

# EFECTO DE LA RELACIÓN MADERA-CEMENTO SOBRE LA COMPATIBILIDAD DE LA MADERA CON EL AGLUTINANTE

Ing. Digna Velázquez Viera e Ing. Katia Manzanares Ayala

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

---

## RESUMEN

*Las pruebas de compatibilidad de la madera con el cemento constituyen investigaciones imprescindibles para el empleo de los residuos maderables en la tecnología de producción de aglomerados. Se estudian cuatro relaciones de dosificación de madera y cemento gris Portland P-250 como aglutinante hidráulico principal mediante el método termométrico con un testigo de comparación. En el estudio se empleó astillas de Pinus tropicales Morelet. El objetivo de la investigación consiste en verificar el efecto que presenta la variación del contenido de cemento sobre el valor del coeficiente de aptitud, su clasificación, la temperatura y el tiempo de hidratación de las muestras. Se encontró una ligera variación de la temperatura de hidratación al transitar entre las relaciones 1:10, 1:9, 1:8 y 1:5, mientras que el coeficiente de aptitud tuvo un descenso considerable de la primera variante a la última, con valores que oscilan entre 95,15 hasta 53,3%. Se presen-*

## ABSTRACT

*The tests of compatibility of the wood with the cement constitute indispensable investigations for the definition of employment of the residuals maderables in the technology of production of agglomerates. Four relationships of wooden dosage and gray cement Portland P-250 like main hydraulic agglutinant are studied by means of the method termometric with a comparison witness. In the study it was used chips of tropical Pinus tropicales Morelet. The objective of the investigation consists on verifying the effect that presents the variation of the cement content about the Value of the Coefficient of Aptitude, its classification, the temperature and the time of hydrate of the samples. He/she was a slight variation from the hydrate temperature when trafficking among the relationships 1:10, 1:9, 1:8 and 1:5, while the Coefficient of Aptitude presented a considerable descent from the first variant to the last one, with values that they oscillate among 95,15 up to 53,3%. The representative*

tan las curvas representativas del proceso de fraguado de las mezclas.

**Palabras clave:** compatibilidad, aglomerados, residuos madera, biomasa, cemento

curves of the process are presented of having forged of the mixtures.

**Key words:** compatibility, agglomerates, residuals wood, biomass, cement

## INTRODUCCIÓN

Una evaluación de los bosques debe abordar todos los beneficios que estos pueden proporcionar, desde los locales hasta los mundiales. De no ser así, se corre el riesgo de que predomine la información solo vinculada con los problemas del cambio climático y la biodiversidad, y se marginen los aspectos de producción local y desarrollo rural [Holmgren y Person, 2002]. Una de las características del aprovechamiento forestal en muchos de los bosques tropicales es la sub-utilización, porque solo se sacan las trozas de alto valor comercial quedando en las áreas de tala cantidades de madera aprovechable [Sabogal *et al.*, 2001].

La carencia de viviendas y el alto costo de los materiales de construcción ha provocado que en muchos países se promueva el uso de productos aglomerados a base de madera y cemento [Fernández, 1987]. La selección de las fibras en la producción de estos materiales es una de las actividades más importantes antes de proponer su empleo [Irlé, 1994].

El cemento Portland es un producto artificial de color gris formado de la calcinación hasta fusión de mezclas proporcionadas rigurosamente de caliza y arcilla [Aguado, 1983]. De esta afirmación se puede inferir que este aglutinante es obtenido a partir de materias primas no renovables mediante procedimientos que emplean portadores energéticos, por lo que es

importante economizar este producto en los procesos donde sea imprescindible su empleo sin afectar los resultados finales.

El objetivo de la investigación consiste en verificar el efecto que produce la variación del contenido de cemento sobre el coeficiente de aptitud, la temperatura y el tiempo de hidratación de las muestras, de manera que posibilite la disminución de su consumo en las pruebas de compatibilidad entre ambos materiales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Instituto de Investigaciones Forestales. Se empleó cemento Portland gris PP-250 como aglomerante y astilla de madera de la especie *Pinus tropicales* Morelet. Las trozas fueron colectadas de las áreas de tala y procesadas hasta obtener astillas tecnológicas (menor de 20 y mayor de 40 mesh).

A partir de la dosificación tradicionalmente o base (relación maderacemento 1:10) se disminuyó el contenido de cemento en tres variantes (*Tabla 1*). Se empleó el método termométrico basado en la medición de la temperatura máxima de hidratación de las muestras de prueba (cemento-agua-madera) comparada con un patrón (cemento-agua) ambos sometidos a un sistema adiabático [Sanderman y Kholer, 1964]. Se realizaron tres repeticio-

nes por variante. Se verificó la temperatura de reacción mediante lecturas sucesivas cada hora hasta obtener la temperatura máxima de hidratación. El coeficiente de aptitud (A) se calcula por la aplicación de una ecuación matemática [Vilela y Dupasquier, 1968] y las muestras se clasifican en correspondencia con los valores del coeficiente en *muy buenas* (A > 80%) *buenas* (A = 60-79%), *regular* (A = 50-69%) y *malas o no compatibles* (A < 50%)

$$A = Tm - T_o / TM - T_o$$

donde:

A: Coeficiente de aptitud (%)

Tm: Temperatura máxima de hidratación de la muestra de ensayo (°C)

TM: Temperatura máxima de hidratación de la muestra patrón

To: Temperatura ambiente al inicio del proceso (°C)

**TABLA 1**  
**Variantes estudiadas en la relación madera-cemento**

<i>Variantes</i>	<i>Madera-cemento-agua (g)</i>	<i>Relación madera-cemento</i>
V1 (base)	20/200/100	1:10
V2	20/175/100	1:9
V3	20/150/100	1:8
V4	20/100/100	1:5
Patrón	0/200/100	-

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observa una disminución de la temperatura máxima a medida que los contenidos de cemento transitan de la variante 1 a la 4. Al disminuir 12,5% el aglutinante (de V1 a V2) la temperatura descendió 1,7°C, y con 50% menos (de V1 a V4) disminuye 6,9°C. Es evidente que el aglomerante es el principal responsable de la reacción exotérmica, y que a medida que este desciende también lo hace la temperatura máxima de la reacción. Las diferencia de temperaturas de hidratación encontradas coinciden con lo reportado por Lee y Hong (1987), que asegura que en algunas especies

latifolias y coníferas se presenta una drástica reducción de la temperatura máxima de hidratación al disminuir la dosis de cemento.

Se encontró en la mezcla patrón el mayor desprendimiento de calor (43°C) a las siete horas de iniciada la reacción, mientras que en la variante 1, con igual contenido de cemento, se necesitaron dos horas más para obtener el mayor pico de la temperatura de reacción, lo que está dado por la presencia de sustancias químicas en la composición de la madera que ejercen la función de retardador del fraguado al reaccionar con el aglutinante (*Tabla 1*).

En la selección de especies para la elaboración de productos a base de madera-cemento, muchos investigadores reportan la necesidad de aplicar sustancias aceleradores del fraguado, como son las sales de calcio y magnesio, como lo reporta Semple *et al.* (2004) en ensayos con *Acacia mangium* Willd.

A pesar de la disminución de la relación madera-cemento desde 1:9 hasta 1:5, no se observó alteración relacionada con el tiempo transcurrido para alcanzar la máxima elevación de la temperatura al transitar de la variante 2 a la 4, ya que lograron el mayor desprendimiento de calor en el mismo tiempo (10 h); sin embargo, Valenzuela (1989) plantea que el tiempo es un indicador de consideración para medir la compatibilidad

de la mezcla de prueba en relación con la muestra patrón.

El coeficiente de aptitud se mantuvo en el rango de *muy bueno* en las dos primeras variantes, aunque su valor disminuyó 10,31% de la primera a la segunda. Resultados similares fueron encontrados por Velázquez *et al.* (2005) al estudiar los residuos leñosos de un grupo de especies latifolias. Al continuar descendiendo del contenido de cemento de 175 a 150 g y a 100 g, este parámetro transitó de las categorías *muy bueno* a *bueno* y *regular* respectivamente, lo que indica que la disminución del contenido de cemento por debajo del 80% en relación con la variante base puede provocar un enmascaramiento de la compatibilidad de la madera y falsificar su coeficiente de aptitud.

**TABLA 2**  
**Valores de la temperatura de hidratación en cada tiempo**

Tiempo (horas de iniciado el ensayo)	Relación en peso madera-cemento (g)				
	Patrón 0/200	V1 (20/200)	V2 (20/175)	V3 (20/150)	V4 (20/100)
1	27,4	29,5	29,2	27,7	28,8
1	28,8	30,0	29,7	29,2	28,8
2	31,0	30,5	30,5	29,7	28,8
6	42,3	38,0	37,2	34,5	32,5
7	43,0	40,0	39,2	35,7	33,5
9	42,0	42,2	40,2	38,1	35,0
10	41,3	42,2	40,5	38,2	35,3
12	40,5	41,0	39,5	37,5	34,5
C. de aptitud (A)	XXX	95,15 (MB)	84,84 (MB)	70,9 (B)	53,3 (R)

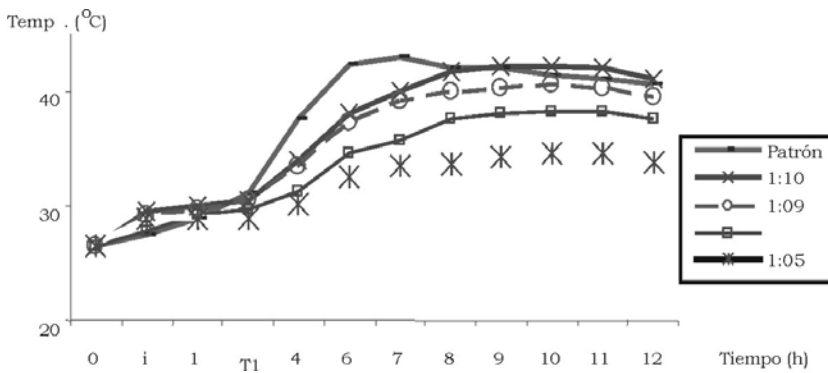
Al disminuir el contenido de cemento en 50 g (de V1 a V3), el coeficiente se mantuvo con un valor que lo clasifica como Bueno, aunque varió

24,65%; sin embargo, al transitar de V3 a V4 con igual índice de disminución de cemento, la diferencia entre los coeficientes fue inferior (17,6%),

pero descendió la clasificación hasta la categoría de *regular* muy cercana a la de *mala*. Este comportamiento confirma lo planteado anteriormente sobre la importancia que tiene mantener la relación madera-cemento no inferior a 1:8.

Las curvas de reacción muestran un comportamiento típico con un primer período de reacción ( $T_1$ ) desde el inicio hasta que comienza el as-

censo de la pendiente, y un segundo tiempo hasta que se logra la temperatura máxima en cada muestra. Se observa que en todas las variantes el tiempo requerido para la iniciación de la reacción exotérmica es de tres a cuatro, y el mayor desprendimiento de calor se alcanza a partir de las siete horas en el patrón y de las nueve horas en las diferentes variantes (*Fig.*).



*Fig. 1.* Curvas de hidratación de las muestras estudiadas

## CONCLUSIONES

- La transición del contenido de cemento de 1:10 a 1:5 influye en la compatibilidad de la madera con el aglutinante provocando el descenso del coeficiente de aptitud desde 95,15 a 53,3%.
- La disminución de la cantidad de cemento en las pruebas de aptitud puede alcanzar niveles hasta de 80% en relación con la variante base, sin que se vea afectada la compatibilidad.
- El tiempo de fraguado entre las variantes no presentó diferencias al transitar de las relaciones madera-cemento 1:9 a 1:5, y solo una hora de 1.10 a 1:9. La temperatura de hidratación máxima experimento una disminución gradual hasta de 6,3°C. desde la variante 1 a la 4.
- El comportamiento típico del recorrido de las curvas de hidratación no varía con la disminución del contenido de cemento. Solo se afecta su pendiente en cada tiempo de experimentación.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUADO, F.: *Materiales de construcción I*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1990.
- FERNÁNDEZ, J. I.: «Tableros de partículas de madera encolados con cemento», *AITIM* 127:16-21, 1987.
- HOLMGREN, P.; R. PERSON: «Evolución y perspectivas de las evaluaciones forestales mundiales», *Unasyva* 53(210):3-9, 2002.
- IRLE, M.; SIMPSON HELEM: «Agricultural Residues for Cement-Bonded Composites», School of Agricultural and Forest Science, Bogor, 1994.
- LEE, A. .W.; Z. HONG: «Effect of Cement Wood Ratios and Wood Storage Conditions on Hydratation Temperature, Hydratation Time and Compressive Strenth of Wood Cement Mixture», *Wood and Fiber Science* 19 (3):262-268, 1987.
- SABOGAL. C. y col.: *Aprovechamiento forestal mejorado en bosques de producción*, Colección Manejo Diversificado de Bosques, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Publicación no. 21, Serie Técnica no. 323, Turrialba, Costa Rica, 2001.
- SANDERMAN, 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: «Manufacture of Wood Cement Composite from Acacia Mangium. Mechanistic Study of Compounds Improving the Compatibility of Acacia Mangium Heartwood with Portland Cement», *Wood and Fiber Science* 36(2):250-259, 2004.
- VALENZUELA, V.: *Contribución a la determinación de la aptitud de las especies forestales para la fabricación de paneles de fibro-cemento*, Facultad de Ciencias Agronómicas, Gembloux, 1989.
- VELÁZQUEZ, DIGNA; KATIA MANZANARES: «Residuos maderables. Aptitud de nueve especies latifolias de diferentes macizos montañosos para la fabricación de ecomateriales», *Revista Forestal Baracoa* 24 (1), 2005.
- VILELA, E.; 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.