

Geoquímica del perfil de precipitación en una planta de tratamiento pasivo para drenaje ácido de mina

Ainara Rodrigo (1*), Rafael León (1), José Miguel Nieto (1)

(1) Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Huelva, 21071, Huelva (España)

* corresponding author: ainara.rodrigo241@alu.uhu.es

Palabras Clave: Faja Pirítica Ibérica, Drenaje ácido de mina, Tratamiento pasivo, Materias primas críticas, Revalorización.

Key Words: Iberian Pyrite Belt, Acid mine drainage, Passive treatment, Critical raw materials, Valorization.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La Faja Pirítica Ibérica (FPI) es una de las provincias metalogénicas con mayor concentración de depósitos de sulfuros masivos polimetálicos del mundo. Tras más de 4500 años de explotación minera casi continua, el cese y abandono de la misma ha dado lugar a grandes volúmenes de residuos mineros en forma de escombreras, balsas de lodos, etc., además de otros focos de contaminación tales como cortas y galerías inundadas. En estos sistemas contaminantes, la exposición de los sulfuros (predominantemente pirita) a los agentes atmosféricos produce la oxidación y acidificación del medio, así como la liberación por lixiviado de grandes cantidades de sulfatos, metales y metaloides (Moses et al., 1987). Este proceso recibe el nombre de drenaje ácido de mina (AMD). Para luchar contra los efectos de esta severa contaminación, durante los últimos años se han puesto en marcha numerosas técnicas de tratamiento, de las cuales aquella que ha resultado ser más viable y efectiva en la FPI es el tratamiento pasivo de tipo DAS (Sustrato Alcalino Disperso). Este ha permitido la eliminación de una gran cantidad de acidez y carga metálica de las aguas afectadas por AMD (Ayora et al., 2013). La planta de tratamiento pasivo de Mina Esperanza (Almonaster la Real, Huelva), es un ejemplo de aplicación a escala real de este sistema DAS. El presente resumen pretende mostrar algunos de los resultados del estudio geoquímico y mineralógico preliminar del perfil de precipitación en uno de los tanques de la planta de tratamiento. Para ello, se caracteriza y se estima la carga metálica asociada a los diferentes frentes con objeto de efectuar una futura revalorización de algunas de las materias primas críticas y otros elementos de interés económico presentes en el residuo metálico.

MATERIALES Y MÉTODOS

La planta de tratamiento pasivo de Mina Esperanza fue construida en diciembre de 2014, y se mantuvo en funcionamiento durante dos años y cuatro meses de forma ininterrumpida. Fue posible depurar unos 56000 m³ de aguas ácidas a razón de unos 0,8 L/s, además de concentrar cantidades importantes de metales de interés desde el punto de vista económico (i.e. 800 kg de Cu, 38 kg de REE, 20 kg de Co, 1 kg de Sc, etc) (Orden et al., 2020). Las características específicas de cada componente de la planta quedan descritas en el trabajo de Nieto et al. (2015). Para el estudio de la distribución y el comportamiento geoquímico de las fases minerales que forman los diferentes metales en el interior del sistema de tratamiento, se realizó una zanja de 2 metros en el sustrato reactivo, y se tomaron 19 muestras cada 10 cm a lo largo del perfil (ME-1 a ME-19). Las muestras se secaron en estufa durante 48 horas a 35° C, y posteriormente fueron molidas mediante un molino de anillas. Para determinar el contenido total de metales en las distintas muestras, se llevó a cabo su digestión con agua regia (12 mol/L de HCl con pureza del 37% + 15,8 mol/L de HNO₃ con pureza del 65%, en una proporción de 3:1). El estudio mineralógico de las muestras se llevó a cabo mediante difracción de rayos X (XRD) y microsonda electrónica (EMPA) en los Servicios Centrales de la Universidad de Huelva, y microscopía electrónica de barrido de alta resolución por emisión de campo (FESEM) en el CIC de la Universidad de Granada. Además de muestras molidas, se estudiaron fragmentos sin moler tales como virutas de madera o granos de calcita, sobre los cuales pudieron observarse metales precipitados mediante el uso de lupa binocular. La carga metálica se ha calculado a partir de la densidad del residuo, la concentración de cada elemento y el volumen de cada sección de 10 cm según las dimensiones del tanque reactivo (10 cm alto x 12 m ancho x 20 m largo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde el punto de vista geoquímico, el perfil presenta varios frentes de precipitación principales, que se corresponden con tramos donde la cantidad de Ca disminuye (lo que podría ser indicativo de una disolución

preferencial de calcita en dichos frentes). El primero, que comprende los primeros 15 cm de profundidad, se caracteriza por un enriquecimiento significativo en schwertmannita (Fe), a la que se asocian los elementos V y As (Fig. 1). Se distinguen también 3 frentes de precipitación de basaluminita, caracterizados por importantes concentraciones de Al. En el primero de ellos, aproximadamente entre 15 y 40 cm de profundidad, predominan altas concentraciones de Cu (de hasta 130 kg en los primeros centímetros), y algo menores de Zn. Sin embargo, el segundo frente de Al, entre 80 y 110 cm, posee cantidades de Cu y Zn bastante semejantes, con máximos de hasta 47 kg y 36 kg respectivamente. El tercer frente aluminico, entre y 140 y 160 cm, muestra una mayor abundancia de Zn (que incrementa en profundidad) frente al Cu (que disminuye en profundidad), superando los 56 kg en los centímetros superiores. Se observa además un comportamiento anómalo de las REE e Y con respecto al descrito para el resto de elementos, con concentraciones medias de 4 kg a los 20 cm, 50 cm y 140 cm, que tienden a descender en profundidad. Por el contrario, el Sc, a pesar de mostrar afinidad geoquímica por REE e Y, posee un comportamiento similar al de los elementos asociados a los frentes de precipitación de basaluminita, con un máximo de 111 g en los centímetros superiores del primer horizonte aluminico.

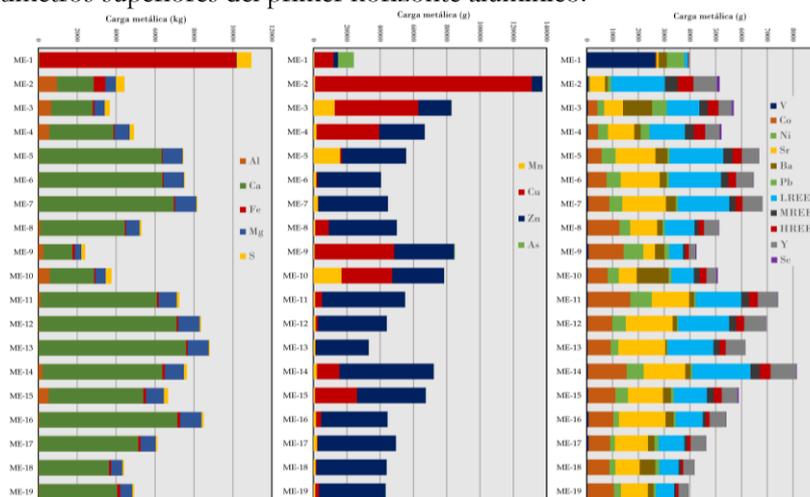


Fig. 1. Carga metálica de diferentes elementos seleccionados a lo largo del perfil de precipitación.

CONCLUSIONES

El estudio preliminar a lo largo del perfil muestra una alta retención de metales en el interior de la balsa de tratamiento. Se han distinguido cuatro frentes principales de precipitación, a los que se encuentran asociados fases metálicas con un comportamiento geoquímico variable. Mientras algunos elementos (p.e. Cu, V, As) presentan un comportamiento definido relacionado con los diferentes frentes de precipitación, otros como el Y y REE se distribuyen de forma anómala en profundidad. En total, la carga metálica estimada retenida en la planta de tratamiento es de 4 T de Al, 370 kg de Cu, 40 kg de Zn, 35,5 kg de REE, 16 kg de Co y 7,6 kg de Ni, entre otros. De esta manera, los resultados obtenidos muestran la gran efectividad del tratamiento pasivo de tipo DAS, que permite concentrar elevadas cantidades de materias primas críticas de interés económico asociadas a estos perfiles de enriquecimiento metálico.

REFERENCIAS

- Ayora, C., Caraballo, M., Macías, F., Rötting, T., Carrera, J., Nieto, J.M. (2013): Acid mine drainage in the Iberian Pyrite Belt: 2. Lessons learned from recent passive remediation experiences. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, **20**, 7837-7853.
- Moses C.O., Nordstrom D.K., Herman J.S., Mills A.L. (1987): Aqueous pyrite oxidation by dissolved oxygen and by ferric iron. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **51**, 1561-1571.
- Nieto, J.M., Macías, F., Ayora, C. (2015): Tratamiento Ecológico de Drenajes Ácidos de Mina: Proyecto LIFE-ETAD. *Macla*, **20**, 103-104.
- Orden, S., Macías, F., Nieto, J.M., Ayora, C. (2018): Estudio hidroquímico de la planta de tratamiento pasivo de Mina Esperanza (Faja Pirítica Ibérica, Huelva). En: "Unidos por el agua", Olías, M. et al. (cords.), **3**, 1231-1240.
- , —, Cánovas, C.R., Nieto, J.M., Pérez-López, R., Ayora, C. (2020): Eco-sustainable passive treatment for mine waters: Full-scale and long-term demonstration. *Journal of Environmental Management*, **280**, 111699.