

SÍNTESIS, CARACTERIZACIÓN Y APLICACIÓN DE MCM-41 PARA LA REMOCIÓN DE COBRE DE UNA MATRIZ ACUOSA

Nicolás A. Fellenz¹, María F. Agosto¹, Sergio G. Marchetti² y José F. Bengoa²

¹UNRN-Sede Atlántica, calle Av. Don Bosco y Leloir, Viedma (8500), Río Negro, Argentina. nfellenz@unrn.edu.ar

² CINDECA, Fac. Cs. Exactas, UNLP, CICBA, CONICET Calle 47 No 257 (1900) La Plata, Argentina.

Introducción

Las altas concentraciones de Cu(II) en los recursos hídricos no solo alteran el crecimiento de plantas y peces sino que además obstruyen la capacidad de autopurificación del agua y representan una amenaza directa a la salud humana. Esto ha hecho que considerables esfuerzos se estén enfocando al desarrollo de tecnologías efectivas y a la vez económicas para la remoción de esta especie de los recursos hídricos naturales y/o el tratamiento de efluentes industriales [1-3]. De las técnicas utilizadas, la adsorción es, debido a su simplicidad, el método más difundido y puesto en práctica hoy día. Para ello se han utilizado distintos materiales como carbón activado, cáscara de arroz y distintas arcillas naturales. Sin embargo, todos ellos presentan problemas de tipo práctico, como por ejemplo: baja capacidad de adsorción, baja selectividad, necesidad de largos tiempos de contacto y baja estabilidad térmica y/o mecánica [4-6].

El descubrimiento de la familia de materiales mesoporosos ordenados M41S realizado por investigadores de la Mobil Research [7] generó una nueva categoría de sólidos porosos. El miembro más interesante y estudiado de esta familia es el denominado MCM-41. Este sólido posee altas superficies específicas (~1000 m²/g), alta estabilidad térmica, tamaños de poros regulables en el rango 1-10 nm y una estrecha distribución de tamaño de los mismos. Estas características harían de este sólido un adsorbente ideal de metales pesados.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, en este trabajo se reporta la síntesis y caracterización de un material tipo MCM-41 y su desempeño como adsorbente de la especie Cu(II) de una matriz acuosa.

Experimental

El sólido fue preparado de acuerdo a la metodología propuesta por Ryoo y Kim [8] usando silicato de sodio como fuente de silicio, cloruro de cetil-trimetil-amonio como surfactante y ajuste del pH durante la síntesis hidrotérmica. El surfactante fue eliminado por calcinación en corriente de N₂ (150 cm³/min) utilizando el siguiente programa térmico: se calentó desde temperatura ambiente hasta 783 K a 8 K/min, permaneciendo 1 h a esta temperatura. Posteriormente se reemplazó la corriente de N₂ por aire manteniéndose a la misma temperatura durante 6 h. La muestra sintetizada, denominada MCM-41, fue caracterizada por difracción de rayos X a bajos ángulos (DRX), microscopía de transmisión electrónica de alta resolución (HRTEM) y adsorción de N₂.

Los ensayos de adsorción se realizaron en un reactor tipo Batch a 310 K y tiempos de contacto de 1, 3, 5, 10, 20 y 60 min. Para ello se colocó en cada caso 50 mg del adsorbente recién sintetizado en 50 ml de una solución de Cu (II) de

concentración 50 mg/l bajo agitación durante el tiempo establecido. La suspensión resultante fue separada utilizando papel de filtro de 0.45 μm y la cantidad de Cu (II) adsorbido fue establecida por diferencia entre la cantidad inicial y la remanente en la solución acuosa tratada, las cuales fueron determinadas por espectroscopía de absorción atómica (EAA).

Resultados y Discusión

Caracterización del sólido. En la Figura 1 y 2 se muestran, respectivamente, los patrones de DRX y una micrografía HRTEM obtenida de la muestra sintetizada. El diagrama de DRX posee un pico de difracción muy intenso a $2\theta=2.1^\circ$ y tres picos débiles a ángulos mayores, los cuales son característicos del sólido mesoporoso con arreglo hexagonal MCM-41 [7]. Este ordenamiento también se observa en la imagen HRTEM mostrada y esto indica de forma concluyente la existencia de un arreglo de mesoporos con ordenamiento de largo alcance típico del material MCM-41.

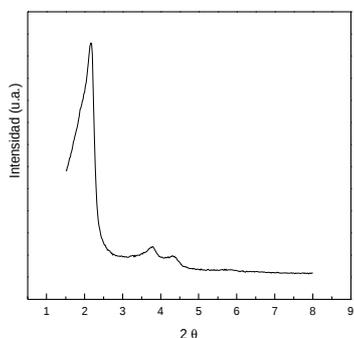


Figura 1. DRX de MCM-41

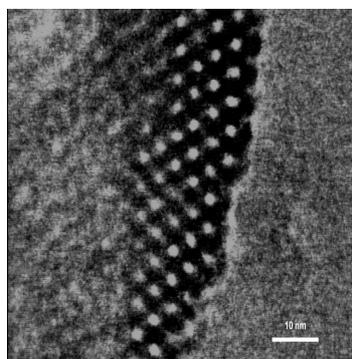


Figura 2. Imagen HRTEM de MCM-41

El diámetro de poro fue determinado usando adsorción de N_2 a 77 K y medidas estadísticas a partir de las micrografías HRTEM obtenidas. Los datos de distribución obtenidos por ambas técnicas se muestran en la Figura 3. Es importante destacar la existencia de un buen acuerdo entre el diámetro de poro medio obtenido a partir de ambos métodos, cuyo valor es de 2.8 nm. Del ajuste realizado de las isothermas de adsorción-desorción de N_2 utilizando el modelo BET, se determinó un valor de superficie específica de 910 m^2/g para el sólido sintetizado.

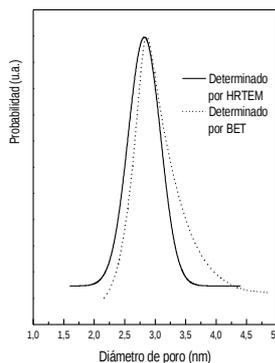


Figura 3. Tamaño medio de poro de MCM-41

Medidas de adsorción. En la Figura 4 se muestra la cantidad de Cu(II) adsorbida en función del tiempo. Puede verse que se alcanza la máxima capacidad de adsorción a tiempos cercanos a los 20 minutos, siendo el valor máximo alcanzado de 1.3 mmol de Cu por gramo de muestra. Los valores medios encontrados en bibliografía para materiales zeolíticos naturales son del orden de 0.6 mmol/g [9, 10].

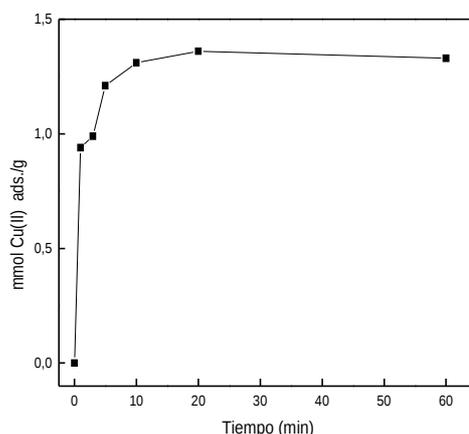


Figura 4. Cantidad de Cu(II) adsorbida por gramo de MCM-41 en función del tiempo

Conclusiones

Se sintetizó un material MCM-41 con una alta superficie específica y ordenamiento de mesoporos a largo alcance para ser utilizado como adsorbente de Cu en matrices acuosas.

El hecho que el nivel de adsorción aquí reportado sea superior al doble de los valores registrados en la bibliografía para materiales de origen natural, y que la máxima capacidad de adsorción de Cu(II) sobre la MCM-41 se logra a cortos tiempos de contacto, indicarían que este sólido mesoporoso puede ser utilizado con éxito como adsorbente de Cu(II) de matrices acuosas.

Referencias Bibliográficas

- [1] V. Antochshuk, O. Olkhovyk, R. Ryoo, Langmuir 19 (2003) 3031.
- [2] I.K. Tonle, E. Ngameni, A. Walcarius, Sens. Actuators B 110 (2005)195.
- [3] A.G.S. Prado, B.S. Miranda, L.F. Zara, J. Hazard. Mater. 120 (2005)243.
- [4] K.K. Wong, C.K. Lee, K.S. Low, M.J. Haron, Process. Biochem. 39 (2003) 437.
- [5] K.G. Bhattacharyya, S.S. Gupta, J. Colloid Interf. Sci. 310 (2007) 411.
- [6] S. Kubilay, R. Gürkan, A. Savran, T. Sahan, Adsorption 13 (2007) 41.
- [7] C.T. Kresge, M.E. Leonowicz, W.J. Roth, J.C. Vartuli, J.S. Beck, Nature 359 (1992) 710.
- [8] R. Ryoo and J.M. Kim, J. Chem. Soc., Chem. Commun. (1995) 711.
- [9] M.Lee, J. Cheon and S.Kam, J.Ind.Eng.Chem., 9 (2003) 174.
- [10] P. Misaelides, Micro.Meso.Mat., 144 (2011), 15.