COMPATIBILIDAD DE ESPECIES MADERABLES DE LA EMPRESA LA PALMA PARA FORMAR AGLOMERADOS CON CEMENTO

Digna Velázquez Viera, Katia Manzanares Ayala, María Antonia Guyat Dupuy

Instituto de Investigaciones Forestales (IIF). Calle 174 no. 1723 e/ 17 B y 17 C, Rpto. Siboney, Playa, La Habana, Cuba,
c.e.: digna@forestales.co.cu.

RESUMEN

Se presentan los resultados en los estudios para definir la afinidad de la madera con el cemento Portland de algunas especies que crecen en el área perteneciente a la Empresa Integral Forestal La Palma, en Pinar del Río, con el objetivo de realizar recomendaciones de usos de los residuos compatibles en la elaboración de ecomateriales. Se empleó el método basado en la medición de la temperatura máxima de hidratación de las muestras patrón y el cálculo del coeficiente de aptitud. Se encontró que las especies encino, moruro, yamagua, cedro y macurije resultaron muy buenas*, con coeficientes de aptitud por encima de 80%, mientras que majagua, guásima y pomarrosa se catalogan como* buenas *con indicador de compatibilidad de 65%. La madera de teca, caoba, tengue y almácigo registraron valores del coeficiente menor de 50%, lo que las clasifican como* malas.

ABSTRACT

This paper presented the results obtained in order to define the suitability with Portland cement of some wood species that grow at The Palma Forest Integral Company areas. The main objective was to carry out recommendations of this suitable material for their employment in the ecomaterials manufacturing. The method was based on mensuration of the maximum temperature of hydrate of the samples pattern and it proves and the calculation of the aptitude coefficient. It was found that the species Encino, moruro, yamagua,cedro and macurije were very good with aptitude coefficient above 80% while the majagua, guasima and pomarrosa are classified as good with coefficient bigger than 65%. Teak, mahogany, tengue and almacigo registered values smaller than 50%, classified as bad.

INTRODUCCIÓN

La selección de materiales lignocelulósicos compatibles con el cemento se ha convertido en una prueba confirmatoria para el diagnóstico de la materia prima en la obtención de productos compuestos basados en la unión de partículas [Irle *et al.*, 1994], tanto a escala experimental de laboratorio como a nivel de producción industrial.

Sanderman y Kholer (1964) midieron la variación de la temperatura de hidratación de la pasta de madera y cemento mediante 99 especies maderables, y diferenciaron la compatibilidad a más de 60°C, para mostrar incompatibilidad a menos de 50°C.

Para el caso de Cuba, estudios realizados durante más de quince años en el Instituto de Investigaciones Forestales (IIF), en unas cuarenta especies maderables, más algunos materiales lignocelulósicos como fibras de coco, marabú y bambú, han revelado que la compatibilidad se presenta en el entorno de 35-50°C con cemento P-250 y P-350 de producción nacional [Quesada *et al.*, 2001].

La situación más compleja se presenta con las especies latifolias, cuyos extractivos funcionan como potentes inhibidores del fraguado del cemento. Se han elaborado teorías de tratamientos para resolver este inconveniente con la tecnología de fabricación de ecomateriales para la construcción y levantamiento de muros.

En el presente trabajo se examina este asunto de referencia en un grupo de especies maderables de las zonas aledañas a la Empresa Forestal Integral La Palma, con el objetivo de proponer algunas especies latifolias que pudieran declararse aptas para la elaboración de bloques de madera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Laboratorio de Tecnología de la Madera del IIF y en las inmediaciones del Plan Carbonero de la unidad silvícola La Jagua, de la Empresa Forestal Integral La Palma, en Pinar del Río.

Se tomaron muestras procedentes de las especies *Jambosa vulgaris* D. C. (pomarrosa), *Matayba oppositifolia* (A. Rich) Britt (macurije), *Poeppigia procera* Presl. (tengue), *Hibiscus tiliaceus* L. (majagua), *Bursera simaruba* (L.) Sargent (almácigo), *Quercus cubana* A. Rich (encino), *Peltophorum adnatum* Griseb. Fl. (moruro), *Tectona grandis* L. f. (teca), *Guarea guara* (Jacq.) P. Wils. (yamagua), *Guazuma tomentosa* H. B. K. (guásima), *Cedrela odorata* Sw. (cedro) y *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. (caoba) [Bisse, 1998], recogidas en forma de aserrín grueso como resultado de una transformación primaria de la madera.

La compatibilidad de las maderas se determinó mediante la medición directa de la temperatura máxima de hidratación de una muestra de prueba en comparación con un patrón, dispuestos ambos en un sistema adiabático. El cálculo del coeficiente de aptitud, según Vilela *et al.* (1968), se determinó por la fórmula:

$$A = \frac{Tm - Ta}{TM - Ta} \times 100$$

donde

A: Coeficiente de aptitud (%).
Tm: Temperatura máxima de la muestra de prueba (°C).
TM: Temperatura máxima de la muestra patrón (°C).
Ta: Temperatura ambiente (°C).

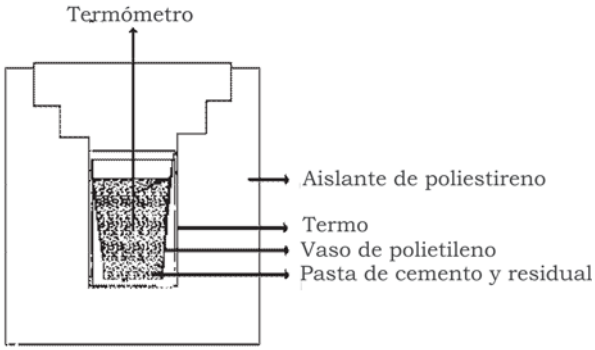

Fig. 1. Disposición del termo adiabático en el ensayo de Sanderman

La muestra típica de prueba consiste en pequeñas partículas obtenidas en una malla de 2 x 2 m, mezclada con cemento y agua en un vaso plástico, en proporción de 1:10:5 [Sanderman, 1964].

La granulometría obtenida fue secada a temperatura ambiente y no fueron tratadas con aceleradores de fraguado. El material se dispuso en el equipo diseñado para el ensayo [Velázquez *et al.*, 1997], y se insertaron los termómetros medidores del indicador del gradiente de curado del cemento Portland (*Fig. 1*). La toma de los datos se realizó por espacio de 12 a 20 h, de forma manual, y comenzó inmediatamente después que las muestras estaban preparadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mayor registro de temperatura de hidratación se alcanzó por las especies encino, moruro, cedro y yamagua, con registros de 42, 42, 41 y 41,5°C, respectivamente, a las 12 h de iniciado el ensayo, mientras que el valor más bajo se encontró en las especies almácigo, teca, caoba y tengue, con valores de temperatura de 29; 31,2; 28,5; y 31°C, respectivamente, siendo este grupo de especies valoradas como *no compatibles* (*Tabla 1*). Linfei *et al.* (1997) aseguran que los picos de la temperatura máxima de hidratación están afectados por la abundancia de sustancias inhibidoras del fraguado del cemento, que en este caso inciden sobre las especies de menores registros térmicos.

Se presentan valores intermedios de temperaturas en las especies majagua, guásima, macurije y pomarrosa, con 39; 38; 38 y 37,5°C, respectivamente. Estos datos indican que cada especie latifolia reacciona diferente con el cemento Portland, tal como plantea Moslemi (1984), debido esencialmente a las particularidades de la composición química de las maderas.

En este caso, las especies almácigo y caoba no sobrepasaron los 30°C

de temperatura de hidratación, lo cual es indicativo del fuerte impacto que ejercen las sustancias inhibidoras del fraguado del cemento, presentes en la madera de estas especies [Moslemi, 1984; Lingfei, 1996]. Se encontró un mejoramiento de la compatibilidad en la especie *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. (ipil-ipil) cuando se lavó la pulpa con hidrotratamiento, lo cual pudiera realizarse en estas especies para elevar la temperatura máxima de hidratación [Manzanares *et al.*, 2003].

De acuerdo con la interpretación del coeficiente de aptitud, se puede observar que la madera de encino, moruro, yamagua, cedro y macurije están catalogadas de *muy buenas,* y como *buenas* la majagua, guásima y pomarrosa, con coeficiente de aptitud mayor de 80 y 61%, respectivamente. Esta evaluación de calidad indica que este grupo de especies pueden ser declaradas como *aptas* para la implementación de las tecnologías de aglomerados con adhesivos inorgánicos.

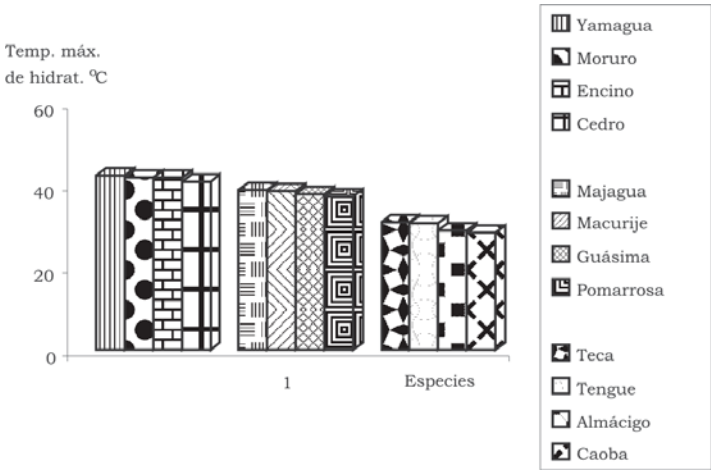

Fig. 2. Temperaturas máximas de hidratación

Este experimento contribuye a confirmar que la aplicación del test de Sanderman es también posible sin la utilización de aditivos químicos en las especies compatibles. En este sentido algunos investigadores informan mayores valores de los picos de la temperatura de hidratación si se adicionan sales de cloruro y magnesio a la pasta [Lingfei, 1998]; sin embargo, para almácigo, teca, caoba y tengue, cuya compatibilidad no es significativa, se sugiere la aplicación de este tratamiento para lograr despejar definitivamente la aptitud frente al aglomerante hidráulico. Para el mejoramiento de la compatibilidad se

puede probar con agua fría o caliente, y soluciones de hidróxido de sodio a 1% [Lingfei, 1997].

El comportamiento del coeficiente de aptitud y las temperaturas máximas de hidratación de las muestras están representados en la *Tabla 1*.

El comportamiento de la temperatura de hidratación durante todo el tiempo del experimento está recogido en las *Figs.* 3, 4 y 5. Se observa que todas las especies presentan una elevación de la temperatura en las primeras horas de reacción para lograr el primer pico por encima del testigo en las tres primeras horas. Posteriormente el desprendimiento de calor se hace más lento y la trayectoria de la curva continúa su recorrido por debajo de la muestra patrón, el cual, después de las primeras dos o tres horas, comienza a elevar la temperatura más aceleradamente y alcanza el máximo antes que las muestras compatibles. Esta elevación de la temperatura inicial en las primeras horas puede deberse a la reacción exotérmica que se produce por la sacarosa presente en la madera y el calcio del cemento [Lingfei, 1996].

TABLA 1
Coeficiente de aptitud obtenido en cada especie estudiada

Especies	Temperatura máxima de hidratación (°C)	Coeficiente de aptitud (A) (%)	
Yamagua	42,5	98,2	MB
Encino	42,0	98,6	MB
Moruro	42,0	98,6	MB
Cedro	41,0	89,5	MB
Majagua	39,0	78,2	B
Macurije	38,8	83,05	MB
Guásima	38,0	72,20	B
Pomarrosa	37,5	77,4	B
Teca	31,2	25,13	M
Tengue	31,0	40,67	M
Almácigo	29,0	10,20	M
Caoba	28,5	17,3	M

En las especies que alcanzan coeficientes de aptitud entre los rangos aceptables –MB y B– se produce una elevación de la temperatura de forma paulatina, con un recorrido de la curva por debajo del patrón, pero muy próxima hasta que se alcanza el segundo pico o temperatura

máxima un tiempo después del testigo, mientras que en las clasificadas como *regulares*, la trayectoria se aleja del testigo, en tanto el mayor desprendimiento de calor o segundo pico se produce más tarde.

Las especies no compatibles (tengue, almácigo, teca y caoba) presentan un comportamiento en la trayectoria de la curva totalmente diferente, ya que después del primer pico inicial la temperatura comienza a descender 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 (*Figs. 3*, *4* y *5*).

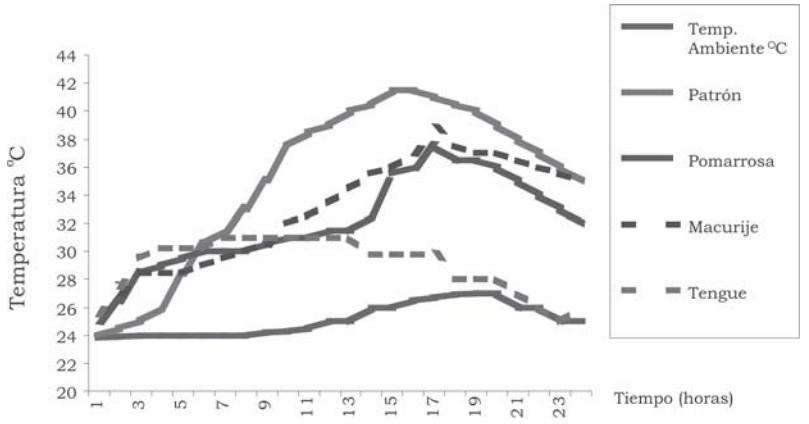

Fig. 3. Curvas de hidratación de tres especies

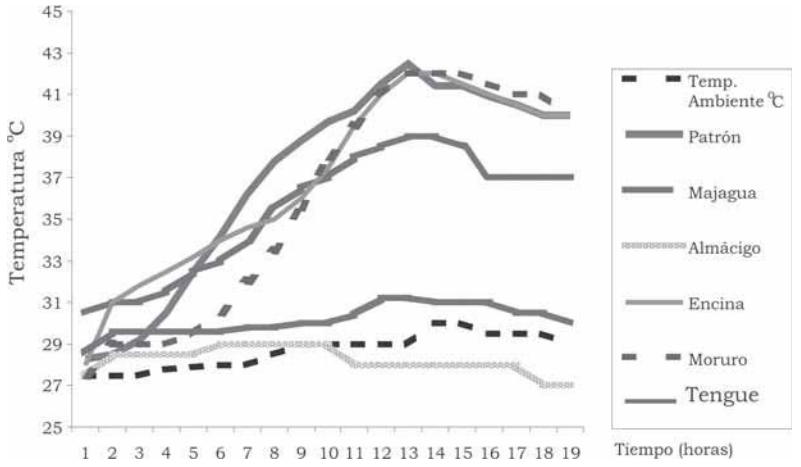

Fig. 4. Curvas de hidratación de cinco especies

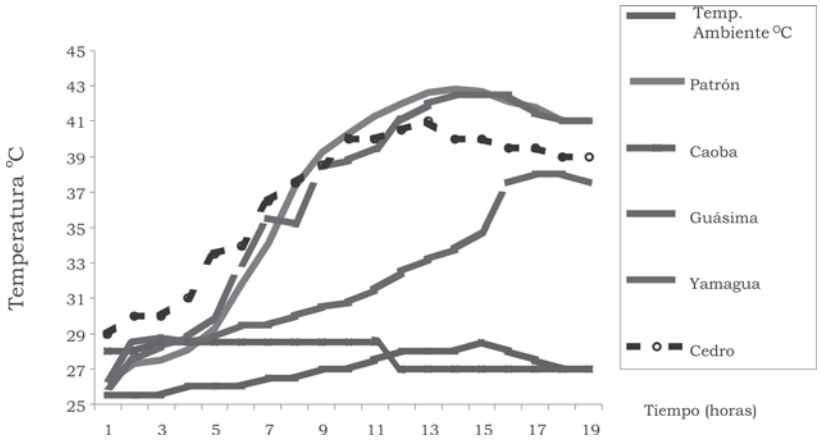

Fig. 5. Curvas de hidratación de cuatro especies

CONCLUSIONES

- Las especies maderables yamagua, encino, moruro, cedro, majagua, guásima, pomarrosa y macurije son compatibles con la tecnología de aglomeración mineral, ya que registraron valores del coeficiente de aptitud mayores de 60%, catalogado como *muy bueno* o *bueno*.
- Se comprobó que la madera de almácigo, tengue, teca y caoba no son compatibles con el cemento por presentar un coeficiente de aptitud menor de 50%.
- Se recomienda realizar a las muestras no compatibles un tratamiento para mejorar la aptitud y moderar los efectos negativos de la composición química.

BIBLIOGRAFÍA

Bisse, J.: *Árboles de Cuba*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 1988.

Irle, M.; Helen Simpson: (1994). «Agricultural Residues for Cement Bonded Composites», School of Agricultural and Forest Science/Bagor/, 1994.

Lingfei, M. *et al*.: «Fabricación de aglomerados de bambú y cemento. II. Efecto de los aditivos sobre las características de la hidratación de las mezclas de bambú y cemento», *Revista Makuzai Gakkaishi* 43 (9):753-762, 1997.

Manzanares, Katia; Digna Velásquez; Marta Jiménez: «Experiencia en el establecimiento de una leguminosa en una parcela agrosilvícola», Resumen V Encuentro Agricultura Orgánica, ACTAF, La Habana, 2003.

Moslemi, A. A.: «Compatibility of Southerm Handwoods with Portland Cement», *Forest Product Journal* 4 (34):23-26, 1984.

Quesada, Isariebel; U. Jáuregui; Katia Manzanres; Digna Velásquez: «Compatibilidad del residual sólido proveniente de la obtención de Vimang con el cemento Portland para la elaboración de bioconcreto», V Taller de la Cátedra de Medio Ambiente, Instituto Superior de Ciencias y Tecnologías Nucleares, La Habana, 2001.

Sandermann W.; R. Kholer: «Studies on Mineral Bonded Wood Material. IV. A Short Test of the

Aptitudes of Woods for Cement Bonded Materials», *Holzforshung* 18 (2):53-59, 1964.

Velásquez, Digna *et al*.: «Equipo medidor de compatibilidad», DTPN, La Habana, 1997.

Vilela, E.; B. Du Pasquier: «Determinación del coeficiente de aptitud de un grupo de especies para su posible aplicación en la fabricación de tableros de pajilla de madera y cemento», *Revista Forestal Venezolana* 11(16):75-84, 1968.