

# APTITUD DE LA MADERA DE OCHO ESPECIES LATIFOLIAS QUE CRECEN EN CUBA PARA LA FABRICACIÓN DE AGLOMERADOS CON CEMENTO

ING. DIGNA VELÁZQUEZ VIERA, DRA. KATIA MANZANARES AYALA E ING. CELIA GUERRA RIVERO

Instituto de Investigaciones Forestales. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, reparto Siboney, Playa, La Habana, digna@forestales.co.cu, katia@forestales.co.cu, celia@forestales.co.cu

## RESUMEN

Se realizó un estudio para determinar el grado de afinidad con el cemento Portland de la madera de ocho especies forestales que se desarrollan en dos macizos montañosos de Cuba: Guaniguanico y Sagua-Nipe-Baracoa. Se empleó el método de medición de la temperatura de hidratación de las muestras de madera-cemento comparadas con un testigo. Se comprobó que de las ocho especies, las cuatro correspondientes al macizo de Guaniguanico, presentan diferentes grados de compatibilidad –*Quercus cubana* A. Rich, *Pithecellobium arboreum* L., *Poeppegia procera* Prest y *Zanthoxylum elephan-teasis* Macfd.–, mientras que las restantes que crecen en la zona Sagua-Nipe-Baracoa son incompatibles –*Lysiloma sabicu* A. Rich, *Guaiacum officinale* (L.), *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud y *Hebestigma cubense* (H. B. K.) Urb.–. Las especies buenas y regulares se proponen como posibles fuentes de materia prima en la producción de productos compuestos minerales para el levantamiento de viviendas rurales.

Palabras claves: *aglomerados, compatibilidad, cemento, hidratación, especies*

## ABSTRACT

The study was carried out a order to determine the degree of likeness with the cement Portland of the wood of 8 forest species that are developed in two solid mountainous of Cuba (Guaniguanico and Sagua-Nipe-Baracoa). The method of mensuration of the hydration the temperature of the wood - cement samples was compared with neat cement. It was proven that of the 8 species, the four corresponding to the solid of Guaniguanico present different degrees of compatibility –*Cuban Quercus* to Rich, *Pithecellobium arboreum* L., *Poeppegia eminent person* Prest and *Zanthoxylum elephanteasis* Macfd.–, while the remaining ones that Sagua-Nipe-Baracoa grows in the area Mac are incompatible –*Lysiloma sabicu* A. Rich, *Guaiacum officinale* (L.), *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud, *Hebestigma cubense* (H B K.) Urb.–. The species clasificated is well and regular are considered to possible raw source of rural housing

Key words: *agglomerates, compatibility, cement, hydrate, species*

## INTRODUCCIÓN

Entre las múltiples utilidades que presenta la madera, está su empleo en la elaboración de productos aglomerados con cemento; sin embargo, la selección de las fibras en la producción de estos materiales es una de las actividades más importantes antes de proponer su empleo en esta tecnología [Irle y Simpson, 1994; Fernández y Toja, 2002].

Sanderman y Kholer (1964), referido por Sutigno (2002), desarrollaron un método en la selección de especies para su empleo en la elaboración de productos aglomerados con cemento. Este método se basa en la medición de la temperatura de hidratación de las mezclas.

La variada composición química de la madera es responsable de que muchas especies forestales resulten aptas para combinarse con el cemento. Las especies con alto contenido de tanino, azúcares, almidones y otros compuestos no son compatibles con este aglutinante [Klatt y Spieros, 2002]. Muchos investigadores han trabajado para mejorar la compatibilidad de las fibras de las especies latifolias con el cemento, basados fundamentalmente en el empleo de aditivos químicos y otros tratamientos [Ma *et al.*, 2002; Semple *et al.*, 2002].

Algunos estudiosos del tema plantean las ventajas de las coníferas sobre las latifolias para ser empleadas en esta tecnología [Dewitz *et al.*, 1981; Velenzuela *et al.*, 1983]; sin embargo, Velázquez *et al.* (2005), al estudiar nueve especies latifolias de Cuba, encontraron que solo dos presentan incompatibilidad con el cemento.

El objetivo de este trabajo es continuar los estudios de compatibilidad con cemento que presentan las especies latifolias para ser propuestas como potenciales generadoras de materia prima –residuos leñosos– en la producción de aglomerados con cemento como material de construcción.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Departamento de Tecnología y Productos Naturales del Instituto de Investigaciones Forestales (IIF). Las muestras de madera se tomaron de árboles adultos de los diferentes maticos montañosos, como indica la *Tabla 1*.

Los árboles se trocearon en el bosque, y los bolos se procesaron en el IIF hasta obtener granulometría 7 menor de 20 y mayor de 40 mesh. Se empleó cemento Portland PP-250 de producción nacional. La mezcla se preparó empleando una dosis de cemento-madera-agua en relación con el peso de 1:0,1:0,5 para la muestra de estudio. El patrón se dosificó con igual relación cemento-agua (1:0,5) en correspondencia con la metodología propuesta por Sanderman y Kholer (1964). Una vez homogeneizadas las muestras –ensayo y testigo– se depositan en sendos vasos de cartón parafinado y se colocan en un sistema adiabático con termómetros insertados (*Fig. 1*).

La medición de la temperatura de hidratación se realizó durante 20 h consecutivas. Para el cálculo del co-

eficiente de aptitud (A) se utilizó el método descrito por Vilela *et al.* (1968), donde las especies se clasifican en correspondencia con el valor de este

indicador en muy buenas (MB) (> de 80%), buenas (B) (60 a 79%), regulares (R) (50 a 59%) y malas (M) (< de 50%).

**TABLA 1**  
**Relación de especies estudiadas**

<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre vulgar</i>	<i>Procedencia</i>
<i>Quercus cubana</i> A. Rich	Encino	Guaniguanico
<i>Pithecellobium arboreum</i> (L.) Urban.	Sabicú moruro	Guaniguanico
<i>Poeppigia procera</i> Prest	Tengue	Guaniguanico
<i>Zanthoxylum elephantiasis</i> Macfd.	Bayúa	Guaniguanico
<i>Lysiloma sabicu</i> A. Rich	Sabicú	Sagua-Nipe-Baracoa
<i>Guaiacum officinale</i> (L.)	Guayacán	Sagua-Nipe-Baracoa
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	Piñón florido	Sagua-Nipe-Baracoa
<i>Hebestigma cubense</i> (H. B. K.) Urb.	Frijolillo	Sagua-Nipe-Baracoa



*Fig. 1.* Sistema adiabático para la medición de la temperatura de hidratación.

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Se presenta la variación de la temperatura según el tiempo de hidratación de la pasta para cada especie durante 20 h de reacción (Tablas 2 y 3). Se observa que las muestras de Guaniguanico resultaron compatibles con el coeficiente de aptitud entre 61-95,5% (Tabla 2). En el primer grupo

se destaca encino con el mayor valor de ese indicador. Al parecer la madera de estas especies presenta pocas sustancias inhibidoras del fraguado, y pueden ser empleadas para combinarse con el cemento en la formación de aglomerados como material de construcción. Resultados similares reporta Velázquez *et al.* (2004) al estudiar un grupo de especies latifolias de la región de La Palma, en Pinar del Río.

**TABLA 2**  
**Temperatura de hidratación de las muestras de madera-cemento de especies forestales del macizo montañoso de Guaniguanico**

Tiempo (h)	Temperaturas (°C)				
	Patrón	Encino	Moruro	Tengue	Bayúa
Ambiente	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0
Inicio	26,6	28,0	27,0	27,0	27,0
1	27,5	31,0	29,0	29,0	29,0
2	28,0	31,8	29,0	29,0	29,0
5	33,8	34,0	35,0	28,5	29,0
6	37,4	34,6	37,0	28,5	29,5
9	42,4	37,5	38,0	30,0	31,5
11	43,8	41,0	41,0	32,0	33,0
12	43,4	43,0	42,8	33,0	34,0
15	40,2	40,0	41,0	37,0	37,0
18	38,8	38,0	38,0	39,0	37,0
22	37,5	34,0	34,0	38,0	35,2
Coeficiente de aptitud (%)		95,5	89,9	73,0	61,8
Clasificación		MB	MB	B	R

Las curvas representativas de las especies de Guaniguanico presentan un comportamiento típico con dos picos indicadores del desprendimiento de calor, uno inicial entre las primeras 3-4 h de comenzado el experimento con temperaturas superiores al patrón en todas las muestras. Este comportamiento puede deberse a la reacción exotérmica que se produce por la sacarosa presente en la madera y el calcio del cemento [Ma *et al.*, 1996]. Posterior a este tiempo el desprendimiento de calor de las muestras disminuye, y la trayectoria de la curva continúa su recorrido por debajo del testigo, el cual comienza a elevar la temperatura más aceleradamente y alcanza el máximo –segundo pico– antes que las especies de estudio.

Las especies encino y moruro solo requirieron una hora después que el patrón para lograr el mayor despren-

dimiento de calor con valores próximos a este (Fig. 2), mientras que las muestras de bayúa y tengue lograron sus máximos entre 7 y 4 h respectivamente posteriores al patrón. Al parecer la presencia de algunas sustancias inhibitoras presentes en la madera influyó sobre el tiempo de reacción de estas dos especies, aunque no en su compatibilidad. Similar razonamiento esboza Cabongan *et al.* (2002).

Los ensayos con las especies del macizo (Sagua-Nipe-Baracoa) se manifiestan de forma totalmente inversa a los de la zona occidental, cuyos indicadores de compatibilidad no superan el 30% (Tabla 3). Este comportamiento indica que cada especie latifolia reacciona diferentemente con el cemento Portland, como plantea Arguello *et al.* (2005), debido esencialmente a las particularidades de la composición química de las fibras.

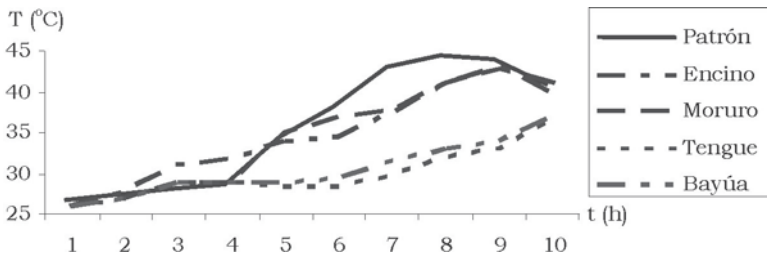


Fig. 2. Curvas de hidratación de especies del macizo montañoso Guaniguanico

La madera de estas especies deben ser portadoras de sustancias altamente perturbadoras de la compatibilidad con el aglutinante, como son azúcares, almidones, etc. Para aliviar estos efectos algunos investiga-

dores han realizado tratamientos a las fibras como lavados con agua caliente, biotratamientos, usos de aditivos como hidróxido de sodio y cloruro de magnesio, con resultados satisfactorios [Ma *et al.*, 1996; Semple *et al.*,

2002] y Manzanares *et al.* (2004) al estudiar algunas especies de bambúes.

En el estudio de las especies del macizo más oriental del país se observa un desprendimiento de calor ligero durante todo el tiempo de reacción, no rebasando los 34°C. En este grupo todas las especies presentan coeficientes de aptitud inferior al 50%, que las clasifica como malas (Tabla 3). Las sustancias inhibidoras antes mencionadas perturban el endurecimiento de la muestra, y se observan en el experimento que al término de las 20 h de reacción esta permaneció blanda y totalmente húmeda.

Las curvas representativas de las especies de Sagua-Nipe-Baracoa presentan una trayectoria casi lineal. Solo se presenta el primer pico con un ligero desprendimiento de calor en las primeras horas. Posteriormente la temperatura comienza a disminuir o se mantiene casi constante hasta acercarse al recorrido de la temperatura ambiente. Este comportamiento se hace más evidente a medida que la afinidad de la especie con el cemento es menor. Velázquez *et al.* (2005) reportan igual comportamiento al estudiar la madera de *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.

**TABLA 3**  
**Temperatura de hidratación de especies del macizo Sagua-Nipe Baracoa**

Tiempo (h)	Temperaturas (°C)				
	<i>Patrón</i>	<i>Sabicú</i>	<i>Guayacán</i>	<i>Frijolillo</i>	<i>Piñón florido</i>
a	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5
0	30	28,5	30	29,5	28,5
1	31	30	31	29,5	28,5
3	32	30	31	29,5	30,5
4	34	30	30,5	29,5	30,5
6	37,5	30	30,5	30,5	31,7
10	45,5	29,2	29,5	32,5	33,5
11	44,5	29,2	29,5	33	33,5
12	43,5	29,2	30	33	33,5
14	43,5	28	30	33	32,5
20	43,5	27	29	30	30
Coeficiente de aptitud (%)		8,8	14,7	26,4	29,4
Clasificación		M	M	M	M

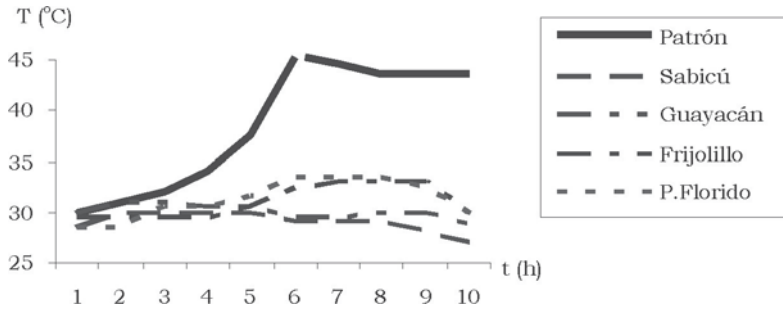


Fig. 3. Curvas de hidratación de especies de Sagua-Nipe-Baracoa.

## CONCLUSIONES

- Las especies del macizo montañoso Guaniguanico presentaron buenas respuestas para su combinación con el cemento con coeficientes de aptitud que las clasifican como muy compatibles (encino y moruro) y compatibles (tengue y bayúa).
- Las especies del grupo Sagua-Nipe-Baracoa no lograron índices de compatibilidad aceptables. Se recomienda el tratamiento de las astillas para elevar este indicador.
- Las especies que resultaron compatibles (MB, B y R) se recomiendan como posibles portadoras de materia prima para la producción de aglomerados con cemento, una vez que se establezca su aprovechamiento industrial.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARGUELLO, R.; M. GATANI; H. BERRETA: «Componentes constructivos con cáscara de cacahuate (maní) y cemento. Primeros estudios sobre las incompatibilidades físico-químicas en el fraguado del material», Seminario Iberoamericano de Tecnología de Materiales, Subprograma CYTED, La Habana, 2005.
- CABANGON, R. C.; D. A. EUSEBIO; F. P. SORIANO; R. B. CUNNINGHAM; C. DONEELY; P. D. EVANS: «Effect of Post-Harvest Storage on the Suitability of *Acacia mangium* for the Manufacture of Wood Wool Cement Board», ACIAR, Proceeding of Workshop of Wood Cement Composites in the Asia-Pacific region, Canberra, 2002.
- DEWITZ O.; K. D. KUSCHY; G. LEHMANN; S. KALUSHE: «Influencia del tipo de madera sobre la elaboración de tableros mineralizados», *Helft 3* (4):178-181, 1981.
- FERNANDEZ, E.; V. TAJA: «The Use and Processing of Rice Straw in the Manufacture of Cement Bonded Fibreboard», ACIAR. Proceeding of Workshop of Wood cement Composites in the Asia-Pacific region, Canberra, 2002.
- IRLE, M.; H. SIMPSON: «Agriculture Residues for Cement Bonded Composites», University of Wales, Bangor, 1994.
- KLATT, R.; S. SPIERS: «Rice Hulls. A Unique Building Material for the Manufacture of Extrude composite». ACIAR. Proceeding of a Workshop Wood Cement Composites in the Asia-Pacific region, Canberra, 2002.
- MA, L., Y. KUROKI; W. NAGADOMI; W. SUBIYANTO; S. HAWAI: «Manufacture of Bamboo-Cement Composites I. Hydration Characteristics of Bamboo-Cement Mixtures», *Journal of the Japan Wood Research Society* 42 (1):34-42, 1996.
- MANZANARES, K.; D. VELÁZQUEZ; MA. A. GUYAT: «Aptitud de algunas especies de bambúes en la construcción ecológica», Representación FAO en Cuba, La Habana, <http://www.fao.cubasi.cu>, 2004.

- SANDERMANN, W.; R. KHOLER: «Studies on Mineral Bonded Wood Materials IV. A Short Test of the Aptitudes of Woods for Cement Bonded Materials», *Holzforshung*, 18(12):53-59, 1964.
- SEMPLE, K.; R. CUNNINGHAM; P. D. EVANS: «Compatibility of Eight Temperate Australian Eucalyptus Species with Portland Cement». Proceeding of Workshop Wood Cement Composites in the Asia-Pacific region, ACIAR, Canberra, 2002.
- SUTIGNO, P.: «Effect of Aqueous Extraction of Wood Wool on the Properties of Wood Wool Cement Board Manufactured from Teak (*Tectona grandis*)». Proceeding of Workshop Wood Cement Composites in the Asia- Pacific region, ACIAR, Canberra, 2002.
- VALENZUELA, W.; T. CRUZ: «Aptitud de la madera de cinco especies forestales para fabricar tableros de fibrocemento», *Revista Forestal del Perú*, 11 (1-2):3-16, 1983.
- VELÁZQUEZ, D.; .M. CASTILLO; K. MANZANARES: «Compatibilidad de especies maderables de La Palma para formar aglomerados», *Revista Forestal Baracoa* (1):79-86, 2004.
- VELÁZQUEZ, D.; K. MANZANARES.; C. GUERRA: «Residuos maderables. Aptitud de nueve especies latifolias de diferentes macizos montañosos para la fabricación de ecomateriales» *Revista Forestal Baracoa* 24(1):41-47, 2005.
- VILELA, E.; B. DU PASQUIER: «Determinación del coeficiente de aptitud de un grupo de maderas para su posible aplicación en la fabricación de tableros de pajilla de madera», *Revista Forestal Venezolana* 11(16):75-84, 1968.