
Caracterización del aserrín de *Acacia mangium* Willd para la obtención de biocarbón.

Y. Arteaga-Crespo*, L. R. Carballo-Abreu; Y. García-Quintana; M. Alonso-López y G. Geada-López

Facultad de Forestal y Agronomía. Universidad de Pinar del Río. Calle Martí final 270 esq. 27 de Noviembre. Pinar del Río, Cuba. Tel (53-48) 755452.

Characterization of Acacia mangium Willd sawdust for producing biochar.

Abstract

This work was performed in order to characterize the *Acacia mangium* Willd sawdust for producing biochar, a variant to consider improving chemical and physical properties of soils. This will cut down ten trees in young plantations of the species under study belong to a forestal company.

Analysis was performed immediately and elemental and chemical composition of macrocomponents. Thermogravimetric analysis allowed selecting the temperature range, 270-500 °C, shown to be the region of maximum biomass decomposition attributable to its main components, lignin, cellulose and hemicelluloses. To this interval and heating rates 5 y 15 °C min⁻¹ the influence of these variables yields maximum biochar indicated for the lower temperatures and faster heating to elevated temperatures and was not significant heating rate. The infrared spectrum showed the transformation of biomass.

Key words: *Acacia mangium* Willd, sawdust, pyrolysis, biochar.

Resumen

Este trabajo se realizó con el objetivo de caracterizar el aserrín de *Acacia mangium* Willd para la obtención de biocarbón, una variante a considerar para mejorar propiedades químicas y físicas de los suelos. Para ello se talaron diez árboles de plantaciones jóvenes de la especie en estudio pertenecientes a una empresa forestal.

Se realizó el análisis inmediato y elemental y la composición química de los macrocomponentes. El análisis termogravimétrico permitió seleccionar el intervalo de temperatura, 270-500 °C, mostrando ser la región de máxima descomposición de la biomasa, atribuible a sus principales componentes, ligninas, celulosa y hemicelulosas.

Para este intervalo y velocidades de calentamiento 5 y 15 °C min⁻¹ la influencia de estas variables indicaron máximos rendimientos de biocarbón para la menor temperatura y mayor velocidad de calentamiento y para temperaturas elevadas no resultó significativa la velocidad de calentamiento. El espectro infrarrojo mostró transformaciones de la biomasa.

Palabras clave: *Acacia mangium* Willd, aserrín, pirolisis, biocarbón.

*Autores de correspondencia
Email: yasiel@af.upr.edu.cu

Introducción

En Cuba los residuos forestales, principalmente el aserrín, constituyen una problemática medioambiental que continúa llamando la atención. La búsqueda de alternativas de usos de este residual, para mitigar los impactos negativos sobre el ambiente, es una temática actual que contribuye a su manejo y además permite generar mediante su aprovechamiento mayores beneficios económicos.

La conversión de los residuos lignocelulósicos en biocarbón pudiera ser una variante a considerar por los efectos beneficiosos que proporciona como acondicionador de suelos, mejorando su calidad y productividad. Su uso ha demostrado mejorar las propiedades químicas y físicas, por ejemplo, en la retención de humedad, aumento del contenido y retención de nutrientes, contribuye a la permeabilidad de los suelos y a las propiedades biológicas, todo esto tributa al incremento en la productividad de los cultivos (Glaser *et al.*, 2001, 2002; Mann, 2002; Lehmann, 2007; Lehmann *et al.*, 2006, 2008; Yamato *et al.*, 2006; Marris, 2006; Chan *et al.*, 2007, 2008).

La conversión de residuos mediante la pirolisis para obtener biocarbón ha sido ampliamente utilizada como una alternativa de manejo, reduciendo el volumen de residual sólido (Caballero *et al.*, 1997; Koch y Kaminsky, 1993; Yamato *et al.*, 2006). El objetivo de este trabajo fue caracterizar el aserrín de *Acacia mangium* Willd para la obtención de biocarbón.

Materiales y método

Obtención de la muestra de aserrín

Para la obtención del aserrín de *Acacia mangium* Willd se talaron diez árboles de plantaciones jóvenes con características morfológicas semejantes, procedentes de la Empresa Forestal Integral Pinar del Río, Cuba. El fuste se redujo a aserrín y se homogenizó, y se obtuvo la muestra para el análisis con tamaño de partícula de acuerdo a la norma TAPPI T-57-cm-85.

Análisis de la muestra

El diámetro medio de las partículas de aserrín de *A. mangium* se determinó a partir del análisis granulométrico, mediante el método de tamizado, con la serie de tamices Tyler $\sqrt{2}$. El análisis inmediato y elemental se realizó a partir de los

métodos descritos por las normas ASTM (E777, E778 y E870). El contenido de ligninas (lignina Klason), celulosa y hemicelulosas fueron determinados de acuerdo a (TAPPI T 222-om-83; ASTM D 1106-96). El análisis termogravimétrico se llevó a cabo en termobalanza (TGA-TA Instruments 2050), a varias velocidades de calentamiento 5, 10 y 10 °C min⁻¹ bajo flujo de argón de 100 ml min⁻¹, desde temperatura ambiente hasta alrededor de los 800 °C. Se diseñó un experimento para analizar la influencia de las variables temperatura final del proceso y velocidad de calentamiento en el porcentaje de biocarbón obtenido. La mínima temperatura de trabajo fue 270 °C y la máxima 500 °C, realizando cinco réplicas en el punto central. La información se procesó mediante el software Desing Expert. Los grupos funcionales de la madera y el biocarbón fueron analizados usando espectroscopía infrarroja con transformado de Fourier (FTIR), con pastillas de KBr en un espectrofotómetro Nicolet.

Resultados y discusión

En la figura 1, el punto de intercepción corresponde al diámetro medio de las partículas de aserrín de *A. mangium*, con un valor correspondiente a 0.67 mm. Boizán, Roca y Giraudy (1981), reportan para *Albizia lebeck* valores de 0.66 mm.

Los resultados del análisis inmediato se muestran en la tabla 1. En general, la biomasa en la naturaleza presenta contenidos relativamente elevados de materia volátil, la cual se encuentra por encima del 60 %. Los valores obtenidos para esta especie son similares a los reportados por Suárez *et al.* (2000), para *Dichrostachys cinerea*, *Leucaena leucocephala*, *Lysiloma latisiliquum*, 81.3, 79.9, 77.80 % respectivamente. Resultó también comparable con estas especies el valor de carbono fijo. El contenido de cenizas se encuentra en los intervalos reportado para otras maderas. El análisis elemental reveló resultados similares a los reportados Muller *et al.* 2003, Najla *et al.* 2006 y Pierre *et al.* 2009.

En la tabla 2, se presentan los resultados de la composición química del aserrín, resultando en el contenido de polisacáridos que la celulosa (glucanos) ocupa el mayor porcentaje, seguido por los xilanos y en menor proporción los arabinanos. En este sentido Carballo *et al.* (2004) reportan valores similares para la especie *Corymbia citriodora*

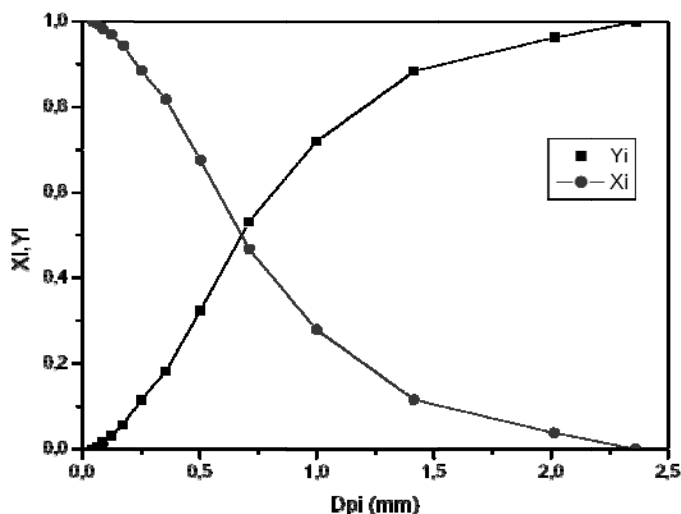


Figura 1. Diámetro medio de partículas de aserrín de *Acacia mangium*, Xi: fracción cernida en los tamices, Yi: fracción retenida en los tamices, Dpi: diámetro medio de las partículas.

Tabla 1. Resultados del análisis elemental e inmediato para aserrín de *A. mangium*.

Elemento	Masa (%)	ASTM	Análisis inmediato	Masa (%)	ASTM
C	45,45 ± 0,24	E 777	Humedad	3,78 ± 0,16	E 871
H	6,30 ± 0,08	E 777	Cenizas	0,97 ± 0,05	E 1755
N	0,23 ± 0,01	E 778	Volátiles	82,43 ± 0,38	E 872
O*	48,26 ± 0,34	E 870	Carbono fijo*	17,57 ± 0,40	E 870

* Calculada por diferencia

Tabla 2. Composición química de aserrín de *A. mangium*.

		Glucanos	44,05 ± 0,3
Polisacáridos (%) (TAPPI, T 203 om-93)	Xilanos		14,05 ± 0,07
	Galactanos		0,55 ± 0,07
	Mananos		1,30 ± 0,14
	Arabinanos		0,25 ± 0,07
Ligninas (%) (ASTM, D 1106)	Insolubles		28,25 ± 0,21
	Solubles		1,45 ± 0,07
	Total		29,70 ± 0,14
Extractivos=[(Alcohol : Tolueno 1:2), (Alcohol) y (agua caliente)] (ASTM, D 1107, 1690)			4,45 ± 0,07

y Orea et al. (2004 a y b) para *Eucalyptus saligna* Smith y *Eucalyptus pellita* F. Muell. El contenido de ligninas y extractivos totales se encuentran dentro de los intervalos reportados para maderas latifoliadas, coincidiendo con los valores reportados por Carballo et al. (2004).

En la figura 2, se muestran las curvas de pérdida de masa y la derivada, obtenidas durante la pirólisis de *A. mangium* Willd bajo atmósfera inerte de argón con velocidades de calentamiento de 5, 10 y 15

°C/min, siguiendo la forma característica de la descomposición de materiales lignocelulósicos, coincidiendo con Meszaro et al. (2004).

La descomposición de biomasa lignocelulósica es atribuida a sus principales componentes, ligninas, celulosa y hemicelulosas, según criterios planteados por Orfão et al., 1999, Meszaros et al., 2004 y Jeguirim et al., 2009, pudiendo ser dividida en tres etapas; pérdida de humedad, volatilización de compuestos de baja masa molecular y

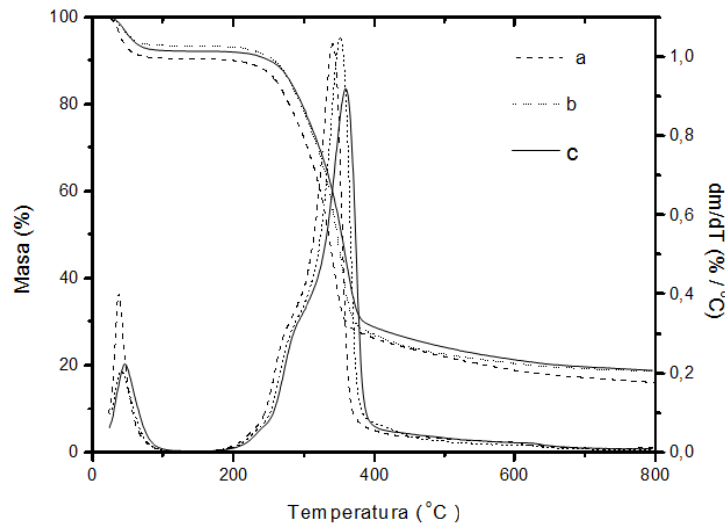


Figura 2. Termograma de la pirólisis de *A. mangium* Willd para velocidades de calentamiento. (a) 5 °C min⁻¹, (b) 10 °C min⁻¹, (c) 15 °C min⁻¹.

descomposición de los macrocomponentes. La pérdida de humedad se inicia cerca de los 30 °C y continúa hasta cerca de los 130 °C. La descomposición de los compuestos volátiles comienza próximo a los 200 °C, el termograma muestra claramente los cambios producidos. La mayor descomposición ocurre en el intervalo de 300 °C a 400 °C (80 % aproximadamente). El primer

pico es atribuido a la descomposición de las hemicelulosas y el segundo a la celulosa. Las ligninas son caracterizadas por un amplio intervalo de descomposición a través del proceso, dado por la mayor complejidad de las moléculas en relación con el resto de los constituyentes, según White *et al.*, (2008).

En la figura 3, se representa la influencia de la

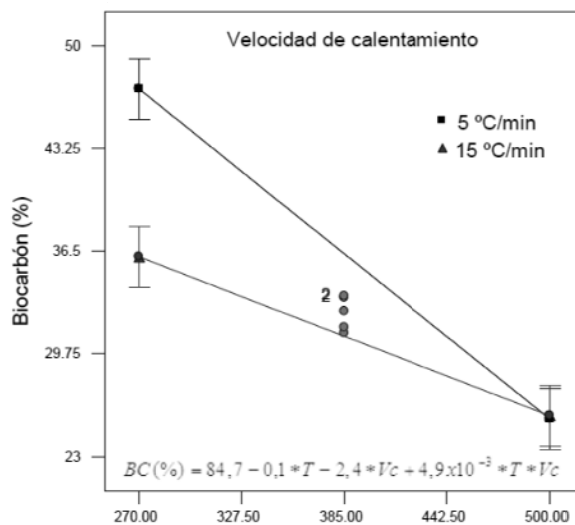


Figura 3. Influencia de la temperatura y la velocidad de calentamiento en los rendimientos de biocarbón. Temperatura mínima del proceso 270 °C v máxima 500 °C.

temperatura y la velocidad de calentamiento, así como la interacción entre ambas variables en el intervalo de máxima descomposición de la biomasa de *A. mangium* durante el proceso de transformación a biocarbón.

Se observa para temperaturas bajas (270 °C), que el mayor porcentaje de biocarbón corresponde a la menor velocidad de calentamiento, mientras que para temperaturas superiores (500 °C), los rendimientos son los mismos, lo que demuestra que la velocidad de calentamiento es considerable solo para temperaturas menores. También se presenta la ecuación para la variable respuesta porcentaje de

biocarbón (BC), con la dependencia de la temperatura (T) y la velocidad de calentamiento (Vc).

El biocarbón obtenido bajo diferentes condiciones mostró cambios estructurales (Figura 4), los cuales pueden ser fácilmente distinguidos en el espectro infrarrojo con transformada de Fourier (FT-IR). Se observan las bandas características de la madera y el biocarbón obtenido.

En la tabla 3, se muestra la asignación de las banda correspondientes a los grupos funcionales según reportes de Xiao *et al.*,(2001).

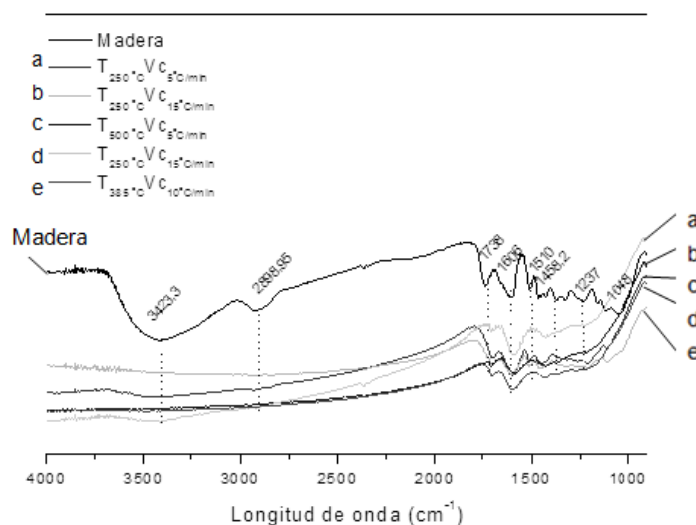


Figura 4. Espectro Infrarrojo con Transformada de Fourier (FT-IR) de aserrín de *A. mangium* y biocarbones a diferentes condiciones.

Tabla 3. Asignación de las bandas del FT-IR con el grupo funcional correspondiente para *A. mangium*.

Longitud de onda(cm ⁻¹)	Grupo funcional	Tipo de compuesto
3423,3	OH	Ácidos, alcohol
2850–2990 1700–1738	C–H _n	Alquílicos, aromáticos, alifáticos
2365,5	C≡C ; C≡N	Alquinos, nitrilos
1738	C=O	Grupo carbonilo
1606; 1510; 1458,2	C=C	Anillo aromático
1470–1430	O–CH ₃	Grupo metoxilo
1440–1400	O–H	Ácidos
1237	C–O–C	Enlaces alquil-aril
1170, 1080	C–O–C	Esqueleto piranósico
1117	OH (asociados)	C–OH
1048	C–O vibración y C–O desformación	

Conclusiones

Se demostró que a temperaturas de 300 °C y a bajas velocidades de calentamiento se puede obtener biocarbón con rendimientos superiores al 40 %, lo que proporciona una alternativa de manejo de éstos residuales, contribuyendo a mitigar los impactos negativos sobre el medio ambiente y al mismo tiempo generar un producto útil que pudiera ser aplicado como mejorador de suelos para las actividades agrícolas y forestales.

Bibliografía

- Boizán, M., Roca, G. y L. Giraudy. 1981. Velocidad de Arrastre del Bagacillo. Revista a Control, Cibernética y Automatización. No. 3. Cuba, pp. 47-50.
- Caballero, J.A., Front, R., Marcilla, A. y Conesa, J.A. 1997. Characterization of sewage sludges by primary and secondary pyrolysis. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 40-41, 433-450.
- Carballo, A. L. R., Orea, I. U. y Cordero, M. E. 2004. Composición química de tres maderas en la provincia de Pinar del Río, Cuba a tres alturas del fuste comercial. Parte No.4. Estudio comparativo de la composición química. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. 10, número 002. Chapingo, México, pp. 77-81.
- Carballo, A. L. R., Orea, I. U. y Cordero, M. E. 2004. Composición química de tres maderas en la provincia de Pinar del Río, Cuba a tres alturas del fuste comercial. Parte No. 1. *Corymbia citriodora*. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. 10, número 001. Chapingo, México, pp. 57-62.
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G. and Zech, W. 2001. The 'Terra Preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. Naturwissenschaften 88, 37-41.
- Glaser, B., Lehmann, J. and Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal a review. Biol. Fertil. Soils 35, 219-230.
- Glaser, B., Lehmann, J. and Zech, W., 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with bio-char – a review. Biology and Fertility of Soils 35, 219-230.
- Grioui, N., Halouani, K., Zoulalian and A., Halouani, F. 2006. Thermogravimetric analysis and kinetics modeling of isothermal carbonization of olive wood in inert atmosphere. Thermochimica Acta (440) 23-30.
- Koch, J. and Kaminsky, W. 1993. Pyrolysis of a refinery sewage sludge. Erdöl, Kohle, Erdgas, Petrochemie 46, 323.
- Muller-Hagedorn M., Bockhorn, H. Krebs, L. and Muller U. A comparative kinetic study on the pyrolysis of three different wood species. 2003. J. Anal. Appl. Pyrolysis (68), 231-249.
- Mustafa, K. Hossain, V., Stre, K., Chan, Y. Ziolkowski, A. and Peter F. Nelson. 2011. Influence of pyrolysis temperature on production and nutrient properties of wastewater sludge biochar. Journal of Environmental Management 92, 223-228.
- Orea, I. U., Carballo, A. L. R. y Cordero, M. E. 2004 (a). Composición química de tres maderas en la provincia de Pinar del Río, Cuba a tres alturas del fuste comercial. Parte No. 2. *Eucalyptus pellita* F. Muell. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. 10, número 001. Chapingo, México, pp. 51-55.
- Orea I., U., Carballo, A. L. R. y Cordero, M. E. 2004 (b). Composición química de tres maderas en la provincia de Pinar del Río, Cuba a tres alturas del fuste comercial. Parte No. 3. *Eucalyptus saligna* Smith. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. 10, número 002. Chapingo, México, pp. 71-75.
- Pierre G., Dufour A., Rogaume Y., Caroline Rogaume and Andre Zoulalian. 2009. J. Anal. Appl. Pyrolysis 85. 171-183. Comparison of gasification and pyrolysis of thermal pre-treated wood board waste.
- Revista a Control, Cibernética y Automatización No. 3. Cuba, págs 47-50.
- Xiao, B., Sun, X.F. and RunCang S. 2001. Chemical, structural, and hermal characterizations of alkali-soluble lignins and hemicelluloses, and cellulose from maize stems, rye straw, and rice straw. Polymer Degradation and Stability (74) 307-319.