

APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE LA INDUSTRIA PALMERA MEDIANTE LA OBTENCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A ESCALA DE LABORATORIO

O. MEJIA^{**}, S.PATIÑO^{**}, M. ALVAREZ^{*}, L. ABREU^{*}

Universidad Industrial de Santander
Escuela de Ingeniería Química
^{*}Centro de Transferencia Tecnológica INTERFASE.
^{**}Ingeniero Químico UIS
grupointerfase@gmail.com , malvarez@uis.edu.co

Fecha Recepción: 22 de Agosto de 2006
Fecha Aceptación: 25 de Septiembre de 2006

RESUMEN

El cuesco de fruto de palma se usó para la preparación de carbón activado. En primer lugar el cuesco fue sometido a un proceso de pirólisis; el carbón resultante se trató mediante un proceso de activación física. Se comparó la influencia de la activación física a nivel de laboratorio, con los resultados del carbón activado comercial; los resultados se compararon con base en la actividad con respecto al número de yodo y la actividad con respecto al azul de metileno. La pirólisis se realizó en un horno con capacidad de 500 kg de carga a una temperatura de 380 °C y un tiempo de carbonización de 10 días. La activación física se llevó a cabo con vapor de agua sobrecalentado a 350 °C en un tubo de vidrio en lecho fijo. Se encontró que el carbón activado obtenido posee un área superficial de 520 m²/g y una distribución de poro en su mayoría microporosa.

Palabras Claves: carbón activado, residuos vegetales, adsorbentes

INTRODUCCION

Actualmente, en promedio por cada 100 kg. de racimos frescos de fruto de palma se producen 8,5 kg. de cascarilla o cuesco como parte de los residuos sólidos. Se estima que aproximadamente se generan en Colombia al año cerca de 243.000 toneladas de cuesco. En este trabajo se presenta una alternativa para darle uso al cuesco de la palma de aceite, utilizándolo como materia prima para producir carbón activado, estableciendo una metodología para su producción y encontrando las variables que afectan directamente el proceso de carbonización y de activación. También se busca darle un mejor uso al cuesco, que aunque se aprovecha como combustible en las plantas extractoras, a través de una transformación moderada se consigue un producto de mayor valor agregado.

El carbón activado se fabrica a partir de cualquier residuo vegetal carbonáceo como la madera, residuos de la industria del arroz, la cáscara de coco, y el cuesco de palma. El material se clasifica según el tamaño, se carboniza y se activa para formar soportes de un alto valor de área superficial y

con estructura interna y tamaño de poros que definen sus propiedades.

La metodología experimental consta de una primera etapa en que la materia prima se somete a análisis elemental y termogravimétrico, determinándose propiedades relevantes del precursor del carbón activado. En una siguiente etapa se procede al diseño y construcción de un horno (tipo colmena de flujo natural), el cual se realizó en ladrillo y mortero refractario con una capacidad de 1 m³ de volumen, con dos orificios abiertos en la parte baja de cada contra-cara del dispositivo, que permiten una combustión completa sin llama. Este se operó a presión atmosférica, cerrado y en combustión con deficiencia de oxígeno. Posteriormente, el material carbonizado se somete a un proceso de trituración y adecuación de tamaño de partícula y se le realiza un análisis elemental, llevando el material homogenizado y caracterizado a un proceso de activación física con vapor de agua sobrecalentado. Finalmente, se determinaron las propiedades de adsorción del carbón activado obtenido así como la isoterma tipo BET.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Se utilizó como materia prima cuesco de palma de aceite; a dicho material se le realizaron los siguientes análisis elementales: carbono (ASTM D3178-73); Hidrógeno (ASTM D3178-73); Azufre (Método LecoIR-33) y Nitrógeno (ASTM D3179-73). Una vez caracterizada la muestra de cuesco se sometió a un proceso de carbonización en el horno construido para tal fin. La pirólisis se realizó con una carga de cuesco de 200 kg durante 10 días a una temperatura de 380 °C. Finalizado el tiempo de pirólisis, al carbonizado se le sometió a un proceso de reducción de tamaño de partícula escogiéndose la correspondiente a la malla 120. Este carbonizado se sometió a un proceso de caracterización, realizando los análisis inmediatos: Humedad (ASTM D3173-87), carbono fijo (ASTM D3172-89) material volátil (ASTM D3175-82), y cenizas (ASTM D3174-89). A continuación, se llevo a cabo la activación del carbonizado, la cual se realizó en un proceso térmico, utilizando vapor de agua a 300 °C por medio del montaje de una pequeña muestra de carbonizado (10 g.), como lecho fijo, dentro de un tubo de vidrio altamente resistente que permitió el paso de vapor de manera continua durante 4 horas. Al terminar el tiempo de activación se retiró la muestra y se caracterizó con las siguientes técnicas: Numero de azul de metileno (ASTM D3860), numero de Yodo (ASTM D4607), análisis de área superficial (BET), humedad (ASTM D2867), cenizas (ASTM D2866), y grado de acidez (ASTM D3838).

RESULTADOS

ANÁLISIS ELEMENTAL Y CALORIMETRÍA

Es fácilmente observable el alto contenido de carbono en el cuesco de palma, y es en este elemento en el que se basa la producción de carbón activado, ya que el procedimiento posterior es la modificación de la estructura porosa de ese carbono fijo (TABLA 1).

Tabla 1. Caracterización del Cuesco

Carbono	61.88 %
Hidrógeno	5.03 %
Nitrógeno	1.06 %
Azufre	0.022 %
Oxígeno	29.14 %
Cenizas	1.76 %
Capacidad Calorífica	25.46 MJ/kg.

Análisis Próximo del Carbón Producido

Tabla 2. Caracterización del carbón producido

Parámetro	Resultados
Humedad	4%
Materia Volátil	13.5%
Cenizas	1.5%
Carbono fijo	81%

De los resultados anteriores se observa el aumento en el porcentaje de carbono fijo, debido al proceso de pirólisis al que fue sometido el cuesco. Para complementar el análisis de la calidad adsorbente del carbón activado experimental, se realizaron las pruebas de Azul de Metileno y Número de Yodo a un carbón analítico producido por Merck.

Actividad con el Respecto al Número de Yodo

Aplicando la norma correspondiente que obtuvo los siguientes datos:

$$\text{Número de Yodo}_{(\text{carbón experimental})} = 308.52 \text{ mg I}_2 / \text{g C}$$

$$\text{Número Yodo}_{(\text{carbón})} = 450.65 \text{ mg I}_2 / \text{g C}$$

Los valores de número de yodo de los dos carbonos activados son cercanos y permiten calcular la actividad relativa del carbón obtenido experimentalmente, la cual es del 68.46 %.

Humedad

Se determinó la humedad del carbón activado y se obtuvo un resultado del 5 %.

Cenizas

Aplicando la norma correspondiente del análisis de cenizas se obtuvo un valor de 1.5 %.

Acidez

Se realizó la prueba de pH y se determinó que el carbón activado experimental es neutro.

Termogravimetría

De acuerdo con la Figura 1 se nota el aumento rápido de la temperatura hasta alcanzar los 402 °C, y luego su disminución hasta los 369 °C; esto indica el encendido con generación de llama en el cuesco. En la Figura 2, existe el aumento de temperatura pero de una manera mas controlada y sin disminución de esta, lo cual indica que al carbonizar el cuesco con una circulación natural de oxígeno, es poco probable la generación de llama, que es contraproducente ya que genera un mayor contenido de cenizas en el carbonizado.

Con base en los resultados de este análisis se determinó la temperatura de carbonización del cuesco en el horno, la cual es de alrededor de 380

°C, ya que en ambas figuras se aprecia que a partir de esta temperatura el porcentaje de pérdida de

peso se mantiene de una manera asintótica.

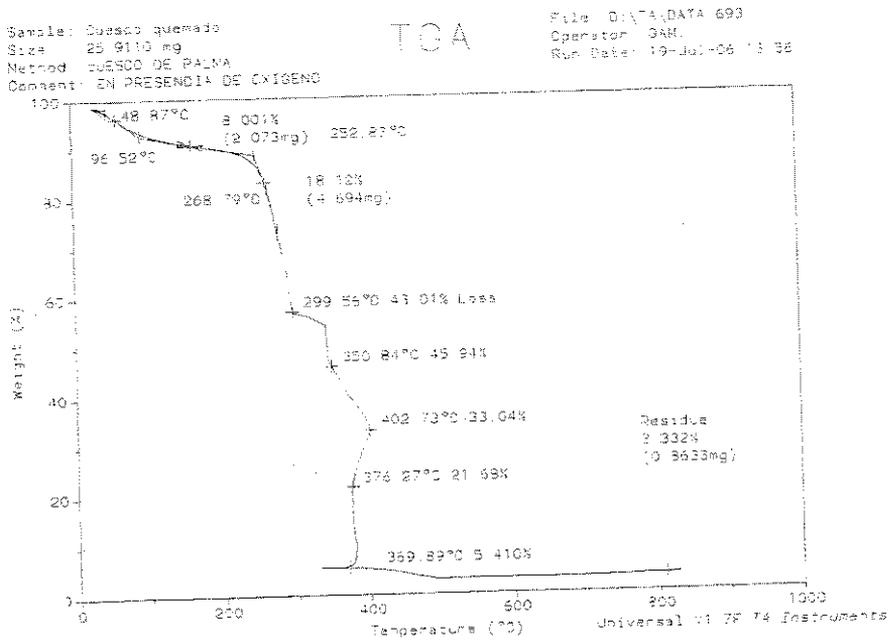
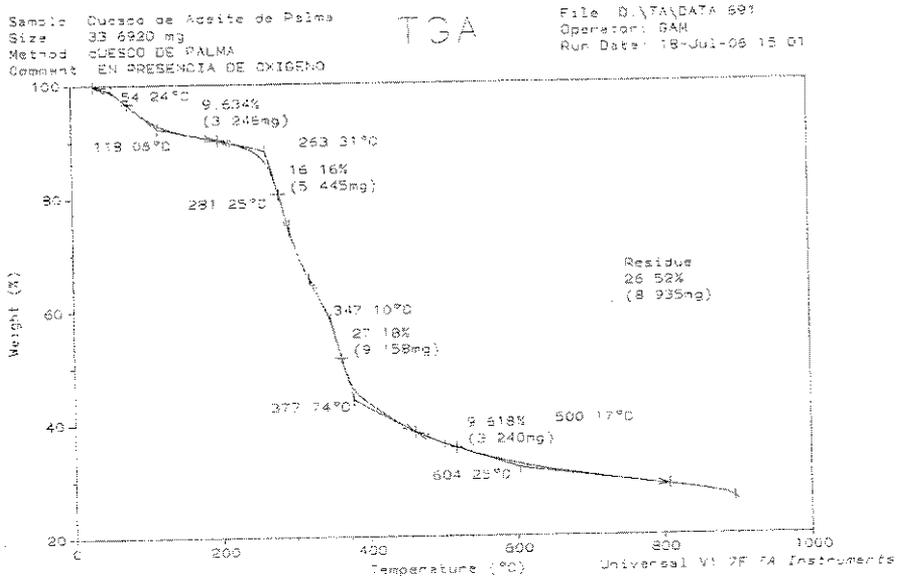


Figura 1. Resultados de la termogravimetría

Actividad con Respecto al Azul de Metileno

Se trazó una isoterma de adsorción que sigue la ecuación de Freundlich:

$$\frac{X}{M} = (C_0 V - CV)M$$

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

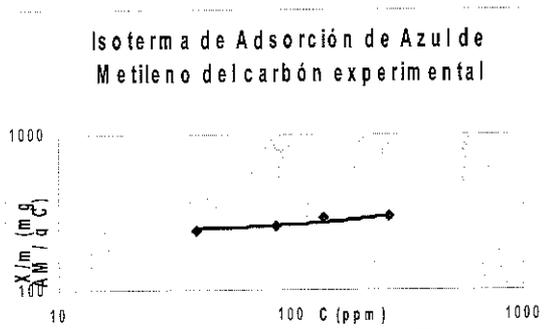


Figura 2. Isoterma de adsorción de Azul de metileno

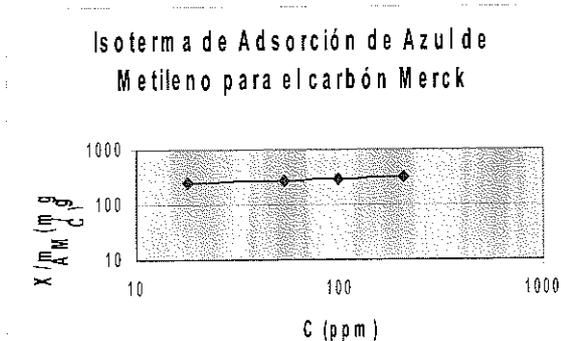


Figura 3. Isoterma de Adsorción de Azul de Metileno para el carbón Merck.

Determinación del Área Superficial

Los resultados obtenidos del análisis de área superficial por medio del equipo BET, son los siguientes:

Tabla 3. Área superficial del carbón activado experimental.

Área BET (m ² /g)	Volumen Total (cm ³ /g)	Área de Microporo (m ² /g)	Volumen de Microporo (cm ³ /g)
521	0.346	366	0.173

El área superficial obtenida es de 521 m²/g, siendo esta un área muy alta y corresponde a los

requerimientos mínimos que debe tener un carbón activado para garantizar su capacidad adsorptiva.^[8]

El carbón activado obtenido experimentalmente posee en su mayor parte una estructura microporosa que es la esperada para un carbón activado de origen vegetal.

CONCLUSIONES

- El carbón activado preparado por pirólisis del cuesco de palma y activado físicamente presenta una capacidad de adsorción similar a la de azul de metileno y yodo con respecto a la adsorción presentada por el carbón Merck.
- El área superficial del carbón activado obtenido en este trabajo sobrepasa levemente los requerimientos y no se requiere mayor tratamiento para su acondicionamiento comercial.
- Analizando las características de área superficial, puede ser establecido que por medio de la pirólisis del cuesco de palma de aceite se obtiene una porosidad microporosa aceptable para usos industriales.
- Los resultados obtenidos de la caracterización del carbón activado que se obtuvo son una opción interesante para convertir residuos de la industria palmera de la región en un producto de mayor valor agregado, considerando que la materia prima es de bajo costo y además la demanda de carbón se suplente integralmente con importaciones.

ABSTRACT

Palm kernel oil shell was used in the activated carbon preparation. In the first step, shell was treated by thermal pyrolysis; the resulting charcoal was activated physically in the presence of superheated steam. The influence of the physical activation at laboratory scale was compared with the results of the commercial activated carbon; the properties were compared by determination of Iodine activity and methylene blue activity. Pyrolysis was carried out at temperature of 380 °C and carbonization time of 10 days, in a 500 kg capacity furnace. The physical activation was carried out with superheated steam up to 350 °C, in a glass tube in a fixed bed. The activated carbon obtained had a surface area of 520 m²/g and microporous pore distribution.

Keywords: *activated carbon, adsorbents, palm shell wastes.*

AGRADECIMIENTOS

Al CICAT, Centro de Investigaciones en Catálisis de la UIS, por su colaboración en la determinación de las propiedades de porosidad del carbón activado.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ADINATA, D.; ASHRI, W. M.; KHEIREDDINE, M. (2005). Preparation and Characterization of Activated Carbon from Palm Shell by Chemical Activation with K_2CO_3 . *Bioresource Technology*.
- [2] AGUIRRE, J.; OCAMPO, A.; ESPINEL, J.; BECKER, H.; BARTON, S.S. (1998) Production of Active Carbon by Continuous Pyrolysis and Activation in Fluidized Beds. *Journal of Engineering for International Development*, Vol 2. No. 1. 35-43.
- [3] Anuario Estadístico 2005. La agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo; Fedepalma.
- [4] CAGNON, B.; GUILLOT, A.; STOECKLI, F. (2003). The Effect of the Carbonization/Activation Procedure on the Microporous Texture of the Subsequent Chars and Active Carbons. *Microporous and Mesoporous Materials* 57. 273-282.
- [5] Carbón Activado, Magia Negra para Tratamiento de Agua (Noviembre 27 de 2003); Red de desarrollo sostenible y medio ambiente - REDESMA, Boletín electrónico AÑO INTERNACIONAL DEL AGUA DULCE II
- [6] GAÑAN, J.; TUREGANO, J.P.; CALAMA, G.; ROMAN, S.; AL-KASSIR, A. (2006). Plant for the Production of Activated Carbon and Electric Power from the Gases Originated in Gasification Processes. *Fuel Processing Technology* 87. 117-122.
- [7] GUO, J.; LUA, A. C. (1999). Textural and Chemical Characterizations of Activated Carbon Prepared from Oil-Palm Stone with H_2SO_4 and KOH Impregnation. *Microporous and Mesoporous Materials* 32. 111-117.
- [8] Combustion-Related Characteristics of Some By-products of Agricultural Processing Industries. (1989). *Biomass* 18. 69-72.
- [9] HESCHEL, W.; KLOSE, E. (1995). On the suitability of Agricultural by Products for the Manufacture of granular Activated Carbon. *Butterworth Heinemann. Fuel. Volume 74. Number 12.*
- [10] LUA, A.C.; LAU, F.Y.; GUO, J. (2006). Influence of Pyrolysis Conditions on Pore Development of Oil-Palm-Shell Activated Carbons. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 76. 96-102.
- [11] NASSER, A.; HENDAWY, E. (2005). Surface and Adsorptive Properties of Carbons Prepared From Biomass. *Applied Surface Science* 52. 287-295.
- [12] SAVOVA, D.; APAK, E.; EKINCI, E.; YARDIM, F.; PETROV, N.; BUDINOVA, T. RAZVIGOROVA, M.; MINKOVA, V. (2001). Biomass Conversion to Carbon Adsorbents and Gas. *Biomass and Bioenergy* 21. 133-142.
- [13] WILLIAMS, P.T.; REED, A.R. (2006). Development of Activated Carbon Pore Structure Via Physical and Chemical Activation of Biomass Fibre Waste. *Biomass and Bioenergy* 30.144-152.
- [14] ZHONGHUA, H.; HUIMIN, G.; SRINIVASAN, M.P.; YAMING, N. (2002). A Simple Method for Developing Mesoporosity in Activated Carbon. *Separation Purification Technology* 31. 47-52.