

Caracterización mineralógica y geoquímica de escorias de fundición de la Faja Pirítica Ibérica

Gerardo Armando Amaya Yaeggy (1*), Carlos Ruíz Cánovas (1), Rafael Pérez-López (1), José Miguel Nieto (1), Rafael León (1), Francisco Macías (1)

(1) Dpto. de Ciencias de la Tierra y Centro de Investigación en Recursos Naturales, Salud y Medioambiente, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva, 21071-Huelva, España

* corresponding author: gerardo.amaya@dci.uhu.es

Palabras Clave: Escorias de fundición, Pirometalurgia, Caracterización, Valorización. **Key words:** melting slags, Pyrometallurgy, Characterization, Valorization.

INTRODUCCIÓN

Durante la actividad minera se genera un volumen importante de residuos de extracción y procesamiento, que pueden producir impactos ambientales, especialmente en minas abandonadas. Sin embargo, debido a deficiencias en las tecnologías de procesamiento de mineral, muchos elementos de interés económico pueden quedar retenidos en estos residuos. En este sentido, los residuos generados por la metalurgia de sulfuros polimetálicos de la Faja Pirítica Ibérica pueden incluir elementos que tienen potencial para ser recuperados. Este estudio se centra en la caracterización geoquímica y mineralógica de escorias de fundición abandonadas en el distrito minero de Riotinto (Huelva), incluyendo un estudio sobre la movilidad de los elementos peligrosos y de interés contenidos en las mismas.

MÉTODOS

Para la realización de la caracterización se tomaron dos muestras representativas del escorial. Se determinó la composición química total de las escorias mediante una digestión multiácidos (HCl, HNO₃, HClO₄, y HF) seguida por un análisis mediante ICP-OES e ICP-MS en MS Analytical (Langley, Canada). La calidad del procedimiento analítico fue contrastada mediante un material de referencia (OREAS 904), con recuperaciones que oscilaron entre el 94 y 106%. Las muestras fueron examinadas además mediante FESEM-EDS. La movilidad de los principales elementos contenidos en las escorias se estudió mediante un procedimiento de extracción secuencial (BCR) en cuatro etapas (i.e., fracción intercambiable, reducible, oxidable y residual) (Rauret et al., 2001).

RESULTADOS Y DISCUSION

Las escorias estudiadas están compuestas principalmente por Fe (40 %), seguido por Ca (3 %), S (2 %) y Al (0.9 %). Se encontraron niveles importantes de Cu (4648 ppm), Pb (2258 ppm) y Zn (>10000 ppm). También se encontraron concentraciones significativas de elementos traza, como Cr (247 ppm), Co (228 ppm), As (115 ppm) y tierras raras e itrio (32 ppm). El resto de las concentraciones de elementos mayoritarios (%) y minoritarios (ppm) se presenta en la Tabla 1.

Elemento	%	Elemento	ppm
Fe	40.5	Zn	>10000
Ca	2.99	Cu	4648
S	1.97	Pb	2258
Al	0.91	Cr	247
K	0.46	Co	228
Mg	0.25	As	115
Na	0.14	Mn	524
Ti	0.04	REY	32

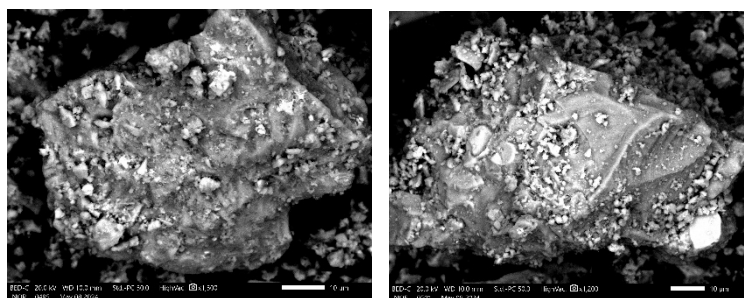


Tabla 1. Concentraciones de elementos mayoritarios y minoritarios

Fig1. Imágenes SEM-EDS de fayalita (izq) y magnetita (der)

Las partículas heterogéneas con distintas fases minerales se pueden observar en las imágenes captadas por SEM-EDS. Las fases minerales fayalita y magnetita (Figura 1), típicas en escorias de fundición (Piatak, et al, 2014), fueron identificadas y son coherentes con la concentración alta en hierro que presenta la escoria. Otras fases que también han sido identificadas son la jarosita y la anglesita. Esto es coherente respecto a la concentración de elementos minoritarios de la escoria debido a que la anglesita es un sulfato de plomo y la jarosita es un sulfato de potasio y hierro.

Los resultados de la extracción secuencial muestran distintos comportamientos para los elementos en las distintas fracciones. Desde un punto de vista ambiental, la exposición de estos residuos a condiciones ambientales puede liberar metales potencialmente tóxicos para el entorno. Cabe destacar una movilidad alta en la fracción más disponible para Cu (62 %), Zn (45 %), Co (48 %) o Cd (28 %). Algunos de estos elementos están también contenidos en otras fracciones potencialmente móviles (oxidable y reducible) suponiendo un riesgo para el medio ambiente en función de un cambio en las condiciones ambientales. De hecho, estos elementos junto con la existencia de S en la fracción oxidable indica que el residuo tiene potencial para generar drenaje ácido de mina. Otros elementos como Al, Fe, Si, Cr y Mn presentan movilidad en la fracción residual, lo que puede darse al estar inmovilizados en la matriz cristalina de los minerales.

Sin embargo, si pensamos en el residuo como un recurso potencial, los resultados de la caracterización indican que la escoria contiene cantidades significativas de metales de interés económico, especialmente cobre, zinc y plomo, que podrían ser objeto de procesos de valorización. Además, estos elementos, al estar en la fracción más disponible, son de especial interés ante futuros esfuerzos de valorización por su interés económico. Sin embargo, la estabilidad de los minerales que componen la escoria puede limitar la potencial movilidad de algunos elementos, lo que sugiere la necesidad de obtener información para optimizar un procedimiento de valorización.

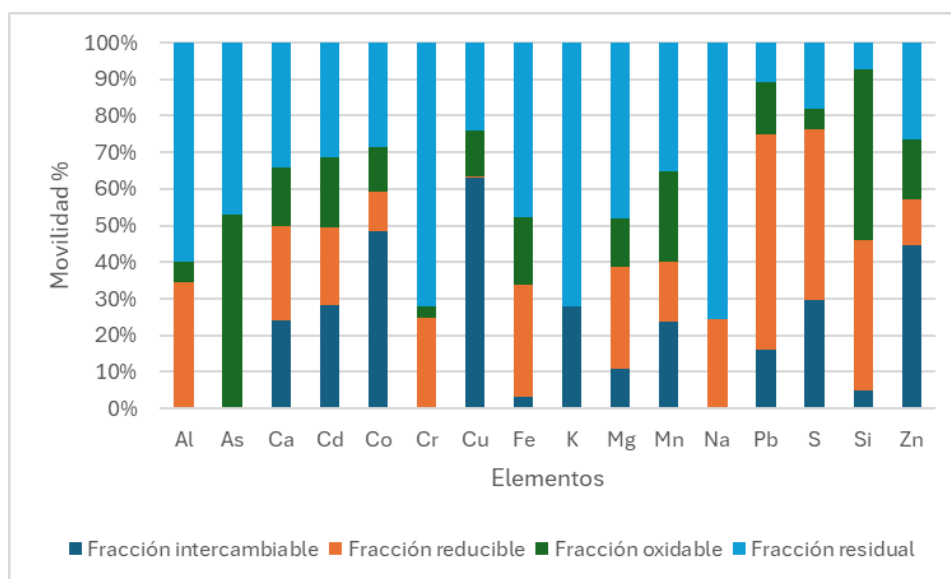


Fig 2. Resultados de la Extracción secuencial siguiendo el protocolo BCR

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha sido financiado por el proyecto CuSlag2RM - ERA-MIN3 (PCI2024-153497) a través de MICIU/AEI/10.13039/501100011033.

REFERENCIAS

- Nadine M. Piatak, Michael B. Parsons, Robert R. Seal II. (2014): Characteristics and environmental aspects of slag: A review. *Appl. Geochem.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeochem.2014.04.009>
- G. Rauret, M. Pueyo, D. Lück, M. Yli-Halla, H. Muntau, P. Quevauviller, Philippe & J. López-Sánchez. (2001): Certification of the extractable contents of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn in a freshwater sediment following a collaboratively tested and optimized three-step sequential extraction procedure. *J Environ Monit.* **3(2)**, 243–250 DOI: 10.1039/b010235k.