

TRATAMIENTO SOSTENIBLE DE AGUAS CONTAMINADAS: MATERIALES ADSORBENTES DE DISEÑO EN LA INMOVILIZACIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS

Julia Martín^{1,*}, María del Mar Orta², Santiago Medina-Carrasco³, Juan Luis Santos¹, Irene Aparicio¹, Esteban Alonso¹

¹*Departamento de Química Analítica. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Sevilla.*

²*Departamento de Química Analítica. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla.*

³*Laboratorio de Rayos-X (CITIUS). Universidad de Sevilla.*

Autor de correspondencia: jbueno@us.es

Resumen

En este trabajo se evalúa la eficacia de dos nuevos materiales adsorbentes, una mica de alta carga expansible (Na-Mica-4) y un filosilicato derivado del anterior con cationes de octadecilamonio (C₁₈-Mica-4), para la eliminación de un grupo de compuestos orgánicos persistentes. Los materiales fueron caracterizados por difracción de rayos-X, potencial Z y análisis termogravimétrico. Se determinaron las condiciones óptimas de operación para la correcta eliminación de los contaminantes. Se ensayaron variables como tiempo de adsorción, efecto salino o pH del medio. Las mejores condiciones obtenidas para la eliminación significativa (70-100%) de los contaminantes, se dieron para el filosilicato C₁₈-Mica-4 en un tiempo de 24 horas. Además, se observó una correlación significativa entre las propiedades fisicoquímicas de los contaminantes y la adsorción sobre el material. Este estudio pone de manifiesto el potencial de estos materiales para su utilización en el tratamiento industrial de aguas afectadas por diferentes tipos de contaminación.

1. Introducción

Disponemos a nuestro alcance de herramientas cada vez más sensibles que nos han alertado de la presencia de unos contaminantes previamente desconocidos o no reconocidos como tales, potencialmente peligrosos, denominados globalmente como contaminantes emergentes. Estos compuestos tienen en común su elevada producción y uso o consumo y, consecuentemente, una continua introducción como contaminantes en el medio ambiente. Además de esta particularidad, muchos

de ellos se caracterizan por su persistencia y toxicidad siendo, por ello, objeto de vigilancia legislativa, en algunos casos, y de profundo seguimiento científico.

Muchos grupos de investigación trabajan actualmente en el desarrollo de tecnologías avanzadas que puedan eliminar estos compuestos de manera eficiente. Entre estas técnicas destaca la adsorción como proceso eficiente, de fácil operación y bajo coste, y que además no genera compuestos intermedios de degradación (Martín *et al.*, 2018). En este trabajo, se evalúa por primera vez la eficacia de dos nuevos materiales adsorbentes, en diferentes condiciones operativas, para la eliminación de un grupo de compuestos orgánicos persistentes clasificados como contaminantes emergentes en aguas. Concretamente se han evaluado dos materiales: una mica de alta carga expansible (Na-Mica-4), y un filosilicato derivado del anterior con cationes de octadecilamonio (C₁₈-Mica-4).

2. Materiales y métodos

La estrategia metodológica diseñada contó con tres elementos: 1º) Síntesis de materiales adsorbentes de diseño: Na-Mica-4 y C₁₈-Mica-4; 2º) Caracterización de los materiales: Difracción de rayos-X, potencial Z, superficie específica y análisis termogravimétrico; 3º) Ensayos de adsorción de los contaminantes: Evaluación del tiempo de adsorción, efecto salino y pH del medio; así como su aplicación a muestras reales contaminadas.

3. Resultados y discusión

3.1. Síntesis Na-Mica-4 y C18-Mica-4

La mica sódica de alta carga corresponde a la Na-Mica-4 con fórmula química Na₄[Si₄Al₄]Mg₆O₂₀F₄ · 3·nH₂O. Como materiales de partida se emplearon dióxido de silicio, hidróxido de aluminio, fluoruro de magnesio y cloruro sódico en cantidades estequiométricas. Los reactivos fueron mezclados enérgicamente en mortero de ágata. Posteriormente, se calentaron en crisol de platino a 900 °C durante 15 horas. El producto obtenido se lavó con agua destilada y el sólido se separó por filtración y se dejó secar a temperatura ambiente.

La C₁₈-Mica-4 se sintetizó por reacción de intercambio catiónico entre la Na-Mica-4 y un exceso de sal de octadecilamonio disuelta en HCl 0,1 M. La disolución obtenida se agitó durante 3 h a 80 °C. A continuación, se añadió agua desionizada a 50 °C durante 30 min. El sólido obtenido se filtró y se disolvió en una mezcla de etanol-

agua (1:1) en caliente. Por último, se filtró el producto y se dejó secar el precipitado a temperatura ambiente.

3.2. Caracterización del sólido

La Figura 1 muestra los difractogramas correspondientes a la Na-Mica-4 y C₁₈-Mica-4. Los resultados mostraron un aumento de 12 Å (Na-Mica-4) a 49.9 Å (C₁₈-Mica-4) en el espacio entre capas. Así mismo, la diferencia en el espacio interlaminar de la C₁₈-Mica-4 antes y después de los ensayos de adsorción fue de 1 Å. Esta diferencia se explica por la variación en el ángulo de inclinación (α) (de 62.93° a 60.92°) entre el eje de alquilamonio y la superficie sólida después de la adsorción por la posible incorporación de los contaminantes estudiados en el espacio interlaminar.

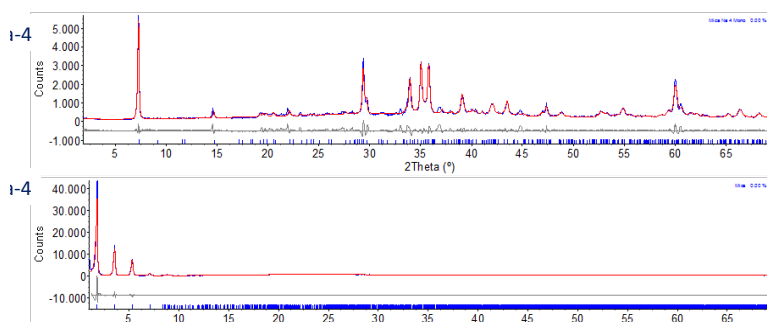


Figura 1. Difractogramas correspondientes a la Na-Mica-4 y C₁₈-Mica-4 mica antes y después del ensayo de adsorción. En azul se muestra el resultado experimental, en rojo el ajuste por el método de Le Bail.

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, la carga superficial externa de C₁₈-Mica-4 antes y después de los ensayos de adsorción se estudió utilizando el potencial Zeta: 55.60 ± 1.04 mV y 55.1 ± 1.09 mV, respectivamente. Estos valores junto con los resultados del análisis de superficie específica: 3.1918 ± 0.1302 m²/g y 3.3215 ± 0.1188 m²/g, respectivamente, indican que no hay adsorción de contaminantes en la superficie.

3.3. Ensayos de adsorción

Los experimentos de adsorción se realizaron poniendo en contacto 20 mg de cada material con la disolución de los contaminantes (tres surfactantes, cuatro compuestos perfluorados, dos conservantes y nueve principios activos farmacológicos) a una concentración de 10 mg/L.

Las mejores condiciones obtenidas para la eliminación significativa (70-100%) de los contaminantes estudiados, se dieron para la C₁₈-Mica-4 y un tiempo de adsorción de 24 horas, con escasa influencia del intervalo de valores ensayados para las otras

variables analizadas: efecto salino y pH del medio (Figura 2). Se observó, además, una alta correlación entre las propiedades fisicoquímicas de contaminantes emergentes seleccionados ($\log K_{ow}$) y la adsorción en C₁₈-Mica-4, de modo que los compuestos con $\log K_{ow} > 2.5$ se eliminaron de manera eficiente.

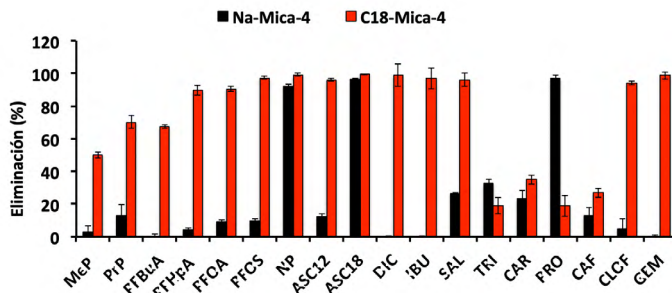


Figura 2. Rendimientos de eliminación de los contaminantes emergentes tras los ensayos de adsorción. Fuente: elaboración propia.

4. Conclusiones

La capacidad de expansión de las organomicas, así como su disponibilidad inmediata, bajo costo, control de la composición y pureza son características prometedoras para un futuro prometedor en el campo de la tecnología de adsorción. Se pone así de manifiesto el potencial de ciertos materiales adsorbentes para su utilización en el tratamiento industrial de aguas afectadas por diferentes tipos de contaminación.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado en el marco de un proyecto de I+D del Ministerio de Economía y Competitividad (referencia CTM2017-82778-R).

Referencias bibliográficas

Martín, J., Orta, M. M., Medina-Carrasco, S., Santos, J. L., Aparicio, I., y Alonso, E. (2018). Removal of priority and emerging pollutants from aqueous media by adsorption onto synthetic organo-functionalized high-charge swelling micas. *Environmental Research*, 164, 488-494. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.03.037>