

EFFECTO DE LAS NANOPARTÍCULAS DE MAGNETITA EN EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS CON ALTO CONTENIDO DE CROMO HEXAVALENTE

Fuentes Galván Mariana (1), Bernal Martínez Arodí (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Ambiental, Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Guanajuato] | [m.fuentes.galvan@ugto.mx]

2 [Departamento de Ingeniería Civil, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [arodiberna@ugto.mx]

Resumen

El Cr (VI) se encuentra entre los metales pesados cancerígenos en humanos, por ello, es de suma importancia su tratamiento en aguas residuales. En este proyecto se evaluó la capacidad de adsorción de las nanopartículas de Magnetita (Fe_3O_4) para la eliminación de Cr (VI) contenido en un lixiviado industrial. Se realizaron estudios de adsorción para evaluar los efectos de la concentración inicial, el pH y el tiempo de reacción a temperatura ambiente. Con los resultados obtenidos de las pruebas se recomienda el uso de pH 3, para una mayor remoción de Cr (VI). Con una concentración de nanopartículas de magnetita (Fe_3O_4) de 0.75 g/L y un pH 3, se alcanza a remover el 40.5 por ciento de una concentración de 75 mg/L de Cr (VI) contenido en el lixiviado industrial.

Abstract

The Cr (VI) is a cancerogenic heavy metal, hence the importance of its treatment in sewage water. In this project was evaluated the adsorption capacity of magnetite nanoparticles to eliminate Cr (VI) from industrial leaches. Adsorption studies was practiced evaluating the effects of initial concentration, reaction time and pH at room temperature. From the results obtained, it is recommended the use of a pH of 3 to obtain an increase in the removal of Cr (VI). And, with a concentration of magnetite nanoparticles of 0.75 g/L and a pH of 3, was obtained a removal percentage of Cr (VI) that reach the 40.5% from a concentration of 75 mg/L of Cr (VI) from the leaches.

Palabras Clave

Cromo hexavalente, adsorción, magnetita, nanopartículas.

INTRODUCCIÓN

El Cromo (Cr) es considerado uno de los metales pesados peligrosos más comunes y con una alta naturaleza tóxica para los sistemas biológicos [1,2]. El elemento se presenta en una serie de estados de oxidación, sin embargo, el Cr (III) y el Cr (VI) son los principales en su relevancia biológica. El Cr (VI) es el más tóxico de los estados de oxidación en los que se presenta el Cr (inclusive en bajas concentraciones) debido a su alta solubilidad en agua y su movilidad. Todas las especies de Cr (VI) son peligrosas en todas sus rutas de exposición y se ha demostrado que tiene efectos adversos en la salud, desde irritación hasta cáncer [1,3]. El Cr (VI) se puede descargar al ambiente desde varias fuentes, principalmente de industrias de acabado metálico, curtiduría de piel, refinería de petróleo, cromado, preservación de madera y de la industria textil [1,3]. En aguas residuales el Cr se encuentra principalmente en oxianiones altamente solubles, como cromatos, dicromatos [1].

Debido a lo anterior el Cr (VI) debe ser removido de las aguas residuales antes de ser vertido en los cuerpos de agua. De esta forma, la norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales especifica que en el caso del Cr (VI) la concentración no debe superar los 1.5 mg/L [4].

Así pues, una diversidad de técnicas se ha utilizado para la remoción de Cr como: deposición electroquímica, intercambio iónico, adsorción, separación de membrana, métodos biológicos, precipitación química, coagulación, osmosis inversa, electrólisis y oxidación fotocatalítica [1,2]. Sin embargo, se ha encontrado que estos métodos se ven limitados por sus altos costos y efectividad. Brasil, México y Argentina, fueron los primeros en estimular el desarrollo de las nanotecnologías (NT) durante los primeros años del siglo. Rápidamente ocuparon las posiciones más destacadas en número de investigadores en NT, infraestructura de investigación y publicaciones científicas [5].

Estudios de laboratorio han demostrado que las nanopartículas (NP) de hierro son efectivas en los tratamientos de solventes órgano clorados, pesticidas, bifenilos policlorados y varios compuestos inorgánicos (metales pesados) [6]. De los métodos que se han empleado, la adsorción con NPs es el más efectivo, factible y la técnica de menor costo para la remoción rápida del elemento. Las NPs son consideradas como una alternativa para la adsorción de elementos nocivos de forma eficiente, rentable y sostenible de tal forma que diversos nanomateriales son actualmente conocidos por la eliminación de contaminantes, mediante el proceso de adsorción [2].

Así pues, se propone en este trabajo la utilización de NPs de magnetita (Fe_3O_4) para la adsorción de Cr (VI) contenido en los lixiviados industriales con alto contenido de este elemento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se dividió en dos etapas; la primera fue la caracterización fisicoquímica de los lixiviados provenientes de una industria química. En tanto, la segunda etapa consistió en la determinación de la adsorción de las NPs de magnetita sobre el Cr (VI) contenido en los lixiviados industriales.

Caracterización fisicoquímica de los lixiviados

Los lixiviados fueron muestreados directamente en el cárcamo de la industria química, se almacenaron en bidones de 20 L y posteriormente fue determinada la concentración de Cr (VI). Previo a la determinación de Cr (VI) se realizó una curva de calibración de 0 a 50 mg Cr (VI)/L de acuerdo con la norma NMX-AA-044-SCFI-2004.

La muestra fue enviada para su análisis al laboratorio de análisis químico del CIMAV (Centro Investigación en Materiales Avanzados), laboratorio certificado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). Los análisis de los metales se realizaron por Espectrofotometría de Emisión por Plasma Inductivamente Acoplado (ICP) y el Análisis Elemental se realizó con un Analizador Elemental (AE). En la Tabla 1 se muestra los resultados de la caracterización fisicoquímica del lixiviado industrial de Química Central de México, S. A. de C. V. en San Francisco del Rincón, Guanajuato [7].

Tabla 1. Análisis de metales en el lixiviado industrial.

| Metal | mg/L |
|-------|--------|
| Cd | ND |
| Pb | 6.60 |
| Mg | 1.43 |
| Ni | 0.15 |
| Cu | 0.45 |
| Co | ND |
| Mo | 0.30 |
| Sb | 1.95 |
| Cr | 8, 155 |
| Fe | 0.60 |
| V | ND |

ND: No Detectado

Pruebas de adsorción con las NPs

Para estas pruebas se prepararon varias soluciones madre de NPs de magnetita (Fe_3O_4) (0.5, 2, 3 y 4 g/L) en agua mili Q, estas fueron sometidas a homogenización en un baño ultrasónico Branson durante 30 minutos. Por otro lado, se determinó el contenido de Cr (VI) del lixiviado industrial y, posteriormente se realizaron diluciones para alcanzar las diferentes dosis probadas.

Los experimentos de adsorción se realizaron en botellas serológicas de vidrio borosilicato de 120 mL, en las cuales se colocaron las dosis correspondientes de NPs de magnetita (0.1, 0.5, 0.75 y 1 g/L), enseguida se les adicionaron alícuotas de 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 75 mg/L y 100 mg/L de Cr (VI) respectivamente, preparadas a partir del lixiviado industrial. Posteriormente, se realizó el ajuste de pH a 2 y 3 con la adición de H_2SO_4 e NaOH , considerando las aportaciones de estudios similares [3]. Las NPs de magnetita con el lixiviado rico en Cr (VI) se dejaron en contacto durante 24 h a temperatura ambiente con agitación de 200 rpm. Se tomaron muestras a diferentes tiempos (10, 30, 60, 120, 240, 480, 720, 1440 min) de cada una de las pruebas y se filtraron con papel filtro de 0.22 μ . Se determinó la concentración del metal y pH en el filtrado, mediante espectrofotometría, empleando la curva de calibración previamente realizada. Cabe mencionar que las pruebas fueron realizadas por duplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de Cr (VI) determinado en el laboratorio fue de 6500 mg/L y un pH de 13.56. En las imágenes 1 y 2 se muestran los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en laboratorio. Para 10 mg Cr (VI)/L se alcanzó hasta el 41.43 % de remoción con 0.1 g/L de NPs de magnetita (Fe_3O_4) y a un pH de 3 en 120 minutos. En tanto, para 25 mg Cr (VI)/L, se alcanzó un porcentaje de remoción de 36.7 con 0.5 g/L de NPs de magnetita (Fe_3O_4) a pH 2 en 60 min de contacto.

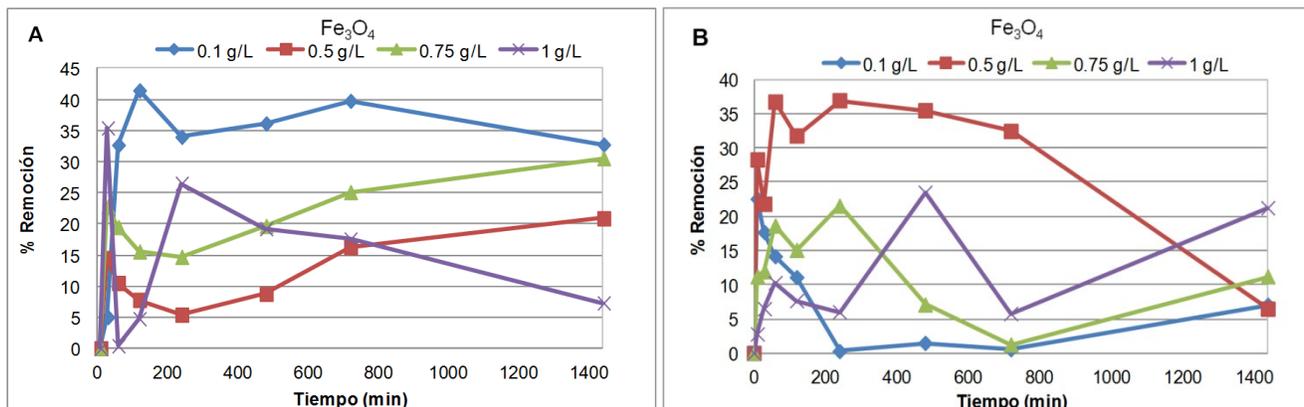


IMAGEN 1: Porcentajes de remoción de 10 mgCr (VI)/L con 0.1 g/L NP a un pH 3 (A). 25 mgCr (VI)/L con 0.5 g/L NP a un pH 2 (B).

En la imagen 2, se observan los resultados de los experimentos de adsorción con las dosis de NPs de magnetita (Fe_3O_4) con 50 y 75 mg Cr(VI)/L expuestos con las diferentes dosis de NPs de magnetita. Para remover el 40.5 % de una dosis de 50 mg Cr(VI)/L se requirió 0.75 g/L de NPs de magnetita y un tiempo de contacto de sólo 10 minutos con un pH de 3. Por último, con 75 mg Cr(VI)/L y 0.75 g/L de NPs de magnetita se alcanzó la remoción de 39.3% en 10 minutos a un pH de 3. Considerando los resultados obtenidos, se obtuvo un menor porcentaje de remoción en comparación con los resultados reportados por [3] bajo la misma condición de pH 3.

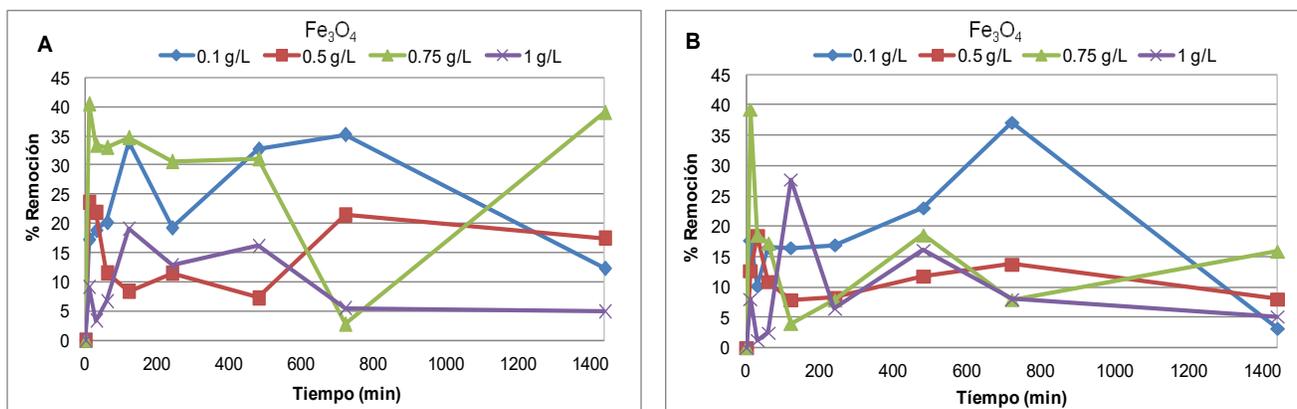


IMAGEN 2: Porcentajes de remoción de 50 mgCr (VI)/L con 0.75 g/L NP a un pH 3 (A). 75 mgCr (VI)/L con 0.75 g/L NP a un pH 3 (B).

En la tabla 2 se muestra un resumen de los mejores resultados obtenidos en cada una de las pruebas realizadas, se puede observar que al incrementar la dosis inicial de Cr (VI), se aumentó el requerimiento de NPs para alcanzar a remover el 40% del Cr (VI) y el pH que favorece mejor la adsorción es el pH de 3.

Tabla 2: Resumen de los mejores condiciones obtenidas en las diferentes pruebas de adsorción.

| Cr (VI) mg/L Influyente | Cr (VI) mg/L Efluente | g/L NP Fe ₃ O ₄ | pH | Tiempo de reacción min | % Remoción |
|-------------------------------|-----------------------------|--|----|---------------------------|---------------|
| 10 ± 0.50 | 7.14 ± 0.50 | 0.1 | 3 | 120 | 41.43 ± 3.08 |
| 25 ± 0.36 | 15.73 ± .36 | 0.5 | 2 | 60 | 36.72 ± 0.94 |
| 50 ± 0.66 | 38.58 ± 0.66 | 0.75 | 3 | 10 | 40.50 ± 0.19 |
| 75 ± 2.90 | 44.79 ± 2.90 | 0.75 | 3 | 10 | 39.27 ± 1.79 |

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que el pH influyó en la capacidad de remoción del Cr (VI) las NPs de magnetita (Fe₃O₄), se recomienda la utilización de un pH 3.

La máxima remoción (40%) de Cr (VI) fue alcanzada para 10 mg Cr (VI)/L y 0.1 gFe₃O₄/L a pH de 3. El incremento de la dosis del Cr (VI) inicial, aumentó la dosis requerida de NPs, pero no mejoró, el 40 por ciento de remoción, aunque se disminuyó el tiempo de contacto a 10 min.

Se requiere realizar aún más pruebas para encontrar las dosis óptimas de adsorción con las NPs de magnetita.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece al CONACYT por el financiamiento del proyecto de investigación y a la Dirección de Apoyo a la Investigación y Posgrado por la beca otorgada, a la Universidad de Guanajuato y a la Dra. Arodí Bernal Martínez por la oportunidad brindada, por su apoyo y asesoría durante la realización del proyecto. Así como, al personal administrativo del Laboratorio La Perlita.

REFERENCIAS

- [1] Ben Tahar L., Habid Oueslati M., Abualreish M.J. (2018). Synthesis of magnetite derivatives nanoparticles and their application for the removal of chromium (VI) from aqueous solutions. *Journal of Colloid and Interface Science*, 512, 115-126.
- [2] Gupta V.K., Chandra R., Tyagi I., Verma M. (2016). Removal of hexavalent chromium ions using CuO nanoparticles for water purification applications. *Journal of Colloid and Interface Science*, 478, 54–62.
- [3] Padmavathy K. S., Madhub G., Haseena P.V. (2016). A study on effects of pH, adsorbent dosage, time, initial concentration and adsorption isotherm study for the removal of hexavalent chromium (Cr (VI)) from wastewater by magnetite nanoparticles. *Procedia Technology* 24, 585 – 594.
- [4] Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Límites máximos Permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México 1996.
- [5] KAY, Luciano; SHAPIRA, Paul. Developing Nanotechnology in Latin America. *Journal of Nanoparticle Research*, New York, vol. 11, p. 259-278. 2009.
- [6] Guillermo Foladori, Fernando Bejarano, Noela Invernizzi. (2013). Nanotecnología: gestión y reglamentación de riesgos para la salud y medio ambiente en américa latina y el caribe *Trab. Educ. Saúde*, Rio de Janeiro, v. 11 n. 1, p. 145-167.
- [7] Oropeza Segura, Mariana. (2017). Aplicación de procesos fisicoquímicos para tratamiento de un lixiviado industrial con alto contenido de cromo. Tesis de Ingeniería Ambiental. Universidad de Guanajuato. División de Ingenierías, Campus Guanajuato. Departamento de Ingeniería Civil.