

Adsorción de ampicilina en solución acuosa sobre diversas formas de carbones activados

Adsorption of ampicillin from aqueous solution onto various forms of activated carbons

Israel Ortiz Anaya, Roberto Leyva Ramos

Centro de Investigación y Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Dr. Manuel Nava 6, 78210, San Luis Potosí, S.L.P., México.

Palabras Clave: adsorción, ampicilina, carbón activado

Key Words: adsorption, ampicillin, activated carbon

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso indispensable ya que se requiere para realizar todos los procesos metabólicos involucrados en el correcto funcionamiento de la fisiología de los seres vivos; sin embargo, ha mermado su calidad puesto que es continuamente expuesta a diversos tipos de contaminantes.

El término “Farmacéuticos y Productos de Cuidado Personal” o PPCPs por sus siglas en inglés, engloba a: i) productos farmacéuticos, ii) cosméticos y iii) productos para el hogar. Este ha cobrado importancia por comprender compuestos persistentes. De los cuales, no se conocen sus efectos en exposiciones crónicas, ni existe una normatividad que los regule de forma explícita en las aguas. Los antibióticos como la Ampicilina (AMP) descargados en las aguas fomentan la resistencia bacteriana. El informe entregado a la ONU en 2019 estima que en 2050 las muertes por enfermedades farmacorresistentes a nivel mundial será de 10 millones al año. Por este motivo, es crítico eliminar y/o remover este tipo de compuestos de las aguas.

Los métodos de eliminación convencionales (cloración, ozonización, fotólisis, Fenton, etc.) han probado ser eficientes; no obstante, contaminantes orgánicos de alto peso molecular, no logran mineralizarse por completo. Es por ello, que métodos de remoción como la adsorción, han cobrado importancia. La adsorción mediante carbones activados es versátil para remover compuestos orgánicos como la AMP. Además, se trata de un proceso selectivo, de bajo costo y fácil manejo.

El objetivo principal de este trabajo es estudiar la adsorción individual de AMP sobre dos carbones activados (CAs) granulares denominados F400 y F400n, una fibra de carbón activado (FCA) y tres FCAs sintetizadas modificando la FCA usando flujos de CO₂ (ACF800B, ACF800C y ACF800D).

METODOLOGÍA

Las propiedades de textura de los adsorbentes carbonosos se calcularon a partir de las isotermas de adsorción-desorción de N₂ y con el método BET, el modelo de Dubinin-Radushkevich y la regla de Gurvich. Las concentraciones de los sitios activos de los adsorbentes se determinaron por el método de titulación ácido-base propuesto por Boehm, (1994); mientras que, los pH de punto de carga cero (pH_{PCC}) y las distribuciones de carga superficial (Cs) se evaluaron por el método de titulación ácido-base propuesto por Babic y col., (1999). La morfología de los CAs y las FCAs se evaluó por la técnica de SEM.

Las capacidades de adsorción de los adsorbentes por AMP se obtuvieron con experimentos de adsorción de lote. Las concentraciones conocidas de fármaco se prepararon en matraces volumétricos de 25 mL, adicionando una alícuota de la solución patrón y aforando hasta la marca con una solución de fuerza iónica 0.01N (NaOH/HCl) y pH = 7. Posteriormente, a cada adsorbedor se añadió una masa de 0.025 g del adsorbente y 20 mL de la solución de fármaco de concentración inicial conocida. Enseguida, los adsorbedores de lote se sumergieron parcialmente en un baño termostático para mantener la temperatura constante a 25 °C. Los adsorbedores se substrajeron del baño por periodos de 15 min para agitarlos y ajustar el pH de cada adsorbedor al de referencia. Los ajustes de pH de los adsorbedores se realizaron con soluciones con fuerza iónica de 0.01 N y 0.1 N (HCl/NaOH), procurando ocupar el menor volumen posible de las mismas. La cantidad adsorbida de AMP sobre los adsorbentes se calculó con la ecuación (1) y el conjunto de datos se interpretó por las isotermas de Freundlich, Langmuir y Redlich-Peterson.

$$q = \left(\frac{V}{m}\right) (C_0 - C_e) \quad (1)$$

Donde q es la masa de AMP adsorbida, mg/g; V es el volumen de solución, L; m es la masa del adsorbente, g; C_0 es la concentración inicial de AMP, mg/L; C_f es la concentración final de AMP en el equilibrio de adsorción, mg/L.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las isothermas de adsorción-desorción de N_2 de todos los adsorbentes carbonosos tienen incrementos significativos en la masa de N_2 adsorbida a presiones relativamente bajas, lo cual revela que todos los materiales son microporosos. De acuerdo con la IUPAC, las isothermas de los materiales son de tipo Ib.

El área específica (S_{BET}) y el área de microporos (S_{micDR}) de los materiales carbonosos contrastan entre los dos tipos de adsorbentes utilizados, puesto que las FCAs tienen mayores áreas que los CAs granulares. En promedio, las relaciones entre el área específica y el área de microporos de las FCAs y los CAs son 1/0.5 y 1/0.7, respectivamente. La anchura de los microporos (L_0) de los materiales carbonosos son 1.54, 1.49, 1.40, 1.09, 0.99 y 0.91 nm para ACF800C, ACF800B, ACF800D, FCA, F400 y F400n, respectivamente. En virtud de que L_0 es inferior a 2 nm corrobora que todos los CAs son mayoritariamente microporosos.

Las distribuciones de tamaño de poro de todos los materiales adsorbentes tienen un comportamiento bimodal, teniendo dos picos que predominan en la región microporosa. El pico “a” tiene una estructura simétrica y estrecha, con un máximo a un diámetro de poro de 0.7 nm. Los picos “b” de los materiales son poco simétricos y anchos. La anchura refleja una mayor distribución de poros con diámetros entre 1 y 2.5 nm.

Las concentraciones de los sitios ácidos se encuentran en el intervalo de 0.046 a 0.321 meq/g, y decrecen de acuerdo a la siguiente secuencia: FCA > ACF800C > ACF800D > ACF800B > F400 > F400n. Por otra parte, la relación entre sitios básicos y ácidos es de 5/1, 7/1, 0.6/1, 9.8/1, 2.5/1 y 6.6/1 para F400, F400n, FCA, ACF800B, ACF800C y ACF800D, respectivamente.

Los pH_{PCC} de F400 y F400n son 9 y 10 respectivamente, lo que significa que se trata de CAs con alto contenido de grupos básicos. El pH_{PCC} de la FCA es de 4, que contrasta con los pH_{PCC} de ACF800B, ACF800C y ACF800D que son de 8.92, 8.79 y 8.78, respectivamente.

A una concentración en el equilibrio de AMP de 550 mg/L (Q_{550}), la cantidad de AMP adsorbida sobre ACF800C, ACF800B, ACF800D, FCA, F400 y F400n es de 765, 764, 693, 393, 340 y 283 mg/g, respectivamente. Las diferencias entre las capacidades de adsorción se atribuyen a las propiedades de textura como el área específica (S_{BET}), volumen de microporos (W_0) y anchura de microporos (L_0). Q_{550} aumenta linealmente con el área específica y la anchura de microporos.

CONCLUSIONES

Los CAs son adsorbentes sumamente microporosos; no obstante, las FCAs disponen de propiedades de textura más desarrolladas en comparación con los CAs granulares.

Los CAs que tienen una mayor proporción de sitios básicos que ácidos, tienen pH_{PCC} básicos; mientras que, la FCA que es el único adsorbente con una mayor proporción de sitios ácidos que básicos, tiene un pH_{PCC} ácido. Esto corrobora el carácter ácido o básico de las superficies de los adsorbentes.

La capacidad de adsorción de los CAs aumenta linealmente con el área específica porque se incrementan las interacciones π - π .

Una mayor anchura de los microporos, facilita el acceso de las moléculas de AMP a los mismos, reduciendo el impedimento estérico que pudiera existir y aumentando la capacidad de adsorción.

Los sitios ácidos suelen fungir como grupos desactivantes para las interacciones π - π ; sin embargo, para la adsorción de AMP sobre los CAs cobran mayor importancia las propiedades de textura que este hecho.

BIBLIOGRAFÍA

Babic, B.; Milonjic, S.; Polovina, M.; Kaludierovic, B. (1999). *Point Zero Charge and intrinsic Equilibrium Constants of Activated Carbon Cloth*. *Carbon*, 37, 477-481.

Boehm, H. P. (1994). *Some aspects of surface chemistry of carbon blacks and other carbons*. *Carbons*, 32(5), 759-769.