

## **EL APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA A TRAVÉS DE LA EXPERIENCIA: ADSORCIÓN DE CROMO SOBRE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO FÉRRICO**

Autores. Estefania Aguilera, María Paulina Bonello, Rocío Socoliski, Liliana María Bertini

Departamento de Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Centro de Ingeniería en Medio Ambiente (CIMA); Av. Madero 399 (CP 1106), Buenos Aires, Argentina, lbertini@itba.edu.ar

### Introducción

La experiencia en el laboratorio químico es una herramienta pedagógica valiosa, incluso la educación ambiental puede encontrar allí una forma de concientización del alumno con respecto al cuidado del medio ambiente y a la formación de profesionales responsables. En este trabajo se presenta un desarrollo realizado por alumnos de segundo año de la carrera de ingeniería química en el marco de iniciación a la investigación. Se estudió la adsorción de cromo sobre nanopartículas de óxido férrico en su forma denominada ferroxano.

El Cromo es un metal pesado que puede ingresar al medioambiente tanto por procesos naturales como por diversas actividades humanas. Tiene un uso industrial importante ya que se lo utiliza en la manufactura de diversos productos incluyendo aleaciones, pigmentos, funguicidas, inhibidores de corrosión, curtidos de cueros etc. Este metal puede presentarse en los estados de oxidación de II a VI, siendo el Cr (VI) y Cr (III) los más característicos en el ambiente. La toxicidad sistemática del cromo se debe especialmente a los derivados hexavalentes que pueden penetrar en el organismo por cualquier vía con facilidad, son sumamente solubles en agua, oxidantes y más tóxicos que los trivalentes. Se utilizan distintos procesos de separación para la remoción del cromo en aguas: coagulación, precipitación, adsorción, intercambio iónico etc.

Experiencias realizadas previamente en el laboratorio del CIMA, indican que la utilización de nanopartículas de ferroxano resultan útiles para la adsorción de metales como arsénico, por lo que se estudió dicho proceso para soluciones acuosas de cromo.

Las nanopartículas de ferroxano son obtenidas por síntesis de lepidocrocita a partir de  $\text{FeCl}_2$ , que es convertida en hematita por acción de ácido acético y finalmente, por tratamiento térmico, en ferroxano. Este material cerámico tiene un área específica que excede los  $100 \text{ m}^2/\text{g}$  y un tamaño de poro promedio en el orden de los 20 nm. Estas características de estructura dan alto número de sitios y por ende sugieren una alta capacidad de adsorción.

El objetivo del trabajo aquí presentado fue evaluar la utilización de óxido de hierro (nanopartículas de ferroxano) como adsorbente de iones cromo para el tratamiento de aguas. En particular se buscó determinar el efecto del pH y fuerza iónica en el proceso de adsorción. Las experiencias de laboratorio fueron realizadas por los alumnos guiados por un profesor tutor.

### Materiales y métodos

Todos los reactivos químicos utilizados ( $\text{K}_2\text{CrO}_7$ ,  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaNO}_3$ , buffer MES (ácido 2-(N-Morpholino) etanosulfónico)  $\text{NaOH}$ ) fueron de grado analítico y las

soluciones acuosas fueron preparadas con agua purificada ultrapura tipo I (resistividad 18 MOhms).

Las mediciones de cromo se realizaron en un equipo espectrometría de absorción atómica de llama (Thermo Scientific ICE 3000) Los estándares para dichas determinaciones se prepararon a partir de una solución estándar grado espectrofotométrico ( $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ , Merck, KGA, Germany) .

Se determinaron las isotermas de adsorción de cromo realizando ensayos tipo batch Distintas masas de nanoparticulas de ferroxano (de 0,050 g a 0,175g), se pusieron en contacto con 100 ml de solución de cromo en concentraciones conocidas ya sea de Cr VI o Cr III, según el ensayo, con agitación constante durante 72 horas a temperatura ambiente. Con el agregado de buffer MES (80,97 g/L) e NaOH se ajustó el pH de cada ensayo. Finalizado el tiempo de contacto, las muestras se filtraron utilizando membrana GV (Durapore) de 0.22 $\mu\text{m}$  de diámetro de poro.

La determinación de Cromo en estas soluciones finales en equilibrio con las nanoparticulas de ferroxano ( $Q_e$ , en mg de Cr /L,) se realizó mediante espectrometría de absorción atómica utilizando llama de aire – acetileno. La concentración de cromo en el sólido ( $Q_e$ , en mg de Cr/g de ferroxano) se determinó por cálculo de diferencia de masa.

Los ensayos presentados incluyeron análisis de adsorción de: Cr(VI) (como  $\text{K}_2\text{CrO}_7$ ) a pH: 5.05 , pH: 6.12 y pH: 7,17 en presencia de  $\text{NaNO}_3$  0,01 M y a pH: 5,17 sin sal de  $\text{NaNO}_3$  y de Cr (III) (como  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) a pH: 5,39 y pH: 4.87 en presencia de  $\text{NaNO}_3$  0,01 M y a pH: 5,40 sin sal de  $\text{NaNO}_3$

#### Resultados y Conclusiones

Con los datos obtenidos de sendos ensayos se graficó  $Q_e$  vs  $C_e$  y  $1/Q_e$  vs  $1/C_e$ .

Se pudo observar que en el estado de oxidación VI el cromo no se adsorbe de manera significativa a ninguno de los pH ensayados.

En cambio en el estado de oxidación III, el cromo se adsorbe en mayor grado (a pH:5,39 y  $\text{NaNO}_3$  0,01 M ,  $Q_e$  max: 12,82 mg de cromo /g de ferroxano; a pH:4,87 y  $\text{NaNO}_3$  0,01 M ,  $Q_e$  max: 10,73 mg de cromo /g de ferroxano; a pH 5,4 sin  $\text{NaNO}_3$  ,  $Q_e$  max: 14,60 mg de cromo /g de ferroxano)

Se concluye que en el estado de oxidación positivo como catión, el cromo es adsorbido por las nanopartículas mientras cuando forma parte de un anión como cromo VI, la eficiencia de adsorción es mucho menor o ausente.

La experiencia realizada permitió a los alumnos conocer distintas técnicas de operación y mediciones analíticas en el laboratorio, lo cual demuestra la importancia de la resolución de problemas reales en la enseñanza de la química y su aplicación como recurso didáctico.