

Aplicación de la tecnología Sustrato Alcalino Disperso (DAS) para tratar los lixiviados ácidos de la balsa de fosfoyesos de Huelva

Ricardo Millán-Becerro(1*), Carlos R. Cánovas (1), Rafael Pérez-López (1), Francisco Macías(1)

(1) Departamento de Ciencias de la Tierra y Centro de Investigación en Recursos Naturales, Salud y Medio Ambiente (RENSMA). Universidad de Huelva. Campus 'El Carmen' s/n, 21071, Huelva (España)

* corresponding author: ricardo.millan@dct.uhu.es

Palabras Clave: Fosfoyeso, Salidas de Borde, Sistema de Tratamiento Alcalino | **Key Words:** Phosphogypsum, Edge Outflows, Alkaline Treatment System

INTRODUCCIÓN

Los fosfoyesos derivados de la industria de fertilizantes fosfatados de Huelva son unos de los principales residuos sólidos que actúan como fuente de contaminación continua al Estuario de Huelva. Este residuo está depositado en una balsa que ocupa una extensión de 1200 ha y contiene 100 Mt de fosfoyesos. Dicha balsa se localiza sobre las marismas saladas del río Tinto, a menos de 1 km de la ciudad de Huelva.

La balsa de fosfoyesos es una fuente de contaminación por el ácido fosfórico residual que no pudo ser separado durante el proceso industrial y que ocupa el espacio intersticial del residuo. El fosfoyeso se encuentra apoyado directamente sobre suelo de marisma sin ningún tipo de aislante, lo cual provoca que el agua intersticial ácida y cargada de contaminantes se retenga en profundidad y se desplace lateralmente hasta emerger en el talud como 'salidas de borde' que descargan su contaminación al estuario (Pérez-López et al., 2016).

El objetivo de este estudio es desarrollar un sistema de tratamiento efectivo para las descargas procedentes de la balsa, a fin de minimizar la carga de contaminantes que alcanzan al Estuario de Huelva. En este sentido, se estudia la posible aplicación del sistema Sustrato Alcalino Disperso (DAS) a una salida de borde de la balsa de fosfoyesos. Esta tecnología ha sido ampliamente testada en la mitigación de la contaminación por drenajes ácidos de mina (Nieto et al., 2015).

METODOLOGÍA Y MATERIALES

Se tomó una muestra de salida de borde con un recipiente de polietileno estéril. In situ, se analizaron pH, conductividad eléctrica (CE), potencial redox (ORP) y temperatura, con un equipo portátil multiparamétrico CRISON®. En el laboratorio, se construyó un sistema DAS constituido por las siguientes partes: (1) un tanque

de almacenamiento (5000 cm³) para el lixiviado ácido conectado a una bomba peristáltica que conduce el agua a razón de 0.3 mL/min por una tubería hasta (2) una columna reactiva con un volumen de 568 cm³ rellena con material reactivo DAS (mezcla 80% virutas de madera y 20% polvo de magnesita), la cual está conectada en serie con (3) un decantador, con una capacidad de 486 cm³.

Se realizaron muestreos diarios en diferentes puntos a lo largo del sistema de tratamiento (tanque de almacenamiento, salida de la columna DAS-magnésica y decantador). En todos los muestreos se midieron los parámetros físico-químicos y se obtuvieron muestras para el análisis de aniones mediante cromatografía iónica (IC) y para el análisis de cationes mediante ICP-OES/MS. Una vez finalizado el experimento se recogieron muestras de precipitados sólidos a lo largo de la columna DAS y decantador. La caracterización de los sólidos fue realizada mediante microscopía electrónica de barrido (SEM-EDS). La especiación geoquímica y los índices de saturación (IS) se calcularon mediante el código PHREEQC (Parkhurst y Appelo, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El lixiviado de borde se caracteriza por su acidez (pH 2.16) y por su elevada CE (29.4 mS/cm). Además, el lixiviado presenta concentraciones extremadamente altas de aniones tales como fosfatos (2859 mg/L), sulfatos (5772 mg/L) y fluoruros (1363 mg/L), y cationes tales como Fe (100 mg/L) y Zn (13.4 mg/L), además de otros contaminantes minoritarios en solución como Cu, Al, As, Cr y U, en concentraciones que varían entre 5.4 mg/L y 2.5 mg/L.

El sistema de tratamiento provocó un descenso en la concentración de la mayoría de los contaminantes (Fig. 1). La disolución del óxido de magnesio eleva el pH hasta valores próximos a 9.00 aunque posteriormente

desciende a valores ácidos (pH~3.24), una vez consumido el material reactivo, a los 80 días de experimento. El ambiente alcalino produce la retirada total del Fe, Zn, Al, Cr y U, presentes en el lixiviado ácido, durante los primeros 20 (40 para U) días del experimento (Fig. 1c). Además, causa un descenso significativo en la concentración de contaminantes tales como Cu y F, obteniéndose porcentajes de retención de alrededor de 84-93%, durante el mismo periodo de tiempo. En cuanto al As, el tratamiento alcalino muestra porcentajes de eliminación alrededor de 72-92% los 5 primeros días (Fig. 1b), manteniendo constante altas concentraciones durante el resto del experimento.

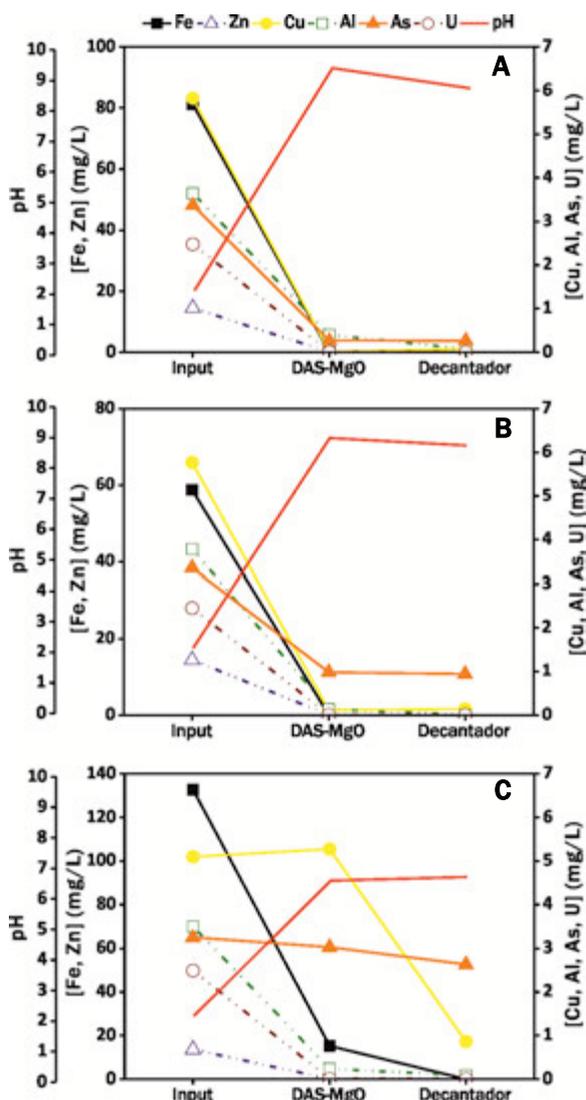


Fig. 1. Evolución de la concentración de los principales contaminantes en los diferentes puntos del sistema de tratamiento. Muestreo realizado a 1 día (a), a los 5 días (b) y a los 20 días (c) del experimento.

La retención de los contaminantes presentes en el lixiviado de borde puede ser atribuida a la coprecipitación y/o adsorción sobre fases fosfatadas tales como hidroxiapatito ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$) y newberita ($\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), las cuales presentan sobresaturación según los cálculos realizados con PHREEQC. Además, el descenso en la concentración de Fe y Al también puede ser atribuido a la precipitación de oxihidróxidos

(e.g. goethita ($\text{FeO}(\text{OH})$), lepidocrocita ($\text{FeO}(\text{OH})$) y diásporo ($\text{AlO}(\text{OH})$)), sobresaturados en las muestras de acuerdo a PHREEQC. La presencia de estas fases ha sido constatada al SEM. Donde los análisis EDS muestran una composición de los sólidos constituida principalmente por P y Ca y cantidades menores de Fe, Cu y Mg (Fig.2).

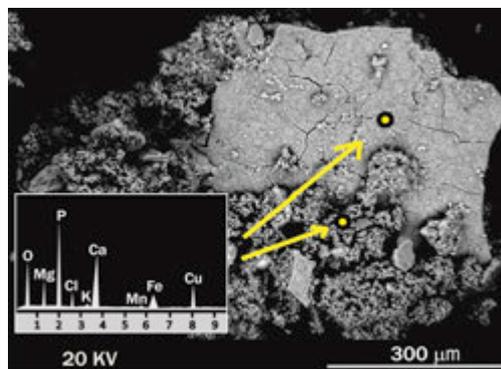


Fig. 2. Imagen de SEM con espectros EDS de los sólidos generados en el sistema de tratamiento alcalino.

CONCLUSIONES

El sistema de tratamiento DAS, utilizando polvo de óxido de magnesio como material reactivo para la remoción de elementos potencialmente tóxicos, ha provocado la precipitación e inmovilización de la mayoría de los contaminantes disueltos en el lixiviado ácido. De hecho, el tratamiento planteado ha logrado porcentajes de remoción próximos al 100% para PO_4 , F, Fe, Zn, Cu, Al Cr y U, durante los 20 primeros días de experimento. Así como porcentajes de eliminación alrededor del 90% para As, durante los primeros 5 días. No obstante, se requiere un estudio más detallado, que permita prolongar el periodo de alta efectividad para elementos potencialmente tóxicos como As, Cu y Fe, entre otros.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades a través del proyecto CAPOTE (CGL2017-86050-R).

REFERENCIAS

- Nieto, J. M., Macías, F., Ayora, C. (2015): Tratamiento Ecológico de Drenajes Ácidos de Mina: Proyecto LIFE-ETAD. Macla, 20, en prensa.
- Parkhurst D.L. & Appelo, C.A.J. (1999): User's guide to PHREEQC (Version 2). A computer program for speciation, batch reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. USGS water-resources investigations report 99-4259. Denver, Colorado.
- Pérez-López, R., Macías, F., Cánovas, C. R., Sarmiento, A. M., Pérez-Moreno, S. M. (2016): Pollutant flows from a phosphogypsum disposal area to an estuarine environment: An insight from geochemical signatures. Science of the Total Environment 553, 42-51.