundidad de la huella dejada por el muescador en la prueba de dureza**

Especie	Diámetro (mm)	Profundidad (mm)
Comercial	5,34	1,19
Tripeperro	3,08	0,89
Pasto Elefante	3,57	0,94
Guasca de Plátano	1,46	0,82

**Prueba y análisis de absorción de agua.** En esta prueba el material es sumergido en agua en dos medidas; la primera durante dos horas y la segunda durante 24 horas esto con el fin de analizar la resistencia a la absorción de agua del material. La norma ASTM D 1037, dice que para realizar la prueba se deben de cortar probetas de 4,5 cms \* 4,0 cms y 0,5 cms de espesor, se deben pesar las probetas antes de sumergirlas, después sumergirlas por 2 y 24 horas y posteriormente sacarlas y escurrirlas, dejándola al aire por 5 minutos, para volver a pesar

y así hallar las diferencias y encontrar la cantidad de agua absorbida por cada probeta. (ASTM, 2013, Maloney, 1977) Los porcentajes de absorción de agua y de aumento de espesor, se muestran en la Tabla 2.

**Análisis Termográfico.** Se realiza para conocer la capacidad de aislamiento térmico de los aglomerados, para ello, la prueba se realiza sobre un montaje de hornilla durante 10 min teniendo en cuenta temperatura del ambiente y porcentaje de humedad del sitio, según norma ISO/DIS 10878 (2009). El ensayo se realizó en tres días respetando horarios, primero se calienta la hornilla hasta la temperatura más alta alcanzada por una región habitada del país y se toma la temperatura con un termómetro IR Fluke, hasta que la temperatura se estabiliza. Se coloca el plato de aglomerado encima de la hornilla y al cabo de 10 minutos se toma la temperatura alcanzada en la cara posterior a la hornilla, como se observa en la Figura 7. En la tabla 3 aparecen los resultados obtenidos. El mayor aislante térmico resultó ser el aglomerado de guasca, seguido del comercial y el tripeperro; el peor el pasto elefante.

**TABLA 2. Porcentaje de absorción de agua e incremento de hinchazón del espesor por agua**

Probeta	Peso inicial (g)	Peso 2 h (g)	Peso 24 h (g)	Hincha – miento 2 h	Hincha – miento 24 h	Espesor inicial (cm)	Espesor final (cm)	Incremento espesor (cm)
Comercial	4,4	7,3	8,2	65,0%	86,0%	0,50	0,61	0,11
Tripeperro	5,4	7,7	8,1	42,0%	50,0%	0,50	0,54	0,04
P. elefante	5,6	8,6	8,7	53,5%	55,3%	0,50	0,59	0,09
Guasca	4,0	5,0	5,2	25,0%	30,0%	0,50	0,52	0,02

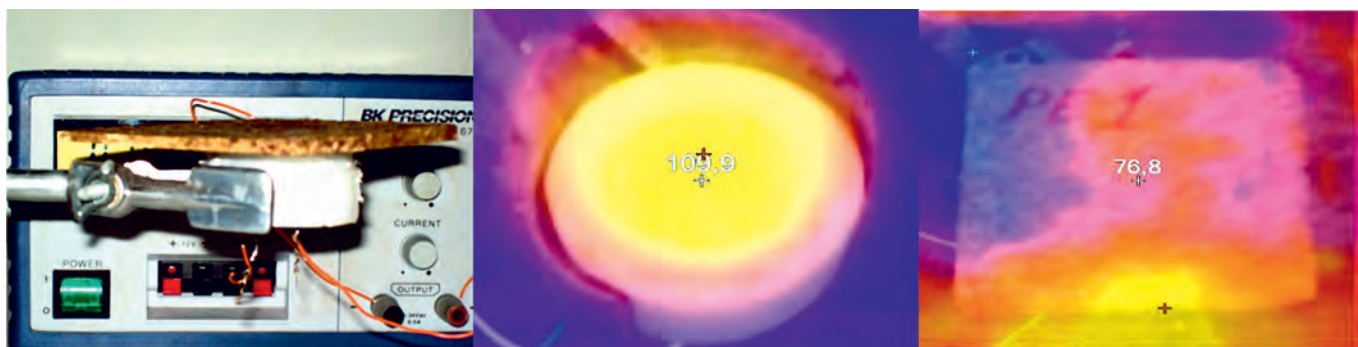


FIGURA 7. Montaje para toma de termografías (derecha), medidas de temperatura con la cámara Fluke en la hornilla (centro) y en el plato (izquierda). Las medidas aparecen en grados Fahrenheit.

**TABLA 3. Resultados de la prueba de termografía**

Plato aglomerado	T hornilla (C)	T plato (C)	Diferencia (C)
Guasca	34,6	24,6	10,0
Pasto elefante	43,3	24,9	18,4
Tripeperro	38,3	25,6	12,7
Comercial	44,2	33,0	11,2

## CONCLUSIONES

- La respuesta mecánica de flexión, compresión y tracción a los aglomerados hechos con guasca y pasto elefante dieron respuestas muy similares al aglomerado comercial a pesar de que en el proceso de fabricación de este último, le han agregado parafina, endurecedores y otros polímeros. El aglomerado de tripeperro, aun cuando puede deformarse más que todos los anteriores, quiebra en menores valores de esfuerzo que éstos. El análisis de dureza muestra que los aglomerados obtenidos en el laboratorio presentan más capacidad de resistencia a ser penetrados que el aglomerado comercial. El aglomerado fabricado de guasca es más impermeable al agua, seguido del tripeperro, pasto

elefante y el peor resultó ser el comercial. El mismo orden en cuanto a hinchamiento por absorción del agua. Como aislante térmico resultó mejor el pasto elefante, seguido del tripeperro, comercial y el peor la guasca. Por lo anterior, los aglomerados comerciales fabricados en el laboratorio de Fibras Vegetales y Aglomerados de la Universidad del Quindío, tienen muy buenas posibilidades como candidatos para muebles, paneles de separación, cielorosos e inclusive para ambientes húmedos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad del Quindío por su apoyo económico con el proyecto 627.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDUL, K. H.P.S., H. BHAT; M. JAWAID; A. ZAIDON; D. HERMAWAN; S. HADI: “Bamboo fibre reinforced biocomposites: A review”, *Materials and Design*, ISSN: 0261-3069, 42: 353–368, 2012.
- ÁLVAREZ, C.; P. GAÑAN; C. ARBOLEDA y MEJÍA A.: “Desarrollo de materiales compuestos a partir de fibras de plátano modificadas con enzimas ligninolíticas”. *Scientia et Technica*, ISSN: 0122-1701, 36: 725-730, 2007.
- ASTM: Standard terminology relating to wood-base fiber and particle panel materials. American society for testing and materials ASTM-D 1554-86, USA, 1986.
- ASTM: “Standard Test Method for Slow Rate Penetration Resistance of Flexible Barrier Films and Laminates”. American Society for Testing and Materials ASTM F 1306-90, USA, 1990.
- ASTM: “Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Based Fiber and Particle Panel Materials”. American Society for Testing and Materials ASTM-D 1037-91, USA, 1992.
- ASTM: “Standard Test Method for Nonvolatile Content of Urea-Formaldehyde Resin Solutions” ASTM D1490 – 01, USA, 2013.
- BEDOYA, C.: “Optimización de propiedades mecánicas y térmicas de un aglomerado sintético por el Método de Taguchi”. *Ingeniería y Ciencia*, ISSN: 5(10) 155-170, 2009.
- BEGUM, K. & A. ISLAM: “Natural Fiber as a substitute to Synthetic Fiber in Polymer Composites: A Review”, *Research Journal of Engineering Sciences*, ISSN: 2(3), 46-53, 2013.
- BESEDNJAK, A.: “Materiales compuestos” Ediciones UPC. ISBN: España, 2005.
- BETANCOURT, P. S.: “Transformación de residuos lignocelulósicos en tableros aglomerados de alta densidad”. *Evento: IUFROLAT 2013*, San José de Costa Rica, 2013.
- CADENA, C. y J. BUKLA: “Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales”. *Ingeniería y Desarrollo, Universidad del Norte*, ISSN: 0122-3461, 12: 8-9., 2002.
- CANCHÉ, G.: “Aprovechamiento de los residuos fibrosos del bagazo de Agave para la obtención de elementos en la industria de la construcción” Informe técnico CICY–Unidad de materiales, Colombia, 2010.
- CONTRERAS, W, M.; M. OWENS; D. GARAY y Y. CONTRERAS: 1999: “Elaboración de tableros aglomerados de partículas de caña brava (*Gynerium sagittatum*) y adhesivo urea–formaldehído” *Revista. Forestal. Venezolana*. ISSN: 0556-6606, 43: 129-135.
- CUESTA, H. J. F.: “Efecto de la temperatura de procesado sobre las propiedades mecánicas de tableros aglomerados sin resina sintética”. *Universidad Pontificia Bolivariana, Prospect*, ISSN: 0033-1538, 9(2) 06 -12, 2011.

- CHANDRAMOHAN, D. & K. MARIMUTHU: "A review on natural fibers", *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, ISSN: 8(2), 194, 206, 2011.
- FARUK, O., BLEDZKI, A. K., FINK, H-P., SAIN, M. "Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010", *Progress in Polymer Science*, ISSN: 0079-6700, 37: 1552– 1596, 2012.
- FLORES, M. N. y GONZÁLEZ, O.: *Efectos del tratamiento químico en las propiedades físicas y mecánicas de las fibras naturales como sustitutas de la fibra de vidrio en composites* Tesis de Grado Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, 2011.
- GARCÍA, J. J.: Influencia de las Fibras Naturales en Composites Biodegradables, Congreso Cidemco-Tecnali, Madrid, 2009.
- HERVÉ, CH., 2002: "Le 4 Pages des statistiques industrielles", *Revista del Ministère de l'économie des Francie*, 158, 1
- ISO/DIS 10878: *Ensayos no destructivos - Termografía infrarroja ISO/DIS 10878*, Vig. 2009.
- KORONIS, G., A. SILVA & M. FONTUL: "Green composites: A review of adequate materials for automotive applications", *Composites: Part B: Engineering*, ISSN: 1359-8368, 44: 120–127, 2013.
- KU, H.; H.WANG; N. PATTARACHAIYAKOOP & M. TRADA: "A review on the tensile properties of natural fiber reinforced polymer composites", *Composites Part B: Engineering*, ISSN: 1359-8368, 42(4) 856–873, 2011.
- KUMAR, S.: "Study on Mechanical behaviour of Banana Fiber Reinforced Epoxy Composites" Thesis of Bachelor in Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Rourkela, India, 2014.
- LÓPEZ, M. L.: 2010: "Los composites son los materiales que más innovan" eMagazines Plástico [en línea] 2010, Disponible en: [www.inte-rempresas.net/Plastico/Articulos/40358-Luis-Lopez-Mateo-Los-composites-son-los-materiales-que-mas-innovan-en-todo-el-mundo.html](http://www.inte-rempresas.net/Plastico/Articulos/40358-Luis-Lopez-Mateo-Los-composites-son-los-materiales-que-mas-innovan-en-todo-el-mundo.html) [Consulta: 15 de enero de 2015].
- MALONEY, T.: *Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing*, Miller Freeman Publications. USA, 1977.
- MEDINA, J. A.: *Compuestos de PVC reforzados con fibras nativas naturales* Universidad de los Andes. PVC Foro andino Cartagena de Indias, 02-08, 2008.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL DE COLOMBIA: *Cadena productiva forestal, tableros aglomerados y contrachapados, muebles y productos de madera*, Informe proyecto transición de la agricultura. Giro Editores Ltda. ISBN: 978-958-97128-5-6. Colombia, 2007.
- NGUONG, C. W.; LEE S. N. & SUJAN D.: "A Review on Natural Fibre Reinforced Polymer composites" *International Journal of Chemical, Nuclear, Metallurgical and Materials Engineering*, ISSN: 1542-6580, 1: 33-40, 2013.
- OKUBO, K., T. FUJII & Y. YAMAMOTO: "Development of bamboo-based polymer composites and heir mechanical properties", *Composites Part A-Applied Science and Manufacturing*, ISSN: 1359-835X, 35: 377–383., 2004.
- PUGLIA D., BIAGIOTTI J. AND KENNY J. M., 2004: "A Review on Natural Fibre-Based Composites– Part II: Application of Natural Reinforcements in Composite Materials for Automotive Industry" *Journal of Natural Fibers*, ISSN: 1544-0478, 1(3), 23-65.
- RIVAROLA, A.; L. ROJO; M. GARDEY Y P. ARENA: *Materiales Alternativos para la fabricación de placas de aglomerado*, Reciclado de residuos de construcción y demolición (RCD) y de residuos de procesos (RP) Universidad Tecnológica Nacional – Mendoza (Argentina) ISBN 950-42-0056-7., Mendoz, Argentina, 2006.
- SAILESH, A. & C. SHANJEEVI: "Predicting the best hardness of Banana-Bamboo-Glass fiber reinforced Natural fiber composites using Taguchi method", *International Journal of Engineering Development and Research*, ISSN: 2: 89-92, 2014.
- SITI, S. S., S. ABDUL; O. WAN & M. JAWAID: *Bamboo Based Biocomposites Material, Design and Applications*, Chap 19 Materials Science - Advanced Topics ISBN 978-953-51-1140-5, 489-517, USA, 2013.

**Recibido:** 25/01/2015.

**Aprobado:** 09/10/2015.

**Publicado:** 13/01/2016.

Alexander Gaitán, Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Universidad del Quindío, Colombia. Carrera 15 Calle 12N Esquina, Correo electrónico: [gfonthal@uniquindio.edu.co](mailto:gfonthal@uniquindio.edu.co)

Gerardo Fonthal, Universidad del Quindío, Colombia, Correo electrónico: [gfonthal@uniquindio.edu.co](mailto:gfonthal@uniquindio.edu.co)

Hernando Ariza-Calderón, Universidad del Quindío, Colombia, Correo electrónico: [gfonthal@uniquindio.edu.co](mailto:gfonthal@uniquindio.edu.co)

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.