

# Interacción de cemento Portland con Drenaje Ácido de Mina (AMD) de Peña del Hierro

Paloma Pérez Hueros (1\*), Jordi Cama (1), Josep M. Soler (1)

(1) Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDEA), CSIC, Jordi Girona 18, 08028 Barcelona

\* corresponding author: [paloma.perez@idaea.csic.es](mailto:paloma.perez@idaea.csic.es)

**Palabras Clave:** Drenaje Ácido de Mina (AMD), Cemento Portland, Interacción, Sulfuros. **Key Words:** Mine Acid Drain (AMD), Portland cement, Interaction, Sulfides.

## INTRODUCCIÓN

Dentro del marco de descontaminación de aguas de los ríos Odiel y Tinto (provincia de Huelva), en el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras (BOJA, 2011) se propone la utilización de sistemas de tratamiento pasivos basados en la tecnología Sustrato-Alcalino-Disperso (DAS). En la actualidad, hay un tratamiento de tipo DAS que se está desarrollando en el AMD procedente de Mina Esperanza (Orden et al., 2021).

En este estudio, se ha caracterizado el estado del hormigón de los distintos componentes de la planta de tratamiento DAS de Mina Esperanza (e.g., cascadas de aireación, tanques de tratamiento, canales de conducción; Fig. 1a) en contacto con AMD. Además, se va a cuantificar a escala de campo y a escala de laboratorio la posible alteración del hormigón y a interpretar cuantitativamente los procesos geoquímicos (tasas de reacción, y cambios de porosidad y permeabilidad) utilizando modelos de transporte reactivo.



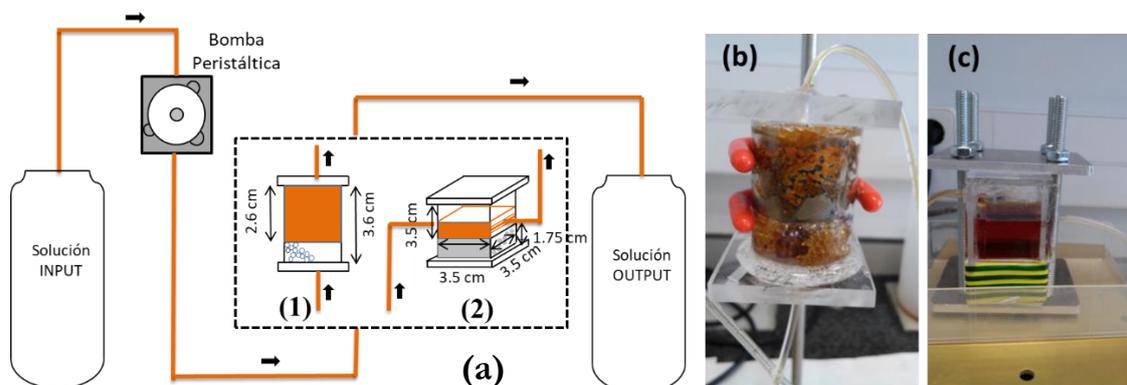
**Fig. 1.** Fotografía de: (a) Mina Esperanza (sistema de tratamiento pasivo DAS: cascada de aireación, balsa de decantación y tanque de tratamiento) y (b) AMD procedente de Peña del Hierro (Río Tinto).

En estas condiciones, la interacción del AMD ( $\text{pH} = 1.8\text{-}3$  y altas concentraciones de  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Fe}$  ( $\text{Fe}^{3+}$  y  $\text{Fe}^{2+}$ ) y otros metales ( $\text{Al}$ ,  $\text{Cd}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Pb}$  y  $\text{Zn}$ ) y metaloides ( $\text{As}$ )) con el cemento Portland hidratado y la grava del hormigón de las infraestructuras de las plantas de tratamiento DAS puede producir alteraciones mineralógicas en el cemento. Como resultado, tales alteraciones pueden afectar directamente y de manera desigual a la estructura del hormigón, a su durabilidad y estabilidad y por consiguiente al ciclo de vida de las infraestructuras (balsas de decantación, canales de conducción y de aireación de agua, diques de contención, galerías y otras necesarias en sistemas de tratamiento pasivos).

En esta comunicación, se presentan los resultados obtenidos en dos experimentos de laboratorio en los que un mortero (cemento Portland hidratado y arena) ha interactuado con el AMD de Peña del Hierro (Fig. 1b).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se ha recogido AMD del distrito minero de Mina Peña del Hierro, localizada en la cuenca del río Tinto. Se han llevado a cabo dos experimentos de flujo continuo donde el AMD de Peña del Hierro ( $\text{pH} = 1.83$ ,  $[\text{Fe(III)}] = 18386$  ppm y  $[\text{SO}_4^{2-}] = 114322$  ppm) ha interactuado con un mortero formado por cemento Portland hidratado y arena (Fig. 2a). Se ha realizado una columna con fragmentos de mortero de 1-2 mm (Fig. 2b) y una celda donde una cara de un cubo de mortero ha interactuado con el AMD (Fig. 2c). La duración de los experimentos ha sido de 817 h.



**Fig. 2.** Sistema experimental: (a) esquema del sistema de flujo continuo (columna (1) y celda (2)); (b) fotografía de la columna rellena de fragmentos de mortero y (c) fotografía de la celda en la base de la cual se encuentra el cubo de mortero.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Columna:** se observa un aumento inicial del pH, así como el aumento de la concentración de Ca en las primeras 100 h del experimento. Estos cambios están ligados a la disolución de portlandita ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). Las concentraciones de S, Al y Fe disminuyen en las primeras 50 h cuando el  $\text{pH} > 2$ . La concentración de S disminuyó en las primeras 30 h, debido a la precipitación de yeso, observado en los análisis de XRD y SEM y corroborado por los cálculos con PHREEQC ( $\text{SI} > 0$ ). La concentración de S aumenta después ( $\text{SI} < 0$ ). Las concentraciones de los cationes minoritarios (Zn, Mn, Cu, Cd, Pb) y de As aumentan con respecto a la inicial. Los análisis de DRX y SEM-EDS muestran la precipitación de fases secundarias tales como yeso, amorfos de Fe y sulfatos de Al.

**Celda:** se observa un ligero aumento de pH y un aumento de la concentración de Ca en las primeras 100 h del experimento. Las concentraciones de Si y de Mg no varían, las de Fe y de Al disminuyen en las primeras 30 h cuando  $\text{pH} > 2$  y aumentan ligeramente hasta 300 h. La concentración de S disminuye al principio y tiende a aumentar después. Las concentraciones de los cationes minoritarios (Zn, Mn, Cu, Cd, Pb) y de As aumentan con respecto a la inicial. Los análisis de DRX muestran la precipitación de fases secundarias (yeso y jarosita) y en las imágenes de SEM se distinguen fases ricas en Fe. Sin embargo, las soluciones están subsaturadas con respecto a jarosita ( $\text{SI} < 0$ ; PHREEQC).

## CONCLUSIONES

Las soluciones de salida en estado estacionario están subsaturadas con respecto a las fases que componen el cemento Portland hidratado (C-S-H, portlandita, ettringita, hidrogranate y monosulfato), indicando su disolución. Las concentraciones de los cationes minoritarios y de As aumentan con respecto a la inicial debido, seguramente, a la disolución de las cenizas volantes presentes en el cemento del mortero. Respecto a fases secundarias, se ha observado la precipitación de yeso y de jarosita.

## REFERENCIAS

- BOJA. (04 de 11 de 2011). *BOJA-Junta de Andalucía*. Recuperado el 21 de 04 de 2020, de 216: <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2011/216/d3.pdf>
- Orden S., Macías F., Cánovas C.R, Nieto J.M, Pérez-López R., Ayora C. (2021). Eco-sustainable passive treatment for mine waters: Full-scale and long-term demonstration. *Journal of Environmental Management*, 280, 111699.