

Tratamiento de escorrentías urbanas en columnas empacadas con zeolitas

Sharon Corona-Lugo, María Elena Páez-Hernández, Israel Ibarra-Ortega, José Antonio Rodríguez-Ávila, Gabriela A. Vázquez-Rodríguez*

Área Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México

* Autor de correspondencia: gvazquez@uaeh.edu.mx

Contaminación de agua, suelo y aire (Procesos fisicoquímicos). **Ponencia Virtual.**

Recibido: 4 de mayo de 2023

Aceptado: 15 de junio de 2023

Publicado: 23 de noviembre de 2023

Palabras clave: mordenita; magnetita; tratamiento de escorrentías; curva de ruptura; infraestructura verde

Introducción. La urbanización ha aumentado la extensión de superficies impermeables, las cuales alteran la forma en la que el agua fluye en cuencas hidrográficas y aumentan el caudal de las escorrentías resultantes (Vázquez-Rodríguez e Iturbe-Acosta, 2014). Estas transportan contaminantes como metales pesados y nutrientes (N y P) hacia los cuerpos acuáticos receptores, donde deterioran la calidad del agua. Los jardines de lluvia o las zanjas de infiltración son dispositivos de infraestructura verde que permiten tratar las escorrentías urbanas, para lo cual emplean materiales filtrantes de bajo costo como la arena o el tezontle. Las zeolitas podrían usarse en tales dispositivos y ofrecer una mayor descontaminación, puesto que son materiales con alta capacidad de intercambio catiónico que eliminan metales pesados y nutrientes con eficiencia. Asimismo, el recubrimiento de zeolitas con un óxido metálico de elevada área superficial podría mejorar el tratamiento del agua de escorrentía urbana (AEU). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue analizar la descontaminación de AEU sintética en columnas empacadas con una zeolita natural tipo mordenita o con la misma mordenita recubierta por magnetita (Fe_3O_4 -mordenita), para contrastar su funcionamiento.

Materiales y métodos. La mordenita de este proyecto es un residuo de la mina de Tezoantla, Hidalgo, cuya estructura química es $\text{Na}_8\text{Al}_8\text{Si}_4\text{O}_{36} \cdot 24\text{H}_2\text{O}$; ésta se recubrió con magnetita (Fe_3O_4), que se preparó por coprecipitación (Gallo-González, 2021). Se empacaron dos columnas de vidrio con 125.7 cm^3 de mordenita o Fe_3O_4 -mordenita, y se pusieron en operación semi-continua bombeando AEU sintética (4.76 mL/min) durante 210 minutos por ciclo; se condujeron 15 ciclos en total. El AEU sintética se preparó con las siguientes concentraciones de los contaminantes problema: N-NH_4^+ (2 mg/L); N-NO_3^- (4 mg/L); PO_4^{3-} (4 mg/L); Mn^{2+} (1 mg/L) y Pb^{2+} (1 mg/L). En cada ciclo se determinaron las concentraciones de estos contaminantes (por triplicado) a la entrada (C_0) y a la salida de la columna (C_t) mediante métodos estándar (APHA, 2012). Se construyeron curvas de ruptura para cada contaminante graficando las relaciones C_t/C_0 frente al caudal alimentado expresado como múltiplos de los volúmenes de poro (V_p) de las columnas (equivalentes a 66.2 o 73.0 cm^3 para la columna empacada con mordenita o Fe_3O_4 -mordenita, respectivamente). Asimismo, se expresaron las eficiencias del tratamiento para cada contaminante como porcentajes de remoción. Finalmente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) mediante la prueba de Tukey con un nivel de significación del 0.95 para evaluar si los porcentajes de remoción alcanzados por la Fe_3O_4 -mordenita eran significativamente diferentes a los alcanzados por la mordenita.

Resultados. Como era de esperarse, la eliminación de los contaminantes disminuye a medida que aumenta el número de volúmenes de poro tratados, y en el ciclo 15 se alcanzó la ruptura para todos los contaminantes de estudio en ambas columnas empacadas. Sin embargo, ni siquiera en el primer ciclo de alimentación se detectó la eliminación total de alguno de ellos. Las figuras 1 y 2 presentan las curvas de ruptura correspondientes a los contaminantes de estudio y obtenidas en la columna empacada con mordenita o con Fe_3O_4 -mordenita, respectivamente.

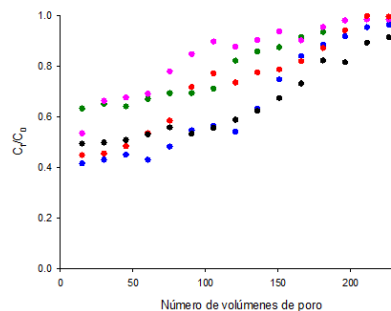


Figura 1. Curvas de ruptura de N-NH_4^+ , N-NO_3^- , PO_4^{3-} , Mn^{2+} y Pb^{2+} en la columna empacada con la mordenita.

Los contaminantes que más se removieron fueron N-NH_4^+ , Mn^{2+} y finalmente Pb^{2+} , con eliminaciones que alcanzaron como máximo 60%, 55.7% y 53%, respectivamente, en la columna empacada con mordenita, y 64%, 55.6% y 54% en la columna empacada con Fe_3O_4 -mordenita. Los fosfatos y nitratos se removieron en menor proporción (47% y 39%, respectivamente, en la columna empacada con mordenita, y 52% y 49.8% en la columna empacada con Fe_3O_4 -mordenita), lo cual era de esperarse, puesto que la mordenita consta de un armazón de carga negativa que es más afín por los cationes (Gallo-González, 2021). Según el ANOVA realizado, solo los fosfatos se eliminaron con una eficiencia significativamente diferente ($p < 0.05$) en la columna empacada con Fe_3O_4 -mordenita con respecto a la columna empacada con la mordenita no modificada.

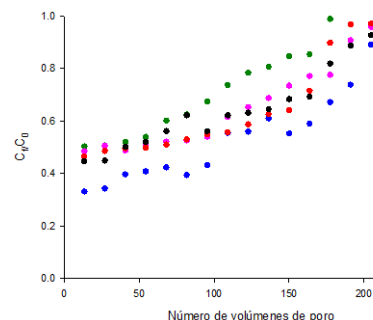


Figura 2. Curvas de ruptura de N-NH_4^+ , N-NO_3^- , PO_4^{3-} , Mn^{2+} y Pb^{2+} en la columna empacada con la Fe_3O_4 -mordenita.

Conclusiones. Tanto la mordenita como la Fe_3O_4 -mordenita mitigan la contaminación de escorrentías urbanas, lo que faculta su uso en dispositivos de infraestructura verde. No obstante, el recubrimiento de la zeolita con magnetita mejora la remoción de fosfatos, lo que la convierte en un material de interés para el control de escorrentías.

Bibliografía.

- APHA (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd edition. American Public Health Association.
- Gallo-González, A.K. (2021). Modificación de mordenita para incrementar su capacidad de descontaminación de aguas de escorrentía urbana. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México*.
- Vázquez-Rodríguez, G., Iturbe, U. (2014). Ciudades permeables. *¿Cómo ves?* 183, 16-19.