

Carbones activados a partir de lodos de depuradora: adsorción de compuestos citostáticos

E. Portillo*, S. Flores, R. Carrizosa, S. Álvarez-Torrellas, J. Carbajo, V.I. Águeda, J. García

Grupo de Catálisis y Procesos de Separación (CyPS), Departamento de Ingeniería Química y Materiales, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid, Avda. Complutense s/n, 28040 Madrid, España.

evaporti@ucm.es

Palabras clave: Adsorción; carbón activado; citostáticos; valorización de lodos.

Introducción

La revaloración de los lodos de depuradora se ha visto limitada en los últimos años debido a las nuevas restricciones legislativas en relación al contenido en metales pesados [1]. Adicionalmente, la presencia de contaminantes emergentes detectados en las aguas supone un riesgo para la salud humana, así como para la biodiversidad. Específicamente, los compuestos citostáticos utilizados para el tratamiento del cáncer se han encontrado en las aguas residuales, tanto hospitalarias como urbanas, en concentraciones en un intervalo entre $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ [2,3]. Hoy en día, las plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales no son capaces de eliminar eficientemente estos compuestos, ya que es necesario desarrollar otro tipo de procesos, fundamentalmente de carácter terciario, para evitar su vertido.

El presente trabajo propone la valorización de lodos de depuradora para la síntesis de carbones activados y su empleo como adsorbente en la eliminación de contaminantes citostáticos de las aguas.

Experimental

La síntesis de los materiales carbonosos se ha llevado a cabo mediante activación física. Partiendo del lodo seco, la primera etapa consistió en una pirólisis en atmósfera de nitrógeno a $750\text{ }^\circ\text{C}$ seguida de una activación térmica con CO_2 a una temperatura de $850\text{ }^\circ\text{C}$ y un lavado con ácido clorhídrico 3M. La secuencia del lavado con ácido y la activación con CO_2 fue optimizada de acuerdo al esquema recogido en la Figura 1. Los materiales obtenidos fueron caracterizados mediante diversas técnicas, tales como adsorción-desorción de N_2 , análisis elemental, FTIR, FRX, SEM, etc.

Los experimentos de adsorción se han llevado a cabo empleando tres compuestos citostáticos, metotrexato (MTX), ciclofosfamida (CYC) y 5-fluorouracilo (5FU), a temperatura ambiente ($25\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$) con agitación orbital (250 rpm) y una concentración inicial de contaminante de $20\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. La concentración de los compuestos se siguió en todos los casos mediante cromatografía líquida HPLC con detector DAD acoplado.

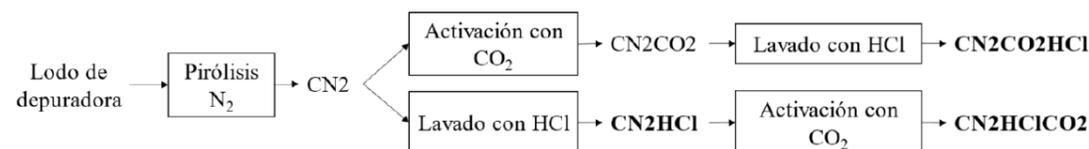


Figura 1. Secuencias de síntesis de los carbones activados.

Resultados y discusión

Estudiando las propiedades de los carbones activados en las etapas de la síntesis se ha podido ver la influencia de cada uno de los tratamientos sobre dichas propiedades. Así, en la Figura 2(a) se recogen los resultados referentes a la superficie específica (S_{BET}), el volumen de poros (V_{poro}) y la presencia de microporosidad ($V_{\text{micro}}/V_{\text{poro}}$) de cada uno de los materiales obtenidos, a partir de la que se puede concluir que el lavado con HCl constituye una etapa fundamental del proceso de síntesis, y que llevarla a cabo previamente a la activación con CO_2 resulta en un material con mayor área superficial y mayor grado de microporosidad (CN2HCICO2).

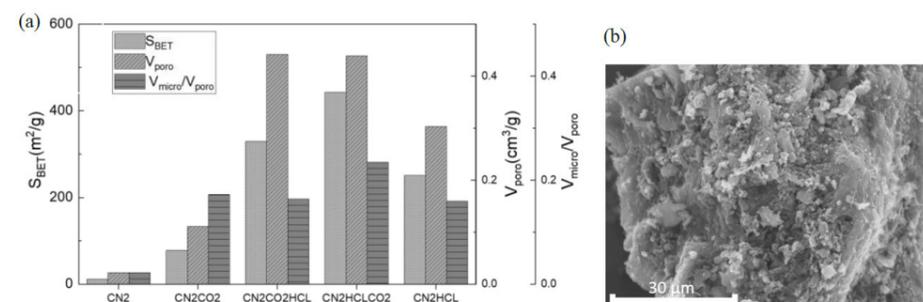


Figura 1. (a) Propiedades texturales de los carbones activados sintetizados; (b) Micrografía SEM del carbón activado CN2HCICO2

Asimismo, los carbones activados con mayor superficie específica (CN2HCl , CN2CO2HCl y CN2HCICO2) fueron evaluados en la adsorción de los tres compuestos citostáticos del agua. Los experimentos evidenciaron que el carbón con mayor superficie específica ($S_{\text{BET}}=443\text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$) alcanzó las mayores capacidades de adsorción para los tres compuestos, siendo la capacidad de adsorción en el equilibrio en la monocapa obtenido a partir de las isotermas (q_e) de 30,6, 25,5 y $210,9\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ para 5FU, CYC y MTX, respectivamente (condiciones de operación: $C_0 = 20\text{ ppm}$; dosis = $0,012\text{--}1,5\text{ g}_{\text{carbón}}/\text{L}$).

Conclusiones

Los resultados de este trabajo han demostrado la viabilidad de utilizar lodo de depuradora como precursor para la síntesis de carbones activados con interesantes propiedades adsorbentes; así, se ha probado que los materiales preparados son capaces de eliminar de forma eficiente los compuestos citostáticos de las aguas. El carbón activado que proporcionó mejores resultados fue el sintetizado realizando el lavado con disolución de HCl previo a la activación con CO_2 .

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el MICINN a través del Proyecto CATAD3.0 (PID2020-116478RB-I00). Además, los autores agradecen la financiación de la CM a través de la Red REMTAVARES (S2018/EMT-4341). Asimismo, E.P. agradece al MICINN la concesión de su contrato FPI (PRE2021-098466).

Referencias

- [1] M.C. Samolada, A.A. Zabaniotou, Comparative assessment of municipal sewage sludge incineration, gasification and pyrolysis for a sustainable sludge-to-energy management in Greece, Waste Manage. 34 (2014) 411–420. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.11.003>
- [2] L. Blaney, D.F. Lawler, L.E. Katz, Transformation kinetics of cyclophosphamide and ifosfamide by ozone and hydroxyl radicals using continuous oxidant addition reactors, J. Hazard. Mater. 364 (2019) 752–761. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.09.075>
- [3] M.-H. Hsu, C.-J. Tsai, A.Y.-C. Lin, Mechanism and pathways underlying the self-sensitized photodegradation of methotrexate under simulated solar irradiation, J. Hazard. Mater. 373 (2019) 468–475. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.03.095>