

# Variabilidad del patrón de distribución de tierras raras en los drenajes ácidos de mina de la Faja Pirítica Ibérica (Huelva)

Rafael León (1\*), Francisco Macías (1), José Miguel Nieto (1), Carlos Ayora (2)

(1) Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Huelva. Avda. Fuerzas Armadas s/n. 21071, Huelva (España)

(2) Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA-CSIC), Jordi Girona 18, 08034 Barcelona.

\* correspondingauthor: rafael.leon@alu.uhu.es

**Palabras Clave:** Residuo minero, Valorización. | **Key Words:** Mining sludge, Valorization.

## INTRODUCCIÓN

Las Tierras Raras (REE) junto con el Itrio (REY), han adquirido una gran importancia debido a sus aplicaciones tecnológicas. Algunos de sus usos más relevantes son la fabricación de imanes permanentes contenidos en automóviles eléctricos y turbinas eólicas, su empleo en aparatos electrónicos (baterías, circuitos, sensores, etc.), la fabricación de tubos fluorescentes para la iluminación LED, o su aplicación en los campos de la tecnología médica y militar. Unida a esta necesidad, la importancia de la búsqueda de nuevas fuentes de REY también se debe al hecho de que la mayor parte de su producción se concentre en China, siendo declarados “Minerales Críticos” por la Unión Europea debido al riesgo de suministro.

Según Noack et al. (2014) las aguas naturales presentan bajas concentraciones en REE (de decenas a centenas de pmol/L), sin embargo en los Drenajes Ácidos de Mina (AMD) esta cantidad se multiplica por varios órdenes de magnitud, llegando a alcanzar valores entre 4000 y 80000 pmol/L (Ayora et al., 2016). Esta alta concentración y la importancia ya comentada de estos elementos abren la posibilidad de que resulte rentable la recuperación de REY de los residuos procedentes del tratamiento pasivo de los AMD (Ayora et al., 2016).

En este sentido el patrón de distribución de REE en las aguas susceptibles de ser tratadas tiene importantes implicaciones económicas, ya que las REE ligeras (LREE) tienen un valor de mercado menor que las medias (MREE) y pesadas (HREE). En los AMD, este patrón normalizado al NASC presenta una curvatura típica que indica un enriquecimiento en MREE respecto a LREE y HREE (Da Silva et al., 2009; Pérez-López et al., 2010; Sahoo et al., 2012). Existen algunos estudios que indican que esta distribución curva de las REE puede ser asimétrica, relativamente enriquecida en ligeras respecto a pesadas, debido a que la transformación de jarosita a goethita libera LREE al agua de poro (Welch et al., 2009).

En este resumen se exponen los resultados preliminares del análisis del contenido y patrón de distribución de REE en las aguas ácidas de la Faja Pirítica Ibérica (FPI).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se han realizado muestreos de los drenajes ácidos situados en diferentes puntos de la Faja Pirítica Ibérica (Fig. 1), comenzándose éstos en Febrero del 2013 y continuando en la actualidad, recogiendo hasta la fecha un total de 130 muestras de AMD. En todos los muestreos se midieron *in situ* los parámetros físico-químicos (pH, ORP, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y T<sup>a</sup>), y se tomaron muestras para su posterior análisis mediante ICP-OES e ICP-MS.

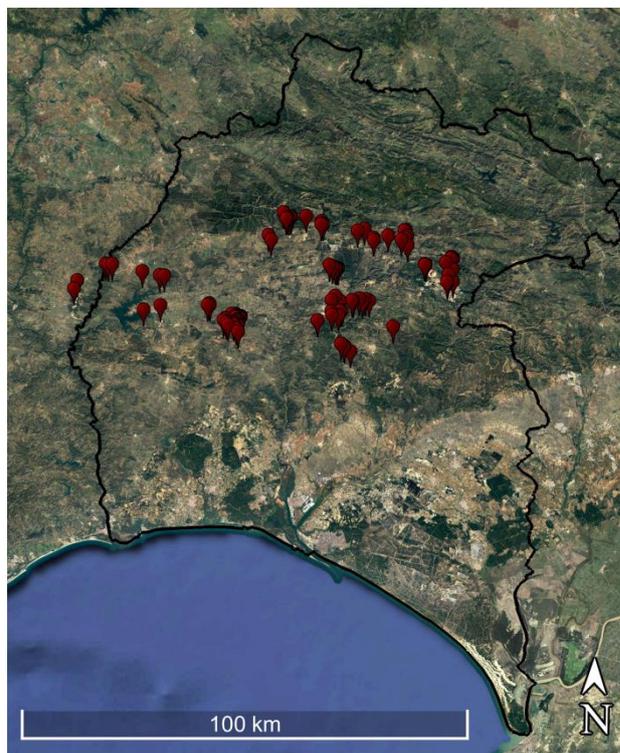


Fig 1. Localización de los diferentes puntos de muestreo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a la diversidad geológica existente en la Faja Pirítica Ibérica y a las distintas estructuras, generalmente antrópicas (Cortas inundadas, pozos, galerías, escombreras, balsas de lodos, etc), donde se generan los AMD; existe una gran variedad de tipos de agua desde el punto de vista de la carga metálica y el pH. De este modo existen drenajes con un pH que varía desde valores ácidos próximos a 0 a valores cercanos a la neutralidad, con concentraciones en metales que varían entre los 50 µg/L y los 40 g/L (Fig. 2).

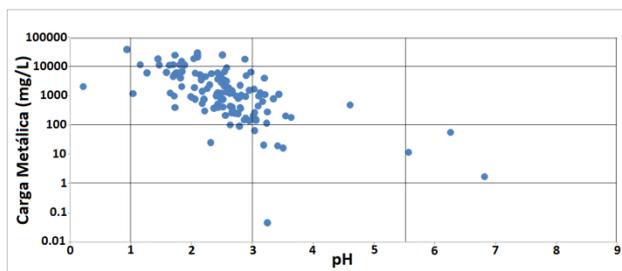


Fig. 2. Rango de pH y metales de los AMD de la Faja Pirítica Ibérica.

Esta variabilidad también queda reflejada en el patrón de distribución de REE de los distintos AMD. Del total de muestras recogidas, 30 de ellas tienen contenidos en varios elementos pertenecientes a las REE por debajo del límite de detección, con lo cual el patrón no puede ser determinado. En la Figura 3 están representadas las muestras restantes en función de los contenidos relativos en REE ligeras, medias y pesadas. En esta figura se puede observar cómo un 28% sigue el patrón tipo indicado por Welch et al. (2009); con una distribución curva enriquecida en MREE de manera asimétrica, con un ligero enriquecimiento en LREE respecto a HREE ("Tipo B"). Un 62% sigue un patrón similar, enriquecido en MREE pero con una asimetría inversa al caso anterior, con enriquecimiento en HREE respecto a LREE ("Tipo C"). Por otro lado un 10% de las muestras presentan un patrón muy diferente, con un enriquecimiento relativo en LREE y empobrecido en HREE ("Tipo A").

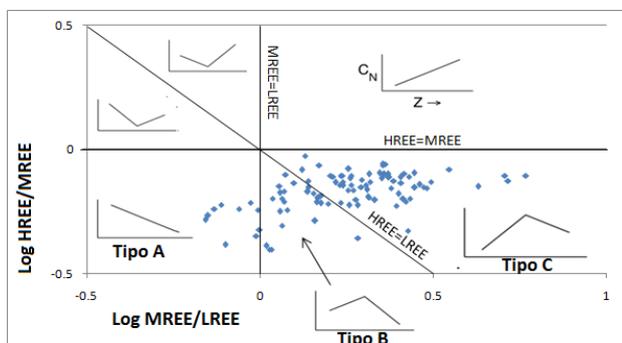


Fig. 3. Distribución de los AMD de la FPI según su contenido relativo en LREE, MREE y HREE (modificado de Noack et al., 2014).

Como ya se ha comentado anteriormente, esta diferencia en las concentraciones de los elementos puede tener relevancia en aspectos económicos como la revalorización de residuos del tratamiento pasivo de los

AMD. En este sentido, los drenajes del Tipo C serían aquellos que hipotéticamente podrían dar lugar a un residuo económicamente más rentable, al tener cantidades altas en HREE y MREE; seguido de los drenajes del Tipo B, con cantidades altas en MREE; y quedarían con menor valor económico los drenajes de Tipo A, con mayor cantidad en LREE.

## CONCLUSIONES

El conocimiento del origen de las REE y de los diferentes patrones que se pueden observar en los AMD es una importante vía de investigación futura debido a que la proporción de los distintos elementos contenidos en el drenaje puede tener repercusión económica en las posibilidades de revalorización de los residuos resultantes de la depuración de dichas aguas de mina. Así, el hecho de que resultara rentable el procesamiento y puesta en mercado de estos residuos podría suponer un incentivo a la utilización de estos métodos en la remediación ambiental, debido a que se produciría una sufragación total o parcial de los costes derivados de la construcción y mantenimiento infrecuente de las plantas de tratamiento.

## REFERENCIAS

- Ayora C., Macías F., Torres E., Lozano A., Carrero S., Nieto J. M., Fernández-Martínez A. and Castillo-Michel H. (2016): Recovery of rare earth elements and yttrium from passive-remediation systems of acid mine drainage. *Environmental science and technology*, 50(15), 8255-8262.
- Da Silva E., Ferreira E., Bobos I., Matos J., Patinha C., Reis A.P., Fonseca E.C. (2009): Mineralogy and geochemistry of trace metals and REE in massive volcanic sulphide host rocks, stream sediments, stream waters and acid mine drainage from the Lousal mine area (Iberian Pyrite Belt, Portugal). *Applied geochemistry*, 24: 383-401.
- Noack C.W., Dzombak D.A. and Karamalidis A.K. (2014): Rare Earth Element Distributions and Trends in Natural Waters with a Focus on Groundwater. *Environmental Science and Technology*, 48, 4317-4326.
- Pérez-López R., Delgado J., Nieto J.M. and Márquez-García B. (2010): Rare earth element geochemistry of sulphide weathering in the São Domingos mine area (Iberian Pyrite Belt): A proxy for fluid-rock interaction and ancient mining pollution. *Chemical Geology*, 276: 29-40.
- Sahoo P.K., Tripathy S., Equeeniddin S.M. and Panigrahi M.K. (2012): Geochemical characteristics of coal mine discharge vis-à-vis behaviour of rare earth elements at Jaintia Hills coalfield, northeastern India. *Journal of Geochemical Exploration*, 112: 235-246.
- Welch S.A., Christy A.G., Isaacson L and Kirste D. (2009): Mineralogical control of rare earth elements in acid sulfate soils. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 73: 44-64.