

EVALUACIÓN DE UN PROCESO ELECTROQUÍMICO PARA EL ABATIMIENTO DE ARSÉNICO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS.

Espinoza, César J.; Lan, Luis E.; Cardozo, Luis A.; Stanicio, Facundo; Meichtry, Jorge M.;
De Seta, Elizabeth G.; Reina, Fernando D.; Domingo, Esteban J.

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires
Medrano N° 951 – CABA - Tel.: 4867 7511
egdeseta@frba.utn.edu.ar

Introducción

El consumo de aguas contaminadas con arsénico durante largos períodos genera una enfermedad llamada arsenicosis o HACRE (Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico) en América del Sur, y es una patología que causa lesiones graves en la piel como dermatosis y queratosis, y que puede generar cáncer de piel o de órganos internos (pulmón, vejiga, riñón, hígado) [1]; por este motivo, la Organización Mundial de la Salud (WHO) estableció en 1993 un límite máximo recomendado de 10 microgramos por litro de arsénico total para agua potable. En Argentina se estima que más de 4 millones de habitantes están potencialmente expuestos a este contaminante de origen geogénico [2].

Existen diversos procesos para lograr el abatimiento de este contaminante, la elección de uno de ellos dependerá en cada caso de distintos factores, concentración de arsénico en el agua, tipo de fuente, geografía, población a servir, etc. Entre los factores a tener en cuenta para el diseño de sistemas de tratamiento de agua adecuada que incluyen: costo, la concentración, el tipo de actividad biológica y / o química, tasa requerida de flujo y la aceptación social entre otros [3].

La electrocoagulación es un proceso electroquímico que se basa en la corrosión acelerada de un ánodo de sacrificio por aplicación de un potencial eléctrico, y ha sido empleada con éxito para el tratamiento de metales pesados y otros contaminantes inorgánicos de agua; sin embargo, los antecedentes de su aplicación al tratamiento de arsénico son escasos [3]. Estudios previos indican que los electrodos de hierro son más eficientes que los de aluminio para el tratamiento de arsénico [4], y presentan la ventaja adicional de ser igualmente eficientes para remover As(V) y As(III) [5].

En este trabajo se evaluó la tecnología electrocoagulación empleando electrodos de hierro y se la comparó con procesos más comunes basados en principios similares como la coagulación-floculación y el uso de hierro cerivalente.

Metodología - Condiciones generales

[As(V)]₀ ó [As(III)]₀ = 5 mg L⁻¹

pH inicial= 5,7 ó 9 (HCl, NaOH)

Conductividad: 0,4 ó 0,6 mS cm⁻¹ (NaCl)

Electrodos para electrocoagulación (EEC): hierro metálico 99,8%, 1 cm de separación, 50 cm² de superficie.

Coagulación-floculación (CF): $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y FeCl_3 de calidad analítica

Hierro microparticulado ($\mu\text{Fe}(0)$): 99,8%, diámetro de partícula entre 0,074 y 0,84 mm

Volumen de reacción: 200 mL ($\mu\text{Fe}(0)$) - 250 mL (EEC)

Muestras filtradas con filtro de nitrato de celulosa de 0,22 μm de poro y 25 mm de diámetro.

Determinación de arsénico por la técnica espectrofotométrica de arsenomolibdato [6], con celdas de 1 y 10 cm de paso (50 y 5 $\mu\text{g L}^{-1}$ de límite de detección, respectivamente).

Resultados

Se determinaron los tiempos de reacción mínimos para remover ambas especies de As por EEC con 0,04 A de corriente y 5,9 V de tensión, lográndose la remoción total de ambas especies en 15 minutos (As:Fe 1:22). El abatimiento resultó más eficiente a pH ácido con una cinética de pseudo-primer orden.

Los ensayos de CF mostraron que son necesarios 0,25 g L^{-1} de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (As:Al 1:22) o 0,50 g L^{-1} de FeCl_3 (As:Fe 1:50) para remover As(V), pero mientras que el FeCl_3 fue igualmente eficiente para remover As(V) y As(III), no se observó remoción de As(III) con $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Para As(V) la remoción fue más eficiente a pH ácido.

La remoción de As(V) con $\mu\text{Fe}(0)$ se ajustó a una cinética de pseudo-primer orden, determinándose que la dosis mínima para lograr la remoción completa de As(V) es 0,25 g L^{-1} (As:Fe 1:68), aunque con un tiempo de reacción > 24 hs. La remoción resultó más eficiente a pH neutro.

Por último, se realizaron experimentos con aguas reales de la localidad de Rafaela, Santa Fe que contenían 2 mg L^{-1} de As(V). En todos los casos la eficiencia fue menor que en los experimentos previos por la presencia de HCO_3^- y silicatos, siendo la EEC la tecnología más afectada por estas interferencias.

Conclusiones

Los procesos estudiados son más eficientes a pH ácidos, posiblemente debido a la mayor atracción electrostática entre el anión As(V) y la superficie de los hidróxidos formados [5]. El tratamiento por adsorción con $\mu\text{Fe}(0)$ fue significativamente más lento, con tiempos de reacción mayores a 24 hs, mientras que en los demás tratamientos el proceso se completó en menos de 1 hora.

La CF es un proceso muy rápido y requiere bajas dosis, siendo $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ más eficiente para As(V) pero inadecuado para As(III).

La electrocoagulación presenta un bajo consumo eléctrico (0,53 kWh m^{-3}), y genera menos residuos que los otros procesos (menor relación As:Fe). Su eficiencia es independiente de la especiación del arsénico.

Se requieren mayores dosis de coagulante o tiempos de electrocoagulación para lograr una adecuada remoción con aguas reales, debido a la presencia de interferentes.

Los resultados obtenidos indican que los procesos electroquímicos son económica y ambientalmente sustentables para lograr el abatimiento de arsénico.

Referencias

[1] WHO Arsenic in drinking-water, background document for development of WHO-Guidelines for drinking-water quality; WHO/SDE/WSH/03.04/75/Rev/1 2011.

XXXI Congreso Argentino de Química

25 al 28 de Octubre de 2016 Asociación Química Argentina

Sánchez de Bustamante 1749 – Ciudad de Buenos Aires – Argentina

The Journal of The Argentine Chemical Society Vol. 103 (1-2) January – December 2016 ISSN: 1852 -1207

Anales de la Asociación Química Argentina AAQAE 095 - 196

- [2] J. Bundschuh, M. I. Litter, F. Parvez, G. Roman-Ross, H. B. Nicolli, J. S. Jean, C. W. Liu, D. Lopez, M. A. Armienta, L. R. G. Guilherme, A. Gómez Cuevas, L. Cornejo, L. Cumbal, R. Toujaguez. *Sci. Total Environ.* 429 (2012), 2-35.
- [3] M. I. Litter, M. E. Morgada, J. Bundschuh, *Environ. Pollution* 158 (2010), 1105-1118.
- [4] H. Liu, X. Zhao, J. Qu. *Electrochemistry for Environment - Chapter 10: Electrocoagulation in Water Treatment.* Christos Comninellis, Guohua Chen (Eds.), Springer (2010), 245-262.
- [5] W. Wan, T.J. Pepping, T. Banerji, S. Chaudhari, D. E. Giammar. *Wat. Res.* 45 (2011), 384–392
- [6] V. Lenoble, V. Deluchat, B. Serpaud, J. Bollinger. *Talanta*, 61 (2003), 267-276.