

Producción de bajo costo de carbón activado de cáscara de coco

Martínez Domínguez Mario Iván, Gudiño Negrete Manuel, Padilla Ramírez Amando José

Universidad Nacional Autónoma de México, Departamento de Fisicoquímica.
Av. Universidad 3000, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México, D.F., CP 04510.

marioz-05@hotmail.com

Fecha de aceptación: 10 de agosto de 2015

Fecha de publicación: 23 de septiembre de 2015

RESUMEN

El carbón activado es carbón poroso que adsorbe compuestos, principalmente orgánicos, presentes en un gas o en un líquido. Lo hace con tal efectividad, que es el purificante más utilizado en el mundo, el 42% del carbón activado se utiliza para la purificación de agua. Se realizó un proceso de activación química a temperatura ambiente y con un bajo costo utilizando cáscara de coco como fuente de carbón. Se obtuvieron resultados de adsorción y calidad de carbón similares a otros carbones activados comerciales.

Palabras clave: activación química, cáscara de coco, carbón activado, bajo costo, temperatura ambiente.

ABSTRACT

Active carbon is a porous carbon which adsorbs compounds, mainly organic; such compounds might be present in a gas or in a liquid. Due to its efficiency it is the most used purifier in the world, 42% of the active carbon is used for water purification. A process of chemical activation with low cost and room temperature of carbon was done using coconut shell as the carbon source. The adsorption and quality results were similar to other commercial active carbons.

Key words: chemical activation, coconut shell, active carbon, low cost, room temperature.

INTRODUCCIÓN

Importancia

El tratamiento de aguas residuales es una cuestión prioritaria a nivel mundial, ya que es importante disponer de agua de calidad y en cantidad suficiente, lo que permitirá una mejora del ambiente, la salud y la calidad de vida. En México, debido a la insuficiente infraestructura, los altos costos, la falta de mantenimiento y de personal capacitado, sólo 36 % de las aguas residuales generadas reciben tratamiento, lo cual crea la necesidad de desarrollar tecnologías para su depuración. La filtración por carbón activado se emplea en el tratamiento de aguas, debido a su gran capacidad de adsorción de diversos compuestos, sumado a la posibilidad de limpieza del lecho filtrante con gran facilidad y rapidez, así como a la capacidad de regeneración del mismo. El fenómeno de adsorción puede estudiarse con relativa facilidad en el laboratorio. Una de las técnicas más sencillas para analizar el grado de adsorción de un material sobre un adsorbente consiste en trabajar con disoluciones del adsorbato a diferentes concentraciones.

Adsorción

Los átomos de carbono que forman un sólido al que llamamos “carbón”, se ligan entre sí mediante uniones de tipo covalente, la Figura 1 muestra una micrografía del carbón activado. Cada átomo comparte un electrón con otros cuatro átomos de carbono (hay que recordar que en las uniones iónicas, el átomo más electronegativo le roba uno o más electrones al otro). Los átomos que no están en la superficie, distribuyen sus cuatro uniones en todas las direcciones. Pero los átomos superficiales, aunque están ligados con otros cuatro, se ven obligados a hacerlo en menor espacio, y queda en ellos un desequilibrio de fuerzas. Ese desequilibrio es el que los lleva a atrapar una molécula del fluido que rodea al carbón. La fuerza con la que el átomo superficial de carbono atrapa a la otra, se llama “Fuerza de London”, que es uno de los siete tipos de “fuerzas de Van der Waals”. Se considera una unión fisicoquímica, suficientemente fuerte para retener al adsorbato, pero no tan fuerte como para considerarla una unión química irreversible que forma una nueva estructura molecular. Por ello, la adsorción es reversible y el carbón activado puede reactivarse para utilizarse de nuevo. Como se mencionó, las moléculas que adsorbe el carbón tienden a ser covalentes; no iónicas, pues estas últimas tratarían de robar o de donar electrones a los átomos de carbono. Las uniones entre átomos de carbono e hidrógeno son covalentes, y es por ello que el carbón es un buen adsorbente de moléculas orgánicas (Alpesa Carbones, 2004).

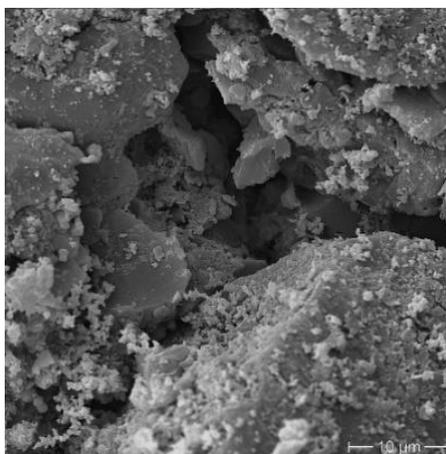


Figura 1. Imagen de carbón activado (Harris et.al, 2008).

Activación del carbón

Activar un carbón consiste en hacerlo poroso para ampliar su capacidad de adsorción (Clarimex, 2001). El carbón de cáscara de coco tiene un área superficial cercana a los 30 m²/g, después de ser activado éste puede presentar un área superficial de 200-500 m²/g. La activación de carbón consiste principalmente en crear poros en la superficie del mismo, esto se logra oxidando átomos de carbón a CO₂, de esta forma se liberan de la red cristalina y los espacios que dejan estos carbonos lo van haciendo más poroso (CPL Carbon Link, 2011). Existen dos procesos para activar carbón; el proceso químico y el proceso físico.

Los procesos térmicos (físicos) consisten en provocar una oxidación parcial del carbón, para lograr que se formen los poros, pero evitando que se gasifique y se pierda más carbón del necesario. Esto ocurre a temperaturas que están entre los 600 y los 1100 °C, en una atmósfera controlada, que se logra mediante la inyección de una cantidad adecuada de vapor de agua o de nitrógeno.

Los procesos químicos parten de la materia prima antes de carbonizarse. Los reactivos son agentes deshidratantes como ácido fosfórico, hidróxido de potasio o CaCl₂, que rompen las uniones que ligan entre sí a las cadenas de celulosa. Después de esta etapa, el material se carboniza a una temperatura relativamente baja, de unos 550 °C y luego se lava para eliminar los restos de reactivo y de otros subproductos (Levine, 2004).

METODOLOGÍA

Selección de la materia prima y los reactivos

Fuente de carbón

Dado que queríamos producir un carbón activado para purificar agua, necesitábamos que presentara ciertas propiedades mecánicas: la primera es que debía tener una densidad alta ya que de esta forma se puede depositar en el lecho y la segunda es que la dureza fuera tal que resistiera el flujo constante de agua y no perdiéramos gran cantidad de material. De igual forma se requería que la materia fuera de bajo costo y que tuviera el menor impacto ambiental posible. Con estas dos ideas en mente decidimos utilizar cáscara de coco, ya que el carbón obtenido de éste material presenta las propiedades mecánicas antes mencionadas y por otra parte es un producto de desecho, puesto que no se utiliza para otros procesos.

Reactivo

Se tomó la decisión de activar el carbón de forma química, ya que los procesos de activación térmica si bien son más eficientes, el costo es mucho mayor y por otra parte requieren equipo más sofisticado. De los posibles agentes químicos, es decir agentes deshidratantes, decidimos utilizar el menos peligroso y más económico que encontramos, es decir cloruro de sodio.

Proceso de activación

Ya que el proceso propuesto en este trabajo es un proceso de activación químico y de bajo costo, decidimos carbonizar primero la cáscara de coco utilizando esta misma como combustible, al hacerlo de dicha forma no pudimos tratar la cáscara con nuestra disolución de agente desecante ya que se encontraría húmedo lo que impediría que se carbonizara, por lo cual decidimos tratar a la materia prima después de carbonizarla, por otra parte la forma en la que haríamos llegar el agente desecante al carbón sería a través de un medio acuoso para asegurar la inocuidad y la uniformidad de este proceso, así que utilizamos una disolución 0.25 M de NaCl para activar al carbón.

Producción de carbón activado

Utilizando los dos puntos anteriores, desarrollamos un proceso sencillo de producción de carbón activado, mostrado en la Figura 2.

Valoración

Adsorción

Para valorar la adsorción del carbón activado se tomaron tres disoluciones de ácido acético de diferentes concentraciones 0.25-1 M, se agregaron 50 mL de cada una y se agregó una porción de carbón activado, se puso en agitación durante 30 min y se procedió a filtrar, para después titular con una disolución de NaOH estandarizada 0.98M, por diferencia de concentraciones se obtuvo la cantidad de ácido acético adsorbido y se calculó la adsorción (mol de ácido/g de carbón), se comparó con una muestra comercial de la marca Conquimex.

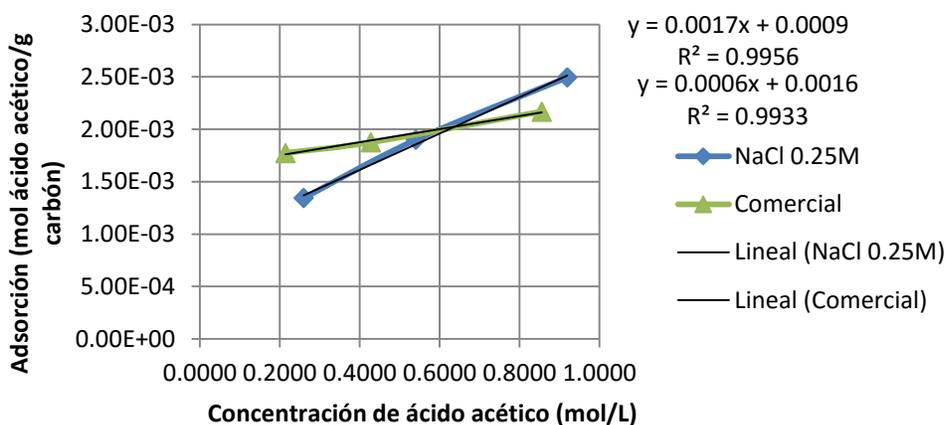


Figura 2. Proceso de activación del carbón.

Número de Yodo

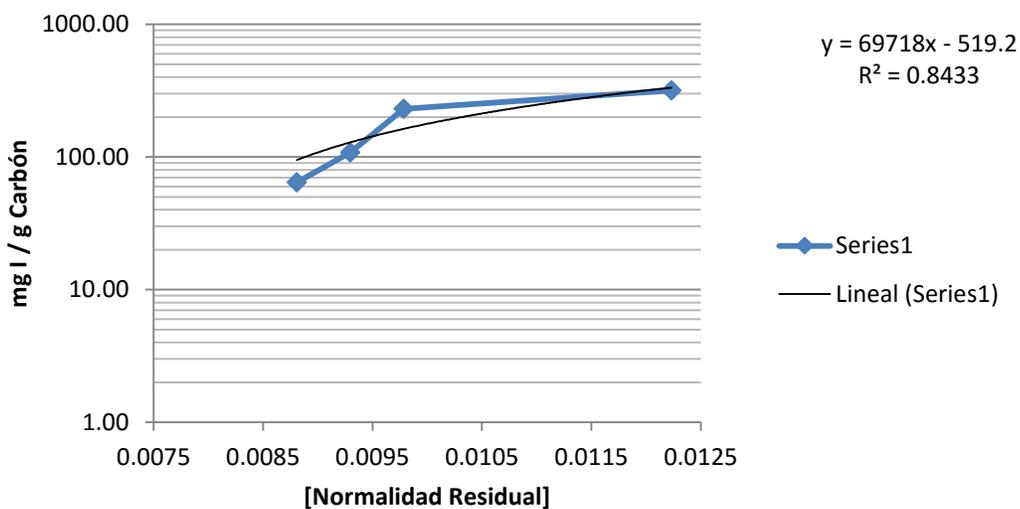
El número de yodo se obtuvo de una forma similar al proceso anterior, sin embargo en este caso el adsorbato era yodato de potasio y el titulante era tiosulfato de sodio, utilizamos almidón como indicador. El número de yodo por convenio se encuentra en el 0.02 de normalidad residual.

Adsorción



Gráfica 1. Adsorción de ácido acético

Número de yodo



Gráfica 2. Número de yodo

Densidad aparente

Para calcular la densidad aparente se pesó una probeta de 25 mL y se llenó de carbón, manteniendo un ritmo constante, por último se pesó de nuevo y por diferencia de pesos obtuvimos la masa que ocupaba los 25 mL, de ahí calculamos la densidad aparente.

Porcentaje de humedad

Se pesaron en un recipiente de vidrio con tapa una cantidad aproximada a los 0.7 g de carbón, se puso en una estufa de secado a 100 °C para eliminar la humedad, posteriormente se dejó enfriar en un desecador y se volvió a medir la masa de carbón, por diferencia de masas se obtiene la masa de agua perdida y se calcula el porcentaje de humedad.

pH

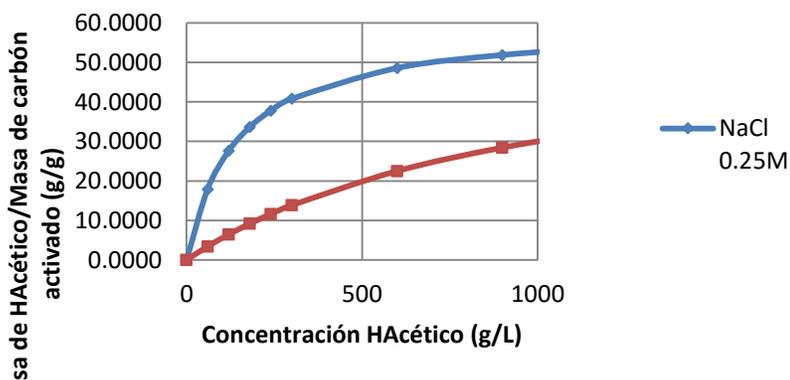
Se pesaron 5 g de carbón activado seco, se pusieron en un vaso de precipitados junto con 50 mL de agua, se dejó hervir durante 30min con un sistema de enfriamiento para evitar la pérdida de agua y se midió el pH con un pHmetro previamente calibrado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Adsorción

Con la gráfica 1 se realizó un ajuste por mínimos cuadrados y a partir de estos datos se creó una isoterma de adsorción de Langmuir, con la cual se puede observar de mejor forma la adsorción del carbón en estudio.

Isotermas de Adsorción (Langmuir)



Gráfica 3. Isotermas de adsorción.

Con esta gráfica podemos observar que nuestro carbón presenta una buena adsorción comparada con un carbón comercial, lo cual nos indica que es un carbón que tiene buena durabilidad.

Número de yodo

Al calcular el número de yodo del ajuste obtenido en la gráfica 2, obtenemos un valor de 875 para el número de yodo, el cual se encuentra dentro de los rangos para carbones comerciales, este parámetro nos indica qué tan bueno es nuestro carbón, ya que de cierta forma aunque no absoluta, representa la posible capacidad de adsorber ciertos compuestos.

Densidad aparente

La masa de carbón activado contenida en 25mL fue de 13.25 g, calculando una densidad aparente de 0.53 g/mL, lo cual nos indica que es un carbón de alta densidad y por lo tanto sirve para la purificación de agua.

Porcentaje de humedad

Originalmente se pesaron 0.7310 g de carbón, y por diferencia de masas se obtuvo un valor de masa de agua de 0.0261 g, obteniendo un porcentaje de humedad de 3.57%, lo cual nos indica que este tipo de carbón no retiene mucha humedad y por lo tanto su almacenamiento y transporte es eficiente, similar al de los carbones comerciales.

pH

Al medir el pH se obtuvo una lectura de 7.56, lo cual está en el rango de 7-8 que es el conveniente para purificar agua, es similar al de otros carbones activados.

Carbón obtenido

Por último tenemos la ficha del carbón activado que se obtuvo:

Densidad aparente: 0.52 g/mL

Humedad: 3.57%

Dureza: 98% (proviene de la cáscara de coco)

Tamaño de partícula: <0.2mm (polvo)

Número de Yodo: 875

pH: 7.56

CONCLUSIONES

El proceso de activación es económico, sencillo, funcional y se obtiene un carbón de buena calidad.

El carbón es un producto orgánico natural, que por sus características de adsorción, será cada día más utilizado por las industrias como parte de sus sistemas de tratamiento

Se sugiere realizar las pruebas de acuerdo con los estándares ASTM D2854-09, ASTM D2862-10, ASTM D2866-11, ASTM D2867-09, ASTM D3467-04, ASTM D3802-10, ASTM D3838-05, ASTM D3860-98, ASTM D4607-14, ASTM D5029-98, para su mejor y más completa valoración.

La cáscara del coco es un material que reúne las propiedades necesarias para producir carbones activados debido a que presentó un número de yodo que sobrepasa las 700 unidades (875.16) siendo competitivo con los carbones activados comerciales.

La química superficial del carbón activado obtenido favorece la cantidad de compuesto orgánico adsorbido. El buen comportamiento que presentó el carbón en la adsorción del ácido acético en solución acuosa se debe al carácter microporoso del mismo y al catalizador empleado.

Las tecnologías de fabricación de carbón activado son relativamente simples, razón que favorece su producción en muchos países que incluso no tienen un buen nivel tecnológico.

REFERENCIAS

Apelsa Carbones (2004). ¿Qué es el Carbón Activado? URL: APELSA (2004). <http://www.carbonapelsa.com.mx/pages/spanish/carbonactivado.html>

Clarimex (2001). El Misterio del Carbón Activado: ¿Qué es el Carbón Activado? URL: CLARIMEX (2001). <http://www.activated.com.mx>

CPL Carbon Link (2011). Properties of Activated Carbon; <http://www.activated-carbon.com/> Recuperado el 7 de abril de 2011.

Harris P. J. F., Zheng L, Kazu S. (2008), Imaging the atomic structure of activated carbon. Journal of physics: Condensed matter. http://www.personal.rdg.ac.uk/~scscharip/Activated_carbon_JPCM.pdf

Levine, I. (2004). Físicoquímica. Volumen 1. Quinta Edición. Editorial Mc Graw-Hill. Madrid, España, p 432.