



# INNOVACIÓN TECNOLÓGICA SUSTENTABLE DEL PROCESO DE ADSORCIÓN DE COMPUESTOS TÓXICOS PRESENTES EN ALTAS CONCENTRACIONES EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES Y AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE LA VALORACIÓN DE ESCORIAS METALÚRGICAS COMO MATERIALES ADSORBENTES

■■■■■■■■■■ POR ROSA MARÍA RAMÍREZ ZAMORA, RAFAEL SCHOUWENAARS Y BERTHA MARÍA MERCADO BORRAYO ■■■■■■■■■■  
INSTITUTO DE INGENIERÍA. GANADORES DEL PREMIO LEON BIALIK 2011

El objetivo del proyecto es desarrollar una planta paquete para el tratamiento de agua contaminada con arsénico y boro presentes en altas concentraciones, utilizando escorias metalúrgicas de hierro y de acero como material adsorbente. Esto constituye una innovación tecnológica del proceso de adsorción debido a que las escorias metalúrgicas (subproducto de la industria del hierro y del acero) son altamente eficientes, económicas y disponibles.

La remoción de arsénico (As), que se encuentra presente en diversas fuentes de abastecimiento de agua del mundo y de nuestro país (14 estados), es muy importante debido a los daños a la salud que puede provocar este contaminante, como por ejemplo, puede provocar bajo peso en el feto, inhibir el sistema inmunológico, diabetes, trastornos del aparato digestivo, afectaciones cutáneas y del sistema nervioso, así como cáncer en piel, hígado, pulmón y vejiga.

La remoción de boro (B) del agua también es muy importante debido a que inhibe el desarrollo de los cultivos debido a su alta toxicidad. Cabe mencionar que no se tiene evidencia de que el agua contaminada con boro impacte a la salud humana.



En las primeras dos etapas de la metodología de este proyecto se realizó la caracterización fisicoquímica de cinco tipos de escorias metalúrgicas; se efectuaron a nivel de laboratorio pruebas de remoción de As y B utilizando tres tipos de agua con altos contenidos de As (6 mg/L) y B (600 mg/L) preparadas en agua destilada, agua residual geotérmica y agua subterránea; se identificaron las principales variables que afectan el proceso de remoción de ambos metaloides, se determinaron sus mecanismos de remoción correspondientes; y se compararon las eficiencias de tratamiento de estos contaminantes utilizando escorias metalúrgicas y un material comercial (nanopartículas de hierro cerovalente), las cuales fueron similares. La mejor escoria metalúrgica presentó remociones de 99.67% para As y 98.99% para B, las concentraciones residuales estuvieron dentro del intervalo marcado por los estándares internacionales para agua de reúso en riego agrícola de 0.1 a 2 mgAs/L y de 0.5 a 16 mgB/L. En la última etapa se realizarán pruebas a nivel piloto, en colaboración con una empresa mexicana y una francesa, para la realización del anteproyecto ejecutivo del escalamiento de un prototipo de planta paquete que pueda comercializarse en zonas rurales y urbanas para el tratamiento de aguas subterráneas o residuales contaminadas con As y B.

El proyecto es rentable en comparación con los procesos de adsorción que utilizan nanopartículas; lo que posibilita aumentar la oferta de agua a precios accesibles. El tamaño de mercado para este proyecto cubre los estados del Norte y Centro del país, debido a las concentraciones de As y B presentes en las fuentes de abastecimiento; a la sobreexplotación del agua y por la ubicación de las siderometalúrgicas.

La tecnología sustentable que se está desarrollando, basada en el empleo de las escorias como material adsorbente, brindará los beneficios: *sociales* en materia de salud pública debido a que un gran porcentaje de las fuentes de abastecimiento de agua en



el país presentan concentraciones (0.07-6 mgAs/L); *ambientales* ya que es factible el empleo de agua residual geotérmica como fuente alterna para riego agrícola además que se disminuirá la cantidad destinada a disposición de estos materiales; y *económicos* por el bajo costo de las escorias evaluadas, además de que se le dará un valor agregado a un material no peligroso de la industria metalúrgica.

Esta innovación tecnológica contribuirá a disminuir significativamente los riesgos a la salud asociados al consumo de agua contaminada con esos metaloides, a aumentar la oferta de agua de riego y a disminuir la sobreexplotación de este líquido. La valoración de escorias metalúrgicas (sub-productos de la industria de hierro y del acero) como adsorbentes en el proceso de adsorción de contaminantes, debido a su alta capacidad de remoción e impacto social, ambiental y económico derivado del consumo de agua contaminada con arsénico y boro, así como por la acumulación del sub-producto, además de que las escorias tienen bajo costo, no son residuos peligrosos, tienen pocos usos alternativos y se encuentran altamente disponibles en México. Precisamente, la principal ventaja de las escorias sobre los óxidos de hierro, las nanopartículas y otros materiales comerciales, es su bajo costo y su abundancia en nuestro país. 🇲🇽



Contacto con Rosa María Ramírez Zamora y Bertha María Mercado Borrayo dentro de la página del Instituto de Ingeniería: [www.ii.unam.mx](http://www.ii.unam.mx)

