

DESARROLLO DE MATERIALES ADSORBENTES PARA LA REMOCIÓN DE COMPONENTES TÓXICOS EN FUENTES DE AGUA

Ana Valeria Galván Cabrera (1), Merced Martínez Rosales (2)

¹ [Licenciatura en Química, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [av.galvancabrera@ugto.mx]

² [Departamento de Química, División de Ciencia Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [mercedj@ugto.mx]

Resumen

En este trabajo se muestra la preparación de un material adsorbente del tipo de las espinelas ($MgAl_2O_4$) para la remoción de arsénico en fuentes de agua naturales. Este material fue preparado por la combinación de los procesos de gelación y precipitación a partir de una solución mixta de sulfatos de aluminio y magnesio. El material obtenido se caracterizó por diferentes técnicas: Fisisorción de nitrógeno (N_2), resultando el área superficial específica mayor de $100 \text{ m}^2/\text{g}$ y un volumen de poro (V_p) entre $0,9$ y $1,1 \text{ cm}^3/\text{g}$. La difracción de rayos X (DRX) mostró que la estructura del material obtenido es típica de las espinelas. Por último, se puso a prueba la capacidad de adsorción de la espinela en contacto con el As disminuyendo la concentración de éste en las muestras dadas por debajo de la norma establecida.

Abstract

In this paper the preparation of an adsorbent material type spinels ($MgAl_2O_4$) for the removal of arsenic in natural water sources is shown. This material was prepared by combining the processes of gelation and precipitation from a mixed solution of aluminum sulphate and magnesium. The material obtained was characterized by different techniques: Nitrogen physisorption (N_2), resulting in higher specific surface area of $100 \text{ m}^2 / \text{g}$ and a pore volume (V_p) between 0.9 and $1.1 \text{ cm}^3 / \text{g}$. The X-ray diffraction (XRD) showed that the structure of the material obtained is typical of spinels. Finally, we tested the adsorption capacity of the spinel in contact with decreasing As concentration in the samples given it below the norm.

Palabras Clave

Arsénico; Agua; Espinela; Síntesis

INTRODUCCIÓN

Arsénico

El arsénico (elemento metaloide) es uno de los contaminantes naturales más tóxicos y carcinógenos encontrados en el agua. El arsénico en los sistemas acuosos es introducido desde fuentes naturales y antropogénicas. Las fuentes naturales incluyen el deslavado y erosión de suelos y rocas ricas en arsénico, que probablemente ocurren por los cambios geoquímicos que suceden a largo plazo. Las fuentes antropogénicas incluyen la deforestación, el uso de los pesticidas, herbicidas y fertilizantes en la agricultura, los efluentes industriales de la industria metalúrgica, electrónica, minera, farmacéutica, vidriera, cerámica, de teñido y la manufactura de pesticidas, preservadores de madera, refinación de petróleo y vertederos por lixiviación [1,2].

Los dos estados prevalentes en el agua son arsenito As (III) y arsenato As (V). El As (III) existe en su mayoría reduciendo aguas subterráneas y aguas hidrotermales. Mientras que As (V) se presenta en aguas superficiales y oxidando aguas subterráneas. El arsénico es una amenaza geogénica del agua que afecta a millones de personas alrededor del mundo y es considerado como el “envenenamiento masivo más grande de la historia”. El contacto con arsénico puede provocar intoxicación crónica. La exposición prolongada al arsénico puede dañar el sistema nervioso, hígado e incluso la piel, causando la aparición de diversos tipos de cáncer como hiperqueratosis, cáncer de pulmón, de piel y próstata [3].

El arsénico en el agua es un problema a nivel mundial. La contaminación por este elemento está reportada en países como Estados Unidos, China, Chile, Bangladesh, Taiwán, Argentina, Polonia, Canadá, Hungría, Nueva Zelanda, Japón, India y por supuesto México.

En México, la detección de la presencia de concentraciones de arsénico bastante mayores a 25 µg/L (norma actual, Secretaría de Salud, 2000) ha sido posible gracias a un gran número de

estudios técnicos realizados por CONAGUA y algunas universidades. Estos estudios técnicos han ayudado a identificar tres ambientes hidrogeológicos donde se presentan altas concentraciones de arsénico en el agua subterránea: acuíferos aluviales del norte y centro de México, áreas mineras en distintas partes del país y aguas geotérmicas asociadas a rocas volcánicas relativamente jóvenes del centro de México (Smedley, 2003; Smedley & Kinniburgh, 2002). En la IMAGEN 1 se presentan las localidades más representativas que padecen de contaminación del agua subterránea por arsénico en México.

Debido a la alta toxicidad y efecto carcinógeno del arsénico, la Organización Mundial de la Salud (OMS, la Unión Europea (EU) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) han recomendado un nivel máximo de contaminación (MCL) de arsénico permitido en el agua potable es de **0,01 mg/L** [4].

El objetivo de este trabajo es el diseño de un material que responda a las necesidades de adsorción de arsénico en el agua superficial y subterránea en las plantas de tratamiento de aguas residuales así como en pozos de extracción. Este material, es una espínela.



IMAGEN 1: Localidades más representativas que padecen contaminación del agua por arsénico en México.

Espinela

Una espinela es un material cerámico refractario de alto desempeño. Se forma por reacción del estado sólido entre el óxido de magnesio (MgO) y el óxido de aluminio (Al_2O_3) produciendo una espinela de aluminato de magnesio ($MgAl_2O_4$) o un óxido mixto como también se conocen. Las espinelas se han utilizado en: extracción de cromo, como aditivo para capturar vanadio y óxido de azufre en cracking catalítico, componentes de materiales nucleares, elaboración de piedras sintéticas preciosas (zafiros y los rubíes) y como material cerámico refractario. [5].

Un método que se ha utilizado a nivel laboratorio, combina los procesos de precipitación y gelación para preparar alúmina desde sulfato de aluminio. Este proceso de combinar precipitación y gelación es más utilizado en sistemas binarios y terciarios. Aquí se presentan los resultados de nuestro trabajo en la preparación de polvos de espinela usando este método [6].

MATERIALES Y MÉTODOS

Síntesis de la espinela ($MgAl_2O_4$)

Se utilizó sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$) y sulfato de magnesio ($MgSO_4 \cdot 7 H_2O$) reactivo grado técnico como materiales de partida. Las soluciones se prepararon en agua destilada. Estas soluciones fueron mezcladas en proporción 1:2 en base a su relación molar. Enseguida en un matraz de 3 bocas alimentado previamente con una cama de agua, se dosificó la mezcla de soluciones por medio de una bomba peristáltica y también se burbujeó simultáneamente amoníaco gaseoso en exceso. En la solución se formó un precipitado blanco. Durante la precipitación se debe de mantener una temperatura entre $60^\circ C$ y $70^\circ C$ con agitación vigorosa. Una vez terminada la adición de la mezcla de soluciones, pasamos a filtrar y lavar el precipitado con agua amoniacal caliente.

Por último, se deja secar el precipitado a temperatura ambiente toda una noche, se mete a la estufa por 24h a $100^\circ C$ y se calcinó entre $500^\circ C$ y $600^\circ C$. (IMAGEN 2).

Al material obtenido se le hizo la caracterización correspondiente: DRX y el análisis textural BET.



IMAGEN 2: Formación, secado y calcinación de la espinela ($MgAl_2O_4$).

Muestreo y estudios de remoción de As con el material adsorbente

Se recolectaron muestras de agua del pozo de la Saucedá y del pozo de Campusano, ambas se evaluaron en contacto con el material adsorbente.

Una cantidad definida de muestra de agua se colocó en un tubo de centrifuga con una cantidad conocida de material adsorbente ($MgAl_2O_4$) todo en una cuba que se mantiene a temperatura y pH constantes, procurando agitar continuamente el recipiente con muestra en estudio. Después de un tiempo definido, se separaron por filtración la muestra de agua y adsorbente y se procedió al análisis de la muestra de agua tratada (M_T) por espectrometría de absorción atómica (AA).

Análisis por Espectroscopía de Absorción Atómica. El análisis de las muestras se realizó mediante AA en un equipo de la marca Perkin Elmer, modelo Analyst 100 acoplado a un generador de hidruro/separador gas-líquido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El polvo obtenido se sometió a la siguiente caracterización:

Difracción de Rayos X para polvos

El patrón de difracción de rayos X (DRX) de la espinela ($MgAl_2O_4$) sintetizada como se puede ver en la IMAGEN 3 se adapta muy bien a lo reportado en la literatura [7], demostrando que corresponde a la estructura típica de estos materiales.

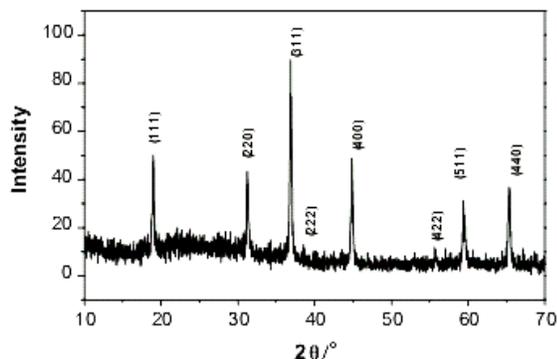


IMAGEN 3: Patrón de difracción de rayos X de la muestra de espinela ($MgAl_2O_4$).

Fisorción de nitrógeno (BET)

El área superficial específica de los polvos de la espinela ($MgAl_2O_4$) se midió por Fisorción de nitrógeno o BET. El área superficial específica de los polvos de la espinela ($MgAl_2O_4$) obtenida en $800^\circ C$ es de $110 m^2 / g$ y un volumen de poro (Vp) entre 0,9 y $1,1 cm^3/g$.

Evaluación del material adsorbente (espinela)

Las muestras de agua directamente analizadas en AA se determinaron como (M) y las muestras de agua después del tratamiento con la espinela como (M_T).

Los resultados del análisis de la concentración de As (total) de las muestras de agua de pozo, como se puede ver en la TABLA 1.

Muestra	$[As]_T$ (mg/L)	
	M	M_T
La Sauceda	0.0671	0.0018
Campusano	0.0606	0.0027

TABLA 1: Análisis por AA de la concentración de As en las muestras de agua de pozo.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los valores de concentración detectados, se rebasan los valores establecidos incluso por la Norma Mexicana ($0.025 mg/L$), sin embargo es notoria la acción del material adsorbente en la remoción de este metaloide, lo cual muestra las posibilidades de erradicar esta problemática, incluso hasta poder cumplir con la Norma Internacional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo otorgado por mi asesor Merced Martínez Rosales, tanto por los conocimientos nuevos que me dio, así como por su toda su ayuda, paciencia y la oportunidad para llevar a cabo este proyecto.

REFERENCIAS

Libro:

- M. I. Litter, M. A. Armienta y S. S. Farías. (2009). Iberoarsen, Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en aguas y suelos. CYTED (1ª ed) Argentina.
J. Bundschuh, A. Pérez Carrera, M.I. Litter. (2008). Iberoarsen, Distribucion del Arsénico en las regiones ibérica e iberoamericana. CYTED (1ª ed) Argentina.

Artículo:

- [1] Q. Li, X. T. Xu H Cui, J. Pang, Z. B. Weri, Z. Sun, y J. Zhai. (2012). "Comparison of two adsorbents for the removal of pentavalent arsenic from aqueous solutions", *Journal of Enviromental Management*, vol. 98, pp 98-106.
- [2] L. Dong, P.V. Zinin, J. P. Cowen, y L.C. Ming. (2009). "Iron coated pottery granules for arsenic removal from drinking water", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 168 no. 2-3, pp 626-632.
- [3] Y. Li, J. Wang, Z. Luan y Z. Liang. (2010). "Arsenic removal from aqueous solution using ferrous based red mud sludge", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 177, no. 1-3, pp. 131-137.
- [4] D. Mohan Jr. Y C. Y. Pittman. (2007). "Arsenic removal from water/wastewater using adsorbents –a critical review" *Journal of Hazardous Materials*, vol. 142, no. 1-2, pp.1-53.
- [5] Otero, A. C, Carbonell, M. C. & Turnes P. G. (1994). *Journal of Catalysis*, vol 148, pp 403-405.
- [6] Vinay Kumar Singh, Rakesh Kumar Sinha. (1997). "Low temperature synthesis of spinel ($MgAl_2O_4$)" *Materials Letters*, vol 31, 281-285.
- [7] A. A. Battacharyya, G. M. Woltermann, J. S. Yoo, J. A. Karch, y W. E. Cormier, pp. 1356-1360, s.l.: *Ind. Eng. Chem. Res.*, 1998, vol. 27.