

Remediación simultánea de arsénico e hidrocarburos en un suelo multicontaminado mediante espumas de carbono impregnadas con nanopartículas de goetita

I. Janeiro-Tato^{1,2}, E. Rodríguez², D. Baragaño¹, L. Arrojo², A.I. Peláez¹, J.L.R. Gallego¹, M.A. López-Antón²

¹Grupo de Tecnología, Biotecnología y Geoquímica Ambiental, Universidad de Oviedo, Campus de Mieres, C/ Gonzalo Gutiérrez Quirós, 33600 Mieres (Asturias, España)

²Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono, INCAR-CSIC, C/ Francisco Pintado Fe, 26, 33011 Oviedo (Asturias, España).

elena@incar.csic.es

Palabras clave: espumas de carbono, inmovilización, arsénico, hidrocarburos.

Introducción

La remediación de suelos afectados por contaminación múltiple constituye un problema medioambiental muy frecuente y complejo de abordar. Actualmente existen enmiendas que muestran eficiencias de inmovilización bien definidas para metal(oid)es y contaminantes orgánicos por separado [1]. Sin embargo, la capacidad de remediación simultánea de ambos tipos de contaminantes aún no ha sido evaluada en profundidad. La mayoría de los estudios recientes se basan en una combinación de tecnologías de remediación cuyas eficiencias dependen del tipo de material, suelo o contaminantes a tratar. Por lo tanto, todavía se requiere encontrar un método sencillo, eficiente y respetuoso con el medio ambiente para remediar suelos multicontaminados. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad de las espumas de carbono, preparadas a partir de un precursor sostenible, para inmovilizar simultáneamente arsénico (As) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en un suelo postindustrial.

Experimental

Se elaboraron espumas de carbono empleando sacarosa (SF) como precursor carbonoso y nitrato de hierro como agente espumante y porógeno [2]. Una parte de las espumas obtenidas fue impregnada con distintas proporciones de nanopartículas de óxidos/hidróxidos de hierro (SF5Fe y SF10Fe) empleando sulfato de hierro [2]. Los materiales resultantes se caracterizaron mediante adsorción de N₂, DRX y SEM-EDAX. La muestra de suelo (M), proveniente de una antigua fábrica de amoníaco, fue caracterizada en cuanto al contenido total de As y HAPs mediante ICP-MS y GC-MS, respectivamente. Posteriormente fue tratada con las espumas elaboradas manteniendo una dosis del 10%. Tras un tiempo de contacto de 72h en agitación, se evaluó la movilidad de As y disponibilidad de Fe tras los tratamientos siguiendo el método USEPA 1311 [3] y la biodisponibilidad de los HAPs mediante una técnica de extracción no-exhaustiva empleando la hidroxipropil-β-ciclodextrina (HPCD) [4]. Adicionalmente, los cambios en el pH y la conductividad eléctrica también se analizaron en una proporción suelo/agua de 1:2,5 (peso:volumen), con el fin de evaluar el efecto de las enmiendas desarrolladas sobre las propiedades del suelo. Los datos se analizaron con el programa SPSS (versión 24.0).

Resultados y discusión

Las espumas empleadas como enmiendas presentan una porosidad multimodal (micro, meso y macroporosa). El método de impregnación empleado dio lugar a la formación de nanopartículas de goetita/magnetita con distinta morfología (Figura 1).

Tras el tratamiento del suelo contaminado con las espumas la disponibilidad de As disminuyó entre un 23% y un 28%, mientras que la concentración total de HAPs se redujo entre el 90 y 96%, dependiendo de la espuma utilizada. En la Figura 2 se muestra la reducción significativa de la biodisponibilidad de HAPs, agrupados por el sumatorio de los 16 HAPs prioritarios definidos por la USEPA ($\Sigma 16\text{HAPs}$). A excepción de con la enmienda SF10Fe, no se observaron cambios en la disponibilidad del Fe, pH y conductividad eléctrica tras el tratamiento del suelo.

Conclusiones

Los materiales desarrollados mostraron una disminución significativa de la disponibilidad de As y HAPs en el suelo evaluado. La porosidad multimodal de las espumas de sacarosa, su estructura basada en láminas de anillos aromáticos condensados, y la posibilidad de depositar hidróxidos/óxidos de hierro en su superficie las convierten en enmiendas prometedoras para la remediación sostenible de suelos multicontaminados.

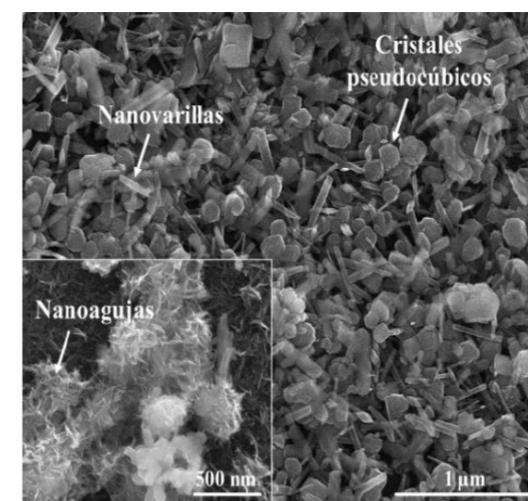


Figura 1. Micrografías de SEM de la superficie de la espuma SF5Fe.

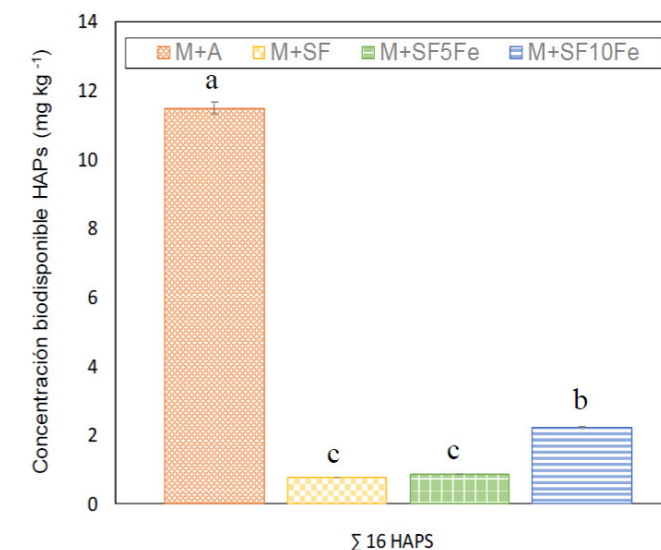


Figura 2. Concentraciones biodisponibles de $\Sigma 16\text{HAPs}$ tras el tratamiento con las espumas.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación recibida a través de los proyectos de investigación MCI-20-PID2019-106939GB-I00 (AEI/España, FEDER/UE), I+D+i PID2020-113558RB-C43 (MCIN/AEI/10.13039/501100011033) e IDI/2021/000031. I. Janeiro-Tato agradece al Gobierno del Principado de Asturias la ayuda predoctoral "Severo Ochoa 2021" (Ref: BP21-108) y L.Arrojo al CSIC la beca JAE-Intro ICU concedida (Ref: JAEICU21-INCAR-63).

Referencias

- [1] Y. Gong, D. Zhao, Q. Wang, An overview of field-scale studies on remediation of soil contaminated with heavy metals and metalloids: Technical progress over the last decade, *Water Res.* 147 (2018) 440–460. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.10.024>.
- [2] L. López-Toyos, M.A. López-Antón, E. Rodríguez, R. García, M.R. Martínez-Tarazona, Potential of iron-based composites derived from sucrose foam for mercury removal and safe recovery, *Fuel.* 345 (2023) 128181. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.128181>.
- [3] U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), US EPA Method 1311: Toxicity Characteristic Leaching Procedure, (1992). <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/1311.pdf> (accessed April 23, 2020).
- [4] P. Parra-Benito, Análisis de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) en suelos contaminados, TFM, Universidad de Oviedo, 2022.